

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

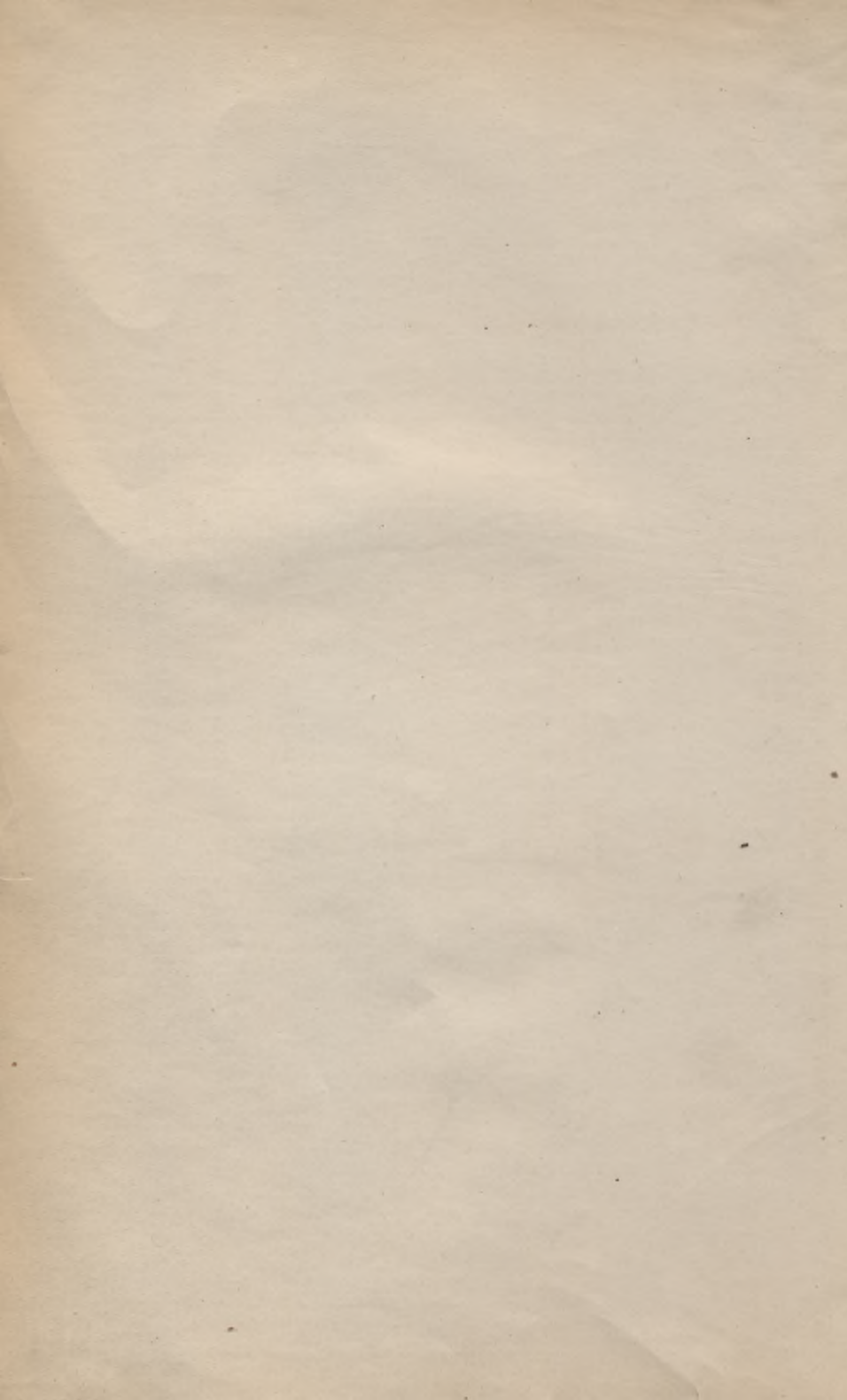
~~4493~~

L. inw.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294655



WATERBOUWKUNDE.

Linn

WATERBOUWKUNDE

DOOR

N. H. HENKET, Dr. Ch. M. SCHOLS en J. M. TELDERS,

HOOGLEERAREN AAN DE POLYTECHNISCHE SCHOOL TE DELFT.

MET MEDEWERKING VAN

verschillende ingenieurs.

TWEEDE DEEL.

Afd. XIII. Waterstaatkundige beschrijving van Nederland.

BEWERKT DOOR

W. VERWEY Az.

Met 66 Platen.

J. No. 17433



'S-GRAVENHAGE,
DE GEBROEDERS VAN CLEEF.

1890.

VIII G. 4a

xx
147/2



11-351283



~~114493~~

3pu-3-27/2018

Akc. Nr.

~~2451/50~~

INHOUD VAN DEN TEKST.

HOOFDSTUK I.

INLEIDING.

	Bladz.
§ 1. Onderwerp	1
§ 2. Ligging en uitgestrektheid.	2
§ 3. De bodem en zijn gebruik	4
§ 4. Landaanwinning en landverlies	6
§ 5. Verspreiding van de bevolking	8

HOOFDSTUK II.

AARD VAN DEN BODEM.

§ 1. Overzicht	9
§ 2. Grintdiluvium	11
§ 3. Zanddiluvium.	15
§ 4. Diluviale klei	15
§ 5. Zandverstuivingen	15
§ 6. Rivierbezinkingen	17
§ 7. Zeebezinkingen	19
§ 8. Duinen	21
§ 9. Hoogveen	22
§ 10. Laagveen	25

HOOFDSTUK III.

HOOGTE VAN DEN BODEM EN VAN DE ZEE.

§ 1. Amsterdamsche peil	29
§ 2. Gemiddelde zeehoogte.	31
§ 3. Hoogtebeschrijving.	33
§ 4. De hoogte en de afwatering	43
§ 5. Daling van den bodem	45

HOOFDSTUK IV.

DE ZEE EN HET ZEEWATER.

§ 1. De Noordzee	48
§ 2. De Zuiderzee.	51
§ 3. Het strand en de duinen	60

	Bladz.
§ 4. Zoutgehalte van het zeewater	73
§ 5. Vaste stoffen in het zeewater.	77
§ 6. IJs in zee	84
§ 7. De paalworm en de limnoria.	87

HOOFDSTUK V.

EB EN VLOED EN DE ZEESTROOMEN.

§ 1. Getijden in het algemeen	90
§ 2. Getijden langs onze kusten	93
§ 3. Getijden te Helder	99
§ 4. Gemiddelde vloedgolfhoogte	106
§ 5. Verschillende hoogten van de vloedgolf	116
§ 6. Hoog- en laagwaterstanden en gemiddelde stand	119
§ 7. Stormvloedhoogte.	126
§ 8. Laagste ebben.	133
§ 9. Tijd van hoog- en laagwater.	137
§ 10. Stroomen in de Noordzee.	145
§ 11. Stroomen in de Zuiderzee.	152

HOOFDSTUK VI.

WEERKUNDIGE WAARNEMINGEN.

§ 1. Temperatuur	158
§ 2. Barometerstand.	163
§ 3. De wind.	165
§ 4. Verdamping.	180
§ 5. Regen.	190

HOOFDSTUK VII.

WERKING VAN DEN WIND OP DEN WATERSPIEGEL.

§ 1. Werking van den wind in het algemeen.	204
§ 2. Op- en afwaaiing.	207
§ 3. Idem langs de kusten en in de zeegaten	216
§ 4. Idem binnengaats	221
§ 5. Idem op binnenwateren	234
§ 6. Afmetingen en beweging der golven	237
§ 7. Hoogte en uitwerking der golven bij ons te lande	243

HOOFDSTUK VIII.

DE VERDEELING EN AFLOOP VAN HET REGENWATER.

§ 1. Verdeeling van het regenwater in het algemeen	252
§ 2. Invloed van den aard van den bodem.	254

	Bladz.
§ 3. Invloed van den vochtigheidstoestand van den bodem	259
§ 4. Het grondwater	260
§ 5. Vorm en bedekking van den bodem	268
§ 6. Drooglegging van gronden	271

HOOFDSTUK IX.

HET WATERBEZWAAR.

§ 1. Kwel	277
§ 2. Watervoorziening	284
§ 3. Het waterbezwaar in het algemeen	288
§ 4. Waterbezwaar van meren, plassen enz.	295
§ 5. " " polders, droogmakerijen en boezems	297
§ 6. " " rivierpolders	306
§ 7. " der kleine rivieren	309
§ 8. " " hoofd rivieren	318

HOOFDSTUK X.

AFVOER VAN IJS LANGS DE RIVIEREN.

§ 1. Vorming van ijs	328
§ 2. Opruiming van het ijs	333
§ 3. De dikte en sterkte van het ijs	335
§ 4. Invloed van het ijs op den waterstand	338
§ 5. Hoogste waterstanden en noodpeilen	349
§ 6. Laagste waterstanden	354

HOOFDSTUK XI.

AFVOER VAN VASTE STOFFEN LANGS DE RIVIEREN.

§ 1. De vaste stoffen in het algemeen	356
§ 2. Opgeloste stoffen	364
§ 3. Zwevende stoffen	368
§ 4. Hoeveelheid zwevende vaste stoffen	375
§ 5. Beweging van stoffen over den bodem	382

HOOFDSTUK XII.

DE RIJN EN ZIJNE TAKKEN.

§ 1. De Rijn boven onze grenzen	389
§ 2. Loop van het Rijnwater door ons land	402
§ 3. Waterstanden	408
§ 4. Verhangen	427
§ 5. Waterafvoer en waterverdeeling	434
§ 6. Vorm en grootte van het rivierbed	443

HOOFDSTUK XIII.

DE MAAS.

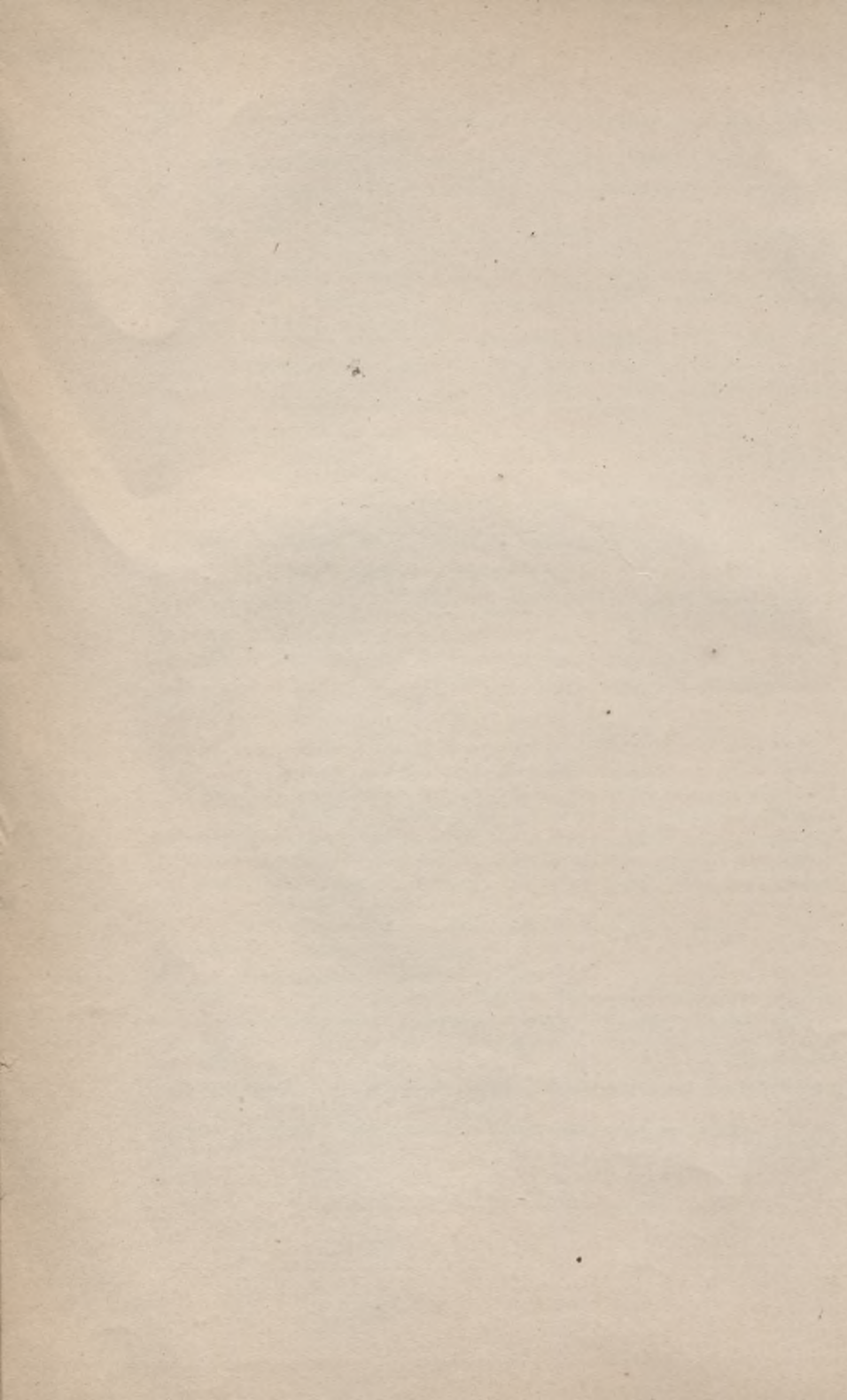
Bladz.

§	1. De Maas boven onze grenzen	445
§	2. De Maas in ons land	448
§	3. Waterstanden	449
§	4. Verhangen	459
§	5. Waterafvoer.	461
§	6. Wederkeerige invloed van Waal en Maas	467

HOOFDZAKELIJKE INHOUD DER PLATEN.

Plaat	1. Kaart van de stroomgebieden van Rijn, Maas en Schelde. Schaal 1:1850,000.
"	2. Geologische kaart van Nederland.
"	3. Toestand van Nederland tijdens de eerste bewoners. Toestand eenige eeuwen vóór het begin onzer jaartelling. Venen in Nederland.
"	4—8. Aard van den bodem.
"	9. Gemiddelde maandelijksche waterstand en winddruk te Helder, 1851—1883.
"	10. Hoogtekaart van Nederland. Schaal 1:1,000,000.
"	11—18. " " " " " 1:200,000.
"	19. Kaart van de dieptelijnen in de Noordzee en het zoutgehalte in de Noord- en Zuiderzee. Profiel nabij peilraai XX van Tienhonderd en Zwarte. Paalworm — Chelura terebrans. — Limnoria lignorum.
"	20. <i>a.</i> Dwarsprofiel tusschen de Waal en den Neder-Rijn (Nijmegen-Arnhem). <i>b.</i> " " " " " de Lek (Zalt-Bommel-Culemborg). <i>c.</i> " " " " " den Neder-Rijn (Dodewaard-Opheusden). <i>d.</i> Lengteprofiel over Goes, Gorinchem, Utrecht en Amsterdam.
"	21. Lijnen van gelijktijdig hoogwater volgens de kaart van W. Whewell. Gemiddelde waterstanden in het jaar 1886 te Westkapelle, IJmuiden, den Helder en Vlieland.
"	22. Laagwaterlijnen en duinvoet langs de kust der Noordzee van Helder tot Hoek van Holland. Middelbare stand van het water vóór Amsterdam, onder en boven het jaargemiddelde (1843—1861). Gemiddelde maandelijksche gevroren dikte te Helder (1851—1880).
"	23. Hoogste vloed, gemiddelde vloed en ebben en laagste ebben te Helder voor elken dag (1851—1880).
"	24. Gemiddelde jaarlijksche waterstand en winddruk te Helder (1851—1883). Stroomkaart volgens de uren na hoogwater te Hoek van Holland. Snelheidskrommen " " " " " " " " " "
"	25. Lijnen van gelijktijdig hoog- en laagwater.

- Plaat 26. Gemiddelde vorm der getijlijnen.
Lekdijk bovendams nabij Vreeswijk.
- " 27. Stroomkaart van de Noordzee vóór en na hoogwater te Cuxhaven en te Dover.
- " 28, 29. Aan- en afvoeren in de Zuiderzee op 26 Juli 1885, 11/12 Dec. 1883 en 23/24 Jan. 1884.
- " 30. Dwarsprofielen der Zuiderzee.
- " 31. Aantal en loop der barometrische Minima, volgens Dr. W. KOEPPEN.
- " 32. Barometerstanden bij den stormvloed van 30/31 Januari 1877.
Winddruk en richting te Helder 1877—1879.
- " 33, 34. Waterhoogte " " " " gedurende de voornaamste stormvloeden der laatste jaren.
- " 35. Graphische voorstelling van den winddruk van 1876—1883, volgens de Meteorologische waarnemingen aan de Oude-Wetering in het Hooogheemraadschap Rijnland.
Waarnemingen gevallen sneeuw of regen te Helder.
Regenhoeveelheden te Utrecht 1859—1884.
Normale Thermometerstanden (C) te Utrecht.
" Barometerstanden (bij 0°) te Utrecht.
- " 36. Lijnen van gelijke regenhoogte volgens de waarnemingen gedurende 1879 en 1883.
Algemeene verdeeling der hoeveelheid gevallen regen.
Regenkaart naar den Atlas van ANDREE.
- " 37. Graphische voorstelling van den regenval te Deventer en te Enschedé benevens van afvoeren en afvoerlijnen en van waterstanden der Schipbeek van 1 December 1883—13 Februari 1884.
Dwarsprofielen over den linker IJseloever.
- " 38. Waterstanden bij IJsbetzing.
Droogmaking van de Zuiderzee. Ontworpen afsluitdijk.
- " 39. Toestand der ijsbetzing in den benedenmond der Nieuwe Merwede en op het Hollandsch Diep op 28 Januari 1881 en volgende dagen.
Golfverheffing in de haven van IJmuiden 22 Mei 1886.
Waarnemingen van C. L. BRUNINGS omtrent het verband tusschen de dikte van het ijs en de temperatuur.
- " 40. Waterstand van het Y te Durgerdam, 28 Januari—2 Februari 1877.
" " " " " Amsterdam, 2—7 Februari 1825.
IJsdam te Heesselt, Januari 1880.
Graphische voorstelling der verhanglijnen op de Boven- en Nieuwe Merwede en op het Hollandsch Diep op 31 Januari 1881 evenvoor de opruiming der ijsbetzing op de Nieuwe Merwede en op 1 Februari 1881.
- " 41. Waterstanden te Keulen, Tiel en St. Andries, en verval tusschen Tiel en St. Andries van 17 Januari tot 12 Maart 1855.
Waterstanden te Keulen, Gorinchem en Hardinxveld, en verval tusschen Gorinchem en Hardinxveld van 24 Dec. 1860 tot 12 Febr. 1861.
Waterstanden te Keulen, Zalt-Bommel en Gorinchem, en verval tusschen Zalt-Bommel en Woudrichem van 15 Dec. 1859 tot 8 Jan. 1860.
Waterstanden te Keulen en St. Andries, en verval tusschen Tiel en Bommel, van 1 Dec. 1879 tot 15 Jan. 1880.
Waterstanden te Maastricht (brug) en Veen, en verval tusschen Veen en Woudrichem, van 1 Dec. 1879 tot 12 Jan. 1880.



HOOFDSTUK I.

Inleiding.

§ 1. **Onderwerp.** Onder den waterstaat van een polder, eene landstreek of een land, wordt in deze beschrijving verstaan de toestand van het beschouwde gebied ten opzichte van waterkeering en waterlossing. Wegen en bruggen, welke tot den waterstaat in ruimen zin behooren, blijven buiten beschouwing.

Volgens de vooropgestelde bepaling zijn de onderwerpen van waterstaat tot twee hoofdafdeelingen te brengen. Zij hangen ten nauwste samen met den toestand van de natuurlijke wateren, de zeeën en rivieren, welke het land omspoelen en doorstroomen, met de ligging, den aard en de bedekking van den bodem, met den meteorologischen toestand en met de middelen tot waterkeering en waterlossing.

Verschillende dezer onderwerpen zijn voor algemeene behandeling vatbaar en gaan aan de bijzondere beschrijving vooraf.

De geschiedenis van den waterstaat, welke leert hoe de waterstaatkundige toestand veranderde, zoowel onder den invloed van natuurlijke oorzaken, als tengevolge van werken, door de hand des menschen ondernomen, maakt geen onderwerp van behandeling uit. Slechts nu en dan, wanneer door vergelijking van hedendaagsche en vroegere toestanden een duidelijker inzicht kan worden verkregen, wordt eene uitzondering op den regel gemaakt.

De beschreven toestand is die van den jongsten tijd volgens de beschikbare bronnen. Aangezien de waterstaat van ons land

in een staat van voortdurende verandering verkeert, zal de feitelijke toestand hier en daar meer of minder van de beschrijving afwijken. De tijden zijn echter voorbij waarin natuurlijke oorzaken plotseling ingrijpende veranderingen deden ontstaan; de kunst brengt thans grooter wijzigingen te weeg dan de natuur.

Zijn de plannen aanhangig of in uitvoering, welke belangrijk in den toestand zullen ingrijpen, dan wordt hiervan met een enkel woord melding gemaakt.

Eene beschrijving van het waterstaatsbeheer en van het toezicht op den waterstaat is evenmin hier op hare plaats; slechts eene enkele maal zal de duidelijkheid der voorstelling eischen, dat het administratief beheer ter sprake komt.

Sommige onderwerpen zijn op eene andere plaats in de waterbouwkunde behandeld of zijn in andere werken veel uitvoeriger, nauwkeuriger en beter beschreven; toch mocht de behandeling hier niet achterwege blijven, daar de beschrijving op zichzelf een geheel moet vormen.

In vele opzichten is de volgende beschrijving slechts als eene proeve te beschouwen, welke geene hoogere aanspraken stelt dan met den korten tijd van bewerking en de hulpmiddelen waarover beschikt kan worden, zijn overeen te brengen.

§ 2. **Ligging en uitgestrektheid.** Ons land is gelegen tusschen $53^{\circ} 32' 21''.88$ Noorderbreedte, — Groningerkaap op Rottumeroog — en $50^{\circ} 45' 49''.17$ Noorderbreedte — Mesch in Limburg —, en tusschen $2^{\circ} 19' 2''.99$ Oosterlengte — Langakkerschans — en $1^{\circ} 29' 51''.53$ Westerlengte — Sluis —, beide gerekend van den meridiaan van Amsterdam. De gemiddelde breedte bedraagt ongeveer $52^{\circ} 10'$. De meridiaan van Amsterdam ligt $4^{\circ} 53' 18''$ Oosterlengte van Greenwich, waarmede een tijdsverschil overeenstemt van $19' 32''$. Elke breedtegraad is lang 15 geografische mijlen of 111 111,11 M. of 60 minuut mijlen van 1851,85 M. Op de gemiddelde breedte van Nederland is een lengtegraad 66518,5 M. lang.

De oppervlakte van ons land bedraagt, volgens het Verslag over den landbouw in 1883, 3 287 849 H.A., en volgens Kromhout, *Nederland in zakformaat*, 3 295 051 H.A. of 599 314 □ geogr. mijlen.

Daarvan komen op de verschillende provinciën

H. A. volgens landbouwverslag.	□ geogr. mijlen volgens Kromhout.	
Noord-Brabant.....	509 698	93 136
Gelderland.....	508 218	92 276
Zuidholland.....	301 246	54 876
Noordholland.....	271 144	50 302
Zeeland.....	174 729	32 419
Utrecht.....	138 235	25 135
Friesland.....	331 796	60 303
Overijssel.....	333 775	60 751
Groningen.....	234 243	41 727
Drenthe.....	265 361	48 357
Limburg.....	219 404	40 032
Nederland.....	3 287 849	599 314

Aan de west- en noordzijde bezit ons land natuurlijke grenzen in de Noordzee; aan de oost- en zuidzijde is de rijksgrens, met uitzondering van den mond van de Eems, en eenige gedeelten van den Rijn en de Maas, van zuiver politieken aard, op vroegere verdragen en overeenkomsten berustende en daardoor geheel willekeurig ten opzichte der eigenlijke natuurlijke grenzen.

Uit een waterstaatkundig oogpunt beschouwd vormt de lijn welke de stroomgebieden scheidt, de zoogenaamde waterscheiding, de meest gewenschte lijn tot scheiding der wederzijdsche belangen; rivieren als de Bovenrijn over korte lengte en de Maas over grootere uitgestrektheid vormen uit anderen hoofde zeer doelmatige grensscheidingen.

Voor ons is het van veel belang de juiste grenzen van de met het buitenland gemeene stroomgebieden te kennen, omdat deze aangeven tot hoever zich onze waterstaatsbelangen buiten de grenzen uitstrekken of van welke streken van ons land het water over vreemd grondgebied ten afvoer wordt gebracht.

Ons land staat slechts weinig water aan anderen af, doch ontvangt daarentegen veel water van elders, omdat het gelegen is aan den voet der naar de Noordzee afdalende Noordduitsche vlakte en het aan en langs de monden der hoofdrievieren, de Schelde, de Maas, de Rijn en de Eems, werd gevormd.

Behalve het water dat langs de genoemde rivieren, welke haar stroomgebied tot in het noordoostelijk gedeelte van Frankrijk, in het zuidwesten van Duitschland en in Zwitserland uitstrekken, wordt aan onze grenzen nog het water opgevangen

van eenige kleine rivieren en beken, die zich binnen ons grondgebied met de genoemde rivieren vereenigen, van de Vecht die langs het Zwarte water en het Zwolsche diep in de Zuiderzee uitmondt en voorts van smalle strooken gronds bezuiden de Schelde en benoorden de Vecht.

Het stroomgebied van Schelde, Maas en Rijn wordt op plaat I voorgesteld; deze rivieren alleen voeren het water van ongeveer $19\frac{1}{3}$ miljoen hectaren naar ons land; de kleine rivieren, beken enz. van bijna 1 miljoen H.A.; te zamen alzoo van ruim 20 miljoen H.A. De oppervlakte van ons land waarvan het water naar elders wordt afgevoerd is gering, zoodat onze rivieren en wateren naar zee voeren het water van ongeveer $23\frac{1}{2}$ miljoen H.A. waarvan slechts ongeveer $\frac{1}{3}$ gedeelte binnen de eigen grenzen is gelegen.

§ 3. De bodem en zijn gebruik. Volgens het verslag over den landbouw over 1883 zijn onder de grootte van het land niet begrepen de Zuiderzee, de Wadden en de Dollard, die te zamen groot zijn ongeveer 531 000 H.A., zoodat ons land met deze binnenzeeën in zijn geheel groot is, ongeveer 3 819 000 H.A. De wateren zullen later bij de bijzondere beschrijvingen worden genoemd; hunne uitgestrektheid bedraagt met uitzondering van Zuiderzee, Wadden en Dollard 134 279 H.A. of $4,1\%$ van de oppervlakte. De verdeeling over de verschillende provincies zoolwel van de uitgestrektheid van het water als van de overige soorten van gronden volgens hunne wijze van gebruik en bebouwing, volgt uit de lijst op bladz. 5 afgedrukt.

Betrekkelijk de grootste uitgestrektheid woeste gronden bevat Drenthe; Zuidholland de kleinste. Drenthe is de droogste, Noordholland de meest waterrijke provincie. Zeeland is het meest, Limburg het minst van dijken voorzien. Zeeland heeft het meeste bouwland, Drenthe is het minst bebouwd. Aan grasland is Friesland het rijkst, Limburg het armst. Gelderland heeft nog de meeste bosschen, in Groningen zijn zij nauwelijks te vinden. Jaarlijks worden ongeveer een klein duizendtal bunders woeste gronden ontgonnen; in het jaar 1883 werden ter ontginning aangegeven 988 H.A., waarvan in Groningen 76, in Friesland 129, in Drenthe 345, in Overijssel 162, in Gelderland $24\frac{1}{2}$, in Zuidholland $103\frac{1}{2}$, in Noordbrabant 146 en in Limburg 12 H.A.

In H. A.	36 202	34 587	145 541	114 360	123 118	12 741	30 881	12 799	11 293	143 629	48 408	718 516
"	percenten.	15,4	10,4	54,8	34,3	24,2	9,2	11,3	4,2	6,4	27,9	21,1
In H. A.	4 243	28 014	2 288	13 986	5 632	7 323	26 458	19 785	8 022	11 236	7 307	134 279
"	percenten.	1,3	8,4	0,8	4,1	1,1	5,3	9,7	4,5	2,2	3,3	4,1
In H. A.	2 498	2 046	2 865	4 130	4 153	2 193	5 181	8 526	6 535	4 107	571	42 805
"	percenten.	1,1	0,6	1,8	1,2	0,8	1,6	1,9	3,7	0,8	0,2	1,3
In H. A.	2 858	3 795	3 167	10 027	18 247	2 271	5 118	9 969	1 708	25 953	8 844	91 957
"	percenten.	1,2	1,1	1,2	3,0	3,5	1,6	3,3	0,9	5,0	4,0	2,8
In H. A.	2 640	2 462	980	3 039	5 629	2 565	4 189	5 021	2 156	3 846	1 614	34 141
"	percenten.	1,1	0,7	0,3	0,9	1,1	1,8	1,5	1,2	0,7	0,7	10,4
In H. A.	120 381	51 634	34 267	59 753	126 240	26 439	38 308	66 848	102 787	145 869	89 616	862 192
"	Percenten.	51,4	15,5	12,1	17,8	24,8	14,1	22,2	53,8	28,5	41,2	26,2
In H. A.	60 751	198 996	65 493	109 241	141 686	67 265	151 745	161 673	37 222	113 747	25 100	1 132 919
"	percenten.	25,9	59,9	24,6	32,4	27,8	48,6	53,6	21,4	22,3	11,4	34,5
In H. A.	2 802	2 487	1 506	1 034	5 705	1 006	1 750	3 662	1 192	4 008	2 425	27 577
"	percenten.	1,2	0,7	0,5	0,3	1,1	0,9	1,2	0,6	0,8	1,0	0,8
In H. A.	634	842	179	448	5 193	2 305	1 488	3 093	1 699	1 362	6 620	23 763
"	percenten.	0,3	0,2	0,1	0,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,2	3,1	0,7
In H. A.	1 234	6 933	9 080	17 757	72 715	14 070	6 076	9 870	2 115	55 951	28 899	224 700
"	percenten.	0,5	2,8	3,4	5,3	14,3	10,1	3,2	1,2	10,9	13,1	6,8
In H. A.	234 243	331 796	265 361	333 775	508 218	138 235	271 144	301 246	174 729	509 693	219 404	3 237 849

Van de bouwgronden waren in 1883 45 000 H.A. met klaver en 13 182 H.A. als kunstweide bebouwd terwijl 17 951 H.A. braak lagen.

Riet en biezen werden in 1883 voortgebracht:

in Groningen	op	62 H.A.	
" Friesland	"	1483	"
" Overijssel	"	2944	" waarvan in de gemeente Giethoorn alleen 1625 H.A.
" Gelderland	"	93	"
" Utrecht	"	12	"
" Noordholland	"	946	"
" Zuidholland	"	1532	"
" Zeeland	"	81	"
" Noordbrabant	"	455	"
" Limburg	"	154	"

De uitgestrektheid der gronden (laagveen) voor vervening in gebruik wordt in Hoofdstuk II § 10 opgegeven.

§ 4. **Landaanwinning en landverlies.** De landaanwinning door bedijking en droogmaking is sedert eenige eeuwen zeer belangrijk geweest.

Volgens de algemeene statistiek van Nederland was de geheele som der landaanwinningen als volgt:

Bedijkingen in Noordholland tot 1864.....	29 251 H.A.
Bedijkingen in de Zuidbevelandsche eilanden tot 1850.....	68 107 "
Hollandse droogmakerijen tot 1864.....	81 906 "
Friesche bedijkingen.....	14 717 "
Groningsche bedijkingen.....	35 141 "
Noordbrabantsche bedijkingen tot 1843.....	38 602 "
Zeeuwsche bedijkingen tot 1859.....	89 194 "
Kampereiland ongeveer.....	3 500 "
Droogmakerijen in andere provinciën behalve Holland.....	3 089 "
Totaal	363 507 "

Dit cijfer, dat een minimum voorstelt, overtreft reeds de grootte van al onze provinciën, behalve Noordbrabant en Gelderland.

Vele van deze door bedijking aangewonnen gronden vinden gelegenheid door middel van sluizen in de waterkeeringen op de natuurlijke open wateren, de zee en de rivieren, uit te wateren; alle droogmakerijen en sommige bedijkingen benevens eenige gronden welke niet tot het aangewonnen land behorende, niettemin te laag zijn gelegen om langs natuurlijke

weg uit te wateren, worden of alleen door kunstmiddelen, wind- en stoomgemalen, of met behulp van deze van hun overtollig water bevrijd.

Van het aantal windwatermolens werd geene statistieke opgave gevonden, doch wordt het aantal stoomgemalen in het jaarverslag van den hoofdingenieur voor het stoomwezen opgegeven. Op 31 December 1884 waren hier te lande 433 watergemalen waarvan de bijzonderheden in de volgende lijst zijn vermeld.

	AANTAL IN- RICHTINGEN.		STOOMKETELS.			STOOMWERKTUIGEN.						
	Aantal	Binnen- fabrikaat.	Buiten- fabrikaat.	Verwarm- oppervlak- te in M ²	Aantal.	Zonder condensatie	Met con- densatie.	Compound.	Binnen- fabrikaat.	Buiten- fabrikaat.	Aantal P.K. nominaal.	
Noordbrabant	21	32	21	11	1 374,50	22	1	21	—	19	3	822
Limburg	0											
Zeeland	6	11	11	—	557	8	1	7	—	8	—	323
Zuidholland	174	286	171	115	13 141	203	31	169	3	116	87	7 692
Noordholland	107	217	158	59	10 250	143	22	114	7	56	87	6 105½
Utrecht	31	45	35	10	2 018	37	7	29	1	26	11	1 151
Gelderland	32	58	41	17	3 059,20	41	5	30	6	29	12	1 854
Overijssel	7	11	10	1	459	8	3	5	—	7	1	309
Drenthe	7	7	7	—	180	7	7	—	—	6	1	122
Groningen	38	44	41	3	1 491	41	24	17	—	37	4	933
Friesland	10	12	8	4	432	11	5	6	—	6	5	273
Nederland	433	723	503	220	32961,70	521	106	398	17	310	211	19 584½

In deze lijst zijn blijkbaar begrepen alle werktuigen welke dienen om water op te malen, derhalve ook de werktuigen bij de inrichtingen tot watervoorziening en waterverversching.

Nog grooter uitgestrektheid lands dan werd aangewonnen, ging in den loop der tijden verloren. In de Algemeene statistiek wordt deze geschat op ruim 581 000 H. A. waarvan langs de Noordzeekust eene strook te lengte van ongeveer 275 K.M. en te breedte van ongeveer een uur gaans . . . ± 150 000 H.A. in de Zuiderzee en Wadden, de tegenwoordige oppervlakte ± 525 000 H. A. met de vermoedelijke grootte van het meer Flevo ± 140 000 H. A. verminderd. ± 385 000 »
in den Dollard. 8432 »
het Bergsche veld ± 10 000 »

Over te brengen. 553 432 »

	Overgebracht.	353 432 HA.
het land van Roemerswaal , .	ruim	8000 »
» » » Saafingen	±	6000 »
den Braakman	ruim	6000 »
het eiland Schooneveld	ruim	4600 »
» » Orisand	±	1200 »
» zuidland van Schouwen	ruim	1300 »
de Noordbevelandsche noordkust	?	800 »
	te zamen	581 332 H.A.

Het totaalcijfer wijst op eene uitgestrektheid bijna zoo groot als de provinciën Noordbrabant en Limburg te zamen. Het aangewonnen land is voor een gedeelte vroeger verloren land, dat gedurende de overstroming is verhoogd en opgeslibd en daarna als land van hooger waarde werd teruggewonnen. Staring schat die meerdere waarde in zijne opstellen „Voormaals en Thans” op 29 millioen gulden, welke schatting in de Algemeene statistiek als te laag wordt beschouwd.

§ 5. **Verspreiding van de bevolking.** De dichtheid van de bevolking blijkt uit de teekening op plaat XVI, overgenomen uit het Tijdschrift van het aardrijkskundig genootschap en ontworpen door den heer J. Kuijper.

HOOFDSTUK II.

Aard van den bodem.

§ I. **Overzicht.** De bodem van ons land wordt bijna geheel door alluviale en diluviale gronden ingenomen. Slechts nabij de grenzen van ons land komen gronden van oudere, zoogenaamde tertiaire en secundaire vorming aan den dag.

Men vindt deze oudere gronden in het Zuiden van Limburg en achter Eibergen en Winterswijk, waar krijt, tertiaire leem, aan de oppervlakte worden aangetroffen. Gezamenlijk beslaan deze slechts een duizendste gedeelte van de geheele oppervlakte.

Het diluvium vormt in zijne onderscheidene vormingen in het zuiden en oosten den bodem van ons land, slechts afgewisseld door de bezinkingen langs de rivieren en beken en door de hooge venen, beide vormingen van de jongste periode en alzoo tot het alluvium behoorende, die het diluvium bedekken.

In het westelijk en noordelijk deel van ons land worden de diluviale gronden, die in mindere of meerdere diepte steeds den ondergrond vormen, aan het oog onttrokken door de alluviale gronden, die over een breede strook langs de zee-kust, voornamelijk uit zee- en brakwaterbezinkingen, zeeduinen en geestgronden, en uit lage venen bestaan. De geologische toestand is op plaat II meer algemeen en op de platen IV—VIII meer uitgewerkt voorgesteld.

Ons land maakt een deel uit van de uitgestrekte diluviale laagvlakte, die zich van Fransch Vlaanderen over België en ons land, Noordwestelijk Duitschland en Denemarken uitstrekt, van het Zuidwesten naar het Noordwesten afdaaft, in ons land

langs de grenzen aan den dag komt, daarna onder de alluviale gronden onderduikt en buiten de zeeeringen den bodem draagt van het zuidelijk deel der Noordzee.

De alluviale vorming is nog in vollen gang. Wel worden aan de bezinkingen langs de rivieren perken gesteld door kunstmatige bevestiging van de oevers en door het baggeren van belangrijke hoeveelheden vaste stoffen uit het rivierbed, doch in de Zeeuwsche stroomen en op de uitgestrekte watervlakte binnen de zeekustlijn, door Zuiderzee, Wadden en Dollard ingenomen, is de natuur op vele plaatsen nog vrij in hare werking. Uit de teekeningen blijkt dat eene lijn, loopende van Winschoten, langs Groningen, bezuiden Dokkum, langs Bergum, Heereveen, Steenwijk, Meppel en Zwolle, naar Elburg, de kust der Zuiderzee volgende tot Naarden, van daar zich richtende langs Utrecht en Rhenen, tusschen Tiel en Nijmegen door, langs Ravestein, 's Hertogenbosch, bezuiden Geertruidenberg, en noorden Breda en Rozendaal om naar Bergen op Zoom en van daar op kleinen afstand van de Schelde, de noordelijke en westelijke vlakke en alluviale gronden scheidt van de oostelijke en zuidelijke meer golvende en hoogere diluviale gronden.

Voorts treedt het diluvium aan den dag op de eilanden Urk, Wieringen en Texel.

Eene min of meer breede strook van rivierbezinkingen, welke zich langs Rijn en Maas tot het gebied der zeebezinkingen uitstrekt, splitst het diluvium in een noordelijk en een zuidelijk deel, welke hier en daar door venen, bij uitzondering door zandverstuivingen en langs den Gelderschen IJssel, de Maas en de kleinere rivieren en beken door kleibezinkingen worden afgewisseld.

Het diluvium, dat bijna 41% van de oppervlakte van ons land beslaat, wordt naar zijne onderstelde vorming, in verband met zijne samenstelling, onderscheiden in twee hoofdsor-ten, het grintdiluvium en het zanddiluvium, terwijl over eene kleine uitgestrektheid de diluviale klei, löss genaamd, wordt aangetroffen.

Het alluvium, dat 59% van de oppervlakte inneemt, neemt van de boven beschreven scheidingslijn met de diluviale gronden naar zee vrij regelmatig in dikte toe; deze bedraagt b.v.

2 M. bij Utrecht, 2 à 7 M. bij Woerden, 9 à 12 M. bij Gouda, 14½ M. bij Rotterdam, 50 M. op sommige plaatsen in Noord-Holland en 100 M. te Gorinchem. Het alluvium vormt een groot gedeelte der provinciën Groningen en Friesland, een breede strook van Overijssel langs de kust der Zuiderzee, het grootste gedeelte van Noordholland, geheel Zuidholland, Zeeland, een gedeelte van Noordbrabant, Utrecht, Gelderland, Drenthe en een zeer klein deel van Limburg. Een groot gedeelte dezer gronden zou bij stormvloed door het zeewater overdekt worden, indien dit niet door dijken werd tegengehouden en de tegenwoordige hoogte der stormvloeden kon bereiken.

Aan de hand van Staring zal het voor den Waterstaat meest belangrijke van den bodem van Nederland worden medegedeeld.

§ 2. **Grintdiluvium.** Het grintdiluvium wordt onderscheiden in Scandinavisch, Gemengd, Rijn-, Maas- en Limburgsch vuursteen-diluvium, welke respectievelijk 4½, 4¼, 0,4, 0,5 en 0,07 % van de oppervlakte van ons land innemen.

Het *Scandinavisch diluvium*, waarin men vooral granieten en krijtvaarstenen uit het Noorden afkomstig vindt, ligt ten noorden van de Overijsselsche Vecht, bestaat voornamelijk uit heuvelruggen, welke door het zanddiluvium gescheiden of afgebroken, vermoedelijk in de diepte samenhangen. Tien heuvelgroepen zijn te onderscheiden; de eerste is die bezuiden Heiligerlee, waartoe Scheemda op een heuvel met leem en keien, de heuvels bij Winschoten, de heuvel bij Oostwedde en de Schaapsberg behooren.

De tweede is de Hondsrug op welks noordelijk punt de stad Groningen is gebouwd; in de derde, vierde en vijfde plaats volgen de heuvelen van Oost-Drenthe, van Midden-Drenthe en van Noord-Drenthe. De zesde groep is de Bergumerheide in Friesland, welke thans geheel ontgonnen is; hiertoe behooren de Friesche wouden, de rug waarop de dorpen Driessum, Murmerwoude en Renssumageest zijn gebouwd en die zich onder de oppervlakte, ver onder de alluviale gronden uitstrekt; tusschen Leeuwarden en Marssum vindt men het grintdiluvium op 5 M. diepte onder het zeezand terug.

De zevende groep is die van Zevenwolden, uit eenige verheffingen van den bodem bestaande, welke zich aan de noord-

oostzijde tot eene hooge landstreek vereenigen, die vroeger met hoogveen bedekt, thans door de turfvaarten van de Leek, de Smilde en van Friesland grootendeels is afgeveend.

De achtste groep is die van West-Drenthe, gevormd door de diluviale heuvels van Diever, Havelte, Steenwijkerwold en Steenwijk.

De negende groep bestaat uit een drietal heuvelruggen in Gaasterland, waarvan de meest westelijke het Roode Klif bij Stavoren.

Eindelijk de eilanden, waarvan Wieringen geheel uit grintdiluvium bestaat, terwijl op Texel de Hooge berg 15 M. hoog en een paar andere diluviaalheuvels worden gevonden; eene bedding grintdiluvium op den bodem der Zuiderzee in eene geul, de Meep genaamd, bezuiden Terschelling en vermoedelijk ook de eilanden Ameland, Terschelling en Vlieland. Het grintdiluvium van Vollenhove behoort tot deze laatste groep.

Het Scandinavisch grintdiluvium bestaat uit zand, leem en steenen; het zand is van allerlei grootte en kleur en bevat zand-oerbanken dicht onder de oppervlakte of op grootere diepte. Leem vindt men met zand vermengd aan de oppervlakte of in leembanken onder den grond, dikwijls in geringe diepte. De potklei in Groningen behoort tot deze vorming en ligt onder de stad Groningen meer dan 25 M. diep; te Zuidbroek begint zij op 5 M. diepte en wordt op 30 M. diepte nog gevonden; bij Winschoten en Kloosterholt ligt zij weinig meters diep. De kleur van dit leem is bruin aan de oppervlakte en grauw tot zwartachtig in de diepte. Het leem is op sommige plaatsen kalkhoudend en gaat dan in mergellagen over, o. a. te Helpman bij Groningen, op Urk en in Steenwijkerwold. In het leem worden ook grint en keien gevonden.

De steenen zijn onregelmatig verspreid en van zeer verschillende grootte; de grootere die meer dan $\frac{1}{4}$ kub. meter inhoud hebben zijn granietkeien; op sommige plaatsen in Drenthe worden nog groote verzamelingen steenen van grootere afmetingen gevonden.

Op het kaartje op plaat II zijn het grintdiluvium en de voorafgaande vormingen voorgesteld; de alluviale gronden en het zanddiluvium zijn weggedacht en is ondersteld dat de

gronden van het grintdiluvium een aaneengesloten geheel vormen.

Volgens deze schets is het *gemengd grintdiluvium* gelegen bezuiden de Vecht en benoorden den Rijn, in Overijssel, Gelderland en Utrecht tot bij Naarden. Ook hierin zijn eenige belangrijke heuvelgroepen te onderscheiden: die van Oldenzaal en Enschede, van Ootmarssum, van Delden, van den Herikerberg met de Rijssensche hoogten, van den Vriezenberg en de gronden van het Mazerveld ten zuidwesten van Diepenheim, van den Lemelerberg, van de Hellendoornsche heuvels met den Haarlerberg en den Holterberg, van den Lochemerberg, van den Needschen berg, van de velden in de voormalige heerlijkheden Borculo en Lichtenvoorde, van den Elterberg en de omliggende hoogte, welke aan de zijde der Rijnvallei met steile hellingen eindigt; de heuvelreeks van Hattem tot Soerel waartoe de Wolbergen behooren; de heuvelgroep die bij Doornspijk aan de Zuiderzee reikt en ten noordwesten door de Staverdensche beek wordt begrensd; eene groep tusschen Harderwijk en Garderen; de groep van den Veluwezoom die door de alluvien van den Nederrijn en IJssel wordt omvat; de Zeisterheide en het Gooiland tusschen de Grebbe en de Zuiderzee.

In het zand van het gemengd diluvium komen de zandoerbanken slechts zeldzaam voor; leem wordt even weinig algemeen gevonden. Zavelgronden vindt men op de hoogten van Uelsen, Ootmarssum, Oldenzaal en Enschede; onder Delden, Geesteren, Neede en vele plaatsen onder de voormalige heerlijkheden Borculo en Lichtenvoorde; langs den bebouwd Veluwezoom van Dieren tot Wageningen en de westelijke helling der Utrechtsche hoogten; men noemt deze grondsoort boekengrond omdat de beuken er welig tieren.

De leembeddingen komen niet als de boven beschreven regelmatige banken in het Scandinavisch diluvium voor doch als opeenhooping van met zand afwisselende en met zand omgeven klompen of lagen. In den ondergrond wordt echter tot nabij Goor en Almelo het tertiaire leem gevonden. Het diluviaal leem vindt men ten zuiden van Rijssen; door den in het Mazerveld ingesneden grintweg naar Lochem is eene dikke leemlaag met keien en steenblokken blootgelegd. In de Locheimsche en Needsche heuvelen en op de Veluwe ontbreken leembeddingen

niet. Zeer kalkhoudend leem werd te Hoog Soeren en Doornberg, doch werden geene regelmatige mergelbeddingen in het gemengd diluvium gevonden.

Volgens Seelheim — zie Verslag over de gronden in de Betuwe — behoort de Veluwe, derhalve de geheele streek westen den IJssel, reeds in hoofdzaak tot het Rijndiluvium, omdat de hoofdmassa der steenen van Rijnlandschen oorsprong is, leisteenen en kwartsen van de grauwakkenvorming en kwartsachtige zandsteen en kiezelschiefers en porphieren van de Lahn, eivormige kwartsen van het bekken van Maintz, lavasteenen van de Eifel, terwijl roodgeel kalkvrij zand de hoofdmassa vormt.

Het *Rijndiluvium* strekt zich volgens de schetsteekening uit tusschen Rijn en Maas van de hooge heuvelen oost- en zuid-oostwaarts van Nijmegen en samenhangende langs de Mookerheide met het Kleefsch Rijkswald. Hierto kunnen ook gerekend worden de grintlagen tusschen Arcen beneden Venlo en Gennep langs den rechter Maasoever en de diluviale hoogten tusschen de Niers, de Maas en de Roer.

Het zand komt nagenoeg met dat van het overig diluvium overeen; het leem komt evenals in het gemengde diluvium slechts in onregelmatige massaas met zand en grint gemengd voor; bij Nijmegen is de zandgrond leemachtig en vruchtbaar. Mergel is in het Rijndiluvium binnen onze grenzen niet bekend.

Het *Maasdiluvium* in Noordbrabant en Limburg hangt samen met het grintdiluvium der Belgische Kempen en is in vier groepen te onderscheiden: de Schaiksch heide tusschen Grave en 's Hertogenbosch; Meijel aan de zuidzijde der Peel met den Houwenberg; Bergeijk en Rijen waartoe behooren twee strooken grintdiluvium tusschen Alphen, Oisterwijk en de Pannembakkerij bij de Tilburgsche warande en tusschen den molen van Gilze tot bezuiden Oosterhout. Nergens neemt het Noordbrabantsch grintdiluvium den vorm van heuvels aan; vermoedelijk zijn zij tot aan den top onder de omliggende zand- en leemgronden bedolven.

Het zand is aan dat van het overig grintdiluvium gelijk. Leembeddingen zijn vrij zeldzaam; bij Gilze en de Warande van Tilburg wordt leem gegraven en tot steen gebakken. De leem-

banken, welke elders in Noordbrabant voorkomen schijnen tot het zanddiluvium te behooren.

Het vuursteendiluvium in zuidelijk Limburg is grootendeels door Maasdiluvium en Löss bedekt en bestaat uit zand en steenen.

§ 3. **Zanddiluvium.** Het zanddiluvium omvat alle zandgronden van ons land die geen grof grint of keien bevatten voor zoover zij niet tot de tertiaire vorming behooren en met uitzondering van de duin- en geestgronden.

Het is de voornaamste bodemvorming van ons land en beslaat ruim 29 % van de geheele oppervlakte. De uitgestrekte uit zandgrond bestaande vlakten onzer landprovincies, welke men aan den voet der heuvels van het grintdiluvium vindt, behooren er toe.

Onder alle rivier- en zeevormingen der zeeprovincies wordt het in de diepte teruggevonden.

Benoorden de Overijsselsche Vecht wordt het zanddiluvium slechts in dunnere lagen aangetroffen, welke lagen ook het grintdiluvium bedekken.

In Noordbrabant en Limburg worden in het zanddiluvium bezuiden eene lijn, welke over Oosterhout, Oisterwijk, Helmond en Venlo loopt, uitgestrekte leemlagen gevonden. Elders in ons land, in Gelderland, Overijssel en Groningen komt de leem slechts plaatselijk in dunne lagen voor.

Ofschoon ook in het zanddiluvium golvingen voorkomen, is het terrein toch zeer vlak en onderscheidt zich daardoor duidelijk van het grintdiluvium, waarin de terreingolvingen zeer sterk zijn.

§ 4. **Diluviale klei.** Löss is eene fijne, geelachtig, grijze, weke klei, met 20 à 25 % kalk, glimmer en fijn kwartzand vermengd, die in het dal van den Duitschen Rijn en de zijvalleien voorkomt, een gedeelte van Limburg bezuiden Maas-eijck bedekt en zich in westelijke richting over België en Fransch-Vlaanderen tot nabij de Noordzee uitbreidt.

In Limburg rusten het Löss en de Lössmergellagen regelmatig op Maas- en vuursteendiluvium.

Löss is uit Rijnwater bezonken slib.

§ 5. **Zandverstuivingen.** Onder zandverstuivingen worden verstaan door den wind opgestoven heuvels van diluviaalzand, welke soms als naakte zandmassaas nog het karakter van hunne

wording dragen, doch meestal geheel of gedeeltelijk door begroeiing met eene heidekorst of zelfs met houtgewas zijn bedekt. Deze stuifheuvelds bewegen zich soms tot buiten hun oorsprong en rusten dan in plaats van op diluvium op andere alluviale gronden, zelfs hier en daar in ons land op veen.

Dikwijls is de heidekorst van de zandverstuivingen op nieuw bedolven; in dergelijk zand worden dan zandoervormingen, echter van weinig beteekenis, gevonden.

Het zand is zuiver kwartzsand zoodat de zandverstuivingen zeer weinig vruchtbaar zijn, minder nog dan de duinen, die door verstuiving van zeezand ontstaan.

De voornaamste zandverstuivingen worden of werden gevonden in *Drenthe*: aan de zuidwestelijke helling der diluviaalheuvelds in het noordoosten der provincie, o. a. tusschen Zuidlaren en Schipborg, bezuiden Gasselte, Exloo en Odoorn, bij Noordleen en tegen Emmen; ten zuiden van Assen tot bij Dwingelo de Haler, Heikanter en Lheerzanden en ten westen van de Smildevaart die van Diever en Havelte; in *Friesland*: het Bakkeveensche zand en het meer dan vierhonderd hectaren grootte Appelschasche zand; in *Overijssel*: tusschen Hardenberg en Dalfsen langs de oevers der Vecht, het Raalterwold en eene zandstuiving in den Hellendoornschen berg; in *Gelderland*: het Zelhemsche zand in het Zutphensche, de zandstuivingen der Veluwe welke in 1852 ruim 10 000 H.A. besloegen, waarvan 2000 H. A. werden ingenomen door de Nunspeeter, Hulshorster, Vierhouster, Leuvenumsche en Ermelosche zanden aan den noordwestelijken voet der heuvelen tusschen Hattem en Putten, en waarvan ruim 6000 H.A. gevormd worden door de Maanschoter, Vorsensche, Kootwijksche, Hartskamper, Mosselsche en Otterlosche zanden langs den zuidwestelijken voet der heuvelen tusschen Eispeet en het Gortelsche bosch en Velp; ook zouden volgens Staring de duinvormige heuvelds langs den rechter Maasoever van Venlo of langs Gennep en Malden tot Horssen in Maas en Waal zandverstuivingen zijn, in *Utrecht*: eenige verstuivingen langs de oostzijde der diluviaalheuvelds tusschen den Rijnspoorweg en Leusden en ten zuiden van Soest, boschgronden langs den zuidwestelijken voet der diluviaalheuvelds van Driebergen tot noordelijk van het huis ter

Heide; enkele verstuingen langs de Hilversumsche en Naardensche heuvels in het Gooi; in *Noordbrabant*: de verstuingen langs de Peel, tusschen Nistelrode en Zeeland, ten noordoosten van St. Oedenrode, op de Oirschotsche heide, bij Aalst ten zuiden van Eindhoven, tusschen Moergestel en Tilburg, tusschen Alphen en Alphen-Oisterwijk, de stuifzanden van Nuland ten Noorden van 's Hertogenbosch, van Loon op Zand, van Teteringen en Rijen, van de Rucphensche heide en die in de nabijheid van Bergen op Zoom.

Vele dezer verstuingen, welke te zamen eene oppervlakte van ruim 72000 H.A. of 2,2% der oppervlakte van ons land beslaan, zijn thans geheel of grootendeels bedwongen en met hout begroeid.

§ 6. **Rivierbezinkingen.** Langs de Maas, Waal, Rijn, Lek en IJssel zoowel in de richting der bestaande rivierbedden als langs en op hare oudere beddingen en armen als de Kromme Rijn, de Utrechtsche Vecht, de Leidsche Rijn, de Hollandsche IJssel, de Oude IJssel, op sommige plaatsen in de Zuiderzee en op Urk is het diluvium bedekt met rivierbezinkingen, welke over eene oppervlakte van niet minder dan 346000 H.A. uit rivierklei en 63000 H.A. uit beekklei of zoogenaamde groengronden en over bijna 2700 H.A. uit rivierzand, rivierduinen en heibanen bestaan.

De bezinkingen langs de Zeeuwsche en Hollandsche stroomen en de benedenrivieren voor zoover eb- en vloedstroom gaan en in de IJsseldelta worden als zeebezinkingen beschouwd. Feitelijk kan nergens iets als uit de zee bezonken worden beschouwd, waar het zoute zeewater zelf, zij het dan ook met het rivierwater tot brakwater vermengd, niet doordringt, doch ongetwijfeld komt de aard der zoetwaterbezinkingen daar waar de getijstroomen gaan, meer met die van de zout- en brakwaterbezinkingen overeen dan met die langs de bovenrivieren.

De rivierklei kan slechts daar gevonden worden, waar het uit rivierwater kan bezinken, derhalve binnen de grenzen van den hoogsten waterstand, dien de rivier daar ter plaatste heeft bereikt.

De geheele Betuwe met Buren en Culemborg, het grootste gedeelte van Maas en Waal en Rijn van Nijmegen, de Bommerwaard, Zuidwestelijk Utrecht, de Geldersche en Overijsselsche

IJsseloevers tot tegen de hoogere diluvialzanden, bestaan uit rivierklei.

Zavelgronden, kleihoudende zandgronden, vormen dikwijls den overgang; deze gronden worden ook gevonden op eenigen afstand van den linker Maasoever tusschen Venlo en 's Bosch doch niet langs de steile hellingen der diluviale heuvelen bij de Grebbe, enz waar de overgang van de rivierklei tot het diluvium plotseling geschiedt.

In sommige doode rivierarmen is de rivierklei nog met water overdekt, terwijl andere rivierarmen welke door bedijking van het stroomende water werden gescheiden, min of meer met veen zijn opgevuld.

Alle kleioevers hellen van den oeverrand naar binnen. Klei kan slechts in stilstaande of weinig stroomende wateren bezinken; gaat er meer stroom, dan bestaan de rivierbeddingen uit zand, en slechts bij uitzondering, waar het zand geheel door den stroom kan worden weggespoeld, uit de diluviale grintbedding; een ander maal uit een harde klei- of taaie veenlaag, welke aan een vrij sterken stroom weerstand biedt. De grintbeddingen vindt men zelfs buiten het rivierbed, in de rivierklei der Betuwe o. a. tusschen Lienden en Wadenoyen en bij Avezaath; zij worden heibanen genoemd en zijn uit hunnen aard onvruchtbaar.

Hier en daar wordt ook buiten het gewone stroombed rivierzand gevonden, dat er in den regel bij hoogen waterstand en overstroming is neergezet.

Rivierklei rust in den regel op diluviaal zand of grint doch hier en daar op rivierzand.

Soms geraakt het rivierzand in verstuiving en worden er rivierduinen gevormd, welke men langs de IJsseloevers tusschen Zalk en Olst en langs de Waal beneden Hulhuizen en tegenover Rossum vindt.

De slib, welke door de kleinere rivieren en beken wordt afgezet, vormt de zogenaamde groengronden; in den regel bedekken zij het zanddiluvium doch een enkele maal rusten zij op veengrond. Deze beekbezinkingen bestaan uit zand met klei vermengd, zijn van $\frac{1}{2}$ tot $1\frac{1}{2}$ M. dik, behalve in de voormalige stroombedden waar de dikte zeer groot kan zijn.

In de groengronden wordt hier en daar mergel, b.v. bij Weerselo en onder Diepeveen gevonden en dikwijls ijzeroer.

§ 7. **Zeebezinkingen.** Een zeer voornaam deel van ons land wordt ingenomen door de zeebezinkingen, welke bestaan uit zee-
klei van jongste vorming, oud zeezand en oude zeelei.

De zeelei neemt 678 000 H.A. in; de oude zeelei, die den bodem van sommige droogmakerijen vormt, 52 000 H.A. en het oude zeezand 24 000 H.A.

Het zeezand waaruit de bodem van de Noordzee langs onze kusten bestaat, dat in onze zeegaten en benedenrivieren wordt gevonden en waaruit de duinen zijn samengesteld, is zuiver kwartszand met schelpen en overblijfsels van dieren vermengd; dit oorspronkelijk diluviaal zand vormt ook den ondergrond van de Zeeuwsche en Zuidhollandsche zeeleigronden, van de Zuiderzeelei, de Wadden en den Dollard. Oorspronkelijk maakte dit zand deel uit van het groote Nederrijnsche diluvium, dat door de alluviën aan het oog outtrokken, in den bodem en langs de kust van de Noordzee, zij het dan ook onder water, weder te voorschijn komt. Hier en daar vindt men op onze kusten banken welke geheel uit schelpen bestaan. De nieuwere zeeleigronden worden gevonden op de Zeeuwsche en Zuidhollandsche eilanden, in Staatsvlaanderen en langs den westelijken rand van Noordbrabant; voorts behooren hiertoe alle kleilanden van Zuidholland, de bodem van de droogmakerijen uitgezonderd, welke van andere vorming is, de IJpolders, de bedijkte polders rondom de Zuiderzee, de Biltlanden, de Friesche en Groningsche Wad- en Dollardpolders.

De dikte dezer nieuwere kleilaag bedraagt in den regel niet meer dan 1 Meter; soms is zij slechts weinig palmen dik, terwijl een andere maal een dikte van meer dan 3 Meter wordt gevonden. In afgesloten of zoo goed als afgesloten binnenboezems zooals het voormalige Wijkermeer, reikt de kleilaag tot de volle voormalige diepte van den bodem vóór de klei zich begon af te zetten; daar waar vrij krachtige getijstroomen gaan zet zich de slib nooit beneden laagwater af en wordt de klei derhalve niet dieper gevonden. In Zeeland neemt de nieuwste zeelei dikwijls de plaats in van de oudere, waar deze was weggespoeld en de nieuwe vorming van denzelfden aard op

dezelfde plaats door nieuwe bedijking voor bebouwing en bewoning geschikt werd gemaakt.

De oude zeeklei bevindt zich op plaatsen welke thans in geen rechtstreeksche verbinding met de zee of de getijstroomen staan en waar zij door golfslag die de veenlagen wegnam is blootgelegd; zij wordt zoowel in Holland en Zeeland als in Groningen en Friesland gevonden. Naar Staring's Voormaals en Thans is op plaat III de onderstelde toestand van den bodem van ons land voorgesteld vóór het bevolkt is geworden; de duinen vormen een aaneengesloten heuvelreeks die de binnensee, een soort van haf, van de Noordzee scheidt; over dit uitgestrekte hafgebied kon de oude zeeklei zich afzetten. Behalve de duinen verhieven zich de diluviaalheuvelen op de eilanden, in Oostergo, Gaasterland en Vollenhoven boven de wateren; de bekende oudste kleibezinkingen worden door de witte plekken in Zeeland, Drechterland, Westergo en Hunsingo voorgesteld. De lage venen langs het haf, van waar de veenvorming in de binnensee is uitgegaan rusten op zandgronden, zoodat onder deze venen, welke men in den Alblasserwaard, den Krimpenerwaard, bij Gouda enz. vindt, geen klei wordt gevonden.

De toestand, eenige eeuwen na het begin onzer jaartelling toen de eerste bewoners zich hier neerzetten, is mede op plaat III voorgesteld. De binnensee is benoorden Zeeland bijna geheel met veen opgevuld en een binnenmeer is overgebleven; de IJssel wordt ondersteld door de Middelsee uittemonden; de duinen zijn de tegenwoordige plaats reeds een eindweegs genaderd, terwijl de oude zeeklei onder het lage veen is bedolven. Toen later de binnenlandsche meren hun gebied vergrootten tengevolge van afslag der oevers, loste het veen op en werd de bodem door den oude kleibodem gevormd, waarop zich een laag zee- of meermolm afzette, die in de drooggemaakte meren wordt teruggevonden.

In het oude gedeelte van de meren en van de Zuiderzee en van de Middelsee is de oude klei nooit door veen bedekt geweest en komt de oude zeeklei bij drooglegging derhalve aan den dag.

Ofschoon de nieuwere zeeklei in den regel door eene veen- of zoogenaamde derrielaag van het zeezand is gescheiden, ont-

breekt soms de derrielaag of de klei en derrielingen beide en komt het zeezand aan den dag.

Op de oude zeekleibezinkingen vindt men terpen; zij worden niet aangetroffen op de dieper gelegen lagen die later door veen zijn bedolven.

In Drechterland is de zeekleilaag tot 10 Meter dik, een bewijs dat zij is afgezet in diep water.

De oude zeeklei- en zandlagen hebben eene dikte onder Amsterdam van ± 5 M. en reiken tot ongeveer 10 M. — A.P.

§ 8. Duinen. Duinen zijn de op het droge zeestrand verstoven zandheuveld, welke de zee begrenzen en langs onze Noordzeekusten eene doorgaande waterkeering vormen overal waar het strand aanwezig is met uitzondering van slechts ééne opening langs de vaste Hollandsche kust door de Hondsbossche zee-wering verdedigd.

Zij bereiken zelden eene hoogte van meer dan 60 Meter boven de zee; in de dalen tusschen de heuvelen, duinpannen genoemd, ontwikkelt zich in den regel plantengroei tengevolge waarvan hier zeer algemeen eene harde laag oer is gevormd.

Langs de landzijde der duinen strekt zich in den regel eene min of meer breede strook zoogenaamde geestgronden uit, vlakke zandgronden welke met het duin zijn verstoven en daarmee een geheel uitmaken.

Op vele plaatsen zijn ook de binnengelegen duinheuveld tot vlakke gronden afgegraven welke als bouwgrond worden bewerkt; door deze afzanderijen zijn vooral in de laatste jaren zeer groote hoeveelheden duinzand van de plaats gebracht en tot het vormen van spoorwegdammen, het ophoogen van bouwterrein enz. gebezigd.

Het duinzand is fijn en van het diluviaalzand onderscheiden door geheel gemis aan rolsteenen en door een zeker gehalte aan gruis van zeeschelpen en aan de oppervlakte van verbrijzelde hoorntjes van landslakken.

Oorspronkelijk bedekten de duinen de zandige zeekust; door verdere verstuiwing en afneming van de kust zijn zij binnenwaarts verplaatst of liever opnieuw gevormd op de alluviale veen- en kleigronden, welke zich langs de voormalige binnenzijde der duinen hadden gevormd en afgezet. Thans komen de

veenlagen op sommige plaatsen aan de zeezijde na afnemning der kust weder bloot. In de doorgraving door den Hoek van Holland voor den nieuwen Rotterdamschen waterweg moesten, tot verkrijging van voldoende diepte, voormalige veen- en kleigronden welke jaren lang het gewicht der duinen hebben getorscht, worden weggegraven of gebaggerd.

In het geheel beslaan de duinen en geestgronden 93 500 H.A. of 2,85 % van de geheele oppervlakte van ons land.

§ 9. **Hoogveen.** Veen in het algemeen ontstaat door eene langzame ontleding of verrotting van planten, welke deze niet geheel doet vergaan, doch in den eigenaardigen toestand van veen brengt.

De uit veen bestaande inlandsche turf is volgens Prof. Mulder aldus samengesteld:

	Hollandsche turf.	Friesche turf.
Koolstof.....	50,85 %	57,16 %
Waterstof.....	4,64 "	5,65 "
Zuurstof.....	30,25 "	33,39 "
Stikstof.....	—	—
Asch.....	14,25 "	3,80 "
	<hr/> 99,99	<hr/> 100,00

terwijl de asch van goede inlandsche turf volgens Staring bevat:

Kiezelsuur.....	41 %
Aluinaarde.....	20,5 "
IJzeroxyde.....	5,5 "
Kalk.....	15,25 "
Phosphorzure kalk.....	16, "
Keukenzout en gips.....	1,55 "
	<hr/> 98,80

De hoeveelheid asch, welke het veen bevat, wisselt van 1 tot 30½ percent. Hooge venen zijn volgens Staring uit bosschen ontstaan of hebben aan deze het begin hunner vorming te danken. Eerst vormt zich eene laag teelaarde onder de boomen uit de afvallende takken, bladeren, afstervend onderhout en eindelijk ook door stervende boomstammen. Heeft de laag eene voldoende dikte verkregen om vocht op te slurpen en vast te houden, dan gaat de korst in veen over en neemt jaarlijks in dikte toe; gewoonlijk wordt door slechte afwatering de veenvorming bevorderd.

Aanvankelijk steunen de boomen met hunne wortels in den ondergrond; wordt het veen te dik, dan kunnen de boomen niet zwaar meer worden en gaat het bosch in kreupelhout over. Nu ontwikkelt zich vooral het veenmos dat van boven steeds aangroeit en van onderen afsterft en in veen overgaat; eindelijk, wanneer het mos steeds weliger groeit, verdwijnt het hout en is het hoogveen eene uitgestrekte kale vlakte van veenmos, die geheel gevuld is met water. Nauwelijks wordt het veen drooggelegd of de groei van het veenmos en de veenvorming houden op. In het noorden van ons land onderscheidt men in het hoogveen de bovenlaag, die zoodra zij gedroogd is grauw is van kleur en een slechte brandstof oplevert, dan de zwarte turf die een vastere en betere brandstof en eindelijk de onderste laag, de blauwe turf, die de beste brandstof oplevert, doch bv. in Overijssel dikwijls ontbreekt. De turf wordt in den regel van de zandlaag gescheiden door eene zoogenaamde smeeriaag, die van veel nut is bij het in cultuur brengen van den ondergrond.

Voor de vorming dezer venen bood ons land op vele plaatsen voortreffelijke gelegenheid. Staring brengt de hooge venen tot negen groote vlakten: De eerste is die van Bourtange, het Stadskanaal en de Emmervenen tusschen de Eems aan de oostzijde en de Hondsrug aan den westkant, ten zuiden door de Vecht en in het noorden door de Groningsche zeelei begrensd. Deze uitgestrekte vlakte is ongeveer 50 K.M. lang en ongeveer 30 K.M. breed. De tweede is die van de Friesche hooge venen, waartoe de venen van de Leek in Groningen en van de Smilde in Drenthe behooren, ofschoon zij thans geen samenhangend geheel meer vormen, eene lijn over Diever, Beilen, Assen en Norg naar Roden vormt de zuidelijke en oostelijke grenzen.

De derde vlakte is het hooge veen van Hoogeveen en Dedemsvaart, dat ten zuiden door de Vecht wordt begrensd en voorts door eene lijn, gaande over Coevorden, Dalen, Oosterhesselen, Westerleek en Zuidwolde.

Het Almeloosche veen, gelegen tusschen Vecht en Regge en ten oosten door de Hannoversche hoogten: de Belt, de Balderhaar, de Strijp en in ons land door de hooge gronden van

Geesteren en Tubbergen begrensd, vormt de vierde vlakke. Dan volgt het bijna geheel uitgeputte veen van Hellendoorn, Rijssen en Almelo, dat zich uitstrekte in de vallei tusschen de hoogten van Hellendoorn, Haarle, Holten en Markel, den Hariker en Vriezenberg en de hoogten van Rijssen, Wierden en het Haksel te Wierden, welk veen door de Regge werd doorsneden.

De zesde vlakke is die van het Amstveen, dat thans geheel op Pruisisch gebied is gelegen, bezuiden Enschede en Groenlo en vroeger wellicht de vlakke heidevelden tusschen Goor, Delden en Haaksbergen bedekte.

Dan volgen het Haaksberger veen tusschen Berkel en Schipbeek, het Swilbroeksche veen tusschen Groenlo en Vreden, de Boerlosche en Witte venen, aan de Pruisische grenzen bij Brevoort, kleine venen, waartoe ook het Lochemsche veen, het Ruurlosche veen en het Zwarte veen tusschen Lichtenvoorde en Aalten behoorden.

De Peel is het uitgestrekte hoogveen in Noordbrabant en Limburg, 50 K.M. lang en 15 K.M. breed; door den Staatspoorweg wordt zij ter breedte van 8 K.M. doorsneden ter grootste hoogte van 31,27 M. + A.P.; het ligt tegen een heuvelrug, die van 29 M. tot 32,2 M. + A.P. hoog is.

Ten laatste de Roozendaalsche venen, die echter, voor zoover zij uit hoog veen bestonden, geheel zijn afgegraven.

Het voor verturving geschikte gedeelte neemt thans geen tiende gedeelte der voormalige oppervlakte meer in.

De dikte is zeer verschillend; gewoonlijk bedraagt zij van 3 tot 5 M. en in de Emmervenen soms 10 M.; de grootste dikte wordt in het midden gevonden, waar de veenvorming het krachtigst was; naar de kanten neemt zij af; in de Peel is het veen dik tot 3 à 5 M.

Volgens de hieronder volgende lijst, voorkomende in het Verslag over den Landbouw in 1883, is er thans nog ongeveer 46000 H.A. hoogveen ter dikte van 1 à 4 M., terwijl de hoge venen in ons land volgens de geologische kaart ongeveer 91500 H.A. beslaan, of 2,19 % van de oppervlakte, waaruit volgt, dat de uitgestrektheid der verveende dalgronden belangrijk toeneemt. Staring meende in 1858 dat eerder te hoog dan te laag

werd gerekend, indien men aanneemt dat een vierde gedeelte der hooge venen turf kan opleveren.

Gemeenten -	Aantal	dikte der veen-	Gemeenten:	Aantal	dikte der veen-
	H.A.	laag in M.		H.A.	laag in M.
In Groningen.			In Drenthe.		
Wedde.....	100	1	Dalen.....	5708	4
Oostwedde.....	3050	2	Westerbork....	230	1,5
Grootegast.....	40	1	Vledder.....	48	1,5
Nieuwe Pekela..	33	1,75	Hoogeveen.....	90	2,5
Wildervank.....	10	1,5	In Overijssel.		
Muntendam.....	31	1,5	Staphorst.....	10	1
Meeden.....	107	2	Gramsbergen... ±	680	1 à 4
Scheemda.....	732		den Ham.....	250	1
Midwolden.....	78	4	Vriezenveen...	2000	3,5
In Friesland.			Wied.e.....	452	1
Achtkarspelen...	3,50	1,50	Lonneker.....	200	
Schoterland.....	76	1,5	Haaksbergen...	540	1
Ooststellingwerf..	615	3	In Gelderland.		
Opsterland en Tiet-			Aalten.....	35	
jerksteradeel ...	?	?	In Noordbrabant.		
In Drenthe.			Deurne.....	2500	2,5
Peize.....	150		Asten.....	500	1,5
Assen..... ±	100	2	In Limburg.		
Gasselto.....	18	1,5	Venraai.....	1500	1,5
Borger.....	1625	2	Ter Horst.....	?	1
Odoorn..... ±	5400	2,5	Sevenum.....	800	2
Emmen.....	17500	3			

Op het kaartje op plaat III zijn de hooge en lage venen beide voorgesteld.

§ 10. **Laagveen.** De lage venen onderscheiden zich voornamelijk door de lage ligging van den ondergrond, diep onder den waterspiegel, terwijl de vlakke oppervlakte van het veen weinig of niet boven het water verheven is. Hun oorsprong is hiermede in overeenstemming; zij bestaan voornamelijk uit overblijfselen van waterplanten, voornamelijk van plompen en scheren, en ontstaan bij voorkeur in stilstaand water van niet te groote uitgestrektheid, daar anders de golven de rust zouden verstoren, en in geringe diepte. Jaarlijks sterven de planten af en verdikt de veenlaag op den bodem van de plas, welke door een krachtigen wortelgroei eene groote mate

van samenhang verkrijgt, zoodat de laag zich eindelijk van den bodem kan losscheuren en aan de oppervlakte van het water verschijnt om daar onder den naam van drijftil, zodde of kragge een krachtigen plantengroei te ontwikkelen, welke de dikte doet toenemen, totdat de onderkant van de zodde met den bodem van de plas gaat samengroeien. Op zeer ondiepe plaatsen kan zich geen drijftil vormen, doch blijft het veen aan den bodem verbonden. In diepe plaatsen, waar de waterplanten niet meer groeien, kan geene veenvorming plaats hebben.

De meermolm, waarvan vroeger sprake was, die den bodem der plassen bedekt, bestaat uit fijn gewreven, van de oevers losgeslagen veen, dat met eenig klei is vermengd; in de Legmeerplas is deze laag niet minder dan 0,5 à 0,9 M. dik en wordt zij van de ondergelegen oude zeelei of blauwe klei, die weder ter normale diepte van 4 à 4,5 M. — A.P. is gelegen, door een dun laagje spierklei gescheiden.

Volgens het kaartje zijn er in de lage venen in Holland vele groote open plekken, die ingenomen worden door de droogmakerijen, welke de oude zeelei voor den dag gebracht hebben. Op den bodem van vele plassen ligt daarentegen zooveel veen, dat de ondergrond, welke meestal uit diluviaalzand bestaat, bij droogmaking niet te voorschijn komt.

Waar de veenlaag dik is, is de samenstelling aan de oppervlakte en op den bodem verschillend van de hoofdmassa; de bovenlaag of damaarde is voor turf ongeschikt, evenals de onderste laag de zoogenaamde derrie, die klei bevat.

Men vindt de lage venen niet alleen boven het diluvium, doch eveneens als bedekking van klei- en zandgronden.

De lage venen zijn in ons land dikwijls bedekt met bouwgrond en steigeraarde, door 's menschenhand er op gebracht, soms ook met hoog veen, zooals te Giethoorn in Overijssel, dikwijls met zee of brakwaterklei, waardoor de zoogenaamde derrie van den Zeeuwschen bodem is gevormd, soms ook met duinzand, waardoor het veen bij zware drukking bruinkoolachtig is ineengeperst.

Over eene groote uitgestrektheid, 11 % van de geheele oppervlakte van ons land, liggen de lage venen aan den dag, en vormen eene oppervlakte even vlak als de zee.

De lage venen worden aan het oog onttrokken door de nieuw gevormde zeeklei in de Dollardpolders, in het noorden van Groningen van Appingadam tot de Friesche grenzen, gedeeltelijk in Friesland van Dokkum tot de Lemmer, gedeeltelijk in Overijssel onder Giethoorn, Wanneperveen, Hasselt, Mastenbroek en Kamperveen, in de IJpolders. Zij komen aan den dag zuidwaarts van Harkstede tot het Zuidlaardermeer en westwaarts van de Hondsrug naar de grenzen van Friesland.

Met uitzondering van een laag veen ten westen van Nijkerk zijn alle venen tot aan de diluviale gronden der Veluwe door de Zuiderzee verzwolgen.

Ten oosten van de Gooische hoogten vindt men de lage venen van Ankeveen, Korteheof en Loosdrecht, die dan overgaan in de Hollandsche lage venen, welke geheel Noordholland bezuiden Hoorn en Alkmaar en Zuidholland tot aan den IJssel bedekken, doch doorsneden zijn door vroegere rivierbeddingen en door het IJ, waarin klei is afgezet, terwijl zij aan de zeezijde door duinzand zijn bedekt.

In het IJ zijn van den ouden bodem nog enkele voormalige eilandjes of schiereilandjes overgebleven, waarvan de oppervlakte niet met nieuwe zeeklei is bedekt.

Dan volgen de venen van den Krimpenerwaard en den Alblasserwaard, welke van het Noordbrabantsche lage veen gescheiden zijn door de vroegere venen van den Zuidhollandschen waard, welke thans weder grootendeels tot polders in het Bergsche veld zijn aangewassen.

In Zeeland is het lage veen overal bedekt.

Kleinere lage veenvlakten vindt men overal verspreid, in de Geldersche vallei bij Veenendaal, in het Zutphensche, in Overijssel enz.

De dikte der lage venen bedraagt 2 M. in den Krimpener- en Alblasserwaard en over het algemeen in Friesland en Groningen, 4 à 5 M. in Noord- en Zuidholland benoorden den IJssel, 7 à 10 M. in kolken, wielen, oude rivierbeddingen enz.

Het laagveen rust bijna overal in ons land, behalve in Zeeland, op eene laag oude zeeklei, blauwe klei, die eene dikte heeft van 1 tot 3 M. en geleidelijk in zeezand overgaat.

Volgens het Landbouwverslag over 1883 waren ter verveening in gebruik:

In Groningen:

Te Wedde.....	15	HA.
" Marum.....	48	"
" Grootegast.....	125	"
" Wildervank.....	1,25	"
" Midwolden.....	2,50	"

In Friesland:

Te Lemsterland.....	40	"
" Engwierden.....	40	"
" Dantumadeel.....	2	"
" Tietjerksteradeel.....	63	"
" Achtkarspelen.....	21	"
" Schoterland.....	19	"
" Weststellingwerf.....	—	"

In Drenthe.

Te Assen.....	12	"
" Sleen.....	8	"

In Overijssel.

Te Giethoorn.....	7	"
" Zwartsluis.....	7,5	"
" IJsselmuiden.....	10	"
" den Ham.....	9	"
" Vriezeveen.....	512	"
" Wierden.....	200	"
" Markelo.....	?	"
" Holten.....	1/2	"

In Utrecht.

Te Achttienhoven.....	0,19	HA.
" Westbroek.....	0,66	"
" Abcoude-Proostdij.....	84	"
" Vinkeveen.....	± 300	"
" Veenendaal.....	± 19	"

In Noordholland:

Te Graft.....	24	"
" Sloten.....	320	"
" Nieuweramstel.....	6	"
" Aalsmeer.....	12	"
" Uithoorn.....	2	"
" Ankeveen.....	0,12	"
" Nederhorst den Berg...	1	"
" Kortenhoef.....	?	"

In Zuidholland:

Te Hillegom.....	12	"
" Reeuwijk.....	40	"

In Noordbrabant:

Te 's Gravemoer.....	2	"
----------------------	---	---

Limburg:

Te Ottersum.....	250	"
------------------	-----	---

Als een overgangsvorm tusschen hoogveen en laagveen onderscheidt Staring het moerasveen, dat nu eens de bovenlaag van eene drijftil of van laagveen vormt, dan weder de onderlaag van een hoogveen dat uit een op moerasveen gegroeid bosch is gevormd; zonder de aanwezigheid van laag- en hoogveen is moerasveen slechts eene dunne veenlaag voornamelijk uit sekgras gevormd, doch steeds zeer moeilijk te onderscheiden. Men vindt het overal verspreid, o.a. langs de beken in Groningen en Drenthe waarlangs het veenwater wordt afgevoerd, langs de kleine rivieren en beken in Overijssel, Gelderland en Noordbrabant, tusschen Naarden en Muiderberg, als overgang tusschen laag- en hoogveen in het Gooi, tusschen de lage venen in Utrecht en de voormalige hooge venen van Maartensdijk, langs de hellingen van de Peel, in duinpannen enz.

Onder Gramsbergen, Ambt Hardenberg en Avereest in Overijssel wordt het moerasveen, dat zich onder het hoogveen bevindt, tot korte of sponturf bereid.

Op de geologische kaart beslaat het moerasveen 2% van de oppervlakte van het land.

HOOFDSTUK III.

Hoogte van den bodem en van de zee.

§ I. **Amsterdamsche peil.** Men is gewoon de hoogte van het terrein te bepalen ten opzichte van de onderstelde hoogte der zee. In ons land is als vergelijkingsvlak vrij algemeen aangenomen het waterpassevlak ter hoogte van A.P. of het Amsterdamsche peil. Daar in een vlak land als Nederland met zijne uitgestrekte kusten, vele rivieren en kanalen en talrijke zeeboezems een goed geregeld vergelijkingspeil van groot gewicht is, behoort de beteekenis van het A.P. ook in verband met de hoogte van de zee eenigszins nader te worden toegelicht.

Tot vóór eenige jaren toen het IJ te Amsterdam nog in open gemeenschap stond met de Zuiderzee werd de nul van de Amsterdamsche peilschaal gemeenlijk beschouwd overeen te komen met de natuurlijke hoogte van den gemiddelden hoogwaterstand in het IJ, zoodat de hoogte teruggevonden zoude kunnen worden, indien de peilschalen of verkenmerken verloren gingen of hunne bruikbaarheid verloren.

Door de afsluiting te Schellingwoude is deze beteekenis verloren gegaan, zoodat het A.P. niet meer uit natuurlijke verschijnselen is af te leiden. Hieraan is echter geen enkel bezwaar verbonden. De ware hoogte van het A.P. is met meer nauwkeurigheid en met meer spoed uit een aantal met groote zorg aangebrachte verkenmerken af te leiden dan uit een gemiddelde hoogte, welke slechts na jarenlange waarneming kan worden vastgesteld en waarvan de onveranderlijkheid geenszins zeker is.

Zooals nader zal blijken hangt de gemiddelde zeehoogte samen met toevallige invloeden zooals de wind, die slechts in zeer lange reeksen van jaren ondersteld kan worden gelijken invloed op de middelcijfers te hebben uitgeoefend; in kortere periodes is derhalve de zeehoogte van de toevallige richting en kracht van den wind in het tijdperk afhankelijk; voorts hangt de hoogte van hoogwater af van de hoogte van de vloedgolf en van de wijze, waarop de rijzing en daling van den waterspiegel plaats vinden, terwijl deze in een inham als het IJ niet alleen veranderen met de natuurlijke wijzigingen welke de Zuiderzee en hare kusten en de zeegaten ondergaan, doch bovendien met den invloed, door aan te leggen kunstwerken, op de getijden en hunne beweging uit te oefenen.

De laatste eeuwen onderging de vloedgolfhoogte te Amsterdam echter geene verandering; volgens de gemiddelden van de waarnemingen gedurende 54 jaren. 1700—1717, 1796—1813 en 1843—1860 bedroeg het verschil tusschen hoog- en laagwater te Amsterdam 317.4 millimeter en was dit verschil in geen der drie 18jarige periodes meer dan 1.1 millimeter grooter of kleiner.

In den vorm der getijlijnen zal vermoedelijk even weinig verandering hebben plaats gehad, waarschijnlijk even weinig in de gemiddelde zeehoogte.

Blijkens het onderzoek van Stankart is namelijk het nulpunt der peilschaal ten opzichte van den gemiddelden waterstand gedaald, doch is zulks met groote waarschijnlijkheid niet aan verandering in den gemiddelden waterstand ten gevolge van natuurlijke oorzaken toe te schrijven doch aan fouten in het nulpunt der niet vaste peilschaal. In de latere jaren toch, waarin de stand van het nulpunt met zekerheid bekend is, is het A.P. steeds geweest wat het nog is, steeds moet blijven en steeds behoorde geweest te zijn, een waterpasvlak gelegen ter hoogte van 9 voet 5 duim Amsterdamsche maat of 2,676 M. beneden zeedijkshoogte aangegeven door de strepen in de marmere steenen, voor dit doel geplaatst in de Kraans- en Kolkswaterkeeringen, de Nieuwebrugswaterkeering, de Oude Haarlemmersluis en de West-Indische sluis te Amsterdam, gebouwd in de jaren 1681—1683.

Deze voortreffelijke verkenmerken, allen nagenoeg in een volkomen waterpasvlak gelegen, geven recht tot de onderstelling dat ook in den aanvang de waarnemingen ter juiste hoogte ten opzichte van het aangenomen stadspeil hebben plaats gehad; dat de gemiddelde hoogte van het IJ derhalve dezelfde was als in den laatsten tijd, doch dat men tusschen de eerste jaren van de achttiende eeuw en de jongste jaren vóór de sluiting van het IJ ten opzichte van een onjuist nulpunt heeft waargenomen. Daling van den bodem waarin en waarop de sluizen zijn gebouwd, is met het oog hierop eene minder waarschijnlijke oorzaak.

Houdt men de nitkomsten van de waarnemingen in de 18jarige periode 1843—1861, waarvan de juistheid van het vergelijkingsvlak zeker is, aan, dan is het Amsterdamsche peil gelegen 0.144 M. boven de gemiddelde hoogte van het voormalige IJ. Vergelijkt men dit cijfer met de helft der gemiddelde vloedgolfhoogte in dezelfde periode welke 0.157 M. bedroeg, dan volgt daaruit dat, indien de gemiddelde hoogte halverwege tusschen hoog- en laagwater is gelegen, het A.P. 13 millimeter beneden de werkelijke gemiddelde hoogte van hoogwater in dit tijdvak ligt. Is dit juist dan zou het A.P. ook vóór de afsluiting van het IJ geen natuurlijk peil geweest zijn.

§ 2. **Gemiddelde zeehoogte.** Door langdurige waarnemingen met behulp van zelfregistreerende peilschalen wordt de gemiddelde zeehoogte bekend. Bij ons te lande zouden de waarnemingen aan de peilschaal te Amsterdam daarvoor mede in aanmerking kunnen komen, indien deze niet aan een, thans afgesloten, open binnenwater was gelegen, waarvan de gemiddelde hoogte behalve van de zeehoogte van vele omstandigheden mede afhankelijk was.

Er blijft alleen over de peilschaal te Helder, doch eerst sedert 1 April 1864 kan met zekerheid gezegd worden dat het nulpunt nagenoeg onveranderd is gebleven. Neemt men echter aan dat de getijlijnen steeds juist ten opzichte van het tegenwoordig nulpunt zijn geregistreerd, dan bedroeg de gemiddelde hoogte in de jaren 1851—1880 0,245 M.—A.P. De gemiddelde zeehoogte zowel maandelijks als jaarlijks is op plaat IX graphisch voorgesteld.

Daar de gemiddelde hoogte van het voormalige IJ te Amsterdam 0,144 M. — A.P. bedroeg, zou de Noordzee te Helder 0,101 M. lager zijn dan het IJ bij Amsterdam.

Over het algemeen zijn de binnenzeeën hooger dan de Oceanen waarmede zij in gemeenschap zijn; de meesten zijn echter zoutrijker dan de Oceaan, terwijl het Zuiderzeewater daarentegen minder zout bevat dan het Noordzeewater; wel is de Zuiderzee geen waterpasvlak, doch de juiste vorm is wegens de groote fouten in de hoogte van de nullen van de peilschalen betrekkelijk A.P. nog niet nauwkeurig te bepalen.

De graphische voorstellingen leeren dat de gemiddelde zeehoogte aan schommelingen onderhevig is, welke slechts door de waarnemingen gedurende lange periodes bijeen te voegen voor de bepaling der ware zeehoogte zonder bezwaar zijn. De werking van de getijden is in periodes van ongeveer 18 jaar als volkomen gelijk te beschouwen, doch er zijn verschillende oorzaken die toevallige afwijkingen ten gevolge hebben, waarvan de wind de voornaamste is. Volgens Seibt is de hoogte van de Oostzee, waar de invloed van de getijden zeer zwak is, zoodanig afhankelijk van allerlei oorzaken, dat de gemiddelde zeehoogte eerst na 10 jarige waarnemingen met eene zekerheid van 14 millimeter kon worden bepaald; deze zekerheid is na 20 jarige waarnemingen op 10 mM., na 80 jarige op 5 mM. en eerst na 1994 jaren op 1 mM. te stellen.

De wind is echter geenszins alleen eene toevallige oorzaak, waarvan de invloed door langdurige waarnemingen geheel kan worden weggenomen; zooals later zal blijken, moet bij ons te lande rekening gehouden worden met een overheerschenden wind in ongeveer zuidwestelijke richting; daar de hoogte van de zee op een bepaald oogenblik van den wind afhankelijk is, is ook de gemiddelde zeehoogte onder den invloed van den heerschenden wind.

De invloed van den wind op de zeehoogte is voor elke plaats verschillend, terwijl de richting en de kracht van den heerschenden wind evenmin voor de geheele kust standvastig zijn.

Het is dus niet te verwonderen dat de zeehoogte voor elke kustplaats verschillend is en dat ook de gemiddelde hoogte van zee tot zee een andere blijkt te zijn.

Daar omtrent de ligging van de nulpunten der peilschalen ten opzichte van elkander onzekerheid heerscht, kan omtrent den vorm van den waterspiegel langs onze kust nog weinig gezegd worden. Uit de figuur boven aan plaat IV is af te leiden welke volgens Klein op grond van de uitkomsten der nauwkeurigheds-waterpassingen deze vorm is; de Noordzee zou een golflijn vertoonen waarvan een der dalen in de nabijheid van den Helder en een ander te Wilhelmshaven is gelegen.

De cijfers welke voor de gemiddelde zeehoogte langs de Noordzee en het Kanaal door de centrale directie voor de metingen van de Trigonometrische afdeeling der Landesaufnahme in Deutschland worden opgegeven, zijn de volgende:

Cuxhaven.....	0,219 M — AP.	Ostende.....	0,197 " — AP.
Bremerhaven	0,165 " — "	Duinkerken	0,033 " — "
Geestemünde.....	0,179 " — "	Calais.....	0,056 " — "
Wilhelmshaven.....	0,420 " — "	Boulogne.....	0,027 " + "
Knock aan den Dollard	0,420 " — "	Dieppe.....	0,150 " — "
Nesserland bij Emden.	0,288 " — "	Le Havre.....	0,468 " — "
Amsterdam.....	0,144 " — "	Cherbourg.....	0,086 " + "

§ 3. Hoogtebeschrijving. In het vorige hoofdstuk is met den aard van den bodem de betrekkelijke ligging reeds eenigszins beschreven geworden, zoodat op het verband tusschen de hoogte en de geologische vorming niet nader behoefte te worden.

Op de hoogte van den bodem van de zee en van de stroomende wateren en binnenwateren zal voor zoover noodig elders worden gewezen.

Een blik op plaat X, waarop de ligging van ons land ten opzichte van het Amsterdamsche peil door lijnen en kleuren is voorgesteld, leert de hoogte van het land in hoofdtrekken kennen. De ligging, voor zoover zij bekend was, is op de platen XI—XVIII meer in bijzonderheden aangeduid.

De lijnen van gelijke hoogte wijken in vlak terrein het meest van de juiste plaats af; daarentegen wordt de vorm van den bodem in geaccidenteerd terrein minder nauwkeurig aangegeven.

Holland en Zeeland liggen bijna geheel beneden A.P.; zoo ook een zoom van Friesland en Overijssel langs de Zuiderzeekust, de streek tusschen Groningen, Delfzijl en Winschoten en die bewesten Groningen tot het Leekstermeer.

Terwijl de waterspiegel van de Noordzee langs onze kust door afwaaiing kan dalen tot ongeveer 3 M. beneden A.P. en die van enkele binnengaatsche stroomen nog ongeveer een meter lager, daalt de waterspiegel in de rivieren bij de laagst bekende waterstanden tot A.P. tot even boven Gorinchem en halverwege Katerveer en Wijhe.

Het grootste deel van Friesland en Groningen en een strook grond in Overijssel zijn lager dan 1 M. + A.P. gelegen; op de rivieren komt deze hoogte als de laagst bekende waterstand voor tot Hedel op de Maas, tot Herwijnen op de Waal, tot boven Vreeswijk op de Lek en tusschen Deventer en Olst op den Gelderschen IJssel.

De omkade gronden in het Bergsche veld zijn ongeveer tot deze hoogte opgeslikt.

De plaatsen, waar de laagste standen tot de verschillende hoogten dalen, zijn op de teekening door L, die, waar de hoogste standen tot de bijgevoegde cijfers klimmen, door H aangeduid.

De lijn van 5 M. + A.P., die de gronden omsluit welke nooit door het zeewater of door het door zeevloeden opgezette rivierwater kunnen worden bereikt, daar de zee zich langs onze kusten nooit hooger dan tot 4 M. + A.P. en binnengaats slechts tot 5 M. + A.P. verheft, scheidt het lage westelijk en noordelijk deel van ons land van het hoogere zuidelijk en oostelijk deel; zij loopt van de Schelde tot Bourtange en omvat het grootste deel van de provincies Noordbrabant en Gelderland, geheel Limburg, het grootste deel van Overijssel, geheel Drenthe en de zuidpunt van Groningen.

De lijn overschrijdt de grenzen niet ver van den rechteroever der Schelde, volgt deze, doorsnijdt de stad Bergen op Zoom en keert zich een weinig noordwaarts naar het westen, overschrijdt den Roozendaalschen Vliet bezuiden Roozendaal, wendt zich ten oosten van Roozendaal noordwaarts om daarna in oostelijke richting voort te gaan, en na den spoorweg van Roozendaal naar Breda bij Leur te hebben overschreden, zich ten zuidwesten van Breda zuidwaarts te wenden naar de Belgische grenzen waar eene smalle strook wordt opengelaten voor het dal van de rivier de Mark; dan keert zij weder terug, eerst in noordelijke richting om ten noordoosten van Breda zich oostelijk te

wenden langs Cromvoirt en Vught, waar de Dommel wordt overschreden; bij het overgaan van de Aa voorbij de Dungen wordt weder eene noordelijke richting aangenomen; de lijn loopt langs Geffen en Haren en sluit bij Macharen aan den linker Maasdijk, welke hier ter plaatse ter hoogte van ongeveer 9,30 M. + A.P. is gelegen. Het water in de Maas daalt bij laagsten waterstand tot de hoogte van 5 M. + A.P. tot boven Mook en klimt bij hoogsten stand tot deze hoogte tot beneden den Maasmond even boven Gorinchem op de Merwede.

Tusschen Maas en Waal is het terrein met uitzondering van de lage gronden aan het westelijk einde geheel boven het vlak van 5 M. + A.P. gelegen.

Aan den rechteroever van de Waal verlaat de lijn van 5 M + A.P. den Waaldijk boven Ophemert; de dijk is daar hoog ongeveer 10,50 M. + A.P.; de laagste standen dalen op de Waal tot 5 M. + A.P. tot beneden Doodewaard, de hoogste rijzen tot deze hoogte tot even boven Gorinchem op de Merwede.

De lijn loopt verder ten westen van Tiel, overschrijdt de Linge benoorden Tiel en sluit aan den linker Rijndijk bij Maurik, welke dijk hier ter hoogte van ongeveer 9,80 M. + A.P. is gelegen.

In den Rijn daalt het water tot 5 M. + A.P. tot boven de Grebbe terwijl het tot deze hoogte klimt tot boven Schoonhoven.

De lijn verlaat den rechteroever aan den noorder Lekdijk bovendams tusschen Amerongen en Wijk bij Duurstede waar de dijk hoog is ongeveer 10,40 M. + A.P. en loopt dan in noordwestelijke richting langs den voet der Geldersche en Utrechtsche heuvelenreeks, keert bij Soestdijk niet ver van den linkeroever der Eem langs Amersfoort terug, loopt van hier in zuidelijke richting tot nabij het station Maarsbergen van den Rijnspoorweg, waar de lijn de heuvelen verlaat, de Geldersche vallei overschrijdt en zich dan noordwaarts wendt. De lijn loopt ten oosten van Nijkerk op eenigen afstand van de Zuiderzeekust, ten zuiden langs Harderwijk en wendt zich van daar meer binnenwaarts tot nabij Hattem; daar keert zij in zuidelijke richting langs den voet der Veluwsche heuvelen terug tot bezuiden Twello, waar de vlakke Veluwezoom wordt overschreden en de noordelijke richting weder wordt gevolgd tot den linker IJsseldijk bij

Terwolde, waar de dijk hoog is ongeveer 8,50 M. + A.P. De hoogte van 5 M. + A.P. wordt bij hoogsten rivierstand door den IJssel bereikt tot halverwege Wijhe en het Katerveer, terwijl de IJssel tot dezen stand kan dalen tot even beneden Doesborgh. De lijn vangt weder aan bij de rechter IJsselbedijking onder Diepeveen, loopt in noordoostelijke richting door Overijssel langs Raalte, overschrijdt de Vecht halverwege tusschen Dalfsen en Ommen, de Dedemsvaart bewesten Ommerchans, den Staatsspoorweg beoosten station Koekange, de Drentsche hoofdvaart bij Havelte, van waar de lijn de hooge gronden tusschen Havelte en Steenwijk gaat omsluiten; vervolgens loopt zij langs de zuidoostzijde van de lage gronden die ten noordoosten van Steenwijk liggen, wendt zich dan weder naar Steenwijk, volgt den voet der hoogten van Steenwijkerwold, waarbij weder eene noordelijke richting wordt ingeslagen, naar Oudeberkoop en wordt, de lagere gronden van Friesland en Groningen scheidende van de hoogere streken, de Staatspoorweg bij de halte Zuidlaren gepasseerd, de vallei van de Drentsche Aa, die bij Taarlo en Gasteren wordt overschreden, ingesloten, de laagte in de Hondsrug bij het Zuidlaardermeer overgetrokken, langs den oostelijken voet zuidwaarts gekeerd tot de Hunse beneden den mond van het Voorster diep bij Gasselternijveen wordt overschreden; zij buigt zich dan oostwaarts, benoorden om de hoogten van Onstwedde en, de Mussel en de Ruiten-Aa passeerende, eindigt zij op de Nederlandsch-Pruissische grenzen bij Bourtange.

Tusschen deze lijn van 5 M. + A.P. en de zee zijn nog eenige geïsoleerde hoogten gelegen welke zich tot 5 M. en meer boven A.P. verheffen en derhalve, indien overstroming tot zulk een peil mogelijk ware, in alle gevallen boven de golven zouden uitsteken. In de eerste plaats de duinen welke gemiddeld ter hoogte van 10 M. + A.P. zijn opgeworpen, doch zich op sommige plaatsen veel hooger verheffen, o.a. ligt de Blinkert, de hoogste duin in Noordholland, ter hoogte van 60 M. + A.P.; dan enkele hoogere gronden op de Noordze-eilanden; vervolgens de hoogten in het Gooi, welke zich tusschen Baarn en Hilversum en tusschen Laren en Huizen tot 25 M. en 30 M. + A.P. verheffen; de Muiderberg is de meest westelijk

gelegen hoogte en wordt rechtstreeks door de Zuiderzee bespoeld.

Dergelijke hoogten langs de Zuiderzeekust, aan de landzijde door lage gronden omringd, vormen het amt Vollenhoven dat echter niet hooger rijst dan ruim 7 M. + A.P., voorts de Mardummer en de Roode Kliffen ten oosten van Stavoren, waar het hoogste punt op 12 M. + A.P. is gelegen. De Gaasterlandsche hoogten in zuidwestelijk Friesland rijzen mede tot 10 M. + A.P., die van het noordelijk gedeelte van de Hondsrug waarop Groningen en Haaren zijn gelegen tot 7 M. + A.P.

Zooals te verwachten is volgt de lijn van 10 M. + A.P. in hoofdzaak de lijn van 5 M. + A.P. op kleineren of grooteren afstand; zij overschrijdt in de nabijheid van den rechter Scheldeoever onze grenzen, volgt dezen oever tot halverwege Woensdrecht en Bergen op Zoom, wendt zich daar oostwaarts en overschrijdt de Belgische grenzen bij Esschen om de Roozendaalsche vliet door te laten, wendt zich daarna noordoostwaarts om bezuiden Etten in zuidelijke richting terug te keeren, de Bijloop en de Aa of Weerijs, zijrivieren van de Mark te overschrijden en bij Zundert weder op Belgisch gebied over te gaan. Aan de rechterzijde van de Mark tusschen Meerle en Chaam betreedt de lijn van 10 M. + A.P. weder ons land, doorsnijdt de rechter nevenrivieren van de Mark en den Staatsspoorweg bij Rijen ten oosten van Breda, loopt om de hooge gronden van Noordbrabant langs Haaren, overschrijdt den Voorsten en den Achtersten stroom bij Oisterwijk, de Dommel boven den Kastereuschen watermolen, wendt zich daarna noordwaarts naar Schijndel, van daar op eenigen afstand van den linkeroever van de Aa weder oostwaarts tot Erp waar de Aa wordt overschreden, neemt dan eene noordelijke richting aan tot in de nabijheid van Heesch en Schayk, waar de richting weder oostelijk wordt tot bezuiden Grave; dan wordt de Raam gevolgd, die benoorden Mil wordt overschreden en eindigt de lijn aan den zuiderdijk van de Beersche Maas nabij Beers welke dijk hier hoog is 12,10 M. + AP. De hoogst bekende rivierstand klimt op de Maas tot 10 M. + A.P. nabij Ravestein, terwijl de Maas bij de laagst bekende standen tot deze hoogte daalt tot beneden Kessel in Limburg; de binnenwaterstand kan ongeveer tot deze hoogte bij open water rijzen aan de Pegelbrug te Grave.

Langs den rechteroever van de Maas begint de lijn van 10 M. + A.P. aan den rechter Maasdijk te Overasselt waarvan de kruin aldaar hoog is ongeveer 12 M. + A.P.; zij wendt zich daarna naar Nijmegen, en sluit ten westen van deze stad aan den linker Waaldijk welke hier ter plaatse hoog is ongeveer 15,15 M. + A.P. De Waal kan bij open water rijzen tot 10 M. + A.P. tot even boven Tiel en dalen tot deze hoogte tot over onze grenzen op den Bovenrijn. De lijn van 10 M. + A.P. vangt weder aan bij den Over-Betuwschen dijk tegenover Nijmegen hoog alhier 15,65 M. + A.P. en scheidt het meest oostelijk gelegen deel van de Over-Betuwe van het overige Lingegebied; de lijn sluit aan den Nederrijndijk tusschen Huissen en Elden waar de dijk hoog is ongeveer 15,50 M. + A.P.; het water in den Nederrijn rijst bij den hoogst bekenden rivierstand tot 10 M. + A.P. even boven Remmerden en daalt tot op den Bovenrijn buiten onze grenzen tot dezelfde hoogte bij den laagst bekenden waterstand. De Rijn bespoelt van Arnhem af onmiddelijk den voet der Veluwsche heuvelen welke door de lijn van 10 M. + A.P. wordt gevolgd; bij Wageningen wordt de rivier verlaten; de lijn blijft den voet der hoogten volgen welke de Geldersche vallei aan de oostzijde begrenzen, loopt langs Lunteren, Barneveld, Voorthuizen en Putten, volgt de Zuiderzee op eenigen afstand tot bij Hattem, keert zich daar naar het zuiden aan den voet der Veluwsche heuvelen, langs Epe en Vaassen, loopt ten oosten van Apeldoorn op eenigen afstand ten oosten van het Dierensche kanaal tot Dieren, waar de linker IJsseloever wordt gevolgd tot dat bij Arnhem weder aan dezelfde lijn wordt aangesloten, welke op deze wijze de geheele Veluwe aan alle zijden als een eiland omringt. De lijn vangt langs den rechter IJsseloever aan den IJsseldijk bij Westervoort weder aan; de dijk is daar hoog ongeveer 13,40 M. + A.P.; de waterstanden in den IJssel verheffen zich tot de hoogte van 10 M. + A.P. tot bij Dieren en dalen tot dezelfde hoogte tot buiten onze grenzen in den Bovenrijn. De lijn loopt langs Duiven en benoorden Didam naar Laag-Keppel waar de Oude-IJsselvallei aan de zuidzijde wordt ingesloten tot halverwege Doetichem en van daar aan de noordzijde tot bij Drempt; de lijn wendt zich dan verder oostelijk tot benoorden Hummelo, loopt dan in noordelijke richting ongeveer evenwijdig met den IJssel ten

westen van Vorden, Almen en Bathmen, waar de Schipbeek wordt gepasseerd, omsluit dan de hoogten welke de Schipbeek van het Vechtgebied scheiden, loopt vervolgens verder noordwaarts naar Hellendoorn, waar eene zuidelijke richting wordt aangenomen, langs den oostelijken voet van den Hellendoorschen berg op eenigen afstand den linker Reggeoever volgende tot bij Elsenerbroek benoorden Goor, waar weder de noordelijke richting wordt ingeslagen; de lijn loopt ten westen van Almelo tot voorbij Vriezenveen waar weder zuidwaarts wordt gekeerd om de heuvelen van 't Hooge Heksel en Wierden te omsluiten, en nabij het aanvangspunt weder teruggekeerd, de noordelijke richting verder te vervolgen, op eenigen afstand van de Vecht den linkeroever dezer rivier te volgen tot Gramsbergen, aldaar naar den rechteroever over te gaan en de Duitsche grens te bereiken. Ten oosten van Coevorden betreedt de lijn opnieuw ons land, overschrijdt dadelijk het Schoonerbeekerdiep, daarna het Drostendiep en keert over Coevorden in westelijke richting terug door het Lutterveld op eenigen afstand van den rechteroever van de Reest tot Linde, van waar de noordelijke richting wordt hernomen; loopt langs Zuidwolde en het station Hoogeveen van den Staatsspoorweg, van daar westelijk door het Echtenerveld en dan weder noordwaarts langs Zuid- en Noord Lhee, vervolgens om Diever en het Dieversche veld, voorts oostwaarts langs Veenhuizen, slingert langs Norg, Assen, de Haar en Eldersloo, buigt benoorden Rolde over het Balforderveld, volgt den westelijken en den oostelijken voet van de Hondsrug, die bij Zuidlaren wordt overgetrokken, tot Borger, loopt benoorden langs Ruinen, over het Achterste en het Oude diep, door de Exlosche venen, langs Zandberg en Ter Apel, waar de Ruiten Aa wordt overschreden, eindelijk weder noordwaarts tot bij Wessingertange de Duitsche grens wordt bereikt.

Tusschen de lijnen van 5 M. en 10 M. + A.P. bevinden zich nog de hooge gronden benoorden Bergen op Zoom, de hooge Hoevensche heide ten oosten van Roozendaal, de heuvelen in het land van Maas en Waal tusschen Wijchen, Leur en Heranen en bij Bergharen, voorts de Geldersche en Utrechtsche heuvelen ten westen van de Geldersche vallei tusschen Rhenen en

Amersfoort—de Bilt, waarvan de kruin zich op sommige plaatsen tot meer dan 60 M. boven A.P. verheft, dan eenige hoogten ten oosten van Deventer waarvan het hoogste punt op 11 M. + A.P. is gelegen, de hoogten van den Havelterberg en eindelijk die van Steenwijkerwold waarvan de top zich tot 17 M. + A.P. verheft.

De lijn van 15 M. + A.P. omvat tusschen Putten en Huijbergen de zoogenaamde duinen ten oosten van Ossendrecht, en betreedt ons grondgebied opnieuw bij de hoogten welke de Markvallei ten oosten begrenzen; de lijn loopt door de Castellesche heide, doorsnijdt de rechter zijbeekjes van de Mark tot bij Gilze, waar het gebied der Donge wordt betreden, loopt ten zuiden langs Goirle en ten noorden langs Hilvarenbeek, overschrijdt de Reuzel bij Diessen, loopt langs Oirschot en Best, wendt zich op de Breugelsche heide zuidwaarts, de Dommelvallei tot Woensel insluitende, loopt langs Lieshout, overschrijdt de Aa bij Aarle, richt zich dan noordwaarts langs Gemert en Uden om de Peel te begrenzen, en wendt zich tusschen Nistelrode en Heesch weder oostwaarts tot bezuiden Grave vanwaar eene zuidelijke richting langs de oostzijde van de Peel wordt gevolgd; zij omvat dan een gedeelte der Maasvallei en komt aan de zuidzijde van het Rijkswald op de heuvelen tusschen Kleef en Nijmegen weder op ons gebied.

De hoogte van 15 M. + AP. wordt op de Maas bij hoogsten rivierstand bereikt halverwege ongeveer tusschen Well en Afferden; bij laagsten stand daalt de Maas beneden deze hoogte tot boven Roermond. Langs den voet van deze heuvelen loopt de lijn op zeer korten afstand van de Maas, voorbij Mook noordwaarts tot en door Nijmegen om daarna langs de oostzijde van de hoogten bij Beek weder op Pruissisch gebied over te gaan; tusschen Groesbeek en Kranenburg worden de Nederlandsche grenzen nog even gepasseerd doch thans bij uitzondering om een lager deel van ons land in te sluiten. De bodem van ons land blijft in de Rijnvallei lager dan 15 M. + AP. tot nabij Babberich niet ver van de plaats waar de Oude Rijndijk, welke de Lijmers beschermt, aan de hooge gronden aansluit. De dijk is hier hoog 16,20 M. + AP.

De waterstand in de Waal is bij de hoogst bekende rivier-

standen boven 15 M. + A.P. verheven tot even beneden Hulhuizen, en in het Pannerdensche kanaal tot even boven de peilschaal te Pannerden.

De lijn omvat de hoogten tusschen Elten, 's Heerenberg, Zeddarn en Beek en keert weder op Pruissisch gebied terug aan den rechteroever van de Wildt, waar deze ons gebied betreedt. Aan de linkerzijde van den Ouden IJssel ten zuidwesten van Anholt komt de lijn opnieuw op ons gebied, thans om het niet te verlaten vóór de Vecht is overschreden; de lijn gaat bij Ulft naar den rechteroever van den Ouden IJssel over, loopt over Terborgh, Zelhem, Harssel, buigt zich tusschen Ruurlo en Lochem naar Borculo, loopt langs Geesteren in noordoostelijke richting naar Delden; Borne en Weerselo, keert dan in westelijke richting terug tot op eenigen afstand van Almelo van waar eene noordelijke richting wordt gevolgd langs Geesteren en Sipculo en verlaat ons gebied ten zuidoosten van Hardenbergh. Benoorden de Vecht bij Nieuw Schoonebeek vangt de lijn van 15 M. + A.P. haar loop weder aan, omvat de betrekkelijk lagere gronden ten noorden van Coevorden, loopt daarbij langs Nieuw Amsterdam, bezuiden Zweelo, langs Oosterhesselen en Zwinderen, keert in het Veenhuizerveld weder noordwaarts terug, loopt op eenigen afstand ten oosten van Hoogeveen, ten oosten langs Beilen tot het Oranjekanaal, volgt dit in westelijke richting, wendt zich noordwaarts tot Smilde, loopt oostwaarts tot het Amerdiepje, vervolgens noordwaarts tot Rolde, snijdt de Drentsche Aa, omvat de Hondsrug, die benoorden Eext wordt overschreden en keert langs den oostelijken voet van deze terug tot de vallei van het Voorster diep en van het Diepje welke bij Borger den Hondsrug midden door snijdt; nadat de lijn deze vallei heeft omvat, wordt weder langs de oostzijde van den Hondsrug zuidwaarts gewend om na Odoorn aan de oostzijde voorbij gegaan te zijn de Pruissische grenzen bezuiden Roswinkel te bereiken.

Tusschen de lijnen van 15 M. en 10 M. + AP. bevinden zich nog eenige hoogten, welke zich hooger dan 15 M. + AP. verheffen; eene hoogte benoorden Woensdrecht, een deel der hoogten aan den rechteroever van de Niers nabij de uitmonding in de Maas, de Lochemsche berg waarvan het hoogste punt 17 M.

boven AP. is gelegen, de Hellendoornsche en Holterbergen met de hoogten in de richting van Markelo en Diepenheim waarvan het hoogste punt 80 M. boven AP. bereikt, eindelijk de Lemelerbergen waarvan de hoogte 70 M. + AP. bedraagt. De Veluwsche heuvelen zijn geheel binnen de beschreven lijn van 10 M. + AP. begrepen; de toppen verheffen zich tot 100 M. + AP.

De lijn van 25 M. + AP. omvat eerst een driehoekig stuk van Noordbrabant waarin Baarle-Nassau en Baarle-Hertog gelegen zijn en dat door den spoorweg van Tilburg naar Turnhout wordt doorsneden, betreedt daarna ons grondgebied bezuiden Hilvarenbeek bij Lage Mierde, doorsnijdt in oostelijke richting het stroomgebied van de Dommel, de Groote Beerse nabij Casteren, de Kleine Beerse bij Vessem, de Keersop bij Westershoven, de Dommel bezuiden Valkenswaard, de Tongreep meer nabij de Belgische grenzen en de Kleine Dommel bezuiden Leende overschrijdende, betreedt het gebied van de Aa tusschen Mierlo en Someren, buigt daarna om en over de Peel tot de Maasvallei, welke wordt gevolgd tot Maasbracht, waar zij wordt overschreden. Bij den hoogst bekenden waterstand steeg de waterspiegel even boven deze plaats tot deze zelfde hoogte; de Maas kan tot deze hoogte dalen tot Maaseijk. Langs den rechteroever van de Maas is slechts eene smalle strook van Swalmen tot benoorden Venlo boven 25 M. + AP. verheven behalve de hoogten tusschen de Niers en Nijmegen met de lager gelegen vallei van Groesbeek. Voorts wordt het terrein tusschen Elten en Zeddam van de overige Geldersche gronden tusschen Boven Rijn en Ouden IJssel door de lijn van 25 M. + AP. gescheiden. De waterspiegel van den Rijn stijgt nooit tot de hoogte van 25 M. + AP. binnen onze grenzen; bij hoogst bekenden waterstand bij open rivier wordt de hoogte van ongeveer 16 M. + AP. bereikt.

De lijn van 25 M. + AP. betreedt voorts ons grondgebied, om de oostelijke zoom van Gelderland en Overijssel te doorsnijden, benoorden Aalten, loopt langs deze plaats en Lichtevoorde, overschrijdt de Slinge boven Groenlo, de Berkel boven Eibergen, de Schipbeek ten zuidwesten van Haaksbergen, loopt voorts ten oosten van Hengelo, ten noordwesten van Oldenzaal, overschrijdt de Dinkel nabij Denekamp en bereikt de

grenzen tusschen Denekamp en Noordborn. De lijn omvat eindelijk de hoogten van het Hezingerveld, ten noordwesten van Ootmarsum.

Tusschen de lijn van 15 M. en die van 25 M. + AP. of de grenzen vindt men enkele toppen van de Hondsrug welke zich tot deze hoogte verheffen. De lijn van 50 M. + AP. doorsnijdt den zuidoostelijken hoek van Limburg tusschen Eijsden en Sittard, omvat voorts een klein hoekje nabij Elten, eene smalle strook in zuid-noordelijke richting van Broekheurne, oostelijk van Enschede tot Lonneker loopende, en een strook in dezelfde richting ten noordwesten van Ootmarsum nabij Hezinge, terwijl tusschen de lijn van 25 M. + AP. en de grenzen bovendien nog gronden ter hoogte van minstens 50 M. + AP. gelegen zijn, als de hoogten bij St. Pieter aan den linkeroever der Maas, hoog 123 M. + AP., de hoogten bezuiden Nijmegen waarvan de hoogste punten zich tot 97,50 M. + AP. verheffen, de hoogten bij Zeddam waarvan de Hettenheuvel 105 M. + AP. en die bij Oldenzaal in het Roode veld waarvan de hoogte meer dan 70 M. bedraagt.

Op de Maas verheft zich de hoogste waterstand tot de hoogte van 50 M. + AP. boven St. Pieter.

De lijn van 100 M. + AP. omgrent slechts eenige strooken in het zuidoostelijke deel van Limburg tusschen Eijsden en Ubach over Worms. Tusschen de lijn van 50 M. + AP. en de grenzen verheffen zich eenige hoogten in het oosten van Overijssel tot meer dan 70 M. + AP.

§ 4. De hoogte en de afwatering. Op de hoogtekaarten zijn eenige grenzen van stroomgebieden aangegeven welke voornamelijk door de betrekkelijke hoogte der gronden worden bepaald; het behoort echter tot de kenmerkende eigenschappen van vlakke landen dat de waterscheidingen tusschen de verschillende gebieden niet altijd even scherp zijn aan te geven, terwijl vele gronden tot meer dan één stroomgebied behooren.

Op de overzichtskaart is het gebied van de Noordzee en dat van de benedenrivieren tot Woudrichem in het zuiden van ons land gescheiden van dat der Maas door eene lijn, welke Noordbrabant van het zuiden naar het noorden doorsnijdt en daarbij de westelijke waterscheiding vormt van het stroomge-

bied van de Dommel en de Dieze, dan de Maas volgt, langs den Waaldijk zich oostwaarts wendt en de Betuwe omvat, welke behalve eene kleine uitgestrektheid nabij Herwijnen geheel op de benedenrivieren uitwatert.

Eene lijn van de Lek tot de Zuiderzee sluit het zuiver Zuiderzeegebied aan de westzijde af van dat van de Noordzee, de benedenrivieren en het aan Noord- en Zuiderzee gemeene gebied. Dit Zuiderzeegebied grenst ten zuiden aan Nederrijn en Lek tot Wageningen met uitzondering van een klein gedeelte van de hooge gronden tusschen Amerongen en de Grebbe. Bij Wageningen loopt de scheiding tusschen het Zuiderzee- en het riviergebied noordoostelijk, volgens de lijn welke de vermoedelijke waterscheiding op de Veluwsche heuvelen volgt tot bij Hattem, en buigt van daar naar de Zuiderzee, ten westen van den IJsselmond.

Het gebied ten oosten van dat van de Noordzee, de benedenrivieren en de Zuiderzee te zamen, behoort aan den Gelderschen IJssel met uitzondering van een strook langs de Waal boven Nijmegen en langs den Bovenrijn en van de zuidelijke helling der Veluwsche heuvelen tusschen Wageningen en Arnhem, waarvan het water afloopt naar den Nederrijn.

Het IJsselgebied, dat zich aan den linkeroever tot aan de zee uitstrekt, wordt aan den rechteroever door de hooge gronden langs de noordzijde van de Schipbeek en door den IJsseldijk gescheiden van het Zwartewater gebied.

Slechts voor de afwatering van een klein gedeelte van ons land zijn de gewone waterstanden op den Bovenrijn, de Waal en den Nederrijn van beteekenis; voornamelijk zijn het de buitenpolders en uiterwaarden, welke bij de geschiktheid dezer rivieren voor afwatering belang hebben.

Daarentegen hebben de Maas en de Geldersche IJssel een voorname rol als natuurlijke waterloopen te vervullen.

Het grootste gedeelte van ons land met inbegrip van het IJsselgebied watert af op de Zuiderzee; het noordoostelijk deel voornamelijk op de Wadden en de Eems.

Bij de latere beschrijving van de waterkeeringen en waterlossingen zullen de verschillende gebieden nader worden aangeduid.

§ 5. **Daling van den bodem.** Dit onderwerp, waarbij de waterstaat van ons land ten nauwste is betrokken en dat reeds menige pen in beweging heeft gebracht, mag niet geheel onbesproken blijven.

Afgescheiden van de vraag of eene algemeene daling van den ondergrond mede oorzaak er van kan zijn, staat het vast dat de oppervlakte van vele alluviale gronden van ons land uit den aard hunner vorming door drooglegging of door het doen ophouden van de oorzaak van aanwas, noodwendig daalt, omdat de grondsoorten waaruit zij bestaan aan min of meer sterke inklinking onderhevig zijn. Die inklinking en daling van de oppervlakte is derhalve daar het sterkst waar de lagen welke inklinken het dikst zijn, terwijl de betrekkelijke inklinking bij eene zelfde dikte daar het grootst is waar de gronden vóór de drooglegging met water verzadigd en geheel onbelast waren.

Waar de alluviale gronden de grootste diepte bereiken en deze vóór de bedijking niet boven gewoon hoog water verheven waren, zal de inklinking het grootst zijn.

Van de daling van de oppervlakte der Dollardpolders geeft Dr. G. A. Venema de volgende lijst.

LIGGING TEN OPZICHTE VAN VOLZEE.

A. Westelijk gedeelte.

Jaar van bedijking.	Naam van den polder.	Ligging betrekkelijk volzee in 1850.	Daling per jaar.
1545	De eerst bedijkte langs Eexte, Westeree, Muntendam, Zuidbroek, Noordbroek enz.....	— 1,58 M.	6,7 Millim
1597	West van en aan het Zijldiep van Scheemda tot naar Termuuterzijl...	— 1,05 "	6,0 "
1665	Oud-Nieuwland.....	— 0,98 "	7,8 "
1701	Nieuwland.....	— 0,92 "	9,3 "
1740	Stadspolder (in den oostelijken boezem op Nederlandsch gebied).....	— 0,48 "	8,7 "
1769	Oostwolderpolder.....	— 0,24 "	8,8 "
1819	Finsterwolderpolder.....	+ 0,21 "	8,1 "

Gemiddelde daling per jaar: 8,0 Millim.

Voor de hoogte van de oppervlakte bij de bedijking is aangenomen de hoogte waarop het kweldergras begint te groeien, of 0,46 M. boven het aangenomen volzee.

B. Oostelijk gedeelte (in 1819 door Dr. Reinhold opgemaakt).

Jaar van bedijking.	Naam van den polder.	Ligging betrekkelijk volzee.	Daling per jaar.
1605	Altbunder Neuland.....	-- 1,73 M.	10,3 Millim.
1682	Charlottepolder.....	-- 0,63 "	8,0 "
1707	Süder Christian Eberhard'spolder.....	-- 0,31 "	7,0 "
1795	Heinitzpolder.....	+ 0,24 "	9,8 "

Gemiddelde daling per jaar: 8,8 Millim.

Bij deze lijst is eveneens ondersteld dat de gronden bij de bedijking op de hoogte van de grens van het kweldergras hebben gelegen, voor welke hoogte is aangenomen 0,47 M. boven volzee.

Alle Dollardpolders te zamen zouden gemiddeld ruim 8 millimeter per jaar zijn gedaald.

Volgens mededeelingen van Dr. Venema zoude binnen de Noordhollandsche bedijkingen eene veel geringere verlaging van de oppervlakte zijn waargenomen, volgens de volgende lijst:

Wieringerwaard, bedijkt in 1608 was in 1854 niet lager.

Hogmeer, " " 1607 " " " zeer weinig lager.

Schermer, drooggemaakt " 1632 " " " lager; het zomerpeil was 0,35 M. verlaagd.

Beemster, " " 1612; het zomerpeil is in 1694 en 1848 telkens 0,15 M. verlaagd.

Purmer " " 1627; het zomerpeil is 0,15 M. verlaagd.

Watergraafsmeer " " 1629; met een veenbodem ter dikte van 1,56 M. maalt in 1854 0,56 M. hooger op dan vroeger.

Bijlmermeer " " 1826; met een kleibodem ter dikte van 1 M. waaronder een 5 meter dikke veen- en derrielaag is in 1854 0,40 M. gezakt.

Volgens deze gegevens zou de daling van de oppervlakte van den bodem in Noordholland aan gewone inklinking der drooggelegde gronden zijn toe te schrijven, en kan er van daling van den bodem geen sprake zijn.

Volgens l'Épie, Natuurlijke geschiedenis van West Friesland, is de bodem bij Enkhuizen van 1451 tot 1616 derhalve in 164 jaar 1,525 M. gedaald, of 9,2 millimeter per jaar; dit laatste cijfer en dat der Groningsche polders doen echter eene algemeene daling van den bodem onderstellen, indien ten minste moest worden aangenomen dat de hoogwaterstanden, die de

grens van het kweldergras aanwijzen, aan geene verandering onderhevig zijn; bij rijzing van deze standen rijst deze grens mede; zoo groeit bv. na de afdamming van de Oosterschelde ten gevolge waarvan benoorden en bezuiden dezen dam verschillende hoogwaterstanden zijn ontstaan, het schorgras aan de noordzijde op plaatsen, welke op dezelfde hoogte aan den kant der Westerschelde gelegen daarvoor nog geheel ongeschikt zouden zijn. Zulk eene verhooging van hoogwaterstanden kan o. a. in den Dollard zijn ontstaan tengevolge van de belangrijke bedijingen langs de Eems en in den Dollard, terwijl het geenszins onmogelijk is dat de verwijding der monden van de Eems ook nog in de laatste eeuwen heeft medegewerkt tot versterking der getijden op de Eems.

In de toekomst zal het onderzoek met voldoende zekerheid kunnen geschieden, indien ten minste eenige der vele zelfregistreerende peilschalen voortdurend in werking blijven en ten opzichte van een standvastig peil de waterhoogten registreeren, zonder onderhevig te zijn aan storende invloeden als: aanslibbing van toeleidingsgeulen en -buizen, opstuwung door het stroomen met de uitwateringssluizen enz. zoodat met zekerheid de veranderingen van de gemiddelde zeehoogte ten opzichte van den bodem, waarmede het peil een onverbreekbaar geheel moet uitmaken, kunnen worden onderzocht.

Belpaire onderstelt dat onze kustlanden dalende zijn en dat de Vlaamsche kust bezuiden Nieuwpoort rijzende is; Nieuwpoort is de grens; bezuiden Nieuwpoort is het strand aanwinende en wijkt de zee, benoorden Nieuwpoort wijkt het strand en wint de zee.

HOOFDSTUK IV.

De zee en het zeewater.

§ 1. **De Noordzee.** De grootste invloed op den Waterstaat van ons land wordt uitgeoefend door de Noordzee, die de westelijke en noordelijke kusten van ons land bespoelt en wier wateren de talrijke zeeboezems en breede stroomen binnendringen of met deze in open gemeenschap staan.

De Noordzee is een inham van den Atlantischen oceaan; aan de zuidzijde niet geheel gesloten, is zij door een betrekkelijk smal en ondiep kanaal, de zeestraat van Dover of het Nauw van Calais, met het Engelsche Kanaal en daardoor met den Atlantischen oceaan ook aan deze zijde verbonden. Deze nauwe opening is voor onze kusten van bijzonder gewicht omdat het zuidelijkst gedeelte van de Noordzee dwars van onze kust bezuiden Texel, slechts een trechtervormige verbinding vormt, een overgang tusschen de eigenlijke Noordzee en het Nauw van Calais, evenals het Engelsche Kanaal den overgang vormt tusschen den Oceaan en deze zelfde zeestraat. Terwijl de straat van Dover \pm 33 kilometer breed is, neemt de afstand tusschen de Engelsche en de Nederlandsche kusten geleidelijk toe tot ongeveer 200 kilometer tusschen Yarmouth en Texel. Benoorden deze lijn wordt de Noordzee door de Doggersbank in twee gedeelten gescheiden, waarvan het zuidelijk deel dat aan onze kusten grenst de minste diepte bezit. Bezuiden eene lijn van Hull naar de noordpunt van Jutland wordt nergens grootere diepte dan 30 vadem gevonden; de

bodem vormt langs de Nederlandsche en Duitsche kusten een breede strook van langzaam en geleidelijk toenemende diepte welke als eene onderzeesche voortzetting van de groote Nederrijnsche laagvlakte is te beschouwen, die in noordwestelijke richting naar de Noordzee afdaalt. Deze bodem bestaat uit zand; vermoedelijk wordt dit zelfde zeezand ook in het ongeveer 135 M. diepe noordelijk gedeelte van de zee gevonden; in den bodem van ons land vindt men het te Gorinchem op eene diepte van 120 M.

De afstand van Doggersbank, die met den rug ter minste diepte van ongeveer 8 vadem beneden laagwater is gelegen, tot Vlieland bedraagt ongeveer 230 K.M. De lijn van de grootste diepte in het zuidelijk deel loopt van Dover, op tweemaal grooteren afstand van de Nederlandsche dan van de Engelsche kust, halverwege tusschen Doggersbank en Vlieland, met een flauwen met de bolle zijde naar de Deensche kust gekeerden boog, naar de zuidpunt van Noorwegen.

Langs de Noorweegsche kust loopt een diepe en breede geul van 200 à 300 tot zelfs 400 vadem diepte over eene breedte van 35 à 75 K.M. uit den Atlantischen oceaen tot benoorden Denemarken, waar zij in het Schagerak overgaat. Overigens is het gedeelte van de Noordzee benoorden Doggersbank van 30 tot 100 vadem diep. De gemiddelde diepte van de Noordzee is op ongeveer 80 M. te stellen en derhalve in verhouding tot de oppervlakte welke ruim 75 millioen H.A. bedraagt met de dikte van een blad kaartpapier te vergelijken. De Atlantische oceaen heeft eene ongeveer 100 maal grootere oppervlakte; hij is gemiddeld ongeveer 40 maal dieper.

Opmerking verdient de richting waarin de golven over den grootsten afstand uit de groote diepte in eene rechte lijn onze kust kunnen naderen. Zij is van NNW. tot ZZO. op onze noordelijke kust tusschen Terschelling en de monden van de Eems gericht. Van onschatbaar belang is het dan ook dat de meest doelmatige en financieel uitvoerbare maatregelen genomen worden voor het behoud van de Nederlandsch-Oostfriesche eilandengroep welke dit meest gevaarlijk gedeelte van onze kust beschermt.

De tweede richting waarin daarna de machtigste golven ver-

wacht kunnen worden is de Noordwestelijke langs onze geheele kust van Walcheren tot Vlieland. Bij zuidelijker dan zuidwestelijke windrichtingen worden de Zeeuwsche en Zuidhollandsche eilanden en Vlieland en daarna ook de Noordhollandsche kust ontlast.

De vaste Hollandsche kust tusschen den Hoek van Holland en den Helder vormt een holle landwaarts gebogen lijn, waarvan de lengte tusschen paal 26 bij Kamperduin en paal 111 bij Terheijde 85 K.M. bedraagt; de lijn kan ongeveer beschreven worden met een straal van omstreeks 109 K.M.; de afstand in rechte lijn tusschen de genoemde eindpunten bedraagt 82 K.M., de grootste inspringsing binnen deze lijn 8 KM. bezuiden Zandvoort.

Behalve tusschen den Hoek van Holland en den Helder en aan de Nederlandsch-Belgische grenzen, waar de Noordzee rechtstreeks het vasteland bespoelt, wordt de Noordzee langs onze kust door eilanden begrensd die onderling en van den vasten Zeeuwsch-Vlaamschen, Hollandschen en Oostfrieschen wal door zeegaten zijn gescheiden.

Vóór de Hollandsche kust ligt op de hoogte van Petten de zoogenaamde Polder; op 3 K.M. uit de laagwaterlijn wordt daar slechts eene diepte van 43 dM. gevonden; de lijn van 110 dM. diepte is bij Egmond $1\frac{1}{2}$ K.M. uit de laagwaterlijn verwijderd, vóór Petten $4\frac{1}{2}$ K.M. en loopt verder evenwijdig met de kust naar het Schulpengat. De onderzeesche oever is tot op een afstand van meer dan 1 K.M. uit de kust 100 op 1 hellende, wel een bewijs dat de bodem niet sterk door den stroom wordt aangetast.

De dieptelijn van 15 vadem omvat ongeveer de onderzeesche vlakke de zoogenaamde Breeveertien, die zich tot een afstand van ongeveer 40 à 45 K.M. uit de vaste Hollandsche kust in zee uitstrekt. De gebogen Hollandsche kustlijn springt bij de Hondsbossche en Pettemer zeeeringen, die den geregelden achteruitgang der duinen niet hebben gevolgd, eenigszins naar buiten. Bij 5000 M. lengte heeft de uitspringende boog een pijl van 140 M. Uit boringen is gebleken dat zich 4 à 4,57 M. onder het maaiveld van de Hondsbossche zeeering een goede kleilaag bevindt, die tegen achteruitgang van de kust weerstand helpt bieden.

De diepte van de zee blijkt uit plaat XIX welke uit het verslag van de Noordzeewaarnemingen is overgenomen. Langs de Vlaamsche kusten en in onze riviermonden bevinden zich tal van zandbanken.

§ 2. **De Zuiderzee.** De Zuiderzee is een tot de grootte van een zeeboezem uitgebreid binnenlandsch meer, dat slechts door eene rij eilanden van de Noordzee gescheiden, in vele opzichten als een inham van deze is te beschouwen. Stormvloeden, die den waterspiegel plotseling verhoogden en een krachtige golfslag tastten de zwakke uit laag veen gevormde oevers aan totdat de gewone uitloop naar zee vervangen werd door eenige zeegaten, welke thans de gemeenschap vormen tusschen de Noord- en de Zuiderzee. De Zuiderzee is voornamelijk ontstaan tusschen de jaren 1170 en 1395, op dezelfde wijze als de Dollard tusschen 1277 en 1555. Daarna nam ook de invloed van de stroomen toe, die vermoedelijk de oorzaak geweest zijn van het afnemen van de Friessche kust bezuiden Harlingen. Het IJ is weder door afslag en vereeniging van andere poelen met de Zuiderzee ontstaan.

Reeds De Groot rekende de Zuiderzee niet tot de zeeën. „Maar wat belanght de Zuiderzee alsoo dezelve niet en is een deel van de Noordzee maer een vergaderingh van inlantsche stroomen, die door groote vloeden ende afspoelinghe van landen zoodanighen ruijnte heeft bekomen, moet dezelve verstaen toe te komen de aanpalende volckeren”.

De naam zee is door ons volk steeds zeer ruim toegepast; in Zeeland zijn alle breede stroomen zee; de oeverbewoners langs de smallere Schelde op Belgisch gebied spreken nog van zee, terwijl in het Zeeuwsche polderreglement van 1841 met polder aan zee gelegen alle Zeeuwsche polders werden bedoeld die door den stroom werden bespoeld.

Het zoutgehalte stempelt de Zuiderzee evenmin tot zee en is kleiner dan dat van de Schelde. De hoeveelheid aangevoerd zoetwater is in normale omstandigheden betrekkelijk gering; bij sterke verdamping wordt in het verlies aan water op deze wijze nauwelijks door den normalen afvoer van den Gelderschen IJssel voorzien.

Evenals de hooggelegen bergmeren in de toekomst aan vernietiging blootstaan door verdieping van den uitloop of door

aanslibbing, zal de Zuiderzee in de toekomst den reeds aangevangen terugweg verder opgaan en voor land moeten wijken zooals zij reeds deed aan de oostzijde van Noordholland waar de Wieringerwaard buiten den Westfrieschen dijk in 1604 ter grootte van \pm 2040 H.A. werd bedijkt, het Koe gras in 1817 groot 4300 H.A., Waard en Groet in 1844 groot 1526 H.A. de Anna-paulownapolder in 1845 groot 5000 H.A. en laatste-lijk de IJpolders.

Het zuidelijk gedeelte van de Zuiderzee is een komvormig meer, waarin de IJssel uitmondt; tegengesteld aan hetgeen in zeeën en meren wordt opgemerkt zet zich op den bodem in het diepste deel, het zoogenaamde Val van Urk, geen slib af, doch wijzen de boringen eene zandlaag aan. De stroomen zijn daar te sterk om het fijnste slib dat het IJsselwater in zwevenden toestand met zich voert en niet in de onmiddelijke nabijheid van de monden is bezonken, uit het Zuiderzeewater te doen afzetten; de slibafzetting geschiedt in dit deel der Zuiderzee meer in de nabijheid van den oever. Naar en uit het zuidelijk deel der Zuiderzee heeft door de opening tusschen West-friesland en Stavoren een wisselende aan- en afvoer van water plaats, omdat de waterspiegel met dien van het noordelijk deel der Zuiderzee tracht op en neer te gaan; de stroomen om en bij Urk zijn dientengevolge niet onbelangrijk doch loopen in de wijde kom meer zuidelijk te niet.

Het Noordelijk deel der Zuiderzee heeft open gemeenschap met de Noordzee langs grootere en kleinere diepe stroomen, die dit noordelijk deel, dat overigens uit zandplaten en waardgronden bestaat, in alle richtingen doorkruisen en zich langs vele zeegaten met de Noordzee vereenigen. Eene lijn in de richting van den vuurtoren aan de Ven en de hooge gronden bezuidwesten Stavoren getrokken kan als de zuidelijke grens van dit gedeelte beschouwd worden.

De noordelijke grens van de eigenlijke kom is de lijn die van Enkhuizen over Urk en Schokland tot den mond van den Ketel kan worden getrokken. Tusschen het noordelijk deel dat begrensd wordt door de lijn de Ven—Stavoren en het zuidelijk deel ligt een middelvak dat beider karakters gemeen heeft; tusschen Urk, Enkhuizen en Stavoren vindt men een zandbodem met stroomgeulen, beoosten de lijn Urk-Mirdum de Friesch-Overijsselsche inham

welke aan de zuidoostzijde in de delta van den IJssel overgaat.

Wanneer men eene kaart der Zuiderzee beziet, waarop de vorm door dieptelijnen is aangegeven, valt de verschillende aard der deelen duidelijk in het oog.

De aanvoer van slib uit den IJssel is op ongeveer 200.000 M³. per jaar te stellen; aannemende dat deze hoeveelheid zich regelmatig over de geheele Zuiderzee kon afzetten, dan zou jaarlijks een laagje slib van 0.04 millimeter dikte worden gevormd, in 2000 jaar zou de laag 80 millimeter dik zijn, terwijl Van Diggelen meende dat de geheele Zuiderzee in 1920 jaren tot de hoogte van volzee zou kunnen worden aangevuld; onder de bovengenoemde hoeveelheid zijn echter niet begrepen de vaste stoffen welke over den bodem van de rivier in zee worden afgevoerd, waarvan echter de hoeveelheid zeer gering moet zijn.

Het afzetten van slib kan evenmin als in de stroomgeulen waar de stroom zulks belet, duurzaam geschieden langs den naar het noordwesten gekeerden Gelderschen oever, waar de golfslag, hoe zwak ook, alleen aan zand en niet aan slib duurzame rust vergunt; de afzetting van slib geschiedt hier alleen bij hooge vlooden achter hooge ruggen, die langs den oever door den golfslag uit grintzand worden opgeworpen en de tusschen deze en den voet der Veluwsche heuvelen gelegen strook grond voor den golfslag min of meer beschermen.

De bodem van het zuidelijk deel, dat ter grootte van ruim 195.000 H A. voor indijking ernstig in aanmerking is gekomen, is nauwkeurig onderzocht. De diepte neemt regelmatig toe van het zuiden naar het noordoosten; ten west-noordwesten van Harderwijk verheft zich de bodem ongeveer 1 Meter boven de gemiddelde ligging, zoodat de droogste plaats daar slechts 17 centimeter onder dagelijksch laagwater ligt; deze droogten zijn onder den naam van Harderwijkerbank en de Knar bekend.

Volgens een 134 tal boringen bestaat de bodem voor $\frac{1}{5}$ uit klei, meerendeels ter dikte van 1,5 M., en voor $\frac{1}{5}$ uit zand; de klei verschilt weinig in samenstelling van die der Zuidbevelandsche polders Wilhelmina en Perponcher, doch ook de lichtere klei is voor het verbouwen van sommige gewassen voortreffelijk, zooals de zavelpolders in Zeeland en in Groningen leeren. De ondergrond is derrie of zand; de derrie is de oude veenlaag die ge-

durende de vorming van de Zuiderzee tot haren hedendaagschen staat met klei is overdekt; het zand aan de oppervlakte en in de diepere lagen is meest overal zeezand dat zich mede in den jongsten tijd heeft afgezet en aan de oppervlakte vooral bij Muiden, het zoogenaamde Muiderzand, wordt gevonden. In 5 boringen werd diluviaalzand aan de oppervlakte van den bodem aangetroffen, en wel in het oostelijk gedeelte langs de Geldersche kust waar de bodem als eene onderzeesche voortzetting van de diluviale Veluwsche heuvelen is te beschouwen.

De samenstelling van den bodem van de IJpolders is nieuwe zeeklei tot 4,20 M. — A.P., dan oude zeeklei tot ongeveer 6 M. — A.P. en daar beneden zeezand. Het diluviaal zand onderscheidt zich van het fijne zeezand door grover en ongelijker korrel; het bevat stukjes grint, vuursteen, kwarts of granietbrokjes, terwijl er noch schelpen, noch koolzure kalk in gevonden wordt.

De eilanden zullen later bij de afzonderlijke beschrijving voor zoover noodig besproken worden.

In het middelgedeelte van de Zuiderzee ontwikkelt zich uit het Val van Urk in de engte tusschen de Ven en Stavoren in noordwestelijke richting, eene meer dan 8 M. diepe stroomgeul, aan de Friesche zijde door het bekende Vrouwezand begrensd.

In de ondiepe kuststreek aan de oostzijde steken de kribben van het Zwolsche diep en de havendammen van Blokzijl en Kniure uit.

Het noordelijk deel wordt aan de noordzijde begrensd door de eilanden Texel, Vlieland, Terschelling en het westelijk deel van Ameland, de zeegaten van Texel, het Eijerlandsche gat, het Vlie en het Amelander gat; aan de noordoostzijde kan de dam over het Wad tusschen Ameland en Friesland, ofschoon niet waterkeerend, als grens beschouwd worden.

Beoosten Ameland toch vindt men het gebied van het Friesche gat en de Lauwers en bevindt zich, ook zonder dam, de grens tusschen dit gebied en dat van de Zuiderzee ergens tusschen Ameland en Friesland, doch met de afwisselende sterkte der beide gebieden telkens van plaats veranderende nu eens meer westelijk dan meer oostelijk dan de dam. Volgens Van Diggelen schommelde deze grens tusschen eene lijn van de Buren op Ameland naar de Keegen in Friesland en van de Kooi op

Ameland naar een plaats even beoosten het dijkhuis nabij Holwerd.

Het Marsdiep en het Vlie vormen de beide voornaamste zee-gaten; het Eijerlandsche gat loopt binnenwaarts op de uitgestrekte waardgronden en den Hengst dood; slechts een enge geul vindt men beneden laag water in zuidelijke richting tot den Texelstroom doorgeschuurd.

De grootte van het dwarsprofiel van het Eijerlandsche gat wordt door den hoofdingenieur Van der Vegt als volgt opgegeven :

Jaar.	Bij volzee.	Bij 1 M. boven volzee.	Bij 2 M. boven volzee
1722	16,100 M ² .	19,970 M ² .	23,920 M ² .
1864	13,400 „	19,370 „	29,660 „
Toegenomen	—	—	5,740 „
Afgenomen	2,700 „	600 „	—

Bij stormvloed en zou de capaciteit van het Eijerlandsche gat in ongeveer $1\frac{1}{2}$ eeuw met $\frac{1}{4}$ zijn vermeerderd.

Het Amelander gat is van meer belang dan het Eijerlandsche, doch oefent in oostelijke richting meer invloed uit dan naar het zuiden en zuidwesten, waar het Vlie een vermogende zijtak de Meep ontvangt, welke eene doorgaande breedte geul aanbiedt van de Noordzee tot bewesten den Nieuw-Bildtpolder.

De Meep onspoelt aan de noordzijde de Waardgronden van Griend, waar thans nog de overblijfselen te vinden zijn van het vroegere eiland Griend of Grind, dat in 1727 nog als zoodanig door l'Epie werd bezocht. Aan de oostzijde stroomt de eigenlijke Vliestroom, die de groote watervlakte bewesten Harlingen rechtstreeks met de Noordzee verbindt. De grootste diepte wordt hier gevonden langs de oost- en zuidzijde van de zoogenaamde Inschot en het Zuidoostrak, die van de Friesche kust door eene ondiepe vlakte zijn gescheiden, zoodat de kunst te hulp moest komen om eene geul te vormen over de Pollen, welke de reede van Harlingen van de Blauwe Slenk scheiden, en waarlangs zeeschepen met matigen diepgang Harlingen kunnen bereiken.

De Texelstroom geeft toegang tot de Zuiderzee bewesten Friesland en bezuiden Makkum; noordwaarts staat deze kom met die bewesten Harlingen in verbinding door de zoogenaamde Middelgronden en de Doove balg en tusschen den Hengst en de Waard door het Oude Vlie.

Zuidwaarts scheidt de geul het Amsteldiep het Balgzand, dat zich langs de noordpunt van Noordholland uitstrekt, van de Breehorn en het eiland Wieringen, en wordt de Balg door de Lutjeswaard van den Vlieter gescheiden.

De groote kom bezuiden Makkum en benoorden Stavoren heeft bezuiden Wieringen den slibrijken inham de Wieringermeer waarvan de droogmaking reeds ernstig is voorbereid, doch welk plan thans weder schijnt te rusten. Dit werk beoogde de droogmaking van 19,500 H.A. die voor $\frac{2}{3}$ gedeelte uit uitmunten-den grond, kleilagen zwaarder dan die van Waard en Groet, zou bestaan. De dijk zou ongeveer 21 $\frac{1}{2}$ K.M. lang zijn; de grootste hoogte van bemaling zou 5 M. bedragen, de minste ongeveer 2,60 M.

Er gaan thans vele stemmen op om te onderzoeken of de Zuiderzee van hare verbindingen met de Noordzee ware te verlossen met het doel de Zuiderzee tot een binnenmeer te maken en de droogmaking daardoor te bevorderen en tot stand te brengen.

Wanneer de financieele bezwaren aan het maken van eene volledige afsluiting verbonden overwonnen konden worden, wat niet zeer waarschijnlijk is doch uit een instellen onderzoek zal kunnen blijken, zouden aan de uitvoering, die den natuurlijke loop der dingen geenszins verstoort doch bevordert, ongetwijfeld groote voordeelen verbonden zijn. Wanneer het meer niet tot eene kleine oppervlakte wordt beperkt, de waterverdeeling van den Rijn tot de vastgestelde verhouding bij alle waterstanden wordt gebracht en de dijken langs den rechteroever van den Rijn beneden Wezel steeds meer worden versterkt, zal de uitmonding van den IJssel geene onoverkomelijke moeilijkheden in den weg leggen. Die bezwaren zijn vroeger zoowel wat den water- als den ijsafvoer betreft, overschat; het waterbezwaar door te groote cijfers, terwijl het ijsbezwaar nauwelijks gezegd kan worden te bestaan, omdat het IJssels, dat in het meer wordt afgevoerd, geenszins door de sluizen in de Noordzee behoeft te worden geleid. Het IJssels toch bereikt de Zuiderzee slechts in geringe hoeveelheden en de bezwaren, die het Zuiderzeeijs zou kunnen veroorzaken, worden daardoor niet noemenswaardig verminderd.

De betrekkelijk kleine hoeveelheid vaste stoffen die de IJssel

afvoert, kan slechts zeer langzaam eenige belangrijke vermindering van den inhoud der kom doen ontstaan; daar het zeezand van de Noordzee zal zijn buitengesloten, kan de IJssel in een zeer lange reeks van jaren geene bezwaren in den weg leggen. Worden binnen het meer slechts gronden van uitstekende hoedanigheid bedijkt en drooggemaakt en daarna slechts aanwassen bedijkt van voldoende vruchtbaarheid, dan zal het IJsselwater in het meer kunnen uitvloeien zonder eenige verhooging van waterstand langs den IJssel te veroorzaken en dus zonder schade voor de IJsseloeverlanden.

De afsluiting zal vooreerst wel tot de vrome wenschen blijven behooren; de bezwaren tegen de afsluiting van het doodlopende Eijerlandsche gat waren tot dusver reeds te groot. Mocht een ernstig onderzoek worden ingesteld naar de gevolgen eener afsluiting, naar de voor- en de nadeelen, dan zou tevens kunnen worden onderzocht of eene gedeeltelijke afsluiting niet de voorkeur verdient. Door het Texelsche gat open te laten zullen vele belangen minder schade lijden, terwijl de voordeelen eener geheele afsluiting in hoofdzaak zullen worden ondervonden.

Nabij het Texelsche gat is de schommeling van den waterstand in de Noordzee een minimum en bereiken de stormvloedden slechts een geringe hoogte, zoodat de invloed van dit zeegat alleen, vermoedelijk niet zeer veel kan toebrengen bij de hoogte, welke de opgestuwde wateren van het binnenmeer zonder het Noordzeewater zouden kunnen bereiken, terwijl de golfslag van de Noordzee door de afsluiting van de overige gaten geheel gebroken zal zijn. Ook zou voor eene te sterke verdieping van het Texelsche zeegat waarschijnlijk weinig gevaar bestaan omdat reeds in de tegenwoordige omstandigheden groote verschillen in waterstand tusschen de Noordzee aldaar en het noordelijk gedeelte der Zuiderzee worden waargenomen, welke door de afsluiting van de noordelijke gaten eerder zouden verminderen dan vermeerderen.

Onderzocht zou tevens kunnen worden in welk opzicht eene afsluiting door rechtstreeksche verbinding van Vlieland met de Friesche kust de voorkeur zou verdienen boven het inrichten van den dam tusschen Ameland en de Friesche kust tot waterkeering. Aan eene afsluiting van de geheele Zuiderzee

met de Lauwerzee en Wadden van den Helder tot de Eems zal wel niet ernstig worden gedacht. Met eene afsluiting van het Eierlandsche gat alleen zou in dat geval kunnen worden volstaan. Zonder sluizen met een open Texelsch zeegat zou alle water worden afgelaten op een waterspiegel met eene gemiddelde hoogte van 0,24 M. — A.P. te Helder, die gemiddeld schommelt tusschen ongeveer 0,25 M. + A.P. en 1,00 M. — A.P. en slechts in zeer zeldzame gevallen tijdelijk tot ruim 2,00 M + A.P. kan rijzen; met sluizen heeft men een meer waarvan de waterspiegel zonder kunstmiddelen doch met voldoende sluisruimte in den regel op de hoogte van 0,24 M. — A.P. (Heldersch peil) is te houden doch waarvan de waterspiegel evenzeer, doch slechts plaatselijk bij storm zal kunnen rijzen tot 2 M. en meer zoolang geene droogmaking op groote schaal heeft plaats gehad. De gedeeltelijke afsluiting heeft het voordeel dat er geen vrees ontstaat dat de voet van de buitenste waterkeeringen door het naderen van de diepte in gevaar kan worden gebracht, daar de bestaande in stand worden gehouden.

Voor de kennis van de Zuiderzee is de verspreiding van het zeewier van eenig belang. De hier en daar vrij beschutte ligging van de Zuiderzee en hare geringe diepte zijn bevorderlijk voor den groei van deze plant waarmede in den zomer van het jaar 1869 6550 H.A. waren begroeid. De grootste waard is de Moerwaard benoorden de Doove Balg groot 1835 H.A.; de meeste wierwaarden vindt men tusschen de lijnen getrokken van den toren van Aardswoud naar de havenlichten van Harlingen en van deze naar het kustlicht op Vlieland; het groeit ook in de bocht bewesten Andijk, op het Vrouwezand, bij Laaxum, vóór Gaast en Makkum, enz.

Het wier groeit het weligst op banken die van 1 tot 1,80 M. beneden laagwater zijn gelegen, de toppen der planten drijven dan op het watervlak; het groeit op harden zandgrond en op zachte waardgronden; het groeit van April tot Augustus of September wanneer het geel wordt, loslaat en gaat drijven. Het wier wordt gemaaid op plaatsen die niet meer dan 1 M. beneden laagwater zijn gelegen. Opgestapeld tot eene hoogte van 6 M. krimpt het na weinig dagen tot 1/3 der hoogte ineen. Als grondstof voor de dijksverdediging heeft het thans alle waarde verloren; allerwege wordt het wier door steenglooingen

en andere meer duurzame en krachtige middelen vervangen. Waar wier groeit wordt noch sterke stroom noch krachtige golfslag aangetroffen; bij stormvloed stroomt het onder en kan den golfslag niet verzwakken; onder sommige omstandigheden doet het echter goeden dienst als golfbreker op de vooroevers bij de zeedijken.

Het wier bevordert de opslikking, doch het weigert in sterke aanslibbing te groeien.

Op een H.A. groeit ongeveer 7000 K.G. wier droog gewogen. Jaarlijks wordt van een 125 tal hectaren geoogst; dit oogsten doet geen nadeel doch daarentegen wel het zoogenaamde slikkeren waaronder wordt verstaan het met platgetande ijzeren haken, zoogenaamde elgers, aan plaggen of zoden met wortel en wier te zamen uit den grond zeilen en verzamelen, welke slikkergrond dikwijls tot versterking der dijken werd gebruikt. Dezelfde voor de oevers schadelijke methode wordt gebezigd om paling te vangen.

De Wadden, de tusschen hoog- en laagwater droogvallende plaatsen die in het voorafgaande niet tot het gebied van de Zuiderzee werden gerekend, strekken zich uit van den Amelandschen dam, hoog ongeveer 5 dM. beneden hoog water, tot aan de Eems. Zij staan bekend onder de namen van het Pinkewad en het Frieschewad tusschen Ameland en de Friesche kust, het Wierumerwad bezuiden de Engelschmanplaat tusschen het Pinkegat en het Friesche gat, het Groningerwad en het Uithuizerwad langs de Groningsche kust.

De Wadden worden overstroombd met het water dat door de zeegaten het Pinkegat en het Friesche gat tusschen Ameland en Schiermonnikoog, door de Lauwers tusschen Schiermonnikoog en Rottumeroog en door de Wester-Eems tusschen Rottumeroog en Borkum wordt aan- en afgevoerd.

Binnenslands breiden de Wadden zich uit tusschen Groningen en Friesland en vormen de zoogenaamde Lauwerzee, waarin de jongste landaanwinning tot stand werd gebracht door de afsluiting van het Reitdiep bij Zoutkamp, door middel van een afsluitdijk, die in zuidwestelijke richting over het Wad werd doorgetrokken. Volgens gedane boringen bevat het Wad ten zuiden van Ameland vele goede gronden, vooral ten westen van den verbindingsdam terwijl de bepaald zandige gedeelten tot

de minderheid behooren. Hoe meer de zee weder van het door haar veroverde gebied binnen de duinenrij van de eilanden moet afstaan, hoe meer de zeegaten weder zullen verkleinen en de buitenste linie van onze verdediging tegen de zee, de eilanden, eene grootere lengte zal verkrijgen waardoor de achtergelegen linie langs de Friesche en Groninger kust des te sterker zou worden.

§ 3. **Het strand en de duinen.** Ons land wordt tegen de Noordzee zoowel langs de vaste kust als op de Noordzee-eilanden, waar de waterkeeringen den meesten weerstand moeten bieden, over eene zeer groote nitgestrektheid door natuurlijke middelen verdedigd.

De wind en de golfslag, en voor een deel ook de stroomen, welke in hunne volle ontwikkeling zoozeer worden gevreesd, zijn tevens oorzaak dat langs onze strandige kusten zandhevelen worden opgeworpen, die aaneengesloten duinrijen vormen waartegen het geweld van de zee niets vermag wegens de groote massa dezer doode weermiddelen.

De duinen toch ontstaan, worden gevoed en onderhouden door verstuiving van het droge strand, dat op zijn beurt weder wordt gevormd door zeezand, dat door de golven wordt losgewoeld en bij hooge vloed op het hooge strand wordt geworpen. Volgens het onderzoek van Plocq is het duinzand geheel gelijk in samenstelling met het zeezand, bevattende 92.3 deelen in zoutzuur onoplosbaar zuiver zand, 0.55 deelen kalk en overigens water, koolzuur enz. in 100 deelen zand.

Voor het ontstaan van duinen is de aanwezigheid van een droog strand van voldoende breedte en hoogte opdat het zand door den wind kan worden opgenomen en verplaatst, een eerste vereischte.

Eene tweede voorwaarde is het heerschen van gunstige aanlandige winden, die het droge zand landwaarts doen verstuiven.

Eindelijk is duinvorming op den duur slechts mogelijk, indien het strand telkens opnieuw uit zee wordt gevoed door den golfslag, die het zand van den bodem losmaakt en tot boven de laagwaterlijn verplaatst. ¹

¹ Nieuwe strand- en duinvorming na het verloren gaan van de buitenste bedding doch binnen het voormalige gebied van de zee, wordt duidelijk aangetoond door het dwarsprofiel over den zuidelijken Scheldeoever, op plaat XIX overgenomen uit het werk van den Hoofdingenieur Hogerwaard over de oeververdediging in Zeeland.

Afneming van de duinen door zandverstuiving zeewaarts heeft in ons land weinig plaats omdat de windrichtingen daarvoor niet gunstig zijn, doch vooral omdat de binnenzijde der duinen gewoonlijk voldoende door begroeiing is vastgelegd; des te meer zand wordt door de zoogenaamde afzanderijen aan de landzijde van de duinen afgenomen en weggevoerd. Van meer beteekenis is de afneming van de duinen aan de zeezijde vooral bij hooge vloed en wanneer de zee het strand geheel bedekt en de duinvoet wordt bespoeld. Het losse zand wordt dan afgeslagen en bijna geheel over het strand verspreid dat daardoor verhoogt en zich zelfs zeewaarts uitbreidt. Van deze verhooging wordt dikwijls met vrucht gebruik gemaakt om den duinvoet weder te versterken en te verbreden door het in beweging zijnde zand tusschen schermen van riet en andere hulpmiddelen tot rust te brengen.

Bij den stormvloed van 14/15 October 1881 was het zand langs het Goereesche strand zoo sterk in beweging dat de haven van Goedereede over 250 M. lengte met zand verstopt geraakte tot meer dan 1 M. boven gewoon hoogwater.

Verstuiving van de duinen naar binnen, die de groote breedte deed ontstaan, wordt meer en meer belet, door het duinzand vast te leggen door beplanting met helm en andere gewassen, het plaatsen van stroopooten enz.

Het gevaar voor het verdwijnen der natuurlijke zeeeringen door afneming aan de zeezijde is gering, indien voor het behoud van het droge strand kan worden gewaakt; deze waakzaamheid is overal noodig waar het strand door stroomschuring versmalt en verlaagt. Wel zijn de stroomen langs onze kust, behalve in de nabijheid der zeegaten niet zeer krachtig, doch de voortdurende werking is oorzaak dat hun invloed over lange perioden waarschijnlijk van meer belang is dan die van de plotselinge verhoogingen en verlagingen van den waterspiegel bij sterke open afwaaiing. Tengevolge van de groote waterverplaatsing ontstaat bij storm eene sterke stroomschuring, vooral in de nabijheid der zeegaten, door welke groote watermassaas worden gejaagd tot vulling der uitgestrekte bergkommen binnengaats, waarin het water ver boven den gewonen stand wordt opgezet.

Door de stranddefensie doelmatig in te richten niet alleen

tegen golfslag doch ook tegen stroomschuring kan de achteruitgang worden vertraagd, doch eindelijk wanneer de diepte nadert en de onderzeesche oever te steil wordt, is alle strandverdediging en oeverbevestiging zonder nut

Langs de Hollandsche kust zijn het voornamelijk de vloedstroomen, die de afneming van den onderzeeschen oever bevorderen; binnenwaarts in de rivieren zijn het de ebstroomen terwijl het van plaatselijke omstandigheden afhangt of de oevers binnengaats meer afnemen door de eb- dan door de vloedstroomen.

Wanneer de oever achteruit wijkt en het duin wordt belet zich binnenwaarts uit te breiden, wordt de duinmassa door versmalling en verlaging te zwak om niet alleen den waterdruk doch ook den aanval der bewegende watermassaas onder alle omstandigheden te keeren en moet het duin tot een waterkeerende dijk worden ingericht, tenzij de voorkeur wordt gegeven aan het leggen van een inlaagdijk.

Wil men de waterkeering behouden dan moet ten slotte tot onderzeesche oeververdediging worden overgegaan, opdat de voet van het duin of van den dijk verzekerd blijve.

Dat ook de duinen in ons land zich niet alleen landwaarts doch ook wel zeewaarts hebben verplaatst, schijnt uit de waarnemingen van de door het huis te Britten ingenomen plaats te kunnen worden afgeleid. Het werd in de 1^e eeuw gebouwd op 1000 M. ten noordwesten van de kerk van Katwijk aan Zee achter de duinen; in 1362 was de ruïne bij lage ebbes in zee te zien waaruit een zeer aanzienlijke achteruitgang van den duinvoet is af te leiden. In het jaar 1520 kwamen na een hevigen storm de ruïnen onder het duin te voorschijn, zoodat de duinvoet zich hier ter plaatse in anderhalve eeuw belangrijk zeewaarts had verplaatst. Daarna ging het duin weder achteruit, want de ruïnen kwamen bij zeer lage ebbes bloot in 1694, 1696 en in December 1701. In 1694 lagen de bouwvallen reeds 1088 M. zeewaarts op het natte strand; Le Frank van Berkheij zag de fundamenten driemaal bloot; in 1752 met palen in vasten kleigrond; in 1755 voor het laatst.

De duinen strekken zich langs de Noordzeekust uit van het noorden van Frankrijk tot de noordpunt van Jutland; in ons land wordt de keten verbroken door de verschillende zeegaten,

de doorgravingen aan den Hoek van Holland, te Katwijk en IJmuiden, terwijl de plaats van de duinen werd ingenomen aan de westzijde van Walcheren door den Westkappelschen zeedijk over 4700 M. lengte, op het noordwestelijk gedeelte van het eiland Voorne door verschillende dijken, tusschen Petten en Kamperduin door den Hondsbosschen zeedijk lang 4556 M. en den Pettener zeedijk lang 6000 M. en tusschen Huisduinen en het Nieuwediep door den Helderschen zeedijk.

De duinen zetten zich over de Noordzee-eilanden voort; de Zuiderzee en Wadden moeten derhalve evenzeer als binnengaats gelegen watervlakten worden beschouwd als de Zeeuwsche stroomen.¹

De duinen met de vlakkere zandvlakten aan hunne binnenzijde, de zoogenaamde geestgronden, zijn veelal 3 K.M., op sommige plaatsen 5 K.M., op andere slechts 20 M. breed. Gewoonlijk komen de duinen in rijen voor waarvan de buitenste de zeereep wordt genoemd.

Gewoonlijk hebben de duinglooiingen eene helling van $1\frac{1}{2}$ op 1; zelden is het beloop aan de zeezijde flauwer dan 2 op 1; het lage strand helt gewoonlijk onder 40 op 1; na stormvloeden is de gemiddelde helling van het strand gewoonlijk 31 op 1, waarvan het lage gedeelte beneden laagwater eene gemiddelde helling van ongeveer 40 op 1 aanneemt en het hoogere gedeelte tot den duinvoet van ongeveer 22 op 1.

De gemiddelde helling van den onderzeeschen oever blijkt uit den afstand waarop de lijn van 8 M. beneden laagwater zich bevindt. Volgens Kromhout *Nederland in zakformaat* is die afstand:

Aan den Uiterton van het Schulpengat	1020 M. overeenkomende met een beloop van	1 op	127
Te Callantsoog	1400 " " " " "	" 1 op	175
" Petten	780 " " " " "	" 1 op	97
" Egmond aan Zee	1340 " " " " "	" 1 op	167
" Wijk aan Zee	1580 " " " " "	" 1 op	197
" Zandvoort	1880 " " " " "	" 1 op	235
" Katwijk aan Zee	1640 " " " " "	" 1 op	225
" Scheveningen	1450 " " " " "	" 1 op	181
" Ter Heijde	1140 " " " " "	" 1 op	142

¹ Uit de richting van de duinen aan den Hoek van Holland, op Texel, enz. kan worden afgeleid, dat de noordwestelijke wind voor de vorming de beste is, vermoedelijk omdat de meest heerschende winden meestal van regen zijn vergezeld.

Op sommige plaatsen worden tusschen de laagwaterlijn en de lijn van 50 dM. diepte ruggen en geulen gevonden, daarbuiten niet meer; de lijnen van grootere diepte tot die van 15 M.—LW. loopen ongeveer met de kust evenwijdig.

Den natuurlijken vorm eener kustlijn, den hollen boogvorm tusschen vaste punten, als rotsgronden, rivierdelta's in de diepe zeeën en kunstwerken aan vlakke stranden, bezit de Nederlandsche kust van het zuiden tot den Helder en eenigszins van Terschelling oostwaarts; de eilanden Texel, Vlieland en Terschelling vormen een bollen in de Noordzee uitstekenden boog, waarvan het behoud voor de overige gedeelten der kustlijn derhalve van veel belang is. Het zijn niet alleen deze eilanden met hunne stranden, doch ook de ondiepe buitengronden, welke tot de verdediging bijdragen; deze vindt men bij Texel het meest, het minst bij Vlieland; hiermede staat vermoedelijk in verband dat Vlieland het meest afneemt en Texel het minst. Ook is de ligging van de eilanden ten opzichte van de zeegaten naar de Zuiderzee in verband met de richting der heerschende winden van veel belang.

Omtrent den achteruitgang van de kust in het algemeen wordt het volgende herinnerd. Van Diggelen vermeldt in zijn werk over de Zuiderzee enz., dat een stel porcelein van een schipbreuk afkomstig aan de binnenzijde der duinen op Vlieland in den grond werd geborgen en 30 à 40 jaar daarna onbeschadigd aan de buitenzijde te voorschijn kwam, zoodat de duinen in dit tijdperk over de volle breedte waren verplaatst. De geschiedenis van de overblijfselen van het huis te Britten werd hierboven medegedeeld.

Aan het Walcherensche strand te Domburg werden in 1646 en 47 voorwerpen uit den Romeinschen tijd gevonden en in 1690 overblijfselen van eene stad.

Aan den Helder zijn in de 17^e eeuw vermoedelijk 1130 M. en in de eerste helft der 18^e eeuw 520 M. duinbreedte verloren gegaan.

Op de plaats waar thans de platen der Zuider- en Noorder Haaks in zee liggen stond in 1424 een zwaar bosch.

In 1500 was er ten westen van Huisduinen nog zooveel land dat men er slechts 2 wagens hooi per dag van thuis kon halen.

Het dorp Petten werd met den St. Elisabethsvloed van 1421

weggeslagen en meer binnenwaarts gebouwd. Na de stormschade van het jaar 1625 werd het opnieuw veel meer binnenwaarts opgetrokken.

In 1627 werd het vroegere gemeenelandshuis aan de Hondsbosche verzwolgen en kort daarop bijna 500 M. naar binnen een nieuw opgetrokken. De Wakerdijk, die destijds ongeveer 160 M. van dit huis verwijderd was, naderde tot aan dit huis.

Te Scheveningen werd omstreeks 1460 de kerk door de zee verzwolgen; zij stond 1800 M. meer zeewaarts dan de tegenwoordige Protestantsche kerk, welke thans weder nabij het strand staat.

Vóór Ter Heide nam de kust in de 15^e eeuw 1600 M., in de 17^e 210 M. en in de 18^e eeuw 335 M. af.

Op Goeree werd in 1618 op het strand eene oude verdrinken stad ontdekt.

Eerst in 1540 werden de duinen tusschen Westkapelle en Domburg zoo weggeslagen dat het aanleggen van een dijk noodig werd.

Op het kaartje midden op plaat III is de vermoedelijke plaats der duinenrij volgens Staring aangeduid toen het land nog een haf was, met de zee door enge openingen verbonden, waarin Schelde, Maas, Rijn en Eems uitmondde.

Storm Buijsing deelt mede, dat volgens de kaart van Van Gendt de laagwaterlijn op het strand te Petten naderde:

van 1660 tot 1730	320 M. of 4,6 M. per jaar
„ 1730 „ 1754	125 „ „ 5,2 „ „ „
„ 1754 „ 1806	125 „ „ 2,4 „ „ „
„ 1806 „ 1839	100 „ „ 3,0 „ „ „

Volgens dienzelfden schrijver gaf in het jaar 1860 alleen de toestand bij Callantsoog zorg, waar toen de laag- en hoogwaterlijnen en de zeewering achteruitgingen, zoodat deze laatste, een zanddijk, telkens achteruit moest worden gelegd.

De duinrand, welke den dijk tusschen Callantsoog en Huisduinen door aanstuiving heeft versterkt, was in 1860 ongeveer 200 M. breed.

In de Middel-Nederlandsche Geographie deelt Mr. L. Th. C. van den Bergh mede dat het strand in de 8^e of 9^e eeuw bij Katwijk één uur westwaarts van het tegenwoordige lag, wat

met eene afneming van gemiddeld $5\frac{1}{2}$ M. per jaar zou overeenkomen, en dat dit misschien nog te ruim is gerekend. Het zelfde geldt voor het strand nabij Noordwijk, Zandvoort en andere dorpen, doch naarmate men noordelijker komt, schijnt de afslijting sterker te zijn geworden, zoodat de kust te Huisduinen ongeveer twee nren gaans zou zijn afgenomen of 10 à 11 M. gemiddeld per jaar.

In zijne memorie nopens den vroegeren en tegenwoordigen toestand van Vlieland enz. van 24 Maart 1865, erkent de ingenieur Van der Vegt de sterke terugwijking van Vlieland voor de zee. Bij verlagings van het strand worden hier evenals elders derrielanden en boomstammen gevonden. Het oude dorp West Vlieland verdween nadat de duinen vóór het dorp tusschen 1651 en 1719 door de zee waren ingenomen; bij den stormvloed van 26/27 Februari 1714 stortte de oude kerk in; met den herfstvloed van 1717 werd het dorp bijna geheel vernield; in 1736 vertrok het laatste gezin en reeds in 1756 werd er 15 vadem diepte op de plaats gepeild.

De achteruitgang was in dien tijd soms zoo groot, dat de plaats, waar in 1722 de inlaagdijk aan de oosterduinen aansloot, in 1756 592 M. in zee was gelegen, een achteruitgang alzoo van 18 M. per jaar.

Zooals reeds is opgemerkt, kan de afneming van den onderzeeschen oever door werken, boven laagwater gelegen, niet worden tegengehouden. Slechts op enkele plaatsen vordert het algemeen belang eene onderzeesche oeververdediging aan te leggen en in stand te houden; overigens laat men de natuur beneden de laagwatergrens aan haar zelve over. Alleen binnengaats zijn de onmiddellijk bij den achteruitgang van den oever betrokken belangen in den regel groot genoeg om op eigen kosten daartoe over te gaan. De Heldersche kust wordt op kosten van het Rijk voor achteruitgang behoed; zoo ook eenige kustvakken langs Vlieland en langs den Oudelandschen zeedijk. In Zeeland laat men de stroomen vrij spel, zoolang zij geen polder onmiddellijk bedreigen; de oeververdediging geschiedt dan ook uitsluitend op kosten van de ingelanden en eerst na calimiteusverklaring volgens de wet, met de hulp van den Staat en de Provincie. Het mag betwijfeld worden of

deze stand van zaken wel de goede is, daar op den Staat de plicht rust overal, ook in Zeeland, voor het algemeen belang te waken al zijn geen polderbelangen onmiddellijk bij de zaak betrokken.

Het afnemen van de kusten door stroomen en golfslag wordt in sommige omstandigheden bevorderd door den afvoer van grondwater; van uit de duinen zakkend water, dat hier en daar het hoogere strand met zoet water bevochtigt, is geen nadeel te wachten, doch waar de uitvloeijing onderzeesch in een steil beloop geschiedt, en al het water, dat over eene zeer groote uitgestrektheid boven eene voor water ondoordringbare laag valt, moet worden afgevoerd, is het zeer wel mogelijk dat bij buitengewone verlagingen van waterstand, die bij stormvloeden voorkomen en eene plotselinge vermindering van tegendruk veroorzaken, de losse met water gevulde lagen hun evenwicht verliezen en het begin eener val veroorzaken. Op plaat XX vindt men de ligging van de voor water ondoordringbare laag Rupelleem die voor eene groote hoeveelheid grondwater als onderlaag dient, tusschen Goes en Amsterdam aangegeven; in sommige Zeeuwsche stroomen komt deze laag bloot of is zij weinig diep onder den bodem gelegen; de zeer losse groenzandlaag, die de leemlaag bedekt, zal vooral op plaatsen, waar het zoete water naar zee wordt afgevoerd, minder lang stand houden dan de bovengelegen, meer vaste lagen.

Vaste punten langs onze kust worden thans gevormd door de havenhoofden te IJmuiden en de dammen aan den mond der Nieuwe Maas te Hoek van Holland; bij algemeenen achteruitgang der kust, zal aan eene achteruitwijking van deze werken ook in eene verre toekomst wel niet worden gedacht.

Eerst sedert de laatste jaren wordt de juiste maat der verplaatsing van het strand bekend door de opzettelijk daartoe ingestelde strandmetingen aan vaste palen op onderlingen afstand van ongeveer 1 K.M. langs onze kust verspreid. Jaarlijks worden de afstanden van de laag- en hoogwaterlijnen en van den duinvoet uit deze palen gemeten en in registers gebracht, waardoor de verandering in breedte van het natte strand — beneden hoogwater — en van het droge strand tevens bekend wordt.

Tusschen de jaren 1843 en 1857 waren de veranderingen in

Noordholland, tot welke provincie zich toen nog de metingen bepaalden — van weinig beteekenis. Van 1857 tot 1883 had er aanwinst plaats wederzijds de vaste punten IJmuiden en Hoek van Holland, doch nam de kust overigens af tot eene grootste breedte van 114 M. op de laagwaterlijn. De duinvoet is van Kamperduin tot Scheveningen sedert 1857 eenige meters zeewaarts verplaatst, doch bezuiden Scheveningen sterk landwaarts afgenomen. In de Noordzeewaarnemingen van den Luitenant ter zee Bernelot Moens en den ingenieur van den Waterstaat Tutein Nolthenius vindt men den volgenden staat, waarin de gemiddelde afstand van de hoog- en de laagwaterlijn tot de lijn der strandpalen is opgeteekend tusschen paal 26 bezuiden de Pettensche zeevering en paal 100 benoorden de Delflandsche hoofden, met weglating van het vak waarin zich de havenwerken van IJmuiden bevinden; tevens is uit de Meteorologische jaarboeken overgenomen het aantal malen dat de wind waaide met meer dan 30 K.G. per M² op de kust in de richtingen ZW. W. N. en NO. en uit den wal in de richtingen ZW. Z. O. en NO.

Jaar.	Afstand tot de strandpalen in M.		Aantal malen dat de wind waaide met meer dan 30 Kg. per M ² .			
	LW. lijn	HW. lijn	Op de kust.		Uit den wal.	
			Helder.	Vlissingen.	Helder.	Vlissingen.
1859	105	22	329	228	114	120
1860	104	6	356	241	69	120
1861	109	14	177	41	28	26
1862	113	31	129	64	18	22
1863	121	35	227	90	22	29
1864	120	25	164	67	28	26
1865	134	36	95	53	29	26
1866	140	23	27	27	3	0
1867	122	21	33	21	3	2
1868	115	24	28	10	0	0
1869	111	16	38	15	2	2
1870	99	11	17	8	3	3
1871	99	21	4	0	0	0
1872	83	26	10	2	3	3
1873	71	23	15	3	0	2
1874	80	16	12	0	1	3
1875	92	15	17	9	0	2
1876	79	12	16	—	1	—
1877	86	17	27	—	3	—
1878	87	14	31	—	1	—
1879	75	15	14	—	2	—
1880	78	13	24	—	3	—
1882	76	9	39	—	8	—

Volgens deze lijst bevinden de laagwater- en hoogwaterlijnen zich het verst zeewaarts na eene periode van krachtigen wind, zoowel uit den wal als op de kust, terwijl de kust daarna steeds afnam gedurende een tijdperk, waarin zeer weinig stormen of harde winden voorkwamen.

Dit is gedeeltelijk toe te schrijven aan de verplaatsing van zand van de duinen tot voeding van het strand bij hooge vloed; in hoofdzaak wordt hierdoor bewezen dat de golfslag en de stroomen bij stormvloed tot sterke zandverplaatsingen aanleiding geven, doch eerder voedend dan afnemend voor zoover het strand betreft en dat de blijvende afnemering der kust voornamelijk geschiedt onder den invloed der stroomen. Deze afnemering kan, indien voor de duinen en stranden wordt gewaakt, slechts zeer langzaam geschieden, daar het zand slechts uiterst langzaam door den stroom van onze stranden naar elders kan worden weggevoerd, en de vloedstroom waarschijnlijk eene zeer groote hoeveelheid fijne zanden uit het zuiden naar onze kust voert, meer wellicht dan er aan de noordoostzijde worden weggevoerd. Waren deze hoeveelheden gelijk, dan zouden alle zanden welke worden weggenomen tot verhooging van onze binnengaats gelegen wateren dienen.

Daar de achteruitgang van de kust in het algemeen in nauw verband staat met de verdieping van den onderzeeschen oever, zouden oeverpeilingen, op gezette tijden uitgevoerd, van groote waarde zijn.

De gemiddelde ligging van de laagwaterlijnen en van den duinvoet in de vijfjarige tijdvakken 1863—67 en 1878—82 ten opzichte van de gemiddelde ligging in de jaren 1858—63 is op plaat XXII graphisch voorgesteld.

Aan het verslag over de openbare werken in 1884 is voorts het volgende ontleend.

Zeeland..... Noch de breedte van het natte, noch die van het droge of die van het geheele strand wordt medegedeeld; omtrent de noordzijde van Schouwen vindt men aangeteekend dat het droge strand tusschen duinvoet en hoogwaterlijn gemiddeld breed was 33 M. en het natte strand 102 M.; het geheele strand derhalve 135 M.

Zuidhollandsche kust.. Gemiddelde breedte van het natte strand 74 M., van het droge strand 38,45 M., van het geheele strand

112,45 M. De duinvoet gemiddeld hoog 1,85 M. boven HW. Sedert 1857 is in 27 jaar de duinvoet teruggeweken gemiddeld 9,2 M., de hoogwaterlijn 15 M., de laagwaterlijn 0,21 M.

Tusschen Scheveningen en 's Gravesande was de achteruitgang het grootst.

Noordhollandsche kust. Gemiddelde breedte van het natte strand 56,88 M., van het droge strand 69,76 M., van het geheele strand 126,64 M. De duinvoet is gemiddeld hoog 2,00 M. boven HW. Sedert 1843 is in 41 jaar de duinvoet teruggeweken gemiddeld 19,51 M., de hoogwaterlijn vooruitgegaan gemiddeld 7,25 M., de laagwaterlijn vooruitgegaan 19,33 M.

In het jaar 1883—84 werd door de veelvuldige stormen veel zand van de buitenglooiing der duinen afgeslagen en op en laugs het strand neergezet: dientengevolge verplaatste zich de hoogwaterlijn in het eene jaar 12,18 M. zeewaarts, en de laagwaterlijn 7,33 M., met welke cijfers de totalen in 41 jaar slechts weinig verschillen. De duinvoet nam in het jaar 3,41 M. af, welke afneming waarschijnlijk blijvend is terwijl de aangroeiing van het strand weder langzamerhand verloren gaat.

Texel..... Gemiddelde breedte van het natte strand 127,57 M., van het droge strand 624,92 M., van het geheele strand 752,49 M. De duinvoet is gemiddeld hoog 1,38 M. boven HW. Sedert 1850 is in 34 jaar de duinvoet aangewonnen gemiddeld 82,28 M., de hoogwaterlijn 87,53, de laagwaterlijn 92,71 M.

De toestand van het in de laatste jaren aangevallen Eijerlandsche strand was in 1883—84 verbeterd.

- Vlieland*.....
- a. Langs de noordzijde tusschen de hoofden (palen 43—51) Gemiddelde breedte van het natte strand 92 M., van het droge strand 52 M., van het geheele strand 144 M. Sedert 1860, is in 24 jaar de duinvoet teruggeweken $171\frac{1}{2}$ M., de hoogwaterlijn $154\frac{1}{2}$ M., de laagwaterlijn 146 M.
 - b. Langs de noordzijde beoosten de hoofden (palen 52—53). Gemiddelde breedte van het natte strand 88 M., van het droge strand 368 M., van het geheele strand 456 M. Sedert 1860 is in 24 jaar de duinvoet aangewonnen $13\frac{1}{2}$ M., de hoogwaterlijn $163\frac{1}{2}$ M., de laagwaterlijn $165\frac{1}{2}$ M.
 - c. Langs de noordzijde van de Hors (palen 35—42). Gemiddelde breedte van het natte strand 114 M. Sedert 1860 is in 24 jaar de hoogwaterlijn achteruitgeweken $71\frac{1}{2}$ M., de laagwaterlijn 62 M.
 - d. Langs het Eijerlandsche gat (palen 34^a, K. L en M¹.) Sedert 1865 is in 19 jaar de laagwaterlijn achteruitgeweken 425 M.
 - e. Langs de zuidzijde van de Hors (palen M.—V.) Seder 1865 is in 19 jaar de laagwaterlijn teruggeweken 51 M.
 - f. Langs de zuidzijde van het eiland (palen B.—E¹.) Gemiddelde breedte van het natte strand $678\frac{1}{2}$ M., van het droge strand 42 M., van het geheele strand $720\frac{1}{2}$ M. Sedert 1865 is in 19 jaar de duinvoet aangewonnen 16 M., de hoogwaterlijn $17\frac{1}{2}$ M., de laagwaterlijn $90\frac{1}{2}$ M.

- Terschelling*. *a.* Langs de westzijde van het eiland (palen O.—V.)
 Gemiddelde breedte van het natte strand 450 M., van het droge strand 2025 M., van het geheele strand 2475 M.
 Sedert 1860 is in 24 jaar de duinvoet teruggeweken $6\frac{1}{2}$ M., de hoogwaterlijn aangewonnen 1082 M., de laagwaterlijn aangewonnen 889 M.
- b.* Langs het noorderstrand (palen 6—18.)
 Gemiddelde breedte van het natte strand $98\frac{1}{2}$ M., van het droge strand 192 M., van het geheele strand $290\frac{1}{2}$ M.
 Sedert 1860 is in 24 jaar de duinvoet aangewonnen 5 M., de hoogwaterlijn $11\frac{1}{2}$ M., de laagwaterlijn 3 M.
- c.* Langs het oostelijk gedeelte tot aan het oosteinde der duinen (palen 19—21).
 Gemiddelde breedte van het natte strand $130\frac{1}{2}$ M., van het droge strand 1739 M., van het geheele strand $1869\frac{1}{2}$ M.
 Sedert 1860 is in 24 jaar de duinvoet aangewonnen 57 M., de hoogwaterlijn achteruitgeweken 86 M., de laagwaterlijn achteruitgeweken $94\frac{1}{2}$ M.
- d.* Langs de noordzijde van de Boschplaat (palen 22—29.)
 Gemiddelde breedte van het natte strand 109 M.
 Sedert 1868 is in 16 jaar de hoogwaterlijn achteruitgeweken $238\frac{1}{2}$ M., de laagwaterlijn $236\frac{1}{2}$ M.
- e.* Langs het Amelander gat (bij paal 29¹.)
 Gemiddelde breedte van het natte strand 44 M.
 Sedert 1868 is in 16 jaar de hoogwaterlijn aangewonnen 63 M., de laagwaterlijn 21 M.
- f.* Langs de zuidzijde der Boschplaat (palen 29a—23a) is de laagwaterlijn sedert 1868 in 16 jaar 161 M. zeewaarts verplaatst.
- Ameland*. *a.* Langs de west- en noordzijden van het eiland (palen 1—3).
 Gemiddelde breedte van het natte strand 247 M., van het droge strand 171 M., van het geheele strand 418 M.
 Sedert 1880 is in 4 jaar de duinvoet teruggeweken 12 M., de hoogwaterlijn teruggeweken 15 M., de laagwaterlijn aangewonnen 111 M. (het laatste jaar alleen 43 M.)
- b.* Langs de noordzijde ombuigende naar de zuidoostzijde (palen 4—27).
 Gemiddelde breedte van het natte strand 172 M., van het droge strand 381 M. (duinvoet van 4—16 en 21—22.), van het geheele strand 553 M.
 Sedert 1880, is in 4 jaar de duinvoet achteruitgeweken 17 M., de hoogwaterlijn achteruitgeweken 37 M., de laagwaterlijn aangewonnen 4 M.
- Schiermonnikoog*. *a.* Langs de west- en noordzijde (palen 1—4).
 Gemiddelde breedte van het natte strand 770 M., van het droge strand 95 M.
- b.* Langs de noordzijde ombuigende naar de zuidoostzijde (palen 5—19).
 Gemiddelde breedte van het natte strand 61 M., van het droge strand 920 M.

Door den Staat wordt aan het vastleggen der duinen thans groote zorg besteed. De duinen van de Heldersche zeewering tot het noordelijk einde der Pettemer zeewering met de Grafelijkheids duinen onder den Helder, de domaniale duinen onder Petten en den zanddijk langs het Koe gras, de duinen van het zuidende der Hondsbossche zeewering bij Kamperduin tot de grenspaal van Rijnland tusschen Wijk aan Zee en Zandvoort, de domaniale binnenduinen onder Schoorl, de duinen op Texel, Vlieland, Terschelling en Ameland, worden met stroo of met gestoken en gemaaide helm beplant, terwijl rietschuttingen worden gesteld. In het jaar 1884 bv. geschiedde het planten met stroo over ongeveer 39 H.A., met helm over 374 H.A. en het plaatsen van rietschuttingen over 9500 M., waarbij Ameland niet is medegerekend. Ook door anderen werd in dezelfde richting gearbeid, vooral door het Hoogheemraadschap Rijnland, dat in de laatste 27 jaren in het geheel ongeveer f 315.000 aan het onderhoud der duinen besteedde.

Langs de Zuiderzee worden overal dijken gevonden behalve aan de zuidzijde, waar de zee de hooge gronden van het Gooi en de Veluwe bespoelt en aan de oostzijde waar de hooge gronden van Vollenhove en van Gaasterland geene bedijking behoeven. Bij zeer zware stormvloeden slaat van de hooge terreinvormingen bij Vollenhove en het Roode Klif bij Stavoren, welke als kapen in de Zuiderzee uitsteken, eenige grond weg.

Van Diggelen meende dat de Friesche, een gedeelte der Overijsselsche, Geldersche, Utrechtsche en Hollandsche Zuiderzeekusten in afnemenden staat verkeeren waarvan het verlies aan buitenland ten bewijze strekt; in het begin der 18^e eeuw kon men nog langs den buitenkant van Harlingen naar Surigh rijden; eenige jaren later graasde het vee tusschen het Roode Klif en Stavoren, tot op een aanzienlijken afstand van het land. In 1740 was er nog buitendijksch weiland bij Makkum; in 1842 kwam nog bij lage waterstanden het oude kerkhof van Kuinre bloot.

Van aanwinst van land langs deze binnenkustlijn kan behalve aan de westzijde der Zuiderzee slechts bij uitzondering sprake zijn; Van Diggelen meent dat aanwinst heeft plaats gehad op

de noordwestelijke Friesche Wadden en slechts een weinig tusschen de monden van den IJssel en het Zwarte Water. Dr. Westerhoff merkt zelfs op, dat uit de bedijkingen langs de Groningsche Wadden niet kan worden afgeleid dat daar aanwas heeft plaats gehad, omdat de grond reeds sedert lang bestond. Er is aanwas aan de Lauwers, achter Vierhuizen en Hornhuizen en aan de Eems achter Uithuizen.

De strook onbedijkte grond, van gemiddeld 1400 M. breedte en ter gezamenlijke oppervlakte van ongeveer 2600 H.A., die zich tusschen den Kerkdijk onder Elburg en den Arkemeenschen zeedijk langs den voet der Veluwsche heuvelen uitstrekt, wordt van de zee gescheiden door een door diluviaal grint gevormde rug, welke door de golven op eenigen afstand binnen de oeverlijn is opgeworpen en op sommige plaatsen waar de bodem geheel uit zand bestaat, tot boven stormvloedhoogte is verheven, doch welke elders, waar eene kleilaag ter grootste dikte van 2 M. en soms nog veen aanwezig is, te weinig door het zand wordt gevoed om eene keering van eenige hoogte te vormen.

De onderzeesche oever langs den voet van dezen rug helt gemiddeld van 1 : 500 tot 1 : 1000. Het buitenbeloop van den rug zelve wisselt van ongeveer 1 : 7 tot ongeveer 1 : 14. Op sommige plaatsen, o.a. beoosten Harderwijk, is aan de buitenzijde van den rug weder eene 200 à 300 M. breede strook gronds aangewonnen. De gronden achter den grintzandrug gelegen, vormen weiland van uitstekende hoedanigheid, dat bij stormvloeden door het Zuiderzeeslib wordt bemest. De wallen worden slechts bij uitzondering kunstmatig verdedigd, zoodat zij veel van den golfslag te lijden hebben en het losgeslagen oeverzand bij herhaling over het weiland wordt gestort.

§ 4. Zoutgehalte van het zeewater. Het zeewater onderscheidt zich voornamelijk door een groot gehalte aan zouten, vooral aan keukenzout, en dientengevolge door een groot soortelijk gewicht.

Volgens 77 analyses van Dittmar bevat zeewater gemiddeld 3,56% aan opgeloste zouten, waarvan 2,18% keukenzout, terwijl het Zuiderzeewater 1,1% vaste stoffen bevat. De volgende samenstelling van het zeezout is onafhankelijk van het gehalte:

77,758	°/o	chloorsodium
10,878	„	chloormagnesium
4,737	„	zwavelzure magnesia
3,600	„	„ kalk
2,465	„	„ potasch
0,217	„	broommagnesium
0,345	„	koolzure kalk

Bij een temperatuur van 15°56 C. is de dichtheid van het zeewater

Zoutgehalte	Soortelijk gewicht
3,377 °/o	1,025
3,505 „	1,026
3,634 „	1,027
3,764 „	1,028
3,895 „	1,029

Het soortelijk gewicht van het water van den Atlantischen Oceaan bedraagt 1,0268, van dat van de Noordzee gemiddeld 1,0264 in het van de monden der rivieren verwijderde deel.

In den zomer van het jaar 1872 werd door de Deutsche Commissie tot onderzoek der Deutsche zeeën in het noordelijk deel der Noordzee in de diepte van 69 vadem voor het grootste soortelijk gewicht 1,0273 en aan de oppervlakte 1,02695 gevonden; onder den invloed van het zoete rivierwater daalde het gehalte in het zuidelijk gedeelte resp. tot 1,0250 en 1,0258; in het algemeen kan het soort. gewicht van het onverdunde Noordzeewater op 1,0265 à 1,0268 gesteld worden. Aan het buitenste Wezerlichtschip, ongeveer 12 K. M. buiten de eilanden in 18,3 M. diepte, was het gemiddeld zoutgehalte per maand in het jaar 1881, begrepen tusschen 1,0241 in Augustus en 1,0262 in November aan de oppervlakte en tusschen 1,0244 in September en 1,0246 in November aan den bodem.

Bij de Noordzeewaarnemingen werd nabij den Hoek van Holland een minimum zoutgehalte van 1,0045 waargenomen zeer kort nadat de stroom in zee de vloedrichting had aangenomen.

Reeds in het jaar 1820 werd het soortelijk gewicht van het zeewater op verschillende plaatsen langs onze kusten en in de Zuiderzee onderzocht en werd gevonden bij Ameland 1,0262,

bij Terschelling 1,0256, bij Texel 1,0247, bij Huisduinen 1,0245, bij Callantsoog 1,0238, bij Petten 1,0240, bij Egmond 1,0229, bij Zandvoort 1,0220, bij Noordwijk 1,0225, bij Katwijk 1,0226, en bij Terheide 1,0218. Zuidelijker weder meer, namelijk bij Scharendijke 1,0229, bij Breskens 1,0240.

In de Zuiderzee werd gevonden bij St. Jacobsparochie 1,0217, bij Makkum 1,0211, bij Molkwerum 1,0182, bij Oude Mardum 1,0152, bij Urk 1,0106, bij Oosterwolde 1,0068, bij Harderwijk 1,0083, bij Huizen 1,0117, bij Schellingwoude 1,0110, in het IJ 1,0104, bij Enkhuizen 1,0140 en bij Wieringen 1,0232.

Prof. G. J. Mulder vond in het Noordzeewater bij Scheveningen 3,2417‰ zout, in het Zuiderzeewater 1,0651‰ en in het IJwater 0,9959‰. Wolhuis vond als gemiddeld chloorgehalte in het Zuiderzeewater 0,6‰; dat van het Noordzeewater is op 1,93‰ te stellen.

Op plaat XIX zijn verschillende cijfers van het zoutgehalte aangetekend, overgenomen van de kaart der Noordzeewaarnemingen; de bovenste cijfers zijn die aan de oppervlakte, de onderste die van het bodemwater; een enkel cijfer duidt gelijkheid van beide cijfers aan. Dubbele cijfers toonen de grenzen aan tusschen welke de waargenomen cijfers zich bewogen.

Zeer belangrijk zijn de uitgebreide reeks waarnemingen omtrent het zoutgehalte in de Zuiderzee te Nieuwendam, Stavoren en Harlingen en in de Schelde te Vlissingen, welke vermeld worden in de Verslagen over den paalworm, uitgegeven door de Natuurk. Afdeeling der Kon. Ak. v. Wet. Zij vingen in Mei 1859 aan, eerst werd tweemaal per week, later eenige malen per maand waargenomen, winter en zomer, tot het einde van het jaar 1864.

Grootste en kleinste zoutgehalte uitgedrukt in grammen per 1000 kub. centimeters.

		1859	1860	1861	1862	1863	1864
Nieuwendam...	Max.	13,0	10,6	12,5	12,4	27,3	16,7
"	Min.	4,6	7,1	6,2	7,2	7,0	7,3
Vlissingen....	Max.	30,0	28,5	33,8	32,2	33,8	33,8
"	Min.	27,6	25,7	26,0	28,9	30,1	28,7
Harlingen.....	Max.	30,1	23,4	29,6	29,7	30,5	33,7
"	Min.	23,1	21,1	16,1	16,6	19,0	20,1
Stavoren.....	Max.	24,6	14,2	23,7	22,3	24,0	28,9
"	Min.	13,9	8,6	2,0	8,9	11,1	8,9

De cijfers werden uit het gehalte aan chloor afgeleid en daarbij aangenomen dat alle chloor aan natron was verbonden.

Het hooge zoutgehalte te Nieuwendam in 1863 werd in December waargenomen bij helder vriezend weer, na dit cijfer volgde als grootste gehalte in genoemd jaar 15.2. Het lage cijfer te Stavoren in 1861 werd bij regen en wind uit het Zuid-zuidwesten waargenomen den 15^{en} Maart bij het smelten van het ijs. Uit de waarnemingen werd afgeleid, dat het water te Vlissingen als een mengsel van 4 deelen zeewater en 1 deel zoet water; dat in de Zuiderzee te Harlingen als een mengsel van 3 deelen zeewater en 1 deel zoetwater, te Stavoren van 3 deelen zout- en 2 deelen zoetwater en te Nieuwendam van 1 deel zout- en 3 deelen zoetwater is te beschouwen.

Het verschil in soortelijk gewicht van zee- en zoetwater is oorzaak van vele verschijnselen; zoo neemt de diepgang van een schip bij het binnenkomen uit zee in een zoetwaterkanaal toe; er gaat bij het openen van sluisdeuren welke zout- en zoetwater scheiden, een zoutwaterstroom over den bodem naar binnen, terwijl het zoetwater met kracht naar buiten stroomt, waardoor het schutten vooral bij kleine vervallen, dikwijls zeer wordt bemoeilijkt; vele zeestroomen worden gewijzigd door het verschil in dichtheid van het water in verschillende zeeën of gedeelten van zeeën, enz.

Het zoutwater dringt met den vloedstroom binnengaats; het vermengt zich daarbij over eene zekere uitgestrektheid met het zoete water en maakt dit brak; ten gevolge der afwisselende eb- en vloedstroomen en van de afwisselende hoeveelheden zout- en zoetwater, welke elk getijde binnen het brakwatergebied stroomen, verplaatst zich de binnengrens van dit gebied nu eens naar binnen dan weder naar buiten.

Bij stormvloedden, die groote massa's zeewater naar binnen dringen, neemt het zoutgehalte sterk toe; bij veel opperwater neemt het gehalte af, doch in mindere mate omdat de hoeveelheid rivierwater steeds klein blijft in verhouding tot de heen- en weerstreamende watermassa's.

In gewone omstandigheden zijn alle Zeeuwsche stroomen en de Zuidhollandsche stroomen en rivieren brak tot het Hollandsch

diep boven Willemstad; de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg tot de Noordgeul.

Van den stormvloed van Februari 1825 vindt men aangevend dat het water zout was te Heerjansdam en brak tot Kop van 't Land; bij den stormvloed van 1859 en gewonen rivierstand werd het water brak tot Rotterdam.

Bij hoog opperwater, wanneer de bovenrivier haar gebied zeewaarts verlegt, wordt het water brak bij Bruinisse.

Steeds is de hoeveelheid zoutwater, welke met den vloed binnenstroomt, gelijk aan de hoeveelheid water welke noodig is tot aanvulling der waterschijf, welke begrepen is tusschen de waterspiegels der benedenrivier op de oogenblikken van keuring aan den mond van eb- tot vloedstroom en van vloed- tot ebstroom, waarbij de ruimte boven de doorsnijding der beide waterspiegels als negatief in rekening moet worden gebracht, en welke hoeveelheid verminderd moet worden met de hoeveelheid rivierwater, die binnen de genoemde tijdstippen in die kom is afgevloed.

Deze ruimte neemt toe bij hooge vloten en laag opperwater, wordt kleiner bij lage vloten en hoog opperwater.

Bij het hooge opperwater in Maart 1876 toen de doorgraving door den Hoek van Holland nog een betrekkelijk nauwe waterweg was, was er zelfs geen zoutwater noodig om de kom binnenwaarts met den vloed te vullen; de vormverandering had geheel met rivierwater plaats.

§ 5. **Vaste stoffen in het zeewater.** Behalve de opgeloste stoffen bevat zeewater vaste stoffen in zwevendende staat en voert de stroom zwaardere stoffen over den bodem der zee met zich. Uit den aard der zaak zijn de stoffen zeer fijn; de rivieren missen over het algemeen het vermogen om grovere stoffen tot in zee af te voeren; de stroomen in de Noordzee zijn niet van genoegzame kracht om zwaardere stoffen van elders langs onze kusten te voeren behalve over den bodem, waar zand en schelpgruis met den stroom kunnen worden verplaatst. Bovendien biedt de zee groote ruimten aan waar zelfs fijne stoffen voldoende rust vinden om noch door stroomen, noch door golfslag in beweging te worden gebracht.

Uit het Engelsche kanaal heeft de voorname aanvoer van stoffen plaats; de vloedstroom toch wint het van den ebstroom

zoodat de vaste stoffen met het water in de richting van het zuidwesten naar het noordoosten worden verplaatst. Deze zogenoemde „gain de flot” is waargenomen in het Kanaal, in de straat van Dover, in den zuidelijken ingang van de Noordzee en ook langs onze kusten; zij kan voor de over den bodem der zee bewegende stoffen slechts zeer klein zijn. De zwevende stoffen zijn dwars van onze kust reeds zeer fijn en geven aan het zeewater een grijsachtige kleur, zeer verschillende van de fraaie kleur van het heldere water in den oceaan.

De massa van het langs de kusten bewegende zeewater is zoo groot, dat de aan slib zooveel rijkere rivierwateren eene hoeveelheid vaste stoffen aanvoeren, welke ver beneden de hoeveelheid blijft, die door de zee zelve wordt aangevoerd.

Hetzelfde geldt voor de stoffen welke over den bodem worden verplaatst. Marchal stelt voor de verhouding tusschen de hoeveelheden stoffen door de rivieren en door de zee aangevoerd, bij de vorming der Hollandsche polders 1 : 45. Zulke cijfers hebben echter weinig waarde, want veel hangt daarbij af van de ligging der polders. Zoodra toch de zoetwatergrens is bereikt, kan geen zeezand of zeeslib meer worden aangevoerd, terwijl in het gebied van het brakke water de rivierslib reeds een voorname rol vervult. Men kan de dikwijls vrij snelle vorming van polders door van de rivieren afkomstige vaste stoffen verklaren indien slechts in aanmerking wordt genomen, dat er in de benedenrivieren groote massa's stoffen in beweging zijn, die in den loop van vele eeuwen werden aangevoerd en thans slechts betrekkelijk kleine verplaatsingen ondergaan. Het brakwatergebied is vooral gunstig voor het afzetten van zwevende stoffen, indien de zout- of brakwater aanvoerende vloedstroom bij het vermengen met de rivierwateren, deze naar plaatsen brengt, waar voldoende rust is te vinden. Daarbij is de eigenschap dat de zwevende stoffen sneller bezinken in zout- dan in zoetwater van veel invloed. Reeds Belpaire wees hierop in zijn werk „de la Plaine maritime” en gaf daarbij als oorzaak op, dat het zoete water de zwevende deelen precipiteert, doordat de organische stof uit het rivierwater door het chloor en de chloorzouten van het zeewater worden gecoaguleerd, waardoor de zwevende stoffen

tevens worden afgezet. Dit kan echter niet alleen de oorzaak zijn, omdat de op verzoek van den Hoofdingenieur Van Diesen genomen proeven hetzelfde verschijnsel deden kennen toen zuiver gedistilleerd water werd genomen.

Men vindt de proeven van den heer Van Diesen beschreven in de Verslagen en Mededeelingen der Kon Ak. v. W. Afd. Nat. Zitting van 29 Sept. 1883. Het slib was hoekig doorschijnend steengruis van $\frac{1}{1200}$ millimeter middellijn en zette zich in zeewater van 3 % zoutgehalte na $\frac{1}{2}$ uur volledig af en in gedistilleerd water na 24 uur slechts voor $\frac{1}{4}$ gedeelte; eene andere reeks proeven met minder zout bevattend water van 1 volumeprocent leerde evenzeer de snelle neerzetting van slib reeds in het eerste uur kennen. Deze proeven werden genomen naar aanleiding van de mededeelingen van den Hoofdingenieur Fargue over den invloed van het zeewater op het neerslaan van slibdeelen uit de rivieren in eene studie over de Garonne in de Annales des P. et. Ch. van October 1882.

Volgens Dr. Sprengel bevordert het humuszuur dat in het rivierwater gevonden wordt, het afzetten van de fijne stoffen aan zee en in de benedenrivier doordat humuszure zouten die uit het water worden neergeslagen, deze slib- en zanddeeltjes omhullen en doen zinken. Dit moet ook de oorzaak volgens hem zijn van de rijkere aanslibbing in de warme zomermaanden omdat het warme rivierwater rijker is aan humuszuur dan de koudere najaars- en herfstwateren.

Alleen de zeer fijne slibdeelen blijven in zoutwater nog lang drijvende totdat de voor geheele afzetting vereischte toestand van rust is verkregen.

In de haven van IJmuiden zet zich slib in het binnengeeelte van de buitenhaven af, de hoeveelheid is gering bij stormweer omdat de sterke golfbeweging en stroom het neerzetten beletten; bij scheikundig onderzoek werd bevonden dat deze slib niet door de sluizen van binnen, doch door het zeewater was aangevoerd en geheel overeenkwam met de zeeleibezinkingen in de haven van Blaukenberg, de Lauwerzee, de Zuiderzee en den Dollard.

De samenstelling van de zeeslib is voor de verschillende plaatsen verschillend; behalve van de stroomen hangt de samen-

stelling ook van den golfslag en den aard van den bodem af.

De lichtste klei uit de Zuiderzee en de Wieringermeer bevatte volgens Prof. Van Bemmelen:

organische stof en water boven 180° vastgehouden	4.7 ‰
oplosbare zouten	14.5 »
klei	20.0 »
kleizand	14.5 »
zand	46.5 »

De zware nieuwe IJklei daarentegen bestaat uit:

organische stof en water	7 ‰
oplosbare zouten	12 »
klei	46 »
kleizand	27 »
zand	8 »

Samenstelling van de slib in den mond van de Wezer te Bremerhaven uit zeewater afgezet:

46 ‰	kieselzuur
16 »	kleiaarde
11 »	koolzure kalk
7 »	kwartzand en glimmer
5 »	ijzeroxyde
5 »	magnesia
1 »	kali
1 »	natron
7 »	organische stoffen.

Hagen onderzocht het slib van het zeewater in de Jahdeboezem waarin geen rivieren van beteekenis uitstroomen, doch waarvan de mond ligt in het gebied van de monden van de Wezer en van de Elbe.

Samenstelling van droge slib.

65,2 ‰	kiezelaarde
4,2 „	kleiaarde
6,9 „	ijzer en mangaanoxyde
3,5 „	kalkaarde

1,3 %	bitteraarde
1,4 „	kali
1,5 „	natron
1,4 „	chloor
14,3 „	water, koolzuur, en organische bestanddeelen.

In breiachtigen toestand was het gehalte aan slib 0,0001 à 0,00026 van het volume; bij den vloedstroom was het in de diepte 20 à 60 % grooter dan aan de oppervlakte; een à twee uur na Laagwater werd de meeste slib; drie uur na Hoogwater de kleinste hoeveelheid gevonden. In gewichtsverhoudingen aldus: bij L. W. 238,0 m. gr. per L., 1 en 2 uur na L. W. 323,0, 3 uur na L. W. 255,0, 4 uur na L. W. 204,0, 5 uur na L. W. 187,0, bij H. W. tot 3 uur na H. W. 170,0, 4 uur na H. W. 204,0 en 5 uur na H. W. 221,0 m. gr. per L.

De uit het zeewater bezonken klei in den Nieuw-Neuzenpolder en den Oostbevelandpolder was volgens de analyse van Dr. Seelheim samengesteld als volgt:

	Nieuw Neuzenpolder. 2 M. diep, gedroogd.	Oostbevelandpolder, ongedroogd.
Kwartzsand.....	62,62	72,26
Klei.....	11,08	7,00
In zoutzuur oplos- baar silicaat.	kieselzuur.....	3,71
	aluinaarde.....	0,84
	ijzeroxyde.....	3,27
	kalk.....	0
	magnesia.....	0,54
	kali.....	0,15
	natron.....	0,05
Kalkcarbonaat (door azijnzuur oplosbaar).	14,31	} 5,32
Magnesia carbonaat.....	2,10	
Water.....	0	} 5,81
Organische stof.....	0,85	
Chloorsodium en kalksulfaat.....	0	0,52
Phosphorzure kalk.....	0,30	0,58
Kieselzuur (in natrium carbonaat oplosbaar.)	0	0
	100,0	100,0

Wanneer men deze analyses en die van de slib vergelijkt met die van de rivierklei en de rivierslib, vindt men in de zeealluviën meer kwartzsand of kiezelaarde en in de rivierklei meer zuivere klei, kiezelzure aluinaarde. Omtrent de wijzigingen,

die de slib na de bezinking door begroeiing, bedijking en drooglegging ondergaat, vindt men belangrijke mededeelingen in Van Bemmelen, Bijdragen tot de kennis van den alluvialen bodem van Nederland. Op deze samenstelling is de golfslag van zeer grooten invloed, daar deze de zanden van den bodem in beweging brengt en in groote hoeveelheid in het water langs de ondiepe kust en de havenmonden doet opnemen. De stroomen verplaatsen deze zanden en brengen ze naar kalmere plaatsen, waar zij zich neerzetten. De verandering in samenstelling van het eigenlijke slib, naarmate de plaatsen meer of minder beschut zijn, blijkt ook uit de uitkomsten van de slib-analysen van Prof. Van Bemmelen. Na aftrek van organische stof, water en oplosbare zouten, bevatte de nieuwste klei in het IJ aangelslibt, 57 % klei, 33,3 % kleizand en 9,9 % zand, terwijl in het Wieringermeer de samenstelling afwisselde tusschen 56,3 % klei, 35 % kleizand en 8,7 % zand en 4,7 % klei, 6 % kleizand en 89,3 % zand.

Na de indijking en de drooglegging verandert de samenstelling van de gronden voornamelijk, doordat de chloruren, de suiphaten en de carbonaten in hoofdzaak verdwijnen. In goeden vruchtbaren grond blijven de humaten.

De oppervlakte van een zeekeiland, buitendijks aan de Elbe gelegen, bestond volgens Dr. Sprengel voor 71,85 % uit kiezelaarde, silicaten en kwartzsand, voor 9,35 % uit aluinaarde, voor 5,41 % uit ijzeroxyde en oxydul, voor 7,55 % uit humus en voor 5,84 % uit verschillende andere stoffen.

Het zeezand zet zich in de luwe hoeken buiten en in den havenmond te IJmuiden tot ongeveer 100 M. binnen den mond in groote hoeveelheden, voornamelijk tijdens den vloedstroom, neer. De verondieping tengevolge van langdurige of hevige stormvloeden bedroeg soms in dit gebied gemiddeld 12 d. M. in enkele weken.

Buiten den havenmond, over eene uitgestrektheid van ongeveer $2\frac{1}{4}$ H.A. werden in 1882/84 gemiddeld gebaggerd, in de vaartuigen gemeten, 68900 M³ per jaar, overeenkomende met eene nederzetting van 3,06 M per jaar, de hoeveelheden in het profiel en in de bakken gelijkstellende; na 42 dagen werd den 8^{en} Februari 1884 eene verondieping waargenomen van gemiddeld 1,30 M.

De hoeveelheden zand en slib, die uit de buitenhaven binnen de hoofden worden gebaggerd, vormen een schijf ter gemiddelde dikte van 1,42 M. per jaar, volgens de meting in de vaartuigen; deze hoeveelheid is meer gelijk over het jaar verdeeld; gedurende eene ongunstige periode van 2 maanden had zich eene laag van 0,27 M. op den bodem neergezet.

In het buitenkanaal tusschen de buitenhaven en de sluizen, waarin voornamelijk slib wordt afgezet, is de neerzetting veel kleiner; zij bedraagt ongeveer 0,40 M. gemiddeld per jaar, volgens de metingen in de vaartuigen.

De neerzetting per eenheid van oppervlakte in eene 250 M. breede geul schijnt die in eene ruimere ellipsvormige geul te overtreffen. In 14 maanden werd tot onderhoud der diepte over 60 H.A. gebaggerd 770 000 M³. specie, overeenkomende met eene schijf ter dikte van 1,28 M. of 1,10 M. per jaar.

Dat zelfs bij kalme zee de slib in zee zand bevat en op den bodem veel zand in beweging is, leert de analyse van Prof. Swarts van de slib, bezonken uit zeewater geschept bij N.W. wind en kalme zee vóór Heijst.

Hoeveelheid, in milligrammen per liter.

		Aan de oppervlakte.	Op 1 M. van den bodem.
Zand	bij Hoogwater.....	109	1094
	bij Laagwater.....	304	1062
Klei	bij Hoogwater.....	1303	1861
	bij Laagwater.....	1094	2980
Totaal	bij Hoogwater.....	1412	2955
	bij Laagwater.....	1398	4042

Van de oppervlakte naar den bodem neemt het zandgehalte, dat bij hoog- en laagwater ongeveer even groot is, sterker toe dan het kleigehalte. Bij 110° C. was de dichtheid van het zand 1,98 en van de klei 1,35 en daar een gemiddelde gewichtsverhouding van zand tot klei van 1 : 5,36 gevonden werd, bij onderzoek van een monster dat uit een groot aantal scheppingen was bezonken, komt dit in volume overeen met 1 zand tot 7.85 klei.

Volgens het onderzoek van den ingenieur De Meij wisselt het

gehalte aan zwevende stoffen vóór Heijst sterk met den toestand van de zee; bij holle zee wordt in het water nabij den bodem 10 à 15 maal meer gevonden dan bij kalme zee en bestaan de stoffen gedeeltelijk uit fijn zand.

Gemiddeld is bij weinig bewogen zee de hoeveelheid te stellen op 1,85 cM³. per liter of 0,9 cM³. aan de oppervlakte en 2,8 cM³. op 1 M. van den bodem. Het gehalte bedraagt gedurende de kentering ongeveer de helft van dat bij de grootste snelheden. Deze hoeveelheden overtreffen verre de hoeveelheden vaste stoffen die in het meest troebele Rijn- of Maaswater zwevende worden gevonden. Van zee naar binnen nemen deze hoeveelheden langzamerhand af tot zij op de grens tusschen de beneden- en de bovenrivier haar minimum bereiken. Na vele dagen van kalme zee zet zich zelfs slib neer op het strand, dat bij de eerste beweging weder verdwijnt. Binnengaats vermindert het zandgehalte van het zeewater voornamelijk naarmate de golfslag in kracht verliest.

§ 6. **Ijs in zee.** Het zeeijs is voor den waterstaat van ons land van minder beteekenis dan het ijs in de rivieren, omdat het geene aanleiding geeft tot gevaarlijke verhoogingen van den waterstand en door de zeldzaamheid en broosheid minder schade aan de waterkeeringen veroorzaakt.

De temperatuur van het zeewater aan de oppervlakte is voornamelijk afhankelijk van de geographische ligging, omdat de temperatuur van de lucht op de temperatuur van de bovenste waterlaag een overwegenden invloed uitoefent.

In de diepte neemt de temperatuur af, zelfs in de diepste zeeën, juist tegengesteld aan de verhooging van temperatuur in den grond, die in onze streken ongeveer 1° C. per 33 à 34 M. bedraagt, doch evenals in den bodem eene constante temperatuur ter diepte van ongeveer 25 M. wordt gevonden, is de temperatuur van het zeewater ter diepte van 200 M. onafhankelijk van de luchttemperatuur.

Zeewater bezit de grootste dichtheid niet bij een temperatuur van 4° C., zooals zoetwater, doch bij een temperatuur van —2°67 C.; terwijl het water op den bodem van diepe zoetwatermeren een temperatuur heeft van ongeveer 4° C., kan de temperatuur van het zeewater tot —2°67 C. dalen of soms nog lager

omdat bij gedeeltelijke bevriezing het zoutgehalte toeneemt en daarmee ook de bevriezingstemperatuur daalt. Lager dan $-5^{\circ}1$ C. daalt de temperatuur niet, zelfs niet in de ijszee.

Zeewater bevriest bij $-2^{\circ}55$ C., derhalve bij iets hooger temperatuur dan die der grootste dichtheid; de zee kan eerst bevroren nadat de geheele massa tot deze temperatuur is afgekoeld. Afgezien van den invloed van stroom en golfslag heeft de vorming van ijs eerder plaats omdat het afgekoelde water aan de oppervlakte niet snel genoeg door warmer water wordt vervangen; de bevriezing heeft echter op andere wijze dan die van zoetwater plaats omdat bij de vorming der ijskristallen die ongeveer $\frac{1}{6}$ van het gewone zoutgehalte van het zeewater bevatten, het omgevende water door de afscheiding van het zout zouter wordt en dientengevolge verder moet worden afgekoeld om te bevroren. Bij een zoutgehalte van 4% zoals in den Atlantischen oceaan onder deze omstandigheden kan worden aangetroffen, daalt het vriespunt reeds tot -4° C.; bij eene verzadigde oplossing van keukenzout tot $-11\frac{1}{2}^{\circ}$ R.

Het zeewaterijs heeft een soortelijk gewicht van 0,91 en blijft derhalve drijven; gesmolten zeeijs heeft een soortelijk gewicht van 1,00057. Zeeijs bereikt de grootste dichtheid bij een temperatuur van -10 à -20° C.; gewoonlijk is het broos.

Volgens Weyprecht kan het zoutwaterijs in zee niet dikker dan 10 M. worden; in den winter wordt het in de Poolzee niet dikker dan 1 à $2\frac{1}{2}$ M.

In de ondiepe Noordzee kan langs de kusten bij strenge en aanhoudende koude ijsvorming plaats vinden, doch slechts in zeldzame gevallen. In de stroomen binnengaats en in de Zuiderzee heeft de vorming eerder plaats omdat daar ondiepe stranden, slikken en waardgronden in menigte gevonden worden. De diepte toch is daarbij van grooten invloed. Zelfs zoetwatermeren van zeer groote diepte zoals de groote Amerikaanse meren bevroren nooit, omdat de groote watermassa's niet voldoende kunnen worden afgekoeld; diepe zeeën, indien de luchttemperatuur niet zeer laag is, nog minder. In minder zoute zeeën kan evenals in zoetwater ijs worden gevormd bij minder sterke afkoeling. Die ijsvorming wordt vooral bevorderd

door een zoetwaterstroom; wordt deze toch door het zeewater afgekoeld dan befrist het zoete water. Dit verklaart wellicht waarom de Zuiderzee ook buiten de inhammen meestal eerder ijs vertoont dan de rivieren; al is het IJssel- en polderwater nog te warm om te befristen, kan het door de sterker afgekoelde Zuiderzee plotseling tot beneden het vriespunt worden afgekoeld en dientengevolge befristen. De temperatuur van het Zuiderzeewater daalde gedurende het paalwormonderzoek in de jaren 1859—1864 tot -2° C. te Stavoren en tot -3° C. te Harlingen; het IJwater te Nieuwendam tot -4° C., het Scheldewater te Vlissingen tot -1° C.

Bij zeer sterke koude befristen al onze benedenrivieren en ook de Westerschelde; wij moeten echter tot de vorige eeuw teruggaan om dergelijke feiten vermeld te vinden; doch wat eenmaal plaats had onder den invloed van strenge koude zal weder geschieden indien de meteorologische toestanden weder dezelfde zijn, wat niet tot de onmogelijkheden behoort.

In 1608 was de Schelde van Antwerpen tot Vlissingen bevroren; de Zuiderzee tusschen Enkhuizen en Harlingen en tusschen Tessel en Wieringen.

In 1621 bevroren de Wadden tusschen Vlieland en de Friesche kust; de Noordzee langs het strand; zelfs tot de dieptelijn van 28 vadem werden ijsstrooken gevonden, mijlen lang, welke be- gaanbaar waren.

In 1674 vertoonde de Noordzee van de hoogste duinen gezien, niets als ijs.

In 1709 ging men met paarden van Stavoren naar Enkhuizen en op schaatsen van Harlingen naar Amsterdam; bij den dooi was er hoog opkruierend zeeijs bij Scheveningen.

In 1740 kon een Scheveningsche pink noch te Veere, noch te Domburg of Westkapelle landen wegens het ijs.

In 1776 scheen het ijs te Vlissingen zoover het oog reikte vast; men wandelde over de zee van het eene hoofd naar het andere; te Veere ging men te voet naar Noordbeveland; van Zuidbeveland naar Walcheren.

Den 5^{en} Januari 1784 ging men op schaatsen over zee van Noordwijk naar Scheveningen.

Drijfijis wordt in de Zeeuwsche stroomen zeer dikwijls waargenomen; schadelijk voor de zeeweringen is het alleen bij hoogwater, voornamelijk wanneer het bij dooiweder door den golfslag wordt losgeslagen van de kusten en met den wind naar de dijken wordt gedreven.

Te Vlissingen wordt het drijfijis slechts zelden en gedurende enkele dagen waargenomen. Het drijfijis bestaat voornamelijk uit het in zeewater op de slikken en oevers gevormde brooze ijs; de getijden laten aan het water geen voldoende rust om in sluiskillen en kreeken ijs van eenige dikte en vastheid te doen ontstaan.

§ 7. **De paalworm en de limnoria.** De groote schade, door den paalworm aan zeewerken aangericht en de aanzienlijke kosten; noodig voor de verdediging tegen den paalworm door het gebruik van duurder bouwstoffen of de verplichting tot kostbare voorzieningen, maken dit zeediertje zeer belangrijk voor den waterstaat van ons land.

Er zijn verschillende soorten van deze dieren; de Noordzeeworm is ongeveer 1 cM. dik en 20 cM. lang en bestaat uit eene ronde, witte, weke, slijmachtige massa, waarvan de kop eindigt in een boorvormige hoornachtige schaal. De worm volgt de richting der vezels van het hout, bedekt de gegraven buis met eene zeer gladde en vaste glansrijke kalkschaal. Een sterk aangetast stuk hout heeft het voorkomen van een honigraat. Op plaat XIX is de paalworm geteekend.

De paalworm leeft alleen in zout- en brakwater; men onderstelt dat brakwater bestaande uit een mengsel van 1 deel zoutmet meer dan 6 deelen zoetwater voor het leven van den paalworm ongeschikt is.

In weinig zoutrijke zeeën als de Oostzee komt de paalworm niet voor; daarentegen des te meer in wateren welke zeer zoutrijk zijn, b.v. kanalen die geen zoet- doch alleen zoutwater ontvangen en waarvan het zoutgehalte ten gevolge der verdamping grooter wordt dan dat van het water waaruit zij gevoed worden.

Men schijnt, naar sommige werken te oordeelen, nog niet lang geleden in ons land in de meening verkeerd te hebben dat sluizen den paalworm tegenhielden.

Overal waar het water zout genoeg is, vindt men in ons land den paalworm, die hier sedert het jaar 1731 bekend is; hij komt voor in de Zeeuwsche stroomen tot de sluis aan den Steenbergschen vliet, en in de Zuiderzee. Bij uitzondering wordt op sommige punten langs de Friesche en Groningsche kusten geen paalworm gevonden, waarschijnlijk ten gevolge van de hooge ligging van sommige slikrijke Wadden.

Op Schokland en in het IJ werd de paalworm gevonden; de Dollard, de monden van de Eems, van den Gelderschen IJssel en van de Eem bleven er vrij van.

De paalworm dringt niet door kleigrond; in het hout leeft hij slechts weinige centimeters beneden den bodem en slechts enkele decimeters boven laagwater. Met uitzondering van eenige weinige houtsoorten wordt alle hout aangetast, tenzij het door dengdelijke inpersing met creosootolie voor het indringen van den paalworm ongeschikt wordt gemaakt.

Verplaatsbare voorwerpen kunnen beschermd worden door ze jaarlijks in den herfst, nadat de jonge paalwormen het zee-water hebben verlaten, uit het water te halen; door een kort verblijf buiten rechtstreeksche aanraking met het zeewater worden de jonge wormen gedood.

Uit de verslagen over den paalworm blijkt dat droge jaren met weinig regenwater, waardoor het zoutgehalte verhoogd wordt, en met hooge temperatuur gunstig zijn voor de ontwikkeling van den paalworm.

De *Lycoris fucata* is een ringworm die den paalworm verslindt en in den regel in door paalworm aangetast hout wordt aangetroffen.

In de laatste tijden is naar aanleiding van een bericht omtrent verwoestingen door een ander gedierte langs de Fransche kust in het houtwerk aangericht, ook in ons land een diertje ontdekt, dat den naam van *limnoria lignorum* draagt; het is op plaat XIX in 42 malige vergrooting voorgesteld.

De *limnoria* werd het eerst in ons land gevonden te Wemeldinge door den ingenieur Van den Thoorn, daarna op het Oude Schild te Texel, in het kanaal door Walcheren, te Vlis-singen in de Schelde, te Veere in het Veersche gat, aan de Vliete- en Anna Frisopolders op Noordbeveland, te IJmuiden

en aan het Nieuwediep, in de Zuiderzee te Harlingen en ten noorden en ten zuiden van deze plaats tot 1,20 M. beneden laagwater.

Een ander diertje de *chelura terebrans* van dezelfde grootte ongeveer is wel te Cherbourg waargenomen doch bij ons te lande nog niet ontdekt.

Het is te verwachten dat omtrent de schade, welke deze dieren aan het hout van de zeeweringen en van de zeewerken aanbrengen, een helder licht zal worden verspreid, nu eenmaal de aandacht der waterbouwkundigen en zoölogen er op gevestigd is.

Van een nationale ramp, zooals de verschijning van den paalworm met recht genoemd kon worden, kan geen sprake zijn, waarschijnlijk omdat de middelen tot bestrijding van den paalworm ook nut hebben gedaan om de kleine limnoria den toegang tot het houtwerk te beletten. Wel werd de limnoria in gecreosoteerd hout te Oude Schild aangetroffen, doch wellicht was de hoeveelheid creosoot, 160 L. per M³. volgens het bestek, te gering, daar voldoende zekerheid tegen den paalworm slechts met eene hoeveelheid van 300 L. per M³. schijnt verkregen te worden.

HOOFDSTUK V.

Eb en vloed en de zeestroomen.

§ 1. **Getijden in het algemeen.** Onder eb en vloed wordt verstaan het afwisselend dalen en rijzen van den waterspiegel van de zee, waardoor in den regel tweemaal daags een hoogste en een laagste stand worden bereikt en waarmede in de meeste gevallen elkander regelmatig opvolgende heen- en weergaande stroomen gepaard gaan.

Deze schommelingen van den waterspiegel en van de watermassa zijn het gevolg van het verschil tusschen de aantrekkingen van de hemellichamen op de waterdeeltjes op de verschillende plaatsen van de aarde op hetzelfde oogenblik en van de beweging van deze hemellichamen en van de aarde zelve.

Onder de werking van de maan alleen zou de oppervlakte van een volkomen bolvormige aarde, welke overal met eene gelijkmatige waterlaag bedekt wordt ondersteld, in evenwicht trachten te geraken en zich in elk punt loodrecht trachten te stellen op de resultante van de verschillende krachten daar werkende, en ongeveer den vorm eener omwentelingsellipsoïde aannemen. In de punten die de maan in het zenith en nadir of in den horizon hebben is de resultante volgens de vertikaal gericht; in de punten die 45° van de genoemde plaatsen afstaan, wijkt de resultante het meest van de loodlijn af.

Stelt men zich voor dat het water zich in een kanaal bevindt dat als een ring de aarde in den aequator omgeeft, smal genoeg dat dwarsstroomingen niet kunnen ontstaan, en dat de maan als eenig aantrekkend lichaam gedacht, zich mede in den aequator

bevindt, dan zullen de waterdeeltjes op de vier plaatsen waar de maan doorgaat, opkomt of ondergaat, in rust trachten te blijven; tusschen deze punten tracht het water te stroomen in elk kwadrant beurtelings oost- of westwaarts, het sterkst in het midden van het kwadrant. Van A tot D waar de maan opkomt



en culmineert en van B tot C is er neiging tot vloedstroom en van C tot A waar de maan doorgaat en opkomt en van B tot D neiging tot ebstroom. De traagheid van het water is oorzaak dat op het oogenblik waarop de werking van de kracht, welke de strooming veroorzaakt, ophoudt, de grootste snelheid wordt bereikt en dat een gelijk tijds-

verloop sedert het begin der strooming noodig is om het water door de werking in tegengestelden zin weder tot stilstand te brengen. In de punten A, D, B en C wordt derhalve de grootste snelheid gevonden; in de punten van maansdoorgang van den ebstroom, op de tusschengelegen punten van den vloedstroom. Stroomstilstand, kentering, heeft plaats op de halverwege tusschen deze punten gelegen plaatsen.

Waar de kracht van den stroom een maximum of minimum wordt, derhalve noch versnelt noch vertraagt, rijst noch daalt de waterspiegel, daar is dus Hoog- of Laagwater. Het water rijst het sterkst, daar waar de stroomen uit beide richtingen water aanvoeren; de sterkste daling heeft plaats daar waar het water naar beide zijden afvloeit. Hoogwater is er aan het einde van de rijzing of den vloed; laagwater aan het einde van de daling of van de eb.

Er is stroomkentering op de plaatsen K. Op de plaatsen A, B, C en D bereiken de getijstroomen hun grootste snelheid en is het water hoog of laag. Het water rijst het sterkst in K_1 en K_3 en daalt het sterkst in K_2 en K_4 . Er is hoogwater in A en B en laagwater in C en D.

Velen stellen zich voor dat er hoogwater zou moeten zijn op

de plaatsen van maansdoorgang; afgescheiden van allen weerstand en andere oorzaken kan de hoogste waterstand bij de gemaakte onderstellingen eerst 6 uur na het tijdstip van maansdoorgang worden waargenomen.

De maan en de zon veroorzaken geene afzonderlijke getijden; beider vereenigde werking doet de getijden ontstaan, die het meest invloedrijke der beide hemellichamen, de maan, in hoofdzaak volgen. Ondanks de grootere massa van de zon is de invloed van de maan wegens den kleineren afstand grooter.

De invloed van de zon doet zich echter duidelijk gevoelen. Daar de zonnedag 24 uur en de maandag ruim 24 uur 50 minuten duurt, is de duur der getijden wel gemiddeld 12 uur 25 minuten doch vervroegen of verachteren de tijdstippen van hoogwater telkens ten opzichte van den tijd van maansdoorgang naarmate van de werking van de zon.

Evenzoo is de sterkte der getijden afhankelijk van den stand van zon en maan ten opzichte van de aarde. Versterken beide invloeden elkander, dan heeft men gier- of springtij, derhalve bij Nieuwe en Volle maan; zijn zon en maan daarentegen 90° van elkander verwijderd, dan verzwakken beide werkingen elkander en worden de doode getijden waargenomen.

In het voorafgaande is ondersteld dat zon en maan zich in den aequator bevinden en steeds op een zelfden afstand van de aarde. Zoodra de maan zich boven of beneden den aequator bevindt houdt de gelijkheid der beide opvolgende getijden, die gelijktijdig aanwezig zijn, op en wordt derhalve beurtelings een sterker en een zwakker getijde waargenomen. De zon waarvan de declinatie elk halfjaar van teeken verandert, terwijl de declinatie van de maan elke halve maand positief of negatief is, oefent op deze dagelijksche ongelijkheid der getijden eveneens invloed uit.

De invloed van den veranderlijken afstand, waarop maan of zon zich van de aarde bevinden, is eveneens waar te nemen; wegens de ongelijkheid van de omloopstijden van zon en maan is beider invloed afzonderlijk aan te wijzen.

De verticale en de horizontale bewegingen van het water, welke de getijden veroorzaken, zijn niet met gelijke nauwkeurigheid te meten. Wel kunnen de waterstanden in volle zee niet worden

waargenomen, doch die welke aan de kust gemeten worden, geven omtrent de verschijnselen buitengaats voldoende licht. Stroomen zijn alleen in volle zee te meten doch dan nog slechts ten ruwe en bij fraai weder. Noch wat de richting, noch wat de snelheid betreft is eene nauwkeurigheid te bereiken welke met die, waarmede de waterhoogten worden waargenomen, vergeleken kan worden. Om even volledig als dat van de vertikale waterbeweging te zijn, zou het onderzoek op vele plaatsen over de geheele ruimte van een kom verdeeld, tot op alle diepten gelijktijdig moeten plaats hebben. Voorshands zijn hiervan weinig bevredigende uitkomsten te verwachten, omdat waarnemingen met veel zorg onder veel gunstiger omstandigheden binnengaats waargenomen, bijv. die op de riviertakken nabij Vlaardingen en Maassluis, nog eene betrekkelijk zeer groote onzekerheid opleveren.

§ 2. **Getijden langs onze kusten.** Onze aarde is niet overal met water bedekt; de oppervlakte bestaat voor een derde gedeelte uit vast land dat onregelmatig is verdeeld, terwijl de diepte van het water in de verschillende zeeën zeer ongelijk is; de beweging van het water moet dus geheel anders zijn als op een geheel met water bedekten aardbol of in een kanaal langs den æquator. Bovendien belet de traagheid het water aan de wisselende invloeden onmiddellijk te gehoorzamen; de verschijnselen worden derhalve later waargenomen dan de oorzaken.

Tengevolge van deze traagheid van het water, van den vorm der vaste landen, van de diepte der zeeën, van de plaatselijk wijzigende toestanden van kusten, diepten enz., van de terugkaatsing der golven tegen de kusten, van de wrijvingsweerstand, wijken de getijden, zooals zij werkelijk worden waargenomen, belangrijk af van den denkbeeldigen loop op een geheel met water overdekten bol.

Langs onze kusten is deze afwijking zeer sterk; eb en vloed zijn er slechts verschijnselen van lager orde en ontstaan voornamelijk ten gevolge van de getijden in den Atlantischen oceaan waarmede de betrekkelijk ondiepe Noordzee aan de noorden aan de zuidwestzijde in verbinding staat, terwijl de getijden langs de Zuiderzee en binnen de riviermonden bijna uitsluitend

als gevolgen van de wisselende zeestanden in de zeegaten zijn te beschouwen zonder merkbaren invloed van eenig rechtstreeks werkende oorzaak.

De verschijnselen langs onze Noordzeekust doen duidelijk den invloed van de beide openingen der Noordzee kennen; op plaat XXI zijn volgens de kaart van Whewell, de lijnen van gelijktijdig hoogwater voorgesteld.

Het tij, dat benoorden Schotland omgaat, vormt met het zuidtij, dat uit het Engelsche kanaal ontstaat, gelijktijdig hoogwater in den mond der Theems; op de hoogte van Texel waar beide golven elkander kruisen onder een hoek van ongeveer 135 graad, vereenigen zij zich tot één getijgolving die onze noordelijke kusten in oostelijke richting volgt. Er is nog een ander verschil. Terwijl aan de Engelsche kust het noordtij tot een ouder getijde behoort dan het zuidtij, is de eb- en vloedbeweging nabij den noordwestelijken hoek van ons land het gevolg van twee takken van eene zelfde golf in den oceaen.

Langs onze zuidelijke kusten, van de Wielingen tot den Helder, is het zuidtij het krachtigst; benoorden en beoosten den Helder is de invloed van het noordtij overwegend.

In het punt der Noordzee op $52^{\circ} 15' 30''$ N.B. en $3^{\circ} 15' 30''$ O. L. van Greenwich werd den 12^{en} Juli 1842 onder gunstige omstandigheden van weer, wind en zee en op den 2^{en} dag van het hoogste springtij eene rijzing van het getijde waargenomen van slechts 45 centimeter, welke in anderhalf uur plaats had, terwijl de waterspiegel overigens op dezelfde hoogte bleef staan; het beschreven punt is niet ver gelegen van de plaats waar volgens Whewell's kaart geene regelmatige getijgolving kan worden waargenomen, welk punt uit den aard der zaak onder den invloed der telkens wijzigende omstandigheden aan geene vaste plaats is gebonden.

Behalve de genoemde oorzaken oefent vooral de wind op de getijden een grooten invloed uit; de vertikale getijgolving volgt mede de algemeene beweging van den zeespiegel, die voornamelijk veroorzaakt wordt door den wind; de eb- en vloedstroomen worden door de heerschende zeestroomen gewijzigd, waarvan de heerschende wind evenzeer de voornaamste oorzaak is.

Voor de kennis der feitelijke toestanden is het nuttig te weten in welke mate de normale hoogten van hoog- en van laagwater door de neveninvloeden worden gewijzigd. Wanneer men de hoogte van elk hoog- en laagwater vergelijkt met die van het vorige getijde, zou men zonder neveninvloeden regelmatige verschillen vinden tengevolge van de dagelijksche ongelijkheid en van den overgang van de doode tijen tot de gierstroomstijen en omgekeerd. Daar deze overgang tweemaal per maand in elken zin geschiedt zoude de som dezer opvolgende positieve of negatieve verschillen in elke maand ruim het dubbel moeten bedragen van het verschil tusschen de waterhoogten bij springtij en bij doottij. De totalen der werkelijke verschillen tusschen de opvolgende getijden zijn grooter; de invloed van den wind heeft een voortdurende afwisseling in waterstand bij hoog- en laagwater afgescheiden van de astronomische oorzaken tengevolge.

Door voor een normale zomermaand, Juli 1884, en een maand die rijk was aan krachtigen wind, December 1883, de totalen der verschillen voor verschillende plaatsen te vergelijken, kan het verschil in invloed en daarmee die invloed zelf van den wind worden nagegaan. Onderstaande lijst bevat de som der verschillen, positieve en negatieve afzonderlijk, tusschen de opvolgende hoogwaterhoogten in de maanden Juli 1884 en December 1883 in centimeters.

Juli 1884.

December 1883.

Naam der plaats.	Juli 1884.			December 1883.		
	som der pos. verschillen.	som der neg. verschillen.	som van alle verschillen.	som der pos. verschillen.	som der neg. verschillen.	som van alle verschillen.
Wielingen	203	238	441	841	865	1706
Vlissingen	214	248	462	840	866	1706
Borssele	204	236	440	804	832	1636
Ter Neuzen	210	240	450	835	865	1700
Hansweert	220	252	472	881	912	1793
Veere	239	265	504	—	—	—
Oostbeveland	271	290	561	—	—	—
Wemeldinge	272	292	564	1092	1131	2223
Brouwershaven	274	292	566	1001	1040	2041
Bruinisse	263	281	544	1056	1095	2151
Steenbergsche vliet	286	302	588	1078	1118	2196

Juli 1884.

December 1883.

Naam der plaats.	Juli 1884.			December 1883.		
	som der pos. verschillen.	som der neg. verschillen.	som van alle verschillen.	som der pos. verschillen.	som der neg. verschillen.	som van alle verschillen.
Hellevoetsluis . . .	248	260	508	1007	1049	2056
Willemsstad.	251	262	513	989	1031	2020
Moerdijk	227	238	465	894	946	1840
Keizersveer.	238	249	487	654	697	1351
Kop van 't Land.	211	222	433	684	730	1414
Willemsdorp	235	247	482	883	927	1810
's Gravendeel. . . .	215	225	440	803	847	1650
Dordrecht.	207	218	425	743	791	1534
Sliedrecht.	212	224	436	610	659	1309
Gorinchem.	206	218	424	357	418	775
Herwijnen.	116	126	242	—	—	—
Zaltbommel.	63	68	131	—	—	—
Spijkenisse	228	237	465	853	897	1750
Puttershoek.	231	238	469	821	865	1684
Maassluis.	214	226	440	854	900	1754
Vlaardingen.	126	225	441	853	897	1750
Rotterdam.	218	223	441	843	892	1735
Ablasserdam	218	225	443	754	798	1552
Krimpen.	223	230	453	769	821	1590
Streefkerk.	220	227	447	670	724	1394
Schoonhoven	220	226	446	520	563	1083
Vreeswijk.	123	126	349	—	—	—
Katwijk	260	267	527	921	964	1885
IJmuiden.	269	279	548	870	910	1780
Helder.	282	278	760	760	816	1576
Vlieland.	425	446	871	866	916	1782
Enkhuizen.	139	134	273	—	—	—
Stavoren.	155	157	312	501	542	1043
Harlingen.	411	428	839	847	897	1744
Zoutkamp.	507	529	1036	1165	1211	2376
Delfzijl.	556	579	1135	1204	1260	2464
Nieuw Statenzijl.	794	805	1599	1260	1311	2571
Dorgerdam.	252	244	496	—	—	—
Oranjesluizen. . . .	247	263	537	—	—	—
Nijkerk.	290	284	574	—	—	—
Elburg.	270	269	539	—	—	—
Knuggenburg.	248	252	500	—	—	—
Schokland	195	194	389	—	—	—
Urk.	168	166	334	—	—	—

SOM DER VERSCHILLEN TUSSEN DE OPVOLGENDE LAAGWATERHOOGTEN.

Juli 1884.

December 1883.

Naam der plaats.	Juli 1884.			December 1883.		
	positieve.	negatieve.	som.	positieve.	negatieve.	som.
Wielingen.	601	593	1194	803	832	1635
Vlissingen.	728	723	1451	1236	1274	2510
Borssele	719	713	1432	1210	1259	2459

Juli 1884.

December 1883.

Naam der plaats.	som der pos. verschillen.	som der neg. verschillen.	som van alle verschillen.	som der pos. verschillen.	som der neg. verschillen.	som van alle verschillen.
Ter Neuzen	770	769	1539	1222	1259	2481
Hansweert	733	729	1462	1246	1289	2535
Veere	716	725	1441	—	—	—
Oostbeveland	791	798	1589	—	—	—
Wemeldinge	812	818	1630	1370	1412	2782
Brouwershaven	764	777	1541	1211	1255	2466
Bruinisse	758	769	1527	1286	1329	2615
Steenbergsche vliet	720	727	1447	999	1009	2008
Hellevoetsluis	527	535	1062	1013	1058	2071
Willemstad	543	553	1096	1021	1064	2085
Moerdijk	533	542	1075	1003	1047	2050
Keizersveer ¹	359	367	726	734	769	1503
Kop van 't Land	364	374	738	518	564	1082
Willemsdorp	503	514	1017	950	997	1947
's Gravendeel	444	454	898	830	861	1691
Dordrecht	358	368	726	647	680	1327
Sliedrecht	306	315	621	468	511	979
Gorinchem	139	148	287	265	318	583
Herwijnen	62	68	130	—	—	—
Zaltbommel	54	56	110	—	—	—
Spijkensisse	418	426	844	896	924	1820
Puttershoek	441	449	890	809	837	1646
Maassluis	405	411	816	906	957	1863
Vlaardingen	407	413	820	843	894	1737
Rotterdam	390	397	787	770	821	1591
Ablasserdam	353	361	714	639	669	1308
Krimpen	352	361	713	616	666	1282
Streefkerk	245	252	497	431	484	915
Schoonhoven	189	192	381	347	396	743
Vreeswijk	101	100	201	—	—	—
Katwijk	473	467	940	837	879	1716
IJmuiden	553	555	1108	910	965	1875
Helder	220	213	433	764	834	1598
Vlieland	169	159	328	591	646	1237
Enkhuizen	147	142	289	—	—	—
Stavoren	123	117	240	484	531	1015
Harlingen	153	146	299	637	701	1338
Zoutkamp	311	293	604	601	685	1286
Delfzijl	311	291	602	1092	1172	2264
Durgerdam	281	263	544	—	—	—
Oranjesluisen	288	266	554	—	—	—
Nijkerk	244	229	473	—	—	—
Elburg	259	247	506	—	—	—
Kraggenburg	306	292	598	—	—	—
Schokland	231	218	449	—	—	—
Urk	172	168	340	—	—	—

¹ De Baardwicksche overlaat werkte van 21 December tot 31 December 1883, doch slechts met een maximum van 20 cM.

In het algemeen nemen de verschillen met de vloedgolfhoogten toe, doch op dezen regel zijn vele uitzonderingen.

De grootste som der verschillen werd in Juli 1884 gevonden bij hoogwater te Nieuw Statenzijl en in het algemeen in het noorden van ons land tot de Helder, en bij laagwater te Wemeldinge en in het algemeen in het zuiden van ons land tot IJmuiden. Neemt men de som der totale verschillen bij hoog- en bij laagwater, dan wordt langs de Noordzeekust en binnengaats buiten den invloed der rivieren het kleinste cijfer te Helder en Vlieland 1193 en 1109 c.M. gevonden, het grootste te Wemeldinge of 2194 c.M.

In December 1883 wordt de grootste som der verschillen bij hoogwater gevonden te Nieuw Statenzijl en bij laagwater weder te Wemeldinge; het onderscheid tusschen het noorden en het zuiden van ons land is thans echter minder sprekend.

De kleinste totale som van de verschillen bij hoog- en laagwater wordt langs de Noordzeekust en binnengaats buiten den sterken invloed der rivieren te Vlieland en te Helder gevonden en bedraagt 3019 c.M. en 3174 c.M. terwijl het grootste van alle cijfers dat te Wemeldinge is of 5005 c.M.

In December 1883 zijn de totaalcijfers te Wemeldinge 2,3 maal grooter dan in Juli 1884; te Helder en Vlieland ongeveer 2,6 maal grooter.

In Juli 1884 zijn de sommen der laagwaterverschillen grooter dan die van de hoogwaters met uitzondering van de plaatsen hoog op de rivieren gelegen, zooals Herwijnen, Bommel, Schoonhoven, Vreeswijk, waar de invloed der veranderingen in de hoogte van de zee rivieropwaarts bij laagwater sterker vermindert dan bij hoogwater, voorts van de plaatsen in het noorden van ons land als Helder, Vlieland, Zoutkamp en Delfzijl en eindelijk van enkele plaatsen in de Zuiderzee als Harlingen, Nijkerk en Elburg.

In December zijn bij den grooteren afvoer van opperwater de verschillen bij hoogwater grooter te Kop van 't Land, Puttershoek, Dordrecht, Sliedrecht, Gorinchem, Vlaardingen, Rotterdam, Ablasterdam, Krimpen, Streefkerk en Schoonhoven, voorts op eenige plaatsen waar de laagwaterstanden ten gevolge der ligging en inrichting der peilschaal niet vrij kun-

nen schommelen als te Wielingen, Steenbergsche vliet en Katwijk, en eindelijk op de noordelijk gelegen plaatsen Vlieland, Stavoren, Zoutkamp en Delfzijl.

De bovenstaande lijsten kunnen bij het bepalen der onderstelde grootste stormvloedhoogten eenigen dienst bewijzen, ofschoon de verhouding tusschen de cijfers onderling met de richting van den in de beschouwde periode meest heerschenden wind noodzakelijk verandert. Niet alleen zal de kruising der beide getijgolven telkens anders geschieden naarmate het zuidtij meer of minder wordt vertraagd of versneld dan het noordtij, doch bovendien is de opstuwung en daling van den waterspiegel voor elke plaats in verband met hare ligging verschillend.

Niettemin zijn de sterke overgangen der sommen van de verschillen bij hoogwater en ook bij laagwater tusschen IJmuiden en Helder in Juli 1884 geene toevallige verschijnselen; zij volgen uit de plaats welke dat gedeelte van de kust ten opzichte van de getijden inneemt; in December 1883 toen de invloed van den wind sterker was zijn de overgangen geleidelijker en is de som te Helder ook bij hoogwater de kleinste.

§ 3. Getijden te Helder. De eenige plaats van ons land waar de waterstanden sedert eene reeks jaren onafgebroken met groote nauwkeurigheid zijn geregistreerd, in tabellen verzameld en gedeeltelijk aan een onderzoek onderworpen, dat echter nog niet openbaar is gemaakt, is de Helder. Wel ligt de peilschaal niet aan de volle zee doch in het Marsdiep, dat door banken is begrensd en als trechter dienst doet met de overige zeegaten om den waterspiegel der Zuiderzee de beweging van die der Noordzee te doen volgen, en is er in de waarnemingen eene onzekerheid van 23 millimeter tot welk bedrag het verkenmerk van het A.P. den 1sten April 1884 hooger zou zijn geplaatst, terwijl de getijlijn op dat tijdstip geene opening of verschuiving doet kennen, doch voor ons doel kunnen deze bezwaren niet groot zijn.

Werking van de zon alleen. Den gemiddelden invloed van de zon alleen kan men leeren kennen door den afwisselenden invloed van de maan te elimineren; dit kan geschieden door de waterhoogte op elk uur van den dag aan te teekenen en de gemiddelden voor elk uur te berekenen gedurende eene periode van

voldoende lengte; hierdoor worden de hoogte en de vorm van het zonnetij ten naastebij bekend. Deze berekening is geschied voor de drie jaren 1865—67; de gemiddelde stand der zee bedroeg 0,250⁵ M. — A. P. terwijl de gemiddelde stand gedurende de dertigjarige periode 1851—80 op 0,245 M. — A. P. kan gesteld worden. De zonnegolfhoogte bedraagt 29,5 centimeter terwijl de gemiddelde golfhoogte van het getijde in die zelfde jaren 118,4 cM. bedroeg; daar de gemiddelde waterhoogte slechts van uur tot uur is bepaald, moet de ware hoogte iets grooter zijn, de gevonden hoogte bedraagt ongeveer $\frac{1}{4}$ van de geheele hoogte, terwijl volgens de theorie de invloeden van zon en maan gemiddeld tot elkander staan als $1 : 2\frac{1}{4}$, ongeveer afwisselende van $1 : 1\frac{9}{10}$ tot $1 : 2\frac{3}{5}$.

Worden de waterhoogten in plaats van volgens zonnetijd naar maanstijd gerangschikt, dan wordt de invloed van de zon geëlimineerd en wordt ten naastenbij een zuivere maansgolf verkregen.

Op plaat XXI zijn voorgesteld de gemiddelde zonnegolven in het jaar 1886 te Westkapelle, IJmuiden, Helder en Vlieland waarvan de hoogte bedraagt achtereenvolgens 0,814 M., 0,335 M., 0,298 M., en 0,346 M. of 25 $\frac{0}{10}$, 20,7 $\frac{0}{10}$, 26,5 $\frac{0}{10}$ en 22,2 $\frac{0}{10}$ van de gemiddelde getijhoogte in dat jaar of 3,25 M. te Westkapelle, 1,62 M. te IJmuiden. 1,12⁵ te Helder en 1,56 M. te Vlieland.

Gier- en doodstroomsgetijden. Een geheel regelmatige versterking en verzwakking der getijden tusschen de verschillende maansphasen bestaat niet; zonder twijfel kan door eene langdurige reeks waarnemingen aan een onderzoek te onderwerpen eene gemiddelde sterkte voor elk getij van het jaar worden berekend afgescheiden van den afwisselenden invloed der toevallige storingen, eenvoudigheidshalve en voor het gebruik voldoende is het te weten welk verschil in hoogte gemiddeld tusschen een viertal golven na de verschillende maansphasen bestaat.

Over de jaren 1884 en 1885 was de gemiddelde golfhoogte te Helder:
 der 4 opvolgende springtijden in 1884 129 $\frac{1}{2}$ cM., in 1885 130 $\frac{1}{2}$ cM., gemiddeld 130 cM.
 en der doodetijden " " 94 $\frac{1}{2}$ cM., " " 92 cM., " " 93 cM.
 zoodat zij zich verhouden als 100 : 72.

De grootste en kleinste gemiddelde verschillen tusschen laagwater en het daarop volgend hoogwater bedroegen in centimeters.

	bij E. K.	V. M.	L. K.	N. M.
Grootste verschillen in 1884	105 in Feb.	138 in Nov.	109 in Nov.	140 in Juli.
" " " 1885	106 in Mrt.	145 in Jan.	103 in Juli.	141 in Aug.
Kleinste verschillen in 1884	75 in Aug.	115 in Juni.	79 in Feb.	114 in Nov.
" " " 1885	77 in Nov.	119 in Juli.	74 in Apr.	124 in Nov.
Verhouding tusschen grootste en kleinste gemiddelde golfhoogte van 4 opvolgende getijden.	in 1884		100 : 53,6	
	in 1885		100 : 51,0	

Dagelijksche ongelijkheid. Wanneer als eerste hoogwater en als eerste laagwater beschouwd worden de hoog- en laagwaters welke na den middag volgen, kan door rangschikking der gegevens ten opzichte van den middag van elk etmaal het verschil tusschen de avond- en morgengetijden blijken. In de volgende lijst worden van elke maand de gemiddelde hoogte van beide hoog- en beide laagwaters gedurende het dertigjarig tijdvak 1851—1880 opgegeven en daarbij de verschillen tusschen beide getijden.

Na- en voormiddag getijden te Heldër, 1851—1880.

Maand.	H.W. in M. + A.P.		Vershil.	L.W. in M. — A.P.		Vershil.
	1e getijde	2e getijde	1e—2e get.	1e getijde	2e getijde	1e—2e get.
Januari...	0,312	0,190	0,122	0,944	0,882	0,062
Februari..	0,275	0,167	0,108	0,989	0,900	0,089
Maart....	0,209	0,128	0,081	1,052	0,957	0,062
April....	0,158	0,116	0,042	1,078	1,007	0,071
Mei.....	0,142	0,135	0,007	1,056	1,023	0,033
Juni.....	0,170	0,209	— 0,039	1,016	0,976	0,040
Juli.....	0,192	0,272	— 0,080	0,922	0,935	— 0,013
Augustus .	0,183	0,329	— 0,146	0,883	0,927	— 0,044
September	0,219	0,347	— 0,128	0,849	0,888	— 0,039
October ..	0,275	0,351	— 0,076	0,811	0,843	— 0,032
November.	0,301	0,298	0,003	0,834	0,840	— 0,006
December .	0,338	0,269	0,069	0,868	0,829	0,039
Jaar	0,231	0,234	— 0,003	0,941	0,917	0,024

Op plaat XXIII zijn de gemiddelde hoogten van het 1^e en het 2^e hoogwater en van het 1^e en het 2^e laagwater voor elken dag van het jaar in het dertigjarig tijdvak 1851—80 in teekening gebracht. Het blijkt dat van half November tot half Mei de avondvloed de hoogste is, terwijl de avondeb de laagste is van half December tot einde Mei ongeveer; in den zomer zijn de avondvloeden de laagste en de avondebben de hoogste. De hoogwaters verschillen het meest in Augustus

wanneer de morgenhoogwaters gemiddeld 146 mM. en in Januari wanneer de avondhoogwaters gemiddeld 122 mM. hooger zijn; in November en Mei zijn de verschillen het kleinst, resp. 3 en 7 mM. gemiddeld. De laagwaters verschillen onderling minder; in Augustus bedraagt het gemiddeld verschil 44 mM., in Februari 89 mM., in November 6 mM. en in Juli 13 mM.

Slechts in de maanden Januari tot Mei zijn de verschillen regelmatig en vrij belangrijk.

Daar de verschillen tusschen de hoog- en laagwaters in tegengestelden zin zijn, zijn de verschillen der vloedgolfhoogten grooter; de avontijden hebben van December tot April, de morgentijden van Juni tot October de grootste golfhoogte; in de maanden Mei en November zijn zij ongeveer aan elkander gelijk. De waarnemingen te Helder doen eenigszins zien welke fouten men maakt wanneer men voor hoogwater en laagwater de hoogste en laagste laagwaters in het etmaal aanneemt, en tevens dat het tot groote dwalingen aanleiding kan geven wanneer men bij het maken van ontwerpen voor de verbetering van afwatering de daggetijden alleen in rekening brengt.

Jaargolvingen. Op plaat IX zijn voor elke maand van het jaar de gemiddelde zeehoogte en de gemiddelde hoog- en laagwaterstanden in het dertigjarig tijdvak 1851—80 in teekening gebracht, en is tevens graphisch voorgesteld de afwijking van de vloedgolfhoogte in elke maand van het jaar van de gemiddelde vloedgolfhoogte in alle maanden.

Uit deze teekening blijkt dat de getijden het krachtigst zijn in Juni, het zwakst in November en dat in het begin van Januari en de helft van Juli de gemiddelde hoogte wordt bereikt. Opmerkelijk is het verschil in vorm met de lijnen welke de waterstanden voorstellen, waaruit volgt dat de oorzaken van de beide jaargolvingen van elkander verschillen. De jaarlijksche waterstandsgolf heeft haar top in October en haar dal in April en Mei, de hoogte dezer golf bedraagt 18½ centimeter, terwijl het grootste verschil tusschen de gemiddelde hoogten der getijden per maand 4½ centimeter bedraagt.

De jaargolf in de waterstanden is gedeeltelijk aan den invloed van den wind toe te schrijven, die van de getijhoogte nagenoeg geheel aan de astronomische oorzaken, het verschil

in declinatie van de zon. Op plaat IX is de gemiddelde zee-stand op grooter schaal en naar eenige tienjarige perioden gerangschikt voorgesteld, terwijl daarbij de gemiddelde winddruk over de jaren 1845—1883 in teekening is gebracht. Deze laatste kromme heeft 2 toppen, in November en in Februari en één dal in Juni en Juli; de overeenkomst tusschen de grootte van den winddruk, onafhankelijk van de richting, en den gemiddelden zeestand valt duidelijk in het oog; de afwijkingen zijn gedeeltelijk aan de verschillen in de windrichtingen in de verschillende maanden van het jaar toe te schrijven.

Gemiddelde zeestand in verschillende jaren. Het nauwe verband tusschen de grootte van den winddruk en den waterstand blijkt verder overtuigend uit plaat XXIV waarop de jaarlijksche gemiddelden van de waterstanden, de hoog- en laagwaterstanden en van den winddruk zijn voorgesteld. De gemiddelde windrichting was in dit tijkvak te Helder tusschen ZtW en NtW begrepen en was meestal W Z W. De teekening leert dat de waterstanden door den wind worden verhoogd, zoowel de hoog- en de laagwaterstanden als de gemiddelde zeestand, zoodat de gemiddelde zeestand langs onze kusten zonder wind lager zou zijn. De zeestand in het voormalige open IJ te Amsterdam wordt op plaat XXII aangeduid, waarop de gemiddelde waterstanden in de verschillende maanden van de 58 jaren, 1700—1717, 1796—1813, 1843—1860 1725, 1649, 1775 en 1825 ten opzichte van den gemiddelden zeestand uit de jaren 1843—1860 zijn voorgesteld en tevens de gemiddelde windrichtingen in de verschillende maanden door pijltjes zijn aangeduid; de waterstand is eveneens in October het hoogst en in Januari het laagst; de jaargolfhoogte, verschil tusschen hoogsten en laagsten gemiddelden maandstand, bedraagt 10,1 cM. derhalve zooals te verwachten was kleiner dan te Helder, waar voor het verschil $18\frac{1}{2}$ centimeters werd waargenomen.

De gemiddelde sterkte der getijden per maand in de 54 eerstgenoemde jaren te Amsterdam wisselde van 27,2 cM. in Januari tot 33,1 in April een verschil alzoo van 5,9 cM. Hierbij moet opgemerkt worden dat de getijgolven zich in de Zuiderzee niet altijd regelmatig ontwikkelen en nu en dan door neveninvloeden worden verstoord.

Voorkomen van verschillende waterstanden. Uit de waarnemingen in het dertigjarig tijdvak 1851—80 zijn de volgende lijsten opgemaakt, waaruit de waarschijnlijkheid kan blijken dat de getijden te Helder boven of beneden bepaalde hoogten zullen rijzen of dalen.

Aantal getijden waarop verschillende waterstanden bij Hoog- en Laagwater zijn voorgekomen te Helder, 1851—1880.

Hoogwater.

Maand.	Hooger dan 2M. + A.P.	van 2M. + A.P. tot 1,5 M. + A.P.	van 1,5 M. + A.P. tot 1,00M. + A.P.	van 1,00M. + A.P. tot 0,50 M. + A.P.	van 0,50 + A.P. tot A.P.	van A.P. tot 0,50 M. — A.P.	Lager dan 0,50 M. — A.P.	Totaal.
Januari.....	2	9	27	296	1099	358	5	1796
Februari.....	0	1	44	218	1010	351	18	1642
Maart.....	0	2	19	171	1144	446	14	1796
April.....	0	0	1	87	1216	433	3	1740
Mei.....	0	0	1	27	1371	396	0	1795
Juni.....	0	0	0	50	1459	231	0	1740
Juli.....	0	0	0	91	1595	117	0	1803
Augustus....	0	0	2	154	1547	97	0	1800
September...	0	2	3	232	1356	146	0	1744
October.....	0	2	35	327	1232	203	2	1801
November....	0	2	44	351	1094	251	3	1745
December....	2	10	44	334	1138	266	9	1803
Jaar.....	4	28	225	2328	15261	3295	54	21205

Laagwater.

Maand.	Lager dan 2M. — A.P.	van 2,00M. — A.P. tot 1,50 M. — A.P.	van 1,50M. — A.P. tot 1,00M. — A.P.	van 1,00M. — A.P. tot 0,50 M. — A.P.	van 0,50M. — A.P. tot A.P.	van A.P. tot 0,50 M. + A.P.	van 0,50M. + A.P. tot 1,00M. + A.P.	1,00 M. + A.P. en hooger.	Totaal.
Januari...	0	47	697	853	178	17	3	1	1796
Februari...	0	58	711	718	127	25	2	0	1641
Maart.....	0	61	945	680	99	14	1	0	1800
April.....	0	15	1010	694	21	0	0	0	1740
Mei.....	0	5	1046	734	11	0	1	0	1797
Juni.....	0	1	796	926	16	0	0	0	1739
Juli.....	0	0	658	1108	32	0	0	0	1798
Augustus..	0	1	626	1090	82	0	0	0	1799
September.	0	0	552	1032	141	12	1	1	1739
October...	0	5	507	1063	192	30	1	0	1798
November.	1	10	555	897	250	27	1	0	1741
December.	1	24	567	976	194	29	7	2	1800
Jaar.....	2	227	8670	10771	1343	154	17	4	21188

De invloed van den tijd van het jaar op de hoogte van hoog- en laagwater wordt nader toegelicht door ook de hoogste en laagste standen en hun onderling verschil voor elke maand te beschouwen.

Laagste en hoogste waterstanden te Helder 1851—1880 in meters betrekkelijk A.P.

Maand.	Laagste stand			Hoogste stand			Verschil tusschen laagsten en hoogsten stand.		
	LW.	HW.	Verschil	LW.	HW.	Verschil	LW.	HW.	Alle standen.
Januari...	1,954	— 0,662	— 1,292	1,048	+ 2,086	+ 1,038	3,002	2,748	4,040
Februari..	1,975	— 1,110	— 0,865	0,825	+ 1,821	+ 0,996	2,800	2,931	3,796
Maart....	1,920	— 0,932	— 0,988	0,522	+ 1,732	+ 1,210	2,442	2,664	3,652
April.....	1,958	— 0,704	— 1,254	0,035	— 1,040	+ 1,075	1,923	1,744	2,998
Mei.....	1,881	— 0,417	— 1,464	0,565	+ 1,015	+ 0,450	2,446	1,422	2,896
Juni.....	1,766	— 0,268	— 1,498	0,048	— 0,916	+ 0,964	1,718	1,184	2,682
Juli.....	1,400	— 0,231	— 1,169	0,003	— 0,970	+ 0,973	1,397	1,201	2,370
Augustus..	1,969	— 0,263	— 1,706	0,017	— 1,068	+ 1,085	1,952	1,331	3,037
September.	1,463	— 0,305	— 1,158	1,100	+ 1,930	+ 0,830	2,563	2,235	3,393
October...	1,782	— 0,540	— 1,242	0,640	+ 1,760	+ 1,120	2,422	2,300	3,542
November..	2,020	— 0,792	— 1,228	0,542	+ 1,655	+ 1,113	2,562	2,447	3,675
December..	2,027	— 0,943	— 1,084	1,380	+ 2,190	+ 0,810	3,407	3,133	4,217
Jaar.....	2,027	— 1,110	— 0,917	1,380	+ 2,190	+ 0,810	3,407	3,300	4,217

Als lagere stand is nog bekend de stand van 2,28 M. — A.P., waargenomen in Maart 1881, als hoogere stand 2,20 M. + H.W. of 2,43 M. + A.P. bij den stormvloed van den 4/5 Februari 1825; tusschen deze beide standen bedraagt het verschil 4,71 M.

In de maand Juli zijn de waterhoogten tusschen de engste grenzen begrepen; slechts 11% der hoogwaterstanden vallen buiten de grenzen A.P. en 0,50 M. + A.P.; de maand December wijst zoowel de hoogste als de laagste grenzen aan, ofschoon de hoogst- en de laagstbekende waterstanden, na en vóór het gekozen dertigjarig tijdvak waargenomen, in andere maanden vallen.

De grenzen tusschen welke de laagwaterstanden schommelen, zijn te Helder ruimer dan die der hoogwaterstanden in alle maanden behalve in Februari en Maart. Het verschil tusschen hoog- en laagwaterstand blijft zoowel bij de hoogste als laagste waterstanden behouden; alleen bij den pinksterstorm in Mei 1860 is er slechts een klein verschil tusschen hoog- en laagwater.

De hoogste hoogwaters komen in December en Januari, de

zeer hooge vooral in Februari, October en November voor; de zeer lage hoogwaters vindt men vooral in Februari en Maart. In de maanden April, Mei, Juni, Juli, Augustus en September worden noch vele lage, noch vele hooge waterstanden waargenomen.

Lage ebben komen in Juni, Juli, Augustus en September niet voor; weinig in April, Mei, October en November, meer in December en in Januari, de meeste in Februari en Maart.

Hooge ebben, hooger dan A.P. kwamen in dertig jaren niet voor in April, Juni, Juli en Augustus, slechts éénmaal in Mei, eenige in Maart en September, een grooter aantal in de overige vijf maanden, waarvan in Januari het kleinste aantal.

De hoogwaterstanden schommelden tusschen 1,11 M — A.P. en 2,19 M. + A.P. die onderling 3,30 M. verschillen; de schommeling bleef binnen de engste grenzen beperkt in de maand Juni, toen het verschil 1,184 M. bedroeg.

De laagwaterstanden schommelden tusschen 2,027 M. — A.P. en 1,380 M. + A.P., gevende een verschil van 3,407 M; dit verschil was het kleinst of 1,397 M. in de maand Juli, in welke maand het grootste aantal laagwaters hooger bleef dan de gemiddelde stand.

§ 4. **Gemiddelde vloedgolfhoogte.** Voor de juiste kennis van de getijden langs onze kusten en binnengaats is de verandering welke het verschil tusschen hoog- en laagwater ondergaat van de eene plaats tot de andere, van zeer veel belang.

Hieronder volgt eene lijst volgens de waarnemingen in 1884, opgemaakt uit de tabellen door den Algemeenen dienst van den Waterstaat uitgegeven en aangevuld bij het ontbreken van voldoende waarnemingen door te onderstellen dat de middencijfers evenredig zijn met de bekende cijfers over kortere tijdvakken.

Zee of rivier.	Plaats van waarneming.	Gemiddelde golfhoogte.	Aanmerkingen.
Noordzee.....	Sluis aan de Wielingen.....	3,66M.	Dikwijls te klein wegens suatie.
	Westkapelle.....	3,22 "	
	Hoek van Holland (Kop Noorderhoofd).....	1,65 "	
	Katwijk.....	1,54 "	
	IJmuiden (buitenhaven).....	1,62 "	
	Petten.....	1,39 "	
	den Helder.....	1,14 "	
	Vlieland (haven).....	1,57 "	

Zee of rivier.	Plaats van waarneming.	Gemiddelde golfhoogte.	Aanmerkingen.
Schelde,	Breskens	3,84 M.	
	Vlissingen	3,74 "	
	Zuidkrajert (Sloe)	4,00 "	
	Hoofdplaat	3,94 "	
	Borssele	3,76 "	
	Ellewoutsdijk	3,86 "	
	Ter Neuzen	4,06 "	
	Hoedekenskerke	4,03 "	
	Hansweert	4,20 "	
	Waarde	4,34 "	
	Walsoorden	4,28 "	
	Bath	4,46 "	
	Oosterschelde,	Burgh	2,75 "
Vlietepolder		2,87 "	
Colijnsplaat		2,86 "	
Zierikzee		2,87 "	
Veergat en Zandkreek	Oostbeveland	3,04 "	
	Veere	2,92 "	
Oosterschelde	Annapolder	3,01 "	
	Wemeldinge	3,27 "	
	Gorishoek	3,46 "	
Keeten	Tholen (Eendragt)	3,59 "	
	Stavenisse	2,96 "	
Brouwerhavensche gat	Repart.	2,38 "	
Grevelingen, Krammer en Volkerak	Ouddorp	2,40 "	
	Brouwershaven	2,43 "	
	Bruinisse (Zijpe)	2,92 "	
Goereesche gat, Hol- landsch diep	Steenbergsche vliet	2,63 "	
	Goeree	1,87 "	
	Hellevoetsluis	1,82 "	
	Willemstad	2,06 "	
Oude Maasje	Moerdijk	2,03 "	
	Keizersveer	1,74 "	
Dong e	Geertruidenberg	1,62 "	
Nieuwe Merwede,	Deeneplaat	1,87 "	
	Merwede en Waal	Kop van 't Land	1,53 "
Paulownahoeve		1,27 "	
Werkendam		1,00 "	
Gorinchem		0,69 "	
Herwijnen		0,27 "	
Kil en Oude Merwede	Willemsdorp	1,96 "	
	's Gravendeel	1,73 "	
	Dordrecht	1,44 "	
	Sliedrecht (Baanhoek)	1,33 "	
	Sliedrecht (tegenover de Helssluis)	1,28 "	
	Steenenhoek	1,13 "	
Brielsche en Oude Maas	Hardinxveld	0,99 "	
	Brielle	1,57 "	
	Spijkenisse	1,40 "	
	Oud Beijerland (Spui)	1,49 "	
	Puttershoek	1,56 "	
Nieuwe Waterweg	Hoek v Holl. (landeinde dammen)	1,64 "	
Nieuwe Maas en Lek	Rosenburg (Noordbank)	1,58 "	
	Maassluis	1,46 "	

Zee of rivier.	Plaats van waarneming.	Gemiddelde golfhoogte.	Aanmerkingen.
	Vlaardingen	1,32 M.	
	Vijfsluizen	1,33 "	
	Rotterdam	1,29 "	
	Gouda (Hollandsche IJssel)...	1,43 "	
	Krimpen	1,21 "	
	Streefkerk	0,90 "	
	Schoonhoven	0,65 "	
	Jaarsveld	0,24 "	
	Vreeswijk	0,09 "	
Noord.....	Ablasserdam	1,31 "	
Zuiderzee (Noordelijk gedeelte)	Texel	1,04 "	
	Medenblik	0,55 "	
	Enkhuizen	0,30 "	
	Hoorn	0,28 "	
	Stavoren	0,45 "	
	Harlingen	1,26 "	
	Nieuwe Rildt	1,57 "	
Wadden, Lauwers en Eems.....	Ezumazijl	2,38 "	
	Zoutkamp	2,27 "	
	Delfzijl	2,75 "	

De lijst leert dat het getijde langs de Noordzeekust van het zuiden naar het noorden in hoogte vermindert en nabij den Helder het zwakst, daarna weder sterker wordt. Opmerking verdient de sterke vermindering in golfhoogte tusschen de Zeeuwsche en Zuidhollandsche eilanden; wanneer voor de hoogte te Ostende ongeveer 3,96 M. wordt aangenomen, bedraagt de vermindering in volle zee — die langs de kust is kleiner — tusschen Ostende en Westkapelle ongeveer 1,9 c.M. per K.M.; tusschen Westkapelle en den Hoek van Holland 2,1 centimeter per K.M.; dan volgt een kustvak met gelijke golfhoogte tusschen den Hoek en IJmuiden; nabij het Texelsche zeegat vermindert de golfhoogte weder met 1 c.M. per K.M.

Beoosten Texel kan van eenige andere bronnen gebruik gemaakt worden om de vloedgolfhoogte te leeren kennen, o. a. van de Hydrographische kaarten, de Verhandeling van den ingenieur Van der Vegt over Vlieland en de Waarnemingen in de Noordzee door de heeren Bernelot Moens en Tutein Nolthenius. Men kan aannemen dat de golfhoogte buitengaats ongeveer aangroeit van 1,14 M. te Helder tot 1,25 M. buiten Texel, 1,45 M. in het Eijerlandsche gat aan de zijde van Texel, 1,65 M. buiten Vlieland, 1,80 M. buiten Terschel-

ling, 1,90 M. buiten Ameland, 2,15 M. buiten Schiermonnikoog, 2,30 M. buiten Rottum en 2,50 M. buiten Borkum. Binnengaats bedraagt de hoogte ongeveer 1,05 M. bezuiden Texel, 1,40 M. bezuiden Vlieland, 1,70 M. bezuiden Terschelling, 1,26 M. te Harlingen, 1,57 M. te Nieuw Bildt, 1,70 M. bezuiden Ameland en 1,80 M. te Holwerd; in het Friesche gat is de vloedgolfhoogte ongeveer 2,10 M. en te Zontkamp 2,30 M.; in den mond der Eems 2,40 M.; te Delfzijl ongeveer 2,75 M. en te Emden 2,80 M. Achter de eilanden binnen de gaten nemen de cijfers af, zoowel wegens de betrekkelijk groote ruimte die het Noordelijk deel der Zuiderzee aanbiedt als wegens de kleine vloedgolfhoogte in het Texelsche zeegat. Op de eigenlijke Wadden neemt de vloedgolfhoogte naar de kust mede in den regel af doch daarentegen toe binnengaats in afgesloten boezems, zooals de Lauwers en de Eems, terwijl de verspreiding van het getijde over den Dollard groote aangroeing tusschen Delfzijl en Emden belet. Ook langs de Noordduitsche kust is de rijzing grooter buiten de eilanden dan langs de vaste kust.

Tusschen Harlingen en Stavoren neemt de rijzing van het getijde af met $2\frac{1}{2}$ c.M. per K.M.

De rijzingen van het getijde in het zuidelijk deel der Zuiderzee kunnen, wanneer de getijdegolving zich over de geheele oppervlakte ontwikkelt, gesteld worden op 0,30 M. te Enkhuizen, 0,35 M. te Durgerdam, 0,38 M. te Oranjesluizen, 0,37 M. te Nijkerk, 0,29 M. te Elburg, 0,21 M. te Kraggenburg, 0,19 M. bij Schokland, 0,16 M. bij Urk en 0,45 M. te Stavoren. In de lijn Enkhuizen—Stavoren is de gemiddelde rijzing $37\frac{1}{2}$ centimeter.; in het meest zuidelijk gedeelte aan den mond van het IJ en te Nijkerk wordt gelijke hoogte waargenomen, doch in het midden bij de eilanden en de Overijsselsche kust bedraagt de hoogte ongeveer de helft. De toeneming van de hiervoren opgegeven gemiddelde vloedgolfhoogte van 0,317 M. te Amsterdam tot 0,35 M. te Durgerdam en 0,38 M. aan de Oranjesluizen is hoofdzakelijk aan de afsluiting van het IJ toe te schrijven.

De tabellen van waterhoogten aan gewone peilschalen zijn voor dit gedeelte der Zuiderzee minder goed te gebruiken; zoo zoude het gemiddeld verschil tusschen hoog- en laagwater in 1884

te Lemmer hebben bedragen 6 centimeter en in Augustus 1885 zelfs 3 c.M., terwijl uit de uurwaarnemingen van 10—25 Mei 1871 gedaan, kan worden afgeleid, dat de rijzing te Lemmer niet veel van die bij Schokland verschilt; van de plaatsen waar zelfregistreerende peilschalen zijn, worden de hoogste hoogwaters en de laagste laagwaters per etmaal als hoog- en laagwater vermeld, wat natuurlijk te groote uitkomsten geeft.

Langs de Schelde neemt de vloedgolfhoogte aanvankelijk toe van uit zee naar de lijn Vlissingen—Breskens; tusschen Wiclingen en Westkapelle is de gemiddelde rijzing 3,47 M., tusschen Breskens en Vlissingen 3,79 M., doch steeds is het getijde afnemend evenals in zee van de zuidzijde naar de noordzijde van den zeeboezem. Aanvankelijk blijft de rijzing binnenwaarts gelijk; in het afgedamde Sloe, zooals in alle afgedamde zeeboezems, rivieren, havenkanalen enz. neemt de rijzing toe van ongeveer 3,73 M. aan den mond tot 4,00 M. te Zuidkrajert. Bij Borssele begint de golfhoogte sterk aan te groeien; zij neemt tot Ter Neuzen met ongeveer 3 c.M. per K.M. toe; de waarnemingen aan de gewone peilschaal te Hoedekenskerke zijn wel niet geheel juist, doch wijzen toch op eene aanvankelijk zeer geringe toeneming der rijzing tusschen Terneuzen en dit gedeelte van de Zuidbevelandsche kust; te Hansweert is het verschil tusschen hoog- en laagwater weder grooter en neemt van daar vrij regelmatig met $1\frac{1}{2}$ à 2 centimeter per K.M. toe tot de grenzen; in de eigenlijke Schelde blijft de rijzing tot Antwerpen aanvankelijk op hetzelfde bedrag.

Aan den mond der Oosterschelde vindt men in de lijn Westkapelle—Burghsluis eene gemiddelde rijzing van ongeveer 3 M.; ook hier is de rijzing aanvankelijk weder kleiner aan de noordzijde dan aan de zuidzijde, doch in de lijn Colijnsplaat—Zierikzee bedraagt de golfhoogte aan beide zijden 2,87 M. Daarna neemt de rijzing binnenwaarts weder toe, als in de richting van het Keeten tot 2,96 M. te Stavenisse en in die van het Engelsche vaarwater tot 3,04 M. aan den Oostbevelandpolder, die den bovenmond der Zandkreek aan de Zuidzijde begrenst, deze toeneming bedraagt ongeveer 2 c.M. per K.M.; daarna neemt de aangroeiing toe tot bijna 4 c.M. per K.M. tusschen Oostbeveland, Wemeldinge en Gorishoek, waarna de aangroeiing weder

tot ongeveer $1\frac{1}{2}$ c.M. per K.M. afneemt tot aan den mond van de Eendragt, waar de rijzing op meer dan 3,60 M. is te stellen.

In de Zandkreek, een nevenstroom van de Oosterschelde, neemt de rijzing van beneden naar boven onder den invloed van de Oosterschelde regelmatig toe tot 2,92 M. te Veere, tot 3,01 M. te Annapolder en 3,04 M. aan den mond.

Het Keeten, Mastgat en Zijpe vormen een verbindingsstroom tusschen Oosterschelde en Grevelingen, die door de Mosselkreek en de Eendragt met het bovengedeelte van de Oosterschelde waar hogere getijden gaan, in verband staat. Terwijl de rijzing aangroeide van Zierikzee tot Stavenisse, neemt zij af van Stavenisse tot Bruinisse aan het Zijpe van 2,96 M. tot 2,92 M. onder den invloed der lagere vloedgolven in het Brouwershavensche gat. Was het Zijpe aan de noordzijde afgedamd, dan zouden de getijden hier hooger rijzen dan te Stavenisse.

Tusschen Brouwershaven en Ouddorp wordt in de geulen van het Brouwershavensche zeegat, dat een der beide monden van het Hollandsch diep vormt, eene rijzing waargenomen van ongeveer 2,42 M., derhalve ongeveer het gemiddelde tusschen de rijzingen te Westkapelle en den Hoek van Holland; hier ter plaatse is de aangroeiing in den zeeboezem reeds begonnen die $2\frac{1}{2}$ c.M. per K.M. bedraagt, van hier naar het Zijpe, waar de rijzing aan den mond op 2,90 M. is te stellen; deze rijzing zou niet in die mate zijn waargenomen, indien het Zijpe niet een weg vormde, waarlangs de hogere getijden van de Oosterschelde hun versterkenden invloed kunnen doen gevoelen, en zulks ondanks de uitkomsten der in 1879 ondernomen afvoerbepalingen; welke hebben geleerd dat het Zijpe in gewone gevallen geen afzuiger vormt van het opperwater, dat langs de Grevelingen wordt afgevoerd.

De geringe invloed van het opperwater op de rijzingen van het getijde blijkt duidelijk door vergelijking van de gemiddelden in de maanden November 1884 en December 1882, toen de gemiddelde waterstanden te Tiel resp. waren 8,30 M. en 4,23 M. + A.P.

	Nov. 1884.	Dec. 1882.	Vershil.
Vlissingen.	3,71 M.	3,70 M.	— 1 cM.
Brouwershaven.	2,40 "	2,41 "	+ 1 "
Bruinisse.	2,88 "	2,95 "	+ 7 "
Steenbergsche vliet.	2,60 "	2,65 "	+ 5 "
Willemstad.	2,04 "	2,03 "	— 1 "

De vorm van de zeeboezems met hunne geulen en de wijze van gemeenschap met de overige stroomen, hebben den meesten invloed.

Binnenwaarts van den mond van het Zijpe in het Krammer en Volkerak begint de rijzing te verminderen, en wel met ruim 2 c.M. per K.M. tot het Steenbergsche sas, van hier tot Willemstad zelfs met 3 c.M. per K.M.; de vermindering is op deze plaatsen niet aan den afvoer van opperwater, doch aan den invloed van het Haringvliet toe te schrijven, waarop de lagere getijden uit het Goereesche zeegat werken.

Te Goeree is de rijzing 1,88 M., te Hellevoetsluis 1,80 M. en te Willemstad 2,06 M.; in het zeegat is de rijzing evenals in benedenrivieren met veel opperwater reeds afnemend, doch zij neemt toe in de richting van den mond van het Volkerak onder den invloed der hoogere getijden van dezen stroom; ware het Volkerak een ruimer stroom of het Haringvliet nauwer, dan zou de rijzing in het Haringvliet binnenwaarts sneller aangroeien en in het Krammer en Volkerak minder snel afnemen. Ware er omgekeerd geen Volkerak, dan zou de afneming der rijzing in het Goereesche gat zich wel verder binnenwaarts voortplanten, daar de stroomsplitsing door het eiland Tien Gemeten, en voornamelijk de uitgestrekte watervlakte van Ooltgensplaat niet gunstig werken op de voortplanting der getijgolving binnenwaarts van deze beletselen.

In het Hollandsch diep tusschen Willemstad en Moerdijk heeft nauwelijks vermindering van de vloedgolfhoogte plaats, ofschoon een begin van middenplaatvorming in dit tot dusver voortreffelijke riviervak reeds aanwezig is; de vorming der Nieuwe Merwede, welke voor een goed deel door natuurlijke uitschuring geschiedt, heeft op het Hollandsch diep een schadelijken invloed door de nederzettingen van zand; terwijl vroeger gerekend werd, dat het Hollandsch diep aan de Deeneplaat ein-

digde, is thans de Nieuwe Merwede tot de Zwaluwe verlengd en wordt ook de mond van de Amer hierbij aangesloten.

Tusschen Willemstad en Moerdijk, waar het zoete rivierwater het zoute zeewater in gewone gevallen bijna geheel heeft verdrongen, vermindert de rijzing over ruim 12 K. M. slechts met een tweetal centimeters.

De sterkere vermindering der rijzing begint eerst aan den mond der *Nieuwe Merwede*; over een drietal kilometers boven de spoorwegbrug is zij nog zeer gering; aan de Deeneplaat bedraagt de gemiddelde rijzing niet meer dan 1,86 M.; te Kop van 't Land 1,53 M. of ongeveer $5\frac{1}{2}$ cM. minder per K.M. dan te Deeneplaat, te Paulownahoeve 1,27 M. of ruim $5\frac{1}{2}$ cM. per K.M. minder dan te Kop van 't Land, te Werkendam 1,00 M. of ongeveer $5\frac{3}{4}$ cM. per K.M. minder dan te Paulownahoeve, te Gorinchem 0,69 M. of ruim $4\frac{1}{2}$ cM. per K.M. minder dan te Werkendam en te Herwijnen 0,27 M. of ruim $4\frac{1}{2}$ cM. per K.M. minder dan te Gorinchem; ruim een tiental kilometers verder te Zaltbommel is de gemiddelde rijzing nog enkele centimeters, wat met eene vermindering van ongeveer $2\frac{1}{2}$ cM. per K.M. overeenstemt. Bij laag opperwater is de invloed der getijden te St. Andries merkbaar. Uit deze beschrijving volgt dat de percentsgewijze vermindering op deze nog in vorming verkeerende benedenrivieren zeer sterk is. De vermindering bedraagt:

op het vak Willemstad.....	— Moerdijk.....	gemiddeld	0,1	‰	per kilometer
" " " Moerdijk.....	— Deeneplaat....	"	1,7	"	" " "
" " " Deeneplaat....	— Kop van 't Land	"	2,9	"	" " "
" " " Kop van 't Land	— Paulownahoeve.	"	3,6	"	" " "
" " " Paulownahoeve..	— Werkendam...	"	4,5	"	" " "
" " " Werkendam....	— Gorinchem....	"	4,6	"	" " "
" " " Gorinchem.....	— Herwijnen....	"	6,6	"	" " "
" " " Herwijnen.....	— Bommel.....	"	10,0	"	" " "

De getijden op de Nieuwe- en Boven-Merwede zijn tevens eenigermate afhankelijk van die langs *Dordtsche kil* en *Oude-Merwede*, waarop de betrekkelijke vermindering der golfhoogte wegens de grootere lengte van den weg kleiner is, daar de rijzing aan de eindpunten gelijk is aan die op den hoofdstroom.

De vermindering in gemiddelde golfhoogte bedraagt per kilometer en per vak :

Moerdijk.....	—	Willemsdorp.....	$3\frac{1}{2}$ c.M. of	1,6%
Willemsdorp.....	—	's Gravendeel.....	$4\frac{1}{4}$ " "	2,2 "
's Gravendeel.....	—	Dordrecht.....	5 " "	2,8 "
Dordrecht.....	—	Sliedrecht.....	2 " "	1,3 "
Sliedrecht.....	—	Sliedrecht (Helsluis)	2 " "	1,6 "
Sliedrecht (Helsluis)	—	Steenenhoek.....	3 " "	2,3 "
Steenenhoek.....	—	Hardinxveld.....	$6\frac{3}{4}$ " "	5,9 "
Hardinxveld.....	—	Gorinchem.....	$4\frac{3}{4}$ " "	4,8 "

De sterkere verzwakking van het getijde beneden Dordrecht is gedeeltelijk aan den invloed van de *Oude Maas* toe te schrijven, langs welke rivier de rijzing van 1,57 M. te Brielle, eerst afneemt tot 1,40 M. te Spijkenisse of met 1 cM. en 0,7 % per K.M. en dan weder toeneemt tot 1,56 M. te Puttershoek of met 1 cM. of 0,6 % per K. M. onder den invloed van het sterkere getijde uit de Kil; voorbij den mond van het Malle-gat vermindert het vereenigd getijde weder tot 1,44 M. te Dordrecht. Zonder de Oude Maas zoude de golfhoogte te 's Gravendeel en Dordrecht grooter zijn. Tusschen Spijkenisse en Puttershoek doet zich nog de invloed van het *Spui* gevoelen, dat echter langs een te langen weg met het Haringvliet in verbinding staat om van veel belang te zijn; de rijzing te Oud-Beijerland bedraagt 1,49 M. dus minder dan te Puttershoek; ware het Spui afgedamd dan zouden de getijden nabij Dordrecht slechts zeer weinig wijziging ondergaan.

In de tweede plaats oefent de *Noord*, de verbinding tusschen Lek-Nieuwe Maas en Merwede-Oude Maas, op de getijden aan de beide monden invloed uit; die invloed is versterkend voor de Beneden-Lek, verzwakkend voor de Merwede; te Krimpen is de hoogte der getijden weinig minder afhankelijk van die te Dordrecht dan van den toestand der Nieuwe Maas, langs welke rivier de getijden uit zee zich voortplanten. Aannemende dat de rijzingen aan de monden van de Noord gelijk zijn aan die te Dordrecht en Krimpen, is de vermindering op de Noord per kilometer en per vak :

Dordrecht.....	—	Ablasterdam.....	$2\frac{1}{4}$ cM. of	1,6%
Ablasterdam.....	—	Mond Noord.....	$3\frac{1}{4}$ " "	2,5 "

derhalve betrekkelijk sterker dan op de Merwede.

Langs den *Nieuwen waterweg*, de *Nieuwe Maas* en *Lek* heeft vermindering plaats, welke reeds aan den zeemond begint; zij bedraagt gemiddeld per kilometer en per vak:

Hoek van Holland, Zeeinde dammen — Landeinde dammen...	$\frac{1}{2}$ c.M. of 0,3 $\frac{0}{0}$
Hoek van Holland (landeinde dammen) — Rozenburg (noordbank)	$1\frac{1}{2}$ " " 0,9 "
Rozenburg,	$1\frac{1}{2}$ " " 1,0 "
Maassluis,	$1\frac{3}{4}$ " " 1,2 "
Vlaardingen,	$\frac{1}{4}$ " " 0,2 "
Rotterdam,	$\frac{3}{4}$ " " 0,5 "
Krimpen,	$3\frac{1}{2}$ " " 2,9 "
Streefkerk,	3 " " 3,4 "
Schoonhoven,	$3\frac{3}{4}$ " " 5,7 "
Jaarsveld,	$1\frac{1}{2}$ " " 6,0 "

De invloed van de Noord blijkt duidelijk, doch tevens is door vergelijking dezer cijfers met die van den voornaamsten Rijmond, Waal en Merwede, na te gaan welk eene fraaie toekomst als tijrivier deze laatste door verbetering nog te gemoet gaat, terwijl de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas en Lek als tijrivieren slechts voor luttele verbetering vatbaar zijn. Door de *Noordgeul* staan Brielsche Maas en Scheur met elkander in verbinding; op deze evenwijdige stroomen is betrekkelijk gering verschil in de hoogte der getijden; daar deze geul na 1884 weder is vernauwd en verlengd, zal de wederzijdsche invloed sedert nog kleiner zijn geworden.

Hoezeer de getijgolfhoogte te Krimpen, ondanks de werken sedert 1877 ondernomen, aan die te Dordrecht bleef verbonden, bewijst het volgende lijstje:

	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	
Rijzing te Dordrecht.	135	130	133	145	145	138	149	144	145	c.M.
" " Krimpen.	115	112	118	123	121	116	123	123	121	"
te Krimpen kleiner.	20	18	15	22	24	22	26	21	24	"

Vermoedelijk oefent de toestand van de Noord op den op- en neergang dezer verschillen den meesten invloed uit.

Langs den *Amer* vermindert de getijhoogte van 2,03 M. te Moerdijk tot 1,74 M. te Keizersveer aan het Oude Maasje en 1,62 M. te Geertruidenberg aan de Donge. De werking van den Baardwijkschen overlaat in 1884 gedurende 15 dagen met eene

grootste overstorting van 25 centimeter is op deze cijfers van geen invloed. Gewoonlijk neemt in afgedamde zijrivieren zonder opperwater, de rijzing toe, o. a. op den Hollandschen IJssel, doch op den Amer is dit niet het geval; de oorzaak ligt voor de hand. De Amer is slechts een der vele wegen waarlangs de getijden zich voortplanten uit de fraaie en diepe geul tusschen de Anna-Jacominaplaat en de haven van Zwaluwe die het Bergsche veld bezuiden de Nieuwe Merwede met het Hollandsch diep verbindt. In plaats van klein met betrekking tot deze geul is de berg-ruimte achter deze geul voor de getijden zeer ruim, zoodat de getijgolving verzwakt in plaats van versterkt wordt.

De vermindering bedraagt tusschen het Hollandsch diep en den mond van de Donge ongeveer 2 cM. en 0,9 % per kilometer, derhalve nog belangrijk minder dan op de benedenrivieren; bij deze becijfering is ondersteld dat de rijzing boven Moerdijk aanvankelijk slechts weinig afneemt en dat de rijzing toeneemt van den mond van het Oude Maasje naar Keizersveer, zooals uit den aard der zaak buiten werking van den Baardwijkschen overlaat het geval is; zoodra de Baardwijksche overlaat werkt, vermindert de rijzing zeer sterk, zooals op plaat XLIV is aangewezen.

In de doodlopende killen van het Bergsche veld, welke steeds meer verzanden en aanslibben en waarin de loop der getijden door kunstwerken wordt belemmerd, neemt de rijzing tengevolge van dien achteruitgang als getijwegen in de laatste jaren af; te Werkendam was de gemiddelde rijzing in de jaren 1861—1870 aan de binnenzijde der sluis 1,71 M. toen de rijzing te Moerdijk 2,10 M. bedroeg; op 21 Mei 1884 werd eene rijzing van 1,52 M. waargenomen, toen de rijzing te Moerdijk 2,20 M. bedroeg.

§ 5. **Verschillende hoogten van de vloedgolf.** De werkelijke rijzingen van het getijde zijn nu eens grooter dan weder kleiner dan de gemiddelden, en wisselen als spring-vloeden en doode getijden vrij regelmatig met de maansphasen.

Dit blijkt uit de volgende lijst waarbij weder, ter wegcijfering van de toevallige invloeden, telkens vier opvolgende getijden zijn bijeengevoegd.

GEMIDDELDE VLOEDGOLFHOOGTEN IN 1884 IN CENTIMETERS.

Naam der plaats.	Alle getijden.	Vier getijden na V.M. en na N.M.		Vier getijden na L.K. en na E.K.		Hoogte der gem. doodstroomstijen in procenten der gierstroomstijen.	Kleinste dood- stroomstijen in procenten van de grootste gier- stroomstijen.
		Max.	Gemid.	Gemid.	Min.		
Vlissingen.....	374	461	430	304	217	70,7	48
Bruinisse.....	292	342	322	253	202	78,5	59
Hellevoetsluis....	182	211	195	163	136	83,6	64
Maassluis.....	146	179	159	129	111	81,6	62
Katwijk.....	154	193	171	135	108	78,8	56
IJmuiden.....	162	197	179	139	110	77,6	56
Helder.....	114	140	129	94	75	73,0	53,6
Vlieland.....	157	189	175	129	91	73,7	48
Borssele.....	372	455	426	307	229	72,0	50
Hansweert.....	420	499	468	358	290	76,5	58
Wemeldinge.....	327	381	361	283	226	78,1	59
Willemstad.....	206	234	219	186	159	84,5	68
Moerdijk.....	203	228	213	185	157	86,4	70
Willemshorp.....	196	220	207	179	153	86,4	70
Keizersveer.....	174	196	180	164	128	91,1	65
Kop van 't Land.	153	183	162	138	80	85,7	44
Gorinchem.....	69	116	73	63	5	86,1	4
Spijkenisse.....	140	167	149	128	110	85,9	66
Puttershoek.....	156	176	165	144	124	87,8	70
's Gravendeel....	173	197	183	156	134	85,7	68
Dordrecht.....	144	167	152	132	92	87,4	55
Sliedrecht.....	128	158	135	116	49	86,6	31
Rotterdam.....	129	153	135	119	106	88,1	69
Krimpen.....	121	141	127	112	80	89,0	57
Streefkerk.....	90	117	94	82	40	87,2	34
Schoonhoven.....	65	101	68	59	16	86,8	16
Vreeswijk.....	9	33	9	9	0	—	0
Ablasserdam.....	131	151	137	121	88	88,3	58

De cijfers van andere jaren geven slechts zeer geringe verschillen, zoodat het zeker gelukken zou het meest waarschijnlijk cijfer voor elk getijde van het jaar uit volledige waarnemingen van eenige jaren voor elke plaats te berekenen. De groote afwijkingen tengevolge van toevallige oorzaken verminderen echter de waarde van dergelijke berekeningen voor de praktijk.

Uit de cijfers blijkt een regelmatige verandering in de verhouding tusschen gierstrooms- en doodstroomsrijzingen langs de kusten en in de benedenrivieren. Vooral is de invloed van het hooge opperwater merkbaar, waarvan een feitelijke verlenging van de bovenrivier het gevolg is; het hoogwater en het laagwater rijzen beide met den gemiddelden rivierstand; het laagwater rijst meer dan het hoogwater en de golfhoogte, hun onderling verschil in hoogte, wordt kleiner. In het jaar 1884 werden geene zeer hooge

waterstanden op de bovenrivieren waargenomen: de hoogste stand, die te Emmerik werd bereikt, bedroeg 14,76 M. + A.P., terwijl de gemiddelde der hoogste standen in elk jaar van 1851 tot 1880 aldaar 15,22 M. + A.P. was, en de hoogst bekende bij open water tot 17,69 M. + A.P. is geklommen.

Langs de Maas was de hoogste stand te Maastricht 45,85 M. + A.P.; de hoogste bij open water was 46,95 M. + A.P., de gemiddelde der hoogste standen in 1851—80 45,62 M + A.P.

Daarentegen was de laagste waterstand te Emmerik 10,42 M. + A.P., terwijl de gemiddelde der laagste standen in 1851—80 11,27 M. + A.P. en de laagst bekende waterstand bij open water 10,21 M. + A.P. bedraagt; te Maastricht werd een lage stand van 42,25 M. + A.P. waargenomen, terwijl de gemiddelde der laagste standen in 1851—80 42,37 M. + A.P. en de laagst bekende waterstand 42,11 M. + A.P. bedraagt. In tegenstelling van de hooge waterstanden waren de laagste derhalve buitengewoon laag. Men kan evenwel aannemen dat de cijfers van 1884 vrij nabij den gewonen loop der getijden op de benedenrivier aangeven.

Dat de invloed van het hooge opperwater op de vloedgolfhoogte langs onze kusten en in de zeegaten gering is, kan blijken uit den volgenden staat, welke op perioden van zeer lagen en zeer hoogen waterstand betrekking hebben.

Naam der plaats.	Vloedgolfhoogten in centimeters.							
	Hoog opperwater.				Lage rivierstand.			Verschil der gemiddelden.
	Nov. 82.	Dec. 82.	Jan. 82.	Gemd.	Oct. 84.	Nov. 84	Gemd.	
Vlissingen	369	370	370	370	366	371	368	+ 2
Brouwershaven	242	—	—	243	239	240	239	+ 4
Hellevoetsluis	190	187	—	188	176	180	178	+ 10
Vlieland	157	156	157	157	150	153	152	+ 5

In plaats van kleiner is de vloedgolfhoogte bij het opperwater zelfs grooter geweest.

Ofschoon in 1884 geene stormvloeden van buitengewone hoogte voorkwamen, waren de stormvloeden in Januari en October toch van meer dan gewone kracht, zoodat veilig uit de voorafgaande lijsten het besluit kan worden getrokken dat de golfhoogten onder den invloed van stormvloeden betrekkelijk weinig verandering ondergaan. Wel is de invloed van den wind op den waterspiegel groot, zooals later uitvoerig wordt

aangetoond, doch die invloed werkt bij laagwater en hoogwater beide, wel is waar met verschillende kracht wegens het verschil in tijd, doch niet zoodanig als wel eens wordt ondersteld, dat stormvloed en buitengewoon hooge getijhoogten voortbrengen; zij doen nu eens de rijzing verminderen wanneer het laagwater meer dan het hoogwater, dan weder vermeerderen wanneer het hoogwater meer dan het laagwater wordt opgezet.

In de op de volgende bladzijde afgedrukte lijst zijn voor elke maand van het jaar de grootste, gemiddelde en kleinste vloedgolfhoogten van alle getijden opgenomen voor verschillende plaatsen in ons land.

§ 6. Hoog- en Laagwaterstanden en gemiddelde stand. De toppen en dalen der getijgolven schommelen om den eigenlijken waterspiegel der zee, die ook aan andere schommelingen is onderworpen, waarvan de wind door op- en afwaaiing de voornaamste oorzaak is. Deze neveninvloeden doen zich derhalve ook op de hoog- en laagwaterstanden gelden, doch eenigszins gewijzigd; de getijgolving is afhankelijk van den toestand van land en zee en ondergaat door veranderingen in de diepte en in de stroomen eenige wijzigingen. Daar de toevallige schommelingen van den waterspiegel, onafhankelijk van eb en vloed, verandering brengen en in de diepte en in de stroomen der zee, beide afgescheiden van de getijden beschouwd, zullen ook de getijden zelve eenigszins gewijzigd optreden.

Om derhalve met zekerheid te kunnen bepalen den waarschijnlijksten vorm der getijlijn — de veranderingen in waterstand met den tijd — zouden veeljarige waarnemingen ten grondslag moeten strekken voor de berekening. De uitkomsten der berekeningen over kortere periodes kunnen echter niet veel van de juiste waarden afwijken en kan hier derhalve worden volstaan met verwijzing naar de gemiddelde getijlijnen welke door de heeren Bernelot Moens en Tutein Nolthenius uit de waarnemingen in September 1880 aan de peilschalen te Ostende, Heijst, Hoek van Holland, Katwijk, IJmuiden en Helder zijn afgeleid, waaraan zij uit minder volledige gegevens de lijnen, welke voor Westkapelle, Burgh en Oost-Repart, Petten, Texel (Eijerlandsche gat), Vlieland, Ameland en Rottum gelden, hebben verbonden. Zij zijn daarbij uitge-

GRÖÖFSTE, GEMIDDELIJDE EN KLEINSTE VLOEDGOLPHOOGTEN IN 1884 (VERSCHILLEN TUSSEHEN LAAG- EN OPEVLGEND HOOGWATER) IN CENTIMETERS.

	Januari.	Februari.	Maart.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Augustus.	September.	October.	November.	December.	Jaar.
Vlissingen...	461 369 206	476 380 253	482 386 170	469 380 254	466 379 274	462 377 298	473 375 286	460 283 387	457 368 227	469 366 183	471 371 256	483 370 280	483 374 170
Brunisse...	372 290 150	368 297 221	389 297 125	362 297 219	352 295 210	349 297 241	364 292 244	346 287 201	343 285 180	366 285 130	371 288 208	376 294 224	382 292 125
Helvoetsluis.	233 187 98	236 191 147	261 188 79	232 186 142	230 185 130	217 183 148	232 177 118	205 171 125	256 174 117	280 176 79	233 180 131	249 189 125	250 182 79
Maassijl...	187 147 61	192 149 118	214 144 62	151 141 155	151 141 151	107 176 148	115 185 143	115 164 137	109 215 140	97 242 148	51 190 144	93 202 147	97 242 146 51
Katwijk...	204 160 72	210 166 108	250 169 62	188 156 125	208 144 101	208 156 112	203 152 125	159 152 108	208 148 86	200 148 86	200 148 86	204 146 93	202 155 97
IJmuiden...	231 168 91	215 174 106	238 171 79	194 165 113	210 163 101	200 163 128	211 156 130	199 152 102	210 153 86	236 158 73	217 161 110	217 163 95	238 162 73
Vlieland...	185 116 48	158 118 54	155 123 56	142 114 70	140 116 84	159 114 91	158 115 91	146 110 68	161 111 56	143 112 55	158 109 70	174 114 69	185 114 48
Borssele...	460 370 213	472 379 235	472 378 163	461 376 236	462 378 278	457 377 300	467 374 289	456 367 236	452 367 227	461 365 184	466 369 259	475 367 283	478 372 163
Hansveert...	513 418 264	514 430 308	452 432 224	504 428 311	503 426 328	500 425 351	511 423 343	494 413 280	488 411 278	492 408 233	510 413 309	549 418 330	549 420 224
Wemeldinge...	416 324 190	406 331 242	442 332 147	401 331 242	394 331 244	390 332 270	407 330 272	392 322 223	387 323 216	405 320 156	417 324 235	425 328 247	442 327 147
Willemsstad...	253 207 105	261 213 176	301 214 91	251 211 168	254 209 146	242 207 163	251 204 171	234 198 153	286 200 145	282 200 92	261 204 154	280 207 146	301 206 91
Moerdijk...	242 198 97	251 200 174	294 209 90	266 211 169	245 207 147	238 206 160	244 203 170	229 197 158	220 198 148	281 195 92	251 201 152	270 204 144	294 203 90
Willemsdorp...	234 192 92	245 200 168	285 202 87	238 202 144	236 201 143	231 189 158	239 197 168	223 192 154	270 192 145	245 274 180	248 196 90	248 196 148	264 193 87
Kettersveert...	203 157 89	206 171 139	238 180 90	210 182 147	215 182 136	203 181 148	210 179 156	204 175 153	239 175 139	224 169 65	215 174 129	221 163 114	239 174 39
Kop v 't Land	181 135 55	169 127 85	218 152 68	193 165 132	199 160 119	185 163 134	198 163 137	188 160 140	232 161 125	233 159 74	202 162 111	218 125 65	233 158 55
Gortnehem...	83 41 11	71 30 81	100 53 20	104 78 40	127 69 42	91 75 58	107 80 52	115 83 53	153 84 56	186 97 39	140 97 46	142 38 31	186 69 52
Spijkensse...	171 137 52	176 141 114	200 143 55	176 145 111	189 144 101	168 143 110	178 140 116	160 136 111	214 137 98	226 137 53	186 142 94	199 138 92	226 140 52
Puttenhoek...	188 150 55	190 155 127	227 160 66	190 163 131	199 160 114	186 161 123	192 158 131	178 156 127	232 155 116	226 153 66	200 157 110	207 148 106	233 156 55
's Gravendeel.	208 167 72	211 173 142	232 178 78	211 172 147	212 171 147	204 171 140	212 171 140	212 169 152	196 172 139	244 171 138	244 187 74	219 138 92	244 187 72
Dordrecht...	173 134 53	165 132 94	211 147 63	178 159 120	188 151 107	174 152 121	182 151 127	170 147 125	210 141 118	214 144 63	185 147 102	198 126 71	216 144 53
Slidrecht...	150 108 33	145 100 54	158 125 96	167 141 106	181 136 99	158 139 115	172 141 115	164 139 117	205 137 105	208 138 59	176 140 90	186 99 34	208 128 33
Rottendam...	164 123 42	165 126 96	194 130 51	160 134 105	180 133 84	153 132 103	163 130 110	148 128 107	203 127 93	217 138 52	177 131 86	184 125 82	217 129 42
Krimpden...	156 112 30	137 111 40	180 123 51	152 129 100	170 126 84	147 127 101	155 126 105	144 124 107	199 123 63	203 122 49	166 124 81	170 114 72	23 208 121 30
Streek...	133 78 18	130 77 40	145 86 34	122 97 64	144 93 64	115 97 76	123 97 72	118 95 80	164 94 67	189 100 35	141 98 51	141 98 51	170 100 33
Schoonhoven...	108 50 5	75 42 19	108 57 20	94 66 36	122 67 44	88 69 52	100 73 46	99 71 52	141 70 45	178 82 24	124 81 31	125 48 10	178 65 5
Vreeswijk...	32 6 0	12 4 0	19 7 0	20 9 3	33 9 0	17 8 2	17 8 1	20 8 2	53 10 2	114 19 2	114 19 1	52 16 2	53 6 0
Allasserdam...	163 123 33	153 121 85	195 133 56	163 139 110	176 137 93	157 137 110	165 135 114	133 134 116	202 133 102	209 131 56	171 134 90	181 113 67	209 131 35

gaan van de onderstelling dat de gemiddelde waterspiegel op al deze plaatsen in een zelfde waterpasvlak is gelegen, eene onderstelling, welke niet volkomen juist kan zijn, doch voor het beoogde doel, tot beter uitkomsten voert dan door de lijnen ten opzichte van een gebrekkig verspreid peil in teekening te brengen. De lijnen zijn groepsge wijze op plaat XXVI voorgesteld.

Daar de getijlijnen niet uit rechte doch uit kromme lijnen bestaan, omdat de hoogten niet evenredig met den tijd veranderen, is de gemiddelde stand niet ter halver hoogte tusschen Hoog- en Laagwater gelegen, doch lager of hooger dan het zoogenaamde halftij; hooger indien de kromme in de toppen meer gestrekt is, lager indien de lagere waterstanden van langeren duur zijn. In de volgende lijst waarin de gemiddelde hoog- en laagwaterstanden in de jaren 1884 en 1885 zijn opgenomen, zijn de verschillen van halftij en gemiddelden stand tevens medegedeeld. De hoogwaterstanden zijn betrekkelijk laag ten opzichte van den gemiddelden stand indien deze laatste hooger is dan halftij, betrekkelijk hoog in het omgekeerde geval.

Plaats van waarneming.	Hoogwater in M. + A.P.		Laagwater in M. — A.P.		Gemiddelde zeestand in centim. ± A.P.		Hoogte van halftij in centim. ± A.P.		Zeestand hooger of lager dan halftij.		
	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884/85
Wielingen	1,79	1,78	1,87	1,87	—	—	—4	—4	—	—	—
Westkapelle.....	1,58	1,53	1,69	1,64	—26	—21	—6	—6	—20	—15	—18
Vlissingen	1,75	1,73	1,99	2,01	—22	—24	—12	—14	—10	—10	—10
Breskens.....	1,91	1,89	1,93	1,95	—	—	—1	—3	—	—	—
Zuidkrajert.....	2,13	2,10	1,88	1,90	—	—	+12	+10	—	—	—
Hoofdplaat.....	1,91	1,90	2,03	2,02	—	—	—6	—6	—	—	—
Borssele.....	1,84	1,86	1,88	1,88	—10	—9	—2	—1	—8	—8	—8
Ellewoutsdijk.....	1,95	1,92	1,92	1,92	—	—	+1	0	—	—	—
Ter Neuzen.....	2,00	1,95	2,07	2,07	—8	—11	—4	—6	—4	—5	—5
Hoedekenskerke..	2,00	1,96	2,04	2,05	—	—	—2	—4	—	—	—
Hansweert.....	2,12	2,09	2,09	2,09	+7	+5	+1	0	+6	+5	+5
Waarde.....	2,18	2,14	2,17	2,16	—	—	0	—1	—	—	—
Walsoorden.....	2,11	2,06	2,18	2,16	—	—	—4	—5	—	—	—
Bath.....	2,38	2,33	2,10	2,12	—	—	+14	+11	—	—	—
Burgh.....	1,34	1,32	1,41	1,42	—	—	—4	—5	—	—	—
Veere.....	1,42	1,43	1,50	1,49	—15	—15	—4	—3	—11	—13	—12
Annapolder.....	1,50	1,46	1,49	1,50	—	—	0	—2	—	—	—
Oostbevelandpold.	1,49	1,48	1,55	1,55	—6	—5	—3	—3	—3	—2	—3
Vlietpolder.....	1,35	1,29	1,50	1,49	—	—	—8	—10	—	—	—
Colijnsplaat.....	1,37	1,33	1,48	1,50	—	—	—6	—8	—	—	—
Zierikzee.....	1,36	1,32	1,52	1,51	—	—	—8	—9	—	—	—
Stavenisse.....	1,41	1,37	1,56	1,58	—	—	—8	—10	—	—	—
Wemeldinge.....	1,65	1,63	1,62	1,63	—1	—3	+1	—0	—2	—3	—3

Plaats van waarneming.	Hoogwater in M. + A.P.		Laagwater in M. — A.P.		Gemiddelde zeestand in centim. ± A.P.		Hoogte van halfcij in cen- tim. ± A.P.		Zeestand hooger of lager dan halfcij.		
	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884/85
Gorishoek.	1,68	1,65	1,79	1,78	—	—	—6	—6	—	—	—
Tholen.	1,86	1,83	1,75	1,72	—	—	+5	+5	—	—	—
Bergen op Zoom.	1,94	1,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Repart.	1,21	1,19	1,17	1,19	—	—	+2	0	—	—	—
Brouwershaven...	1,24	1,22	1,19	1,20	—	—	+2	+1	—15	—16	—16
Ouddorp.	1,35	1,33	1,04	1,06	—	—	+15	+14	—	—	—
Bruinisse.	1,44	1,42	1,48	1,50	—10	—12	—2	—4	—8	—8	—8
Steenbergschevliet	1,30	1,28	1,32	1,32	—	—	—1	—2	—	—	—
Goeree.	1,10	1,09	0,77	0,79	—	—	+16	+15	—	—	—
Hellevoetsluis...	0,98	0,96	0,84	0,85	—4	—6	+7	+6	—11	—12	—11
Willemstad.	1,30	1,28	0,76	0,78	+16	+12	+27	+25	—11	—13	—12
Moerdijk.	1,40	1,38	0,63	0,64	+31	+30	+38	+37	—7	—7	—7
Geertuidenberg..	1,20	1,18	0,42	0,43	—	—	+39	+37	—	—	—
Keizersveer.	1,25	1,22	0,49	0,52	+34	+30	+38	+35	—4	—5	—4
Deeneplaat.	1,44	1,44	0,42	0,40	—	—	+51	+52	—	—	—
Kop van 't Land.	1,35	1,35	0,17	0,17	+55	+54	+59	+59	—4	—5	—4
Paulownahoeve, ..	1,46	1,47	+0,19	+0,20	—	—	+82	+83	—	—	—
Werkendam.	1,52	1,55	+0,52	+0,53	—	—	+102	+104	—	—	—
Gorinchem.	1,69	1,74	+1,00	+1,09	+132	+140	+134	+142	—2	—2	—2
Willemsdorp.	1,35	1,35	0,61	0,63	+30	+30	+37	+36	—7	—6	—7
's Gravendeel.	1,33	1,33	0,40	0,38	+41	+42	+47	+48	—6	—6	—6
Dordrecht.	1,32	1,31	0,12	0,13	+56	+54	+60	+58	—4	—4	—4
Slidrecht (Baan- hoek.	1,37	1,38	+0,04	+0,05	—	—	+70	+71	—	—	—
Slidrecht (Hel- sluis)	1,39	1,40	+0,11	+0,14	+73	+74	+75	+76	—2	—2	—2
Steenhoek.	1,45	1,47	+0,33	+0,37	—	—	+89	+92	—	—	—
Hardinxveld.	1,51	1,54	+0,53	+0,56	—	—	+102	+105	—	—	—
Brielle.	1,00	0,97	+0,57	0,59	—	—	+22	+19	—	—	—
Spijkenisse.	0,97	0,95	+0,43	0,46	+22	+20	+27	+25	—5	—5	—5
Oud-Beijerland.	1,05	1,04	0,44	0,47	—	—	+30	+29	—	—	—
Puttershoek.	1,21	1,20	0,36	0,37	+38	+37	+42	+42	—4	—5	—4
Hoek van Holland (zeeinde dam)	—	1,14	—	0,53	—	+12	—	+31	—	—19	—
Hoek van Holland (landeinde dam- men).....	1,05	1,08	0,59	0,56	—	—	+23	+26	—	—	—
Nrd.bank (Rozen- burg Schutsluis)	1,04	1,04	0,54	0,53	—	—	+25	+25	—	—	—
Maassluis.	0,92	0,91	0,54	0,53	+7	+7	+19	+19	—12	—12	—12
Vlaardingen.	0,90	0,89	0,42	0,42	+19	+16	+24	+23	—5	—7	—6
Vijfsluizen.	0,94	0,92	0,39	0,38	—	—	+27	+27	—	—	—
Rotterdam.	1,03	1,03	0,26	0,26	+37	+31	+39	+38	—2	—7	—4
Gouda.	1,06	1,05	0,36	0,37	—	—	+35	+34	—	—	—
Krimpen.	1,33	1,32	+0,12	+0,12	+74	+72	+72	+72	+2	+1	+1
Streefkerk.	1,20	1,21	+0,30	+0,33	+75	+77	+75	+77	gelijk	gelijk	0
Schoonhoven.	1,28	1,34	+0,63	+0,72	+96	+103	+95	+103	+1	0	0
Jaarsveld.	1,65	1,74	+1,40	+1,51	—	—	+152	+162	—	—	—
Vreeswijk.	2,19	2,19	+2,09	+2,10	+214	—	+214	—	gelijk	—	—
Alblasserdam.	1,19	1,19	0,12	0,12	+53	+53	+53	+54	gelijk	—1	—1
Katwijk.	0,83	0,85	0,71	0,73	—9	—9	+6	+6	—15	—15	—15

Plaats van waarneming.	Hoogwater in M. + A.P.		Laagwater in M. — A.P.		Gemiddelde zeestand in centim. ± A.P.		Hoogte van halftij in centim. ± A.P.		Zeestand hooger of lager dan halftij.		
	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884	1885	1884/85
IJmuiden.....	0,77	0,76	0,85	0,86	-13	-15	-4	-5	-9	-10	-9
Petten.....	0,54	0,49	0,85	0,88	—	—	-16	-20	—	—	—
Helder.....	0,24	0,20	0,90	0,92	-23	-25	-33	-36	+10	+11	+11
Vlieland.....	0,44	0,40	1,13	1,14	-29	-31	-35	-37	+6	+6	+6
Zoutkamp.....	1,14	1,11	1,13	1,09	—	—	—	+1	—	—	—
Delfzijl.....	1,32	1,32	1,43	1,44	—	—	-6	-6	—	—	—
Nieuw Statenzijl.	1,25	1,31	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Texel.....	0,25	0,21	0,79	0,81	—	—	-27	-30	—	—	—
Medemblik.....	0,16	0,13	0,39	0,41	—	—	-12	-14	—	—	—
Enkhuizen.....	0,08	0,07	0,22	0,25	-8	-8	-7	-8	-1	-1	-1
Hoorn.....	0,01	-0,02	0,27	0,31	—	—	-13	-16	—	—	—
Stavoren.....	0,41	0,39	0,04	0,07	—	—	+18	+16	—	—	—
Harlingen.....	0,78	0,75	0,48	0,51	—	—	+15	+12	—	—	—
Nieuw Bildt....	0,96	0,94	0,61	0,60	—	—	+17	+17	—	—	—
Ezumazijl.....	1,13	1,11	1,25	1,27	—	—	-6	-8	—	—	—

Voor de Zuiderzeeplaatsen bezuiden Enkhuizen-Stavoren zijn de gemiddelde hoog- en laagwaterstanden aan de zelfregistreerende peilschalen niet medegedeeld, omdat in de tabellen de gemiddelden van de hoogste en laagste standen per etmaal zijn opgenomen, welke cijfers om ze tot werkelijk gemiddelden te herleiden, eenige vermindering en vermeerdering moeten ondergaan. Voor deze plaatsen kunnen echter eenige gemiddelden van alle hoog- en laagwaterstanden in eenige maanden, waarin de invloed van den wind zich weinig heeft doen gevoelen, worden medegedeeld ten einde de vloedgolfbeweging te doen kennen.

Plaats van waarneming.	Hoogwater ± A.P.		Laagwater ± A.P.		Gemiddelde stand ± A.P.		Halftij ± A.P.		Gemiddelde hooger of lager dan halftij.	
	Juni 1884	Juni 1885	Juni 1884	Juni 1885	Juni 1884	Juni 1885	Juni 1884	Juni 1885	Juni 1884	Juni 1885
Enkhuizen.....	+ 6	+ 4 ⁴	-24	-25 ⁵	- 6	- 9 ³	- 9	-10 ⁷	+ 3	+ 1 ⁴
Durgerdam.....	+ 9	+ 8 ³	-27	-26 ⁴	- 8	- 8 ⁴	- 9	- 9 ⁰	+ 1	+ 0 ⁶
Oranjesluizen....	+15	+10	-23	-27 ¹	- 3	- 7 ⁸	- 4	- 8 ⁵	+ 1	+ 0 ⁷
Nijkerk.....	+40	+34 ⁷	+ 5	- 0 ⁷	+23	+17 ⁶	+22	+17	+ 1	+ 0 ⁶
Elburg.....	+35	+32 ⁶	+ 8	+ 5 ²	+22	+19 ⁴	+21	+18 ⁹	+ 1	+ 0 ⁵
Kraggenburg.....	+38	+37 ⁴	+18	+14 ³	+30	+27 ³	+28	+25 ⁸	+ 2	+ 1 ⁵
Schokland.....	+24	+22 ⁷	+ 6	+ 3 ⁶	+15	+13 ⁹	+15	+13 ¹	0	+ 0 ⁸
Urk.....	- 1	- 2	-18	-21 ⁶	- 9	-11 ⁵	- 9	-11 ⁸	0	+ 0 ³
Stavoren.....	+35	+35 ¹	- 9	- 9 ⁵	+15	+14 ⁴	+13	+12 ⁸	+ 2	+ 1 ⁶

De waterstanden te Urk, waar het A.P. niet is overgebracht, zijn betrekkelijk het merk van volzee opgegeven; eerst wanneer het Amsterdamsche peil met voldoende nauwkeurigheid is verspreid, kan de gemiddelde vorm van den waterspiegel in de Zuiderzee worden opgegeven. Was toch het AP. juist, dan zou uit de vorige lijst blijken dat de waterspiegel van de Zuiderzee zelfs in kalme maanden aan de oostzijde gemiddeld ruim 30 centimeter hooger is dan aan de westzijde. Daar dit verschijnsel zich evenzeer voordoet in maanden met betrekkelijke windstilte of met oostelijke winden, is de fout in het vergelijkingspeil de oorzaak.¹ De verschillen tusschen de gemiddelde waterstanden en de hoogten van halftij doen zien dat van Petten tot voorbij Vlieland en vooral te Helder de hoogwaterstanden ten opzichte van den gemiddelden stand laag zijn en dat in het zuiden van ons land daarentegen zich een scherpe vloedkop betrekkelijk hoog boven den gemiddelden stand verheft. Op de benedenrivieren, waar de invloed van het opperwater sterk overwegend is, en binnen de zeegaten van de Zuiderzee, kan voor de gemiddelde zeehoogte de hoogte van halftij worden aangenomen; vooral voor de studie der rivieren is zulks van veel belang, omdat niets belet de gewoonte om de lengteprofielen der benedenrivieren uit de laagwaterstanden samen te stellen, te vervangen door de meer deugdelijke wijze om de werkelijke gemiddelde waterstanden daarbij te bezigen; om de meetkunstige plaats van deze waterstanden toch schommelt de door den wisselenden stand in de zeegaten veroorzaakte golfbeweging.

De Hoog- en Laagwaterstanden ten opzichte van den gemiddelden zeestand, waarbij de fouten in het AP. verdwijnen, zijn:

	Hoogwater		Laagwater	
	1884	1885	1884	1885
Noordzee				
Westkapelle	1,84 M.	1,74 M.	1,43 M.	1,44 M
Katwijk	0,92 "	0,94 "	0,62 "	0,64 "
IJmuiden	0,90 "	0,91 "	0,72 "	0,71 "

¹ Het kleinste verschil in gemiddelden stand per maand tusschen Kraggenburg en Durgerdam in de jaren 1884 en 1885 bedroeg 24 centimeter in April 1884; met uitzondering van Januari 1884 toen het verschil 71 cM. bedroeg, schommelen de verschillen tusschen 24 en 51 cM.; de fout in de nulpunten is binnen deze zelfde grenzen gelegen.

		Hoogwater		Laagwater	
		1884	1885	1884	1885
Noordzee.....	Helder.....	0,47 M.	0,45 M.	0,67 M.	0,67 M.
	Vlieland.....	0,73 "	0,71 "	0,84 "	0,83 "
Westerschelde.....	Westkapelle.....	1,84 "	1,74 "	1,44 "	1,44 "
	Vlissingen.....	1,97 "	1,97 "	1,77 "	1,77 "
	Borssele.....	1,94 "	1,95 "	1,78 "	1,79 "
	Terneuzen.....	2,08 "	2,06 "	1,99 "	1,96 "
	Hansweert.....	2,05 "	2,04 "	2,16 a	2,14 "
Oosterschelde.....	Veere.....	1,57 "	1,58 "	1,35 "	1,34 "
	Oostbeveland,.....	1,55 "	1,53 "	1,40 "	1,50 "
	Wemeldinge.....	1,66 "	1,66 "	1,61 "	1,60 "
Brouwershavensche gat	Brouwershaven.....	1,37 "	1,37 "	1,06 "	1,05 "
enz. Haringvliet, Hol-	Bruinisse.....	1,54 "	1,54 "	1,38 "	1,38 "
landsch diep, Merwede,	Hellevoetsluis.....	1,02 "	1,02 "	0,80 "	79 "
Waal.	Willemstad.....	1,14 "	1,16 "	0,92 "	90 "
	Moerdijk.....	1,09 "	1,08 "	0,94 "	94 "
	Keizersveer(Oude Maasje)	0,91 "	0,92 "	0,83 "	0,82 "
	Kop van 't Land.....	0,80 "	0,81 "	0,72 "	0,71 "
	Gorinchem.....	0,37 "	0,34 "	0,32 "	0,31 "
Kil en Oude Merwede..	Willemsdorp.....	1,05 "	1,05 "	0,91 "	0,93 "
	's Gravendeel.....	0,92 "	0,91 "	0,81 "	0,80 "
	Ablasterdam (Noord)...	0,66 "	0,66 "	0,65 "	0,65 "
	Dordrecht.....	0,76 "	0,77 "	0,68 "	0,67 "
	Slidrecht.....	0,66 "	0,66 "	0,62 "	0,60 "
Oude Maas.....	Spijkensisse.....	0,75 "	0,75 "	0,65 "	0,66 "
	Puttershoek.....	0,83 "	0,83 "	0,74 "	0,74 "
Nieuwe Maas, Lek....	Maassluis.....	0,85 "	0,84 "	0,61 "	0,60 "
	Vlaardingen.....	0,71 "	0,73 "	0,61 "	0,58 "
	Rotterdam.....	0,66 "	0,72 "	0,63 "	0,57 "
	Krimpen.....	0,59 "	0,60 "	0,62 "	0,60 "
	Streefkerk.....	0,45 "	0,44 "	0,45 "	0,44 "
	Schoonhoven.....	0,32 "	0,31 "	0,33 "	0,31 "

De hoogwaterstanden langs onze kust liggen derhalve in een hellend vlak, dat van het zuidwesten en noordoosten van ons land afdaalt naar den Helder; de laagwaterstanden zijn langs de kust van den Helder tot den Hoek van Holland ongeveer gelijk en dalen van daar in tegengestelde richtingen.

Binnen de zeegaten dalen de laagwaterstanden ten opzichte van den gemiddelden stand zeewaarts overal waar de bovenrivier een voorname rol vervult, de getijbeweging wordt belemmerd of binnenwaarts een nevenarm met zwakker getijbeweging wordt gevonden; zij dalen daarentegen rivierwaarts, waar bovenwaarts een andere stroom de getijbeweging versterkt of de hoeveelheid opperwater betrekkelijk gering en de toestand

voor het afloopen van het laagwater gunstig is zooals op de Ooster- en Westerschelde, op de Oude Maas beneden het Malle-gat enz. Op het Hollandsch diep tusschen Willemstad en Moerdijk en op de Nieuwe Maas tusschen den Hoek van Holland en Krimpen zijn de laagwaterstanden ongeveer gelijk.

De hoogwaterstanden dalen op de Nieuwe Maas rivierwaarts; vooral is de helling sterk tusschen Maassluis en Vlaardingen, tusschen welke plaatsen de mond van de Noordgeul is gelegen; overigens verhouden zij zich ten opzichte van den gemiddelden stand ongeveer als de laagwaterstanden.

§ 7. **Stormvloedhoogte.** Voor den waterstaat zijn vooral belangrijk de hoogste en de laagste waterstanden; deze worden aan onze kusten niet waargenomen, wanneer de stand der hemellichamen de aanzienlijkste verheffingen en dalingen van den waterspiegel veroorzaakt, doch wel wanneer de neveninvloeden, voornamelijk de wind, den waterspiegel in het algemeen het sterkst doen opstuwen en afvloeien. Werken de astronomische oorzaken met de meteorologische samen, dan heeft men de hoogste vlooden en de laagste ebben te verwachten. Daar stormen in hun grootste kracht in het algemeen slechts kort zijn van duur, is er in den regel slechts een betrekkelijk klein gedeelte van de kust dat van een bepaalden stormvloed de betrekkelijk sterkste werking ondervindt. Zoo waren de hoogste hoogwaterstanden in 1884 op de verschillende plaatsen van ons land waargenomen, verdeeld over een vijftal vlooden. De vloed van 12 Januari was alleen aan de Wielingen het hoogst; die van 24 Januari te Brouwershaven en langs de Grevelingen, het Krammer, Volkerak, Haringvliet, Hollandsch diep, de Merwede, Amer, Oude Maas, Nieuwe Maas en de Lek, te Katwijk en langs de Zuiderzee; die van 28 Januari langs de Westerschelde en te Veere, en die van 26/27 October langs de Oosterschelde, te IJmuiden, Helder, Vlieland, Zoutkamp en Delfzijl.

Alleen dan wanneer een storm lang en krachtig met weinig verschil in sterkte en richting waait, kunnen bij een enkel getijde opstuwingen ontstaan, die voor alle plaatsen zeer groot zijn, al verschillen zij onderling met de ligging van de plaats en de richting van den wind.

Indien over een groot aantal nauwkeurige waarnemingen op

vele plaatsen gedurende eene lange reeks jaren kon worden beschikt, zou met vrij groote juistheid de waarschijnlijke grootste stormvloedhoogte bij de meest ongunstige omstandigheden voor elke plaats kunnen worden bepaald; hieronder wordt beproefd zulk eene lijst samen te stellen, waarbij persoonlijke opvatting veel invloed uitoefent.

Plaats van waarneming.	Hoogst bekende HW.			Hoogste HW. in M's. boven gemidd. HW.		Onderstelde hoogste stormvloedh. in M's.		Aanmerkingen.
	Hoogte in M. + A.P.	Waargenomen in	Hoogte boven gemiddeld HW. in M.	1884	1885	boven gem. HW.	+ A.P.	
Wielingen (sluis).	3,46	Jan. 1877	1,67	1,15	1,08	2,10	3,90	
	3,24	Dec. 1883	1,44					
Breskens.....	3,50	Dec. 1867	1,59	1,14	1,06	2,10	4,00	
	3,35	Dec. 1883	1,44					
Vlissingen.....	4,83	Jan. 1855	2,08	1,16	1,10	2,20	3,95	De hoogte van Jan. 1855 is vermoedelijk met inbegrip der golfhoogte.
	3,79	Jan. 1877	2,04					
			1,90 in 1808					
Hoofdplaat.....	3,30	Dec. 1883	1,39	1,19	1,01	2,25	4,15	
Borssele.....	4,15	Jan. 1877	2,31	1,13	1,01	2,30	4,15	
	3,35	Dec. 1883	1,51					
Ellewoutsdijk....	4,00	Jan. 1877	2,05	1,15	0,92	2,20	4,15	
	3,60	Dec. 1883	1,65					
Sint Philippine..	4,46	Jan. 1877	—	—	—	—	4,50	
Ter Neuzen.....	4,14	Jan. 1877	2,14	1,22	1,04	2,20	4,20	
Hoedekenskerke..	3,80	Dec. 1883	1,80	1,17	1,03	2,25	4,25	
Hansweert.....	4,27	Jan. 1877	2,15	1,29	1,15	2,30	4,44	
	4,07	Dec. 1883	1,95					
Walsoorden.....	4,10	Jan. 1877	1,99	1,24	1,13	2,25	4,35	
	4,00	Dec. 1883	1,89					
Waarde.....	4,30	Jan. 1877	2,12	1,32	1,15	2,35	4,55	
	4,11	Dec. 1883	1,93					
Bath.....	4,45	Jan. 1877	2,07	1,42	1,19	2,40	4,75	
	4,20	Dec. 1883	1,82					
Westkapelle.....				1,07	1,10	1,90	3,50	
Veere.....	3,40	Jan. 1877	1,98	1,28	1,06	2,30	3,70	De afdamming van het Sloe heeft Veere bij stormvloed in betere omstandigheden gebracht.
	3,20	Dec. 1883	1,78					
			2,63 in 1808					
Annepolder.....	3,65	Jan. 1877	2,15					
Oost Beveland...	4,19	Feb. 1825	2,70	1,25	—	2,50	4,00	
	3,69	Dec. 1883	2,20	1,41	1,18	2,70	4,20	
Vlietepolder....	3,45	Jan. 1877	2,10					
Burgh.....	3,74	Feb. 1825	2,40	—	—	2,50	3,85	
	3,50	Jan. 1877	2,16	1,26	—	2,40	3,75	
Colijnsplaat....	3,35	Dec. 1883	1,98					
Zierikzee.....	3,76	Feb. 1825	2,40	1,33	—	2,50	3,90	
	3,53	Dec. 1883	2,17	1,37	—	2,50	3,85	
Stavenisse.....	3,52	Dec. 1883	2,11					
	3,47	Jan. 1877	2,06	1,34	—	2,60	4,00	
Leendert Abraham-polder.....	3,45	Dec. 1883	—	—	—	—	—	
Wemeldinge....	4,08	Dec. 1863	2,43					
	3,89	Dec. 1883	2,24	1,40	1,23	2,70	4,35	

Plaats van waarneming.	Hoogst bekende HW.		Hoogste HW. in M's. boven gemidd. HW.		Onderstelde hoogste stormvloedh. in M's.		Aanmerkingen.	
	Hoogte in M. + A.P.	Waargenomen in	Hoogte boven gemiddeld HW. in M's.	1884	1885	boven gem. H.W.		+ A.P.
Gorishoek	4,00	Dec. 1863	2,32	—	—	2,70	4,40	
	3,89	Dec. 1883	2,21					
Tholen	4,12	Jan. 1863	2,26	—	—	2,70	4,55	
	4,07	Jan. 1877	2,21					
Bergen op Zoom.	4,63	Feb. 1825	2,69	1,41	1,29	2,70	4,70	
	4,38	Dec. 1883	2,44					
	4,10	Jan. 1877	2,16					
	3,10	Jan. 1877	—	—	—	—	—	
Oude Hoeve	2,99	Dec. 1883	—	—	—	—	—	
	3,33	Dec. 1862	2,12	1,38	1,15	2,50	3,70	
Repart	3,09	Dec. 1883	1,88					
	3,24	Jan. 1877	—	—	—	—	3,75	
Scharendijke	3,85	Feb. 1825	2,60	1,32	1,10	2,60	3,85	
	3,34	Jan. 1877	2,10					
Ouddorp	3,20	Dec. 1883	1,85	1,35	1,09	2,50	3,85	
	3,40	Jan. 1877	—	—	—	—	4,00	
Bruinisse	3,60	Dec. 1883	2,16	1,44	1,20	2,65	4,10	
	2,93	Jan. 1877	1,49					
Steenbergsche vliet	3,64	Dec. 1883	2,34	1,61	1,26	2,65	3,95	
	3,40	Jan. 1877	2,10					
Dintelsas	3,63	Feb. 1825	—	—	—	—	3,80	
	3,26	Feb. 1825	2,14	1,50	0,98	2,00	3,10	
Goedereede	3,15	Jan. 1877	2,05					
	3,21	Dec. 1883	2,23	1,61	1,14	2,35	3,35	
	3,18	Jan. 1877	2,20					
	3,14	Feb. 1825	2,16					
Tiengemeten	3,63	Jan. 1877	—	—	—	—	3,65	
	3,68	Feb. 1825	2,38	1,70	1,11	2,40	3,70	
Willemstad	3,53	Dec. 1883	2,23					
	3,55	Dec. 1883	2,15	1,72	1,22	2,40	3,70	
Moerdijk	3,35	Feb. 1825	1,95					
	3,51	Dec. 1883	2,07	1,66	—	2,30	3,75	
Deeneplaat	3,25	Jan. 1877	1,81					
	3,45	Jan. 1877	2,10	1,62	1,03	2,20	3,55	
Kop van 't Land.	3,39	Dec. 1883	2,04					
	3,52	Jan. 1877	2,06	1,70	—	2,15	3,60	
Paulownahoeve	3,51	Dec. 1883	2,05					
	3,63	Feb. 1825	2,11	1,60	—	2,10	3,60	
Werkendam	3,48	Dec. 1883	1,96					
	3,30	Jan. 1877	1,78					
Geertruidenberg	3,20	Feb. 1825	2,00	1,42	0,90	2,00	3,20	
	2,87	Jan. 1877	1,67					
Keizersveer	2,79	Feb. 1825	1,54	1,30	0,94	1,75	3,00	
	2,62	Dec. 1883	1,37					
Willemsdorp	2,60	Jan. 1877	1,35					
	3,50	Jan. 1877	2,15	1,66	1,09	2,35	3,70	
	3,45	Sept. 1883	2,15					
	3,45	Dec. 1883	2,10					

Plaats van waarneming.	Hoogst bekende HW.		Hoogste HW. in M's. boven gemidd. HW.		Onderstelde hoogste stormvloedh. in M's.		Aanmerkingen.	
	Hoogte in M. + A.P.	Waargenomen in	Hoogte boven gemiddeld HW. in M's.	1884	1885	boven gem. H.W.		+ A.P.
's Gravendeel....	3,35	Dec. 1883	2,02	1,63	1,03	2,26	3,60	
	3,30	Jan. 1877	1,97					
Dordrecht.....	3,48	Feb. 1825	2,16	1,70	1,02	2,20	3,50	
	3,34	Dec. 1883	2,02					
Slidrecht (Helsluis)	3,44	Dec. 1883	2,05	1,66	1,08	2,20	3,60	
Steenenhoek....	3,44	Dec. 1883	2,05	1,64	—	2,20	3,65	
Hardinxveld....	3,51	Dec. 1883	2,00	1,64	—	2,15	3,65	
	3,37	Feb. 1877	1,86					
Brielle.....	3,15	Jan. 1877	2,15	1,58	—	2,20	3,20	
	3,06	Feb. 1825	2,06					
Nieuwe sluis....	3,05	Jan. 1877	—	—	—	—	3,10	
Spijkenisse.....	3,30	Jan. 1877	2,33	1,70	0,93	2,35	3,35	
Oud Beijerland..	3,22	Dec. 1883	2,17	1,66	—	2,30	3,35	
	3,08	Jan. 1877	2,03					
Puttershoek....	4,26	Jan. 1877	2,05	1,70	1,06	2,30	3,50	
Hoek van Holland (landeinde damm.)	3,15	Jan. 1877	2,10	1,25	—	2,15	3,20	
Rozenburg (Noordbank)	2,90	Dec. 1883	1,86	1,36	—	2,15	3,20	
Maassluis.....	3,17	Jan. 1877	2,25	1,62	0,99	2,30	3,20	
	2,91	Dec. 1883	1,99					
Vlaardingen....	3,02	Jan. 1877	2,12	1,74	0,96	2,30	3,20	
Delfshaven.....	3,02	Jan. 1877	—	—	—	—	3,20	
Rotterdam.....	3,18	Jan. 1855	2,15	1,78	1,00	2,25	3,20	
	3,15	Feb. 1825	2,12					
	3,12	Dec. 1883	2,09					
Gouda.....	3,12	Dec. 1883	2,06	1,76	—	2,15	3,20	
	3,06	Feb. 1825	2,00					
Krimpen.....	3,39	Dec. 1883	2,06	1,72	1,13	2,15	3,50	Het A.P. te Krimpen is ten opzichte der overige peilschalen ongeveer 17 cM. te hoog.
	3,20	Feb. 1825	1,87					
Ablasterdam....	3,20	Jan. 1877	2,01	1,74	1,05	2,15	3,35	
Streefkerk.....	3,30	Dec. 1883	2,10	1,71	1,20	2,20	3,40	
Katwijk.....	3,76	Feb. 1825	2,93	1,77	1,05	2,90	3,75	
	2,72	Jan. 77 en Dec. 1883	1,89					
IJmuiden (buitenhaven).....	2,85	Dec. 1883	2,08	1,63	1,04	2,50	3,25	De waterstanden te Katwijk en IJmuiden zijn hooger aan de sluisen dan in zee; het is echter zeer wel mogelijk dat de waterstand van Feb. 1825 te Katwijk niet is bereikt.
IJmuid. (sluisen).	3,30	Dec. 1883	—	—	—	—	3,75	
Wijk aan Zee...	3,12	Jan. 1877	—	—	—	—	3,50	
			2,70	1,66	0,70	2,70	3,25	
Petten.....	3,18	Dec. 1863	2,64	1,59	1,17	2,20	2,45	
			2,20					
Helder.....	2,17	Dec. 1862	1,93					
	2,06	Dec. 1883	1,82					
			2,40	1,60	1,13	2,50	2,95	
Vlieland.....	2,25	Dec. 1883	1,81					
			2,40					
Terschelling.....	—	—	1,88	—	—	2,50	—	
Ameland (zuidzij.)	3,54	Dec. 1883	—	—	—	—	3,75	

Plaats van waarneming.	Hoogst bekende HW.		Hoogste HW. in M's. boven gemidd. HW.		Onderstelde hoogste stormvloedh. in M's.		Aanmerkingen.
	Hoogte in M. + A.P.	Waarge- nomen in	Hoogte boven gemiddeld HW. in M.	1884	1885	boven gem. HW.	
Rottum.....	—	—	2,70 Jan. 1877 en Dec. 1883	—	—	2,80	
Texel.....	1,98	Dec. 1883	2,20 Feb. 1825	—	—	2,20	2,45
Nieuwediep.....	2,42	Feb. 1825	1,73	—	—	—	2,45
	2,10	Dec. 1883	—	—	—	—	—
Wieringen.....			2,25 Feb. 1825	—	—	2,25	—
			2,05 Jan. 1877	—	—	—	—
Medemblik.....	2,75	Feb. 1825	2,59	—	—	2,60	2,75
			2,35 Feb. 1825 en Jan. 1877	—	—	—	—
			2,17 Jan. 1877	—	—	—	—
Enkhuizen.....	2,45	Feb. 1825	2,37	1,83	1,03	2,65	2,55
	2,31	Jan. 1877	2,23	—	—	—	—
Hoorn.....	2,67	Feb. 1825	2,75	—	—	2,75	2,75
	2,36	Dec. 1883	2,35	—	—	—	—
Edam.....	2,67	Feb. 1825	2,77	—	—	2,80	2,85
	2,55	Dec. 1833	—	—	—	—	—
Marken.....	2,62	Dec. 1883	2,68 Feb. 1825	—	—	2,70	2,75
Monnikendam...	2,65	Dec. 1883	—	—	—	—	2,80
Durgerdam.....	2,51	Dec. 1883	2,43	1,73	—	2,50	2,60
	2,47	Jan. 1877	2,39	—	—	—	—
Oranjesluizen (te Amsterdam)..	2,63	Dec. 1883	2,50	1,81	—	2,60	2,70
	2,50	Feb. 1825	—	—	—	—	—
	2,47	Nov. 1775 en Dec. 1717	—	—	—	—	—
Zeeburg.....	2,59	Dec. 1883	—	—	—	—	2,65
Muiden.....	2,68	Dec. 1883	2,53	1,55	—	2,60	2,75
	2,07	Feb. 1825	1,92	—	—	—	—
Naarden.....	2,65	Jan. 1877	—	—	—	—	2,80
Spakenburg.....	3,12	Jan. 1877	—	—	—	—	3,15
Nijkerk.....	3,53	Jan. 1855	3,19	2,10	—	3,20	3,55
	3,10	Jan. 1877	2,76	—	—	—	—
Harderwijk.....	—	—	3,68 Feb. 1825	—	—	3,20	—
Elburg.....	3,46	Feb. 1825	3,12	2,39	—	3,15	3,50
	3,25	Jan. 1877	2,91	—	—	—	—
Keteldiep.....	3,07	Dec. 1883	—	—	—	—	3,10
Kampen.....	3,25	Feb. 1825	—	—	—	—	3,30
	3,07	Dec. 1883	—	—	—	—	—
	3,04	Jan. 1877	—	—	—	—	—
Kraggenburg....	3,25	Jan. 1863	2,86	2,46	—	3,10	3,50
Genemuiden.....	3,60	Feb. 1825	—	—	—	—	3,60
	3,20	Jan. 1877 en Oct. 81	—	—	—	—	—
Zwartsluis.....	3,17	Oct. 1881	—	—	—	—	3,55
	3,15	Jan. 1877	—	—	—	—	—
Hasselt.....	3,07	Oct. 1881	—	—	—	—	3,45
	3,06	Dec. 1883	—	—	—	—	—

Van 1825
verschillende op-
gaven.

Plaats van waarneming.	Hoogst bekende HW.		Hoogste HW. in M's. boven gemidd. HW.		Onderstelde hoogste stormvloedh. in M's.		Aanmerkingen.	
	Hoogte in M. + AP.	Waargenomen in	Hoogte boven gemiddeld HW. in M's,	1884	1885	boven gem. H.W.		+ A.P.
Mond der Vecht..	3,09	Oct. 1881	—	—	—	—	3,40	
	2,99	Dec. 1883	—	—	—	—	3,30	
Zwolle	2,93	Dec. 1883	—	—	—	—	3,30	
	2,78	Feb. 1825	—	—	—	—	—	
	2,70	Jan. 1877	—	—	—	—	—	
Berkumersluis ...	3,10	Jan. 1855	—	—	—	—	3,40	
	3,07	Jan. 1877	—	—	—	—	—	
Dalfsen	3,23	Feb. 1877	—	—	—	—	3,50	
Blokszyl	3,76	Feb. 1825	—	—	—	—	3,75	
Kuinre	3,24	Feb. 1825	—	—	—	—	3,25	
Schotertzyl	2,89	Feb. 1825	—	—	—	—	3,00	
Lemmer	3,08	Feb. 1825	(van Leeuwen) 2,80	—	—	2,80	3,10	
	2,95	Feb. 1825	2,67	—	—	—	—	
Ens op Schokland	3,58	Feb. 1825	3,33	1,97	—	3,00	3,25	Het cijfer voor
Urk	—	—	2,80 Feb. 1825	1,96	—	2,85	—	Feb. 1825 opgegeven, wordt ondersteld
Tacoziyl	2,86	Feb. 1825	2,48 Oct. 1881	—	—	—	2,85	golfverheffing mede te
Stavoren	2,64	Feb. 1825	2,23	1,64	0,87	2,25	2,65	bevatten of is wellicht
	2,52	Jan. 1877	2,11	—	—	—	—	aan de westzijde waargenomen.
Hindeloopen	3,13	Feb. 1825	—	—	—	—	3,15	
Workum	3,32	Feb. 1825	—	—	—	—	3,35	
Makkum	3,04	Feb. 1825	—	—	—	—	3,40	
Harlingen	3,19	Feb. 1825	2,41	1,97	1,21	2,70	3,50	
	3,17	Jan. 1877	2,39	—	—	—	—	
Nieuw Bildt	4,20	Jan. 1877	3,24	—	—	3,25	4,20	
Erumaziyl	4,04	Jan. 1877	2,91	—	—	3,25	4,40	
Nieuwe zijlen	4,38	Jan. 1877	—	—	—	+	4,50	
	4,23	Feb. 1825	—	—	—	—	—	
Zoutkamp	4,68	Feb. 1825	3,50	2,08	—	3,55	4,70	
	4,58	Jan. 1877	3,44	—	—	—	—	
Delfziyl	4,87	Feb. 1825	3,70	—	—	—	4,90	Het cijfer 5,50 M. is wegens gebrekkige waarneming waarschijnlijk iets te groot.
	4,52	Jan. 1877	—	—	—	—	—	
Reiderwolderpolder	5,16	Jan. 1877	—	—	—	—	5,20	
Statenziyl	5,50	Jan. 1877	4,12	—	—	—	5,40	
	5, 8	Feb. 1825	3,80	—	—	—	—	

Binnengaats is binnen onze grenzen, derhalve niet op de Schelde, de lijst zoo ver voortgezet, dat verder binnenwaarts de invloed van de hooge opperwateren krachtiger is dan die van de stormvloed.

De hoogste waterstanden bij grootsten waterafvoer der bovenrivier en open water zijn op de Merwede geklommen:

in Januari 1883: te Werkendam tot 3,63 M. + AP.

„ Gorinchem „ 4,83 „ „ „

De hoogste waterstand bij stormvloed was te Werkendam in Feb. 1825 3,63 M. + AP.

De hoogste stand, die bij harden wind en hoog opperwater in Maart 1876 werd bereikt, bleef te Gorinchem beneden den hoogsten stand van Januari 1883, doch was te Werkendam 3,65 M. + AP. dus nog 2 centimeter hooger dan bij open rivier en lagen zeestand en bij den hoogst bekenden vloed van opperwater, zoodat de plaats waar de hoogste stormvloedhoogte en de waterstand bij maximumafvoer van opperwater gelijk zijn, even boven Werkendam kan worden gesteld; bij den grootsten afvoer is de hoogte der zee zonder invloed te Gorinchem en bovenliggende plaatsen.

Op de Lek waren de hoogste waterstanden bij open rivier:

in Januari 1883.		en in Maart 1876.
te Krimpen	2,65 M + AP.	2,92 M + AP.
„ Streefkerk	3,65 „ + „	—
„ Schoonhoven	4,60 „ + „	4,68 M + „
„ Jaarsveld	5,83 „ + „	5,65 „ + „

De hoogst bekende stormvloedhoogte van 3,30 M. + AP te Streefkerk is nog belangrijk lager dan de stand bij maximumafvoer van opperwater; de plaats waar beide standen gelijk zijn is even beneden Streefkerk gelegen, terwijl bij den grootsten waterafvoer de invloed van den zeestand even boven Schoonhoven geheel ophoudt.

Op den Gelderschen IJssel waren de hoogste waterstanden bij open rivier

in Januari 1883.		in Maart 1876.
te Kampen	2,28 M. + AP.	2,30 M. + AP.
„ Katerveer	4,27 „ + „	4,08 „ + „

De plaats waar de hoogste standen bij stormvloed en hoog opperwater gelijk zijn, is tusschen Kampen en Katerveer gelegen; te Kampen werd in Feb. 1825 de hoogte van 3,35 M. + AP., te Katerveer in Januari 1855 die van 3,46 M. + AP. bereikt. De plaats tot waar de zeestand bij grootsten waterafvoer zonder invloed is op den waterstand is eveneens tusschen beide plaatsen gelegen. De minst volledige en meest onzekere opgaven zijn die van zuidelijk Zeeland. In de Dijksbouw en Zee-

x

weringkunde van A. Caland in 1833 verschenen, wordt voor den hoogsten vloed in Zeeland, die van 14/15 Januari 1808 aangenomen, en naar aanleiding van de verheffing van dien vloed boven laagwaterpeil te Sluis, Vlissingen, Veere en Middelburg de gemiddelde hoogte van den hoogsten vloed op 5,703 M. boven laagwater of op 2,25 M. boven gewoon hoogwater gesteld. Daar echter het bedrag der verheffing boven gewoon hoogwater afhankelijk is van de plaatselijke omstandigheden en van de ligging in het algemeen, is in de voorafgaande lijst aan elke plaats op grond der waarnemingen en in verband met de ligging een eigen cijfer toegekend, dat met gerustheid hier lager, daar ongetwijfeld hooger moest genomen worden.

Het kleinste verschil tusschen hoogsten stormvloed en gewoon hoogwater is in de lijst aan Keizersveer gegeven; in Feb. 1825 was het verschil aldaar ongeveer $195 - 154 = 41$ centimeter kleiner dan te Moerdijk; in December 1883 daarentegen $215 - 137 = 78$ centimeter kleiner; in Januari 1877, $215 - 135 = 80$ centimeter kleiner dan te Willemsdorp; daar de omstandigheden zeer zijn veranderd sedert 1825, door de vorming der Nieuwe Merwede en de Zuider bedijking langs deze rivier, is thans met Moerdijk een verschil van 65 en met Willemsdorp van 60 centimeter aangenomen. Het spreekt van zelf dat de verlegging van den Maasmond een geheel ander cijfer ten gevolge moet hebben. Dan volgt Westkapelle, dat op een in zee uitstekende punt gelegen, waarlangs het opgestuwde water naar uitgestrekte zeeboezems als de Wester- en Oosterschelde kan stroomen; voorts vindt men te Helder een minimum.

De hoogste cijfers worden in den Dollard en aan de zuidwestzijde van de Zuiderzee gevonden.

§ 8. Laagste ebben. Op gelijke wijze als in de vorige paragraaf voor de hoogwaterstanden is gedaan, wordt thans gehandeld ten opzichte van de laagwaterstanden.

Plaats van waarneming.	Laagst bekende laagwaterstanden			Laagste LW. beneden gem. LW.		Onderstelde hoogte van den laagsten waterstand.		Aanmerkingen.
	Hoogte — AP.	Waarge- nomen in	Hoogte Gem. LW.	1884	1885	Bened.	AP.	
						gem. LW.	—	
Wielingen (Sluis)	2,85	Apr. 1877	0,98	0,67	—	1,30	3,10	
Breskens.....	3,45	Mrt. 1881	1,52	0,82	—	1,50	3,45	
Vlissingen.....	3,31	Feb. 1883	1,32	0,88	1,30	1,40	3,40	
Hoofdplaat.....	3,20	Mrt. 1881	1,17	0,77	—	1,30	3,35	
Zuidkrajert.....	3,04	Apr. 1877	1,16	0,78	—	1,30	3,20	
Borssele.....	3,25	Mrt. 1881	1,37	0,86	1,20	1,35	3,25	
Ellewoutsdijk....	3,10	Feb. 1883 en Mrt. 81	1,18	0,88	—	1,35	3,25	
Ter Neuzen.....	3,36	Mrt. 1881	1,29	0,87	1,17	1,35	3,45	
Hoedekenskerke..	3,40	Mrt. 1881	1,36	0,82	1,29	1,40	3,45	
Hansweert.....	3,32	Apr. 1877	1,23	0,83	1,24	1,40	3,50	
Walsoorden.....	3,55	Mrt. 1881	1,37	0,85	1,26	1,40	3,60	
Waarde.....	3,60	Mrt. 1881	1,43	0,88	1,23	1,45	3,60	
Bath.....	3,60	Mrt. 1881	1,50	0,85	1,16	1,50	2,60	
Westkapelle.....	2,90	Mrt. 1881	1,21	0,82	—	1,30	3,90	
Vcere.....	2,96	Feb. 1885	1,46	0,82	1,47	1,45	2,95	
Annapolder.....	2,80	Mrt. 1881	1,31	—	—	1,40	2,90	
Vlietepolder.....	2,85	Mrt. 1881	1,35	—	—	1,40	2,90	
Burgh.....	2,63	Jan. 1881	1,22	—	—	1,35	2,75	
Colijnsplaat.....	2,85	Feb. 1883	1,37	—	—	1,40	2,90	
Zierikzee.....	3,00	Mrt. 1881	1,48	—	—	1,50	3,00	
Stavenisse.....	3,03	Mrt. 1881	1,47	—	—	1,50	3,05	
Oostbeveland....	2,94	Feb. 1885	1,39	0,86	1,39	1,50	3,05	
Wemeldinge.....	3,01	Mrt. 1881	1,39	0,89	1,34	1,45	3,05	
Gorishoek.....	3,18	Mrt. 1881	1,39	—	—	1,40	3,20	
Tholen.....	2,98	Mrt. 1867	1,23	—	—	1,25	3,00	
Bergen op Zoom..	3,13	Mrt. 1868	—	—	—	—	3,15	
Repart.....	2,64	Feb. 1885	1,46	0,78	1,46	1,45	2,65	
Brouwershaven...	2,67	Feb. 1885	1,48	0,75	1,48	1,50	2,70	
Ouddorp.....	2,45	Feb. 1885	1,40	0,76	1,40	1,45	2,50	
Bruinisse.....	2,91	Mrt. 1881	1,47	0,82	1,40	1,50	3,00	
Steenbergschevliet	2,46	Apr. 1877	1,14	0,81	—	1,25	2,55	
Goedereede.....	2,19	Feb. 1885	1,42	0,76	1,42	1,50	2,25	
Hellevoetsluis....	2,19	Feb. 1885	1,35	0,76	1,35	1,50	2,35	
Willemstad.....	2,00	Feb. 1870	1,24	0,74	1,11	1,50	2,25	
		(ijs)						
Moerdijk.....	2,12	Mrt. 1850	1,49	0,80	1,22	1,50	2,15	
Geertruidenberg..	1,25	Sept. 1875	0,83	0,54	—	1,00	1,40	
Keizer sveer.....	1,31	Mrt. 1883	0,82	0,55	0,64	1,00	1,50	
Willemsdorp.....	2,37	Feb. 1870	1,76	0,76	1,20	1,50	2,10	
		(ijs)						
	1,87	Jan. 1881	1,26	—	—	—	—	
Brielle.....	1,83	Aug. 1816	1,23	—	—	1,25	1,85	
Spijkenisse.....	1,50	Feb. 1870	1,07	0,67	0,97	1,30	1,75	
		(ijs)						
Puttershoek.....	1,98	Mrt. 1865	1,62	0,71	0,88	1,50	1,85	
Hoek van Holland	1,85	Mrt. 1881	1,26	—	—	1,30	1,90	
Noordbank.....	1,72	Mrt. 1881	1,18	—	—	1,25	1,80	
Maassluis.....	1,64	Feb. 1885	1,10	0,66	1,10	1,20	1,75	
Vlaardingen.....	1,43	Feb. 1885	1,01	—	1,01	1,10	1,55	

Plaats van waarneming.	Laagst bekende laagwaterstanden			Laagste LW. beneden gem. LW.		Onderstelde hoogte van den laagsten waterstand.		Aanmerkingen.
	Hoogte — AP.	Waargenomen in	Hoogte — Gem. LW.	1884	1885	Bened. gem. LW.	AP.	
						—	—	
Rotterdam.....	1,32	Dec. 1825 (ijs)	1,06	0,67	0,94	1,05	1,30	
Gouda.....	1,30	Oct. 1868	0,94	—	—	1,00	1,35	
Krimpen.....	0,93	Feb 1874	1,05	0,62	0,69	1,05	0,95	
Katwijk.....	2,00	Feb. 1871	1,29	0,89	—	1,35	2,05	
IJmuiden.....	2,25	Feb. 1885	1,40	0,86	1,40	1,45	2,30	
		en Apr. 1877						
Petten.....	2,45	Feb. 1883	1,60	0,85	1,12	1,60	2,45	
Helder.....	2,28	Mrt. 1881	1,38	0,70	1,05	1,40	2,30	
Vlieland.....	2,47	Feb. 1883	1,34	0,80	1,00	1,35	2,50	
Texel.....	2,22	Feb. 1883	1,43	0,83	—	1,50	2,30	
Medemblik.....	1,43	Feb. 1883	1,04	0,74	—	1,10	1,50	
Enkhuizen.....	1,28	Feb. 1883	1,06	0,80	0,91	1,15	1,40	
Hoorn.....	1,40	Feb. 1883	1,13	0,73	—	1,20	1,50	
Durgerdam.....	1,65	Jan. 1884	1,30	1,30	—	1,35	1,70	
	1,62	Mrt. 1880	1,27	—	—	—	—	
Oranjesluizen....	2,16	Jan. 1884	1,34	1,84	—	1,85	2,15	
	1,82	Feb. 1883	1,50	—	—	—	—	
Muiden.....	1,12	Nov. 1875	0,95	0,69	—	1,05	1,25	
Nijkerk.....	0,98	Mrt. 1883	0,92	0,79	—	1,00	1,05	
Elburg.....	1,35	Dec. 1869	1,38	0,90	—	1,40	1,40	
Kampen.....	1,07	Feb. 1858	—	—	—	—	1,10	
Kraggenburg....	1,24	Mrt. 1883	1,39	1,15	—	1,40	1,25	
Lemmer.....	1,41	Mrt. 1881	1,63	0,93	—	1,65	1,45	
Schokland.....	1,44	Mrt 1881	1,48	1,04	—	1,50	1,45	
		en Nov. 1882						
Urk.....	1,52	Mrt. 1881	1,33	0,98	—	1,35	1,55	
Stavoren.....	1,22	Feb. 1870	1,18	0,76	—	1,20	1,25	
Harlingen.....	1,74	Mrt. 1865	1,26	0,87	—	1,30	1,75	
Zoutkamp.....	2,77	Mrt. 1881	1,64	0,88	—	1,65	2,80	
Delfzijl.....	3,00	Mrt. 1881	—	—	—	—	3,00	

Het peil is hier betrekkelijk de overige plaatsen ongeveer 17 cM. te laag; het cijfer —AP. hetzelfde bedrag te klein.

Cijfers ten opzichte van het merk van volzee.

Binnengaats is de lijst slechts zoo ver voortgezet als lage ebben in zee de laagste standen of ongeveer met deze overeenkomende standen hebben veroorzaakt. Bij laag opperwater is de invloed der getijden binnengaats tot op grooten afstand stroomopwaarts merkbaar; de laagste ebben zullen echter eerst dan een lageren stand dan de standen bij kleinsten afvoer van opperwater veroorzaken, indien met de laagste ebben vrij laag opperwater samenvalt.

Op den Boven-Rijn en takken is de laagst bekende rivierstand die van 14/17 November 1874 en wel te St. Andries 2,45 M. + AP. te Bommel 1,45 M. + AP. en te Gorinchem 0,35 M. + AP.

doch terwijl op de bovenrivier de laagste stand den 16/17 Nov. werd waargenomen, kwam de laagste stand te Gorinchem op den 2^{en} en 3^{en} van diezelfde maand en bedroeg hij 0,18 M. + AP. of 17 centimeter lager. Op de Lek is de lage stand van 15 Nov. 1874 te Vreeswijk 3 cM. hooger dan de laagste stand in die maand.

Langs den Gelderschen IJssel is Deventer de laagst gelegen plaats waar de laagste stand der maand November 1874 op dezelfde dagen valt als bovenwaarts.

Men kan aannemen dat de laagste rivierstanden bij laag opperwater tevens de laagst bekende zijn en derhalve buiten den invloed van lagere getijden in zee blijven, op de Waal tot beneden Bommel, op de Lek tot beneden Culemborg en op den IJssel tot beneden Deventer.

De laagst bekende stand te Gorinchem, alwaar de invloed der getijden bij laag opperwater in de laatste jaren sterk toeneemt, is die van 3 Sept. 1885 of 0,02 M. — AP.; de laagwaterstand op de bovenrivier te St. Andries, waarbij deze waarneming behoort, is 2,61 M. + AP. of 16 cM. hooger dan in Nov. 1874, terwijl de gelijktijdige laagwaterstanden in de benedenrivier vrij belangrijk hooger waren dan bij de laagst bekende getijden.

Voor elke plaats beneden Bommel, Culemborg, Deventer en Hedel zal de laagst bekende laagwaterstand worden waargenomen bij een geringen afvoer van opperwater en bij zeer lagen zeestand.

De invloed van opperwater, bij den grootsten afvoer, op de laagste laagwaterstanden houdt eerst op dicht bij zee; de juiste plaatsen zijn niet aan te wijzen, omdat de laagste ebbes in zee gewoonlijk niet met hooge rivierstanden samenvallen; men kan echter met zekerheid zeggen dat de invloed eerst op de ruime, breede en diepe Zeeuwsche stroomen geheel verloren gaat, doch op den Nieuwen Rotterdamschen waterweg en den Gelderschen IJssel zich tot in het nieuwe zeegat en tot den mond van het Keteldiep doet gevoelen.

Het grootste verschil tusschen den laagsten waterstand en gewoon laagwater komt voor op de lijst aan het IJ te Oranjesluizen; het kleinste aan den mond van het Oude Maasje te

Keizersveer, beide op plaatsen buiten den invloed van het opperwater. Zooals later zal blijken wordt het verschil geheel door de verschillende ligging verklaard.

§ 9. **Tijd van Hoog- en Laagwater.** De oorzaken van den onregelmatigen gang van de getijden langs onze Noordzeekust hebben minder invloed op de snelheid van voortplanting der getijgolven dan op de hoogte van den waterspiegel, zoodat uitgezonderd in de zuidelijke kom van de Zuiderzee de werkelijke tijd van hoog- en van laagwater betrekkelijk weinig afwijkt van de op grond van waarneming en berekening vooraf te bepalen tijdstippen. In sommige landen wordt de tijd van Hoog- en van Laagwater voor één of meer plaatsen uit de astronomische gegevens en de verzamelde cijfers van waterhoogten voor elk getijde van het jaar bepaald. Bij ons te lande bepaalt men zich tot de berekening van de havengetallen, de tijdstippen van hoogwater op de dagen van Nieuwe en Volle Maan, en tot toepassing van de algemeene regelen omtrent de vervroeging en verachtering van de getijden. De gegevens voor de toepassing van deze handelwijze vindt men voor onze kusten o. a. in het jaarboekje van het Kon. Inst. v. Ingenieurs. In het jongste jaarboekje van 1884 is daaraan toegevoegd een staat met de tijdstippen van Hoogwater te Vlissingen die zijn afgeleid uit de opgaven voor Londonbridge die in den Nautical Almanac voorkomen en waarbij voor elk getijde een standvastig verschil in tijd van Hoogwater tusschen Vlissingen en Londen in rekening is gebracht.

Deze wijze van tijdsbepaling, die minstens even nauwkeurig is, kan ook voor andere plaatsen worden toegepast indien men het gemiddeld verschil in tijd met voldoende juistheid kan bepalen. Daartoe kan de volgende staat dienen, die is afgeleid uit gegevens, voorkomende in de tabellen van waterhoogten door de zelfregistreerende peilschalen aangeteekend. Daarbij is tevens gevoegd de gemiddelde duur van het vallende water voor elke plaats, waardoor ook de tijd van laagwater bekend wordt.

GEMIDDELD VERSCHIL IN TIJD VAN HOOGWATER MET VLISSINGEN EN VAN LAAG-
MET HOOGWATER OP VERSCHILLENDE PLAATSEN VAN ONS LAND

	Tijdsverschil in HW. met Vliissingen	Duur van vallend water LW. na HW.
Noordzeekust.....	Wielingen..... 0u 35' vroeger	6u 50'
	Westkapelle..... 0u 25' vroeger	6u 48'
	Hoek van Holland. 0u 55' later	7u 17' (1eLW. 4u 27')
	Katwijk..... 1u 25' "	8u 6' (1eLW. 4u 25')
	IJmuiden..... 1u 50' "	8u 0' (1eLW. 4u 3')
	Helder 1e HW.... 3u 5' "	—
	" 2e HW ... 6u 15' "	5u 56'
	Vlieland. 7u 25' "	6u 28'
Wadden.....	Zoutkamp..... 9u 15' "	6u 10'
Eems.....	Delfzijl..... 10u 20' "	6u 29'
Dollard.....	Nieuw Statenzijl. 11u 20' "	—
Westerschelde.....	Vliissingen..... 0u — "	6u 32'
	Borssele..... 0u 25' "	6u 28'
	Ter Neuzen..... 0u 35' "	6u 34'
	Hansweert..... 1u 15' "	6u 23'
	Bath..... 1u 45' "	—
Oosterschelde en Zand- kreek	Veere..... 0u 30' "	6u 10'
	Oostbeveland..... 1u 45' "	5u 43'
	Wemeldinge..... 1u 50' "	5u 45'
Brouwerhavensche gat enz	Brouwershaven... 0u 55' "	5u 46'
	Bruinisse..... 1u 35' "	5u 48'
	Steenbergsche vliet. 2u 10' "	6u 3'
Haringvliet.....	Hellevoetsluis... 1u 40' "	7u 18' (1e LW. 5u 1')
Hollandsch diep.....	Willemstad..... 2u 40' "	7u 14'
	Moerdijk..... 3u 10' "	7u 16'
Oude Maasje.....	Keizersveer..... 4u 50' "	7u 55'
Merwede, Waal en Maas	Kop van 't Land.. 4u 5' "	7u 55'
	Gorinchem..... 5u 5' "	8u 48'
	Herwijnen..... 6u 10' "	8u 57'
	Zalt Bommel..... 7u 30' "	—
	Hedel..... 7u 0' "	—
Kil en Oude Merwede..	Willemsdorp..... 3u 20' "	7u 25'
	's Gravendeel.... 3u 40' "	7u 29'
	Dordrecht..... 4u 10' "	8u 5'
	Slidrecht..... 4u 35' "	8u 29'
Oude Maas.....	Spijkenisse..... 2u 50' "	7u 53'
	Puttershoek..... 3u 45' "	7u 58'
Nieuwe Maas en Lek..	Maassluis..... 1u 50' "	7u 57' (1e LW. 4u 45')
	Vlaardingen..... 2u 35' "	8u 4'
	Rotterdam..... 3u 20' "	8u 7'
	Krimpen..... 4u 5' "	8u 17'
	Streefkerk..... 4u 35' "	8u 25'
	Schoonhoven..... 5u 10' "	8u 49'
	Vreeswijk..... 8u 5' "	—
Noord.....	Alblasserdam..... 4u 10' "	8u 8'
Zuiderzee.....	Harlingen..... 8u 15' "	7u 4'
	Stavoren..... 7u 45' "	6u 52'
	Enkhuizen..... 9u 50' "	6u 2'
	Urk..... 11u 45' "	5u 43'
	Schokland..... 12u 0' "	5u 50'

	Tijdsverschil in HW. met Vlissingen	Duur van vallend water LW. na HW.
Zuiderzee.....	Kraggenburg..... 11u 50' later	6u 8'
	Elburg..... 12u 10' "	6u 17'
	Nijkerk..... 12u 30' "	6u 29'
	Durgerdam..... 12u 30' "	6u 34'
	Oranjesluizen..... 12u 15' "	6u 38'

Het verschil in tijd kan ook worden afgeleid uit de havengetallen, in de volgende meer volledige lijst volgens het jaarboekje van het Kon. Inst. v. Ingenieurs voorkomende, waarbij eenige getallen zijn gevoegd volgens de beschrijving van de zeegaten, aangeduid door B, de Gezeitentafeln door G en den Nautical Almanac door N.

G. Ostende.....	0—25	Hellevoetsluis.....	2—51
B. Vuurschip Noordhinder.....	11—15	N. idem.....	2—30
Westkappelle.....	0—41	Willemstad.....	3—30
Vlissingen.....	0—59	Moerdijk.....	4—33
Breskens.....	1—6	Geertruidenberg.....	5—57
Hoofdplaat.....	1—14	Keizersveer.....	6—9
Borssele.....	1—22	Deeneplaat.....	4—54
Ellewoutsdijk.....	1—50	Kop van 't Land.....	5—21
Ter Neuzen.....	1—46	Paulownahoeve.....	5—28
Hansweert.....	2—48	Werkendam.....	5—52
Walsoorden.....	2—27	Gorinchem.....	6—47
Bath.....	3—11	Willemsdorp.....	4—30
G. Antwerpen.....	3—45	Dordrecht.....	5—29
N. idem.....	4—25	Sliedrecht (Baanhoek).....	5—45
B. Vóór den Roompot.....	0—30	Steenenhoek.....	5—58
Burgh.....	1—38	Hardinxveld.....	6—2
B. idem.....	1—0	Brielle.....	2—33
Veere.....	1—49	Spijkensisse.....	4—2
Annapolder.....	2—17	Oud-Beijerland.....	4—37
Oudbevelandpolder.....	2—45	Puttershoek.....	4—56
Vlietepolder.....	1—45	Hoek van Holland.....	2—9
B. idem.....	1—30	Noordbank (Rozenburg).....	3—11
Colijnsplaat.....	1—57	Maassluis.....	3—35
B. Zierikzee.....	2—0	Vlaardingen.....	3—58
Stavernisse.....	2—36	Vijf sluizen.....	4—18
Wemeldinge.....	2—50	Rotterdam.....	4—47
Gorishoek.....	2—54	N. idem.....	3—45
B. idem.....	3—15	Gouda.....	6—10
Tholen.....	3—15	Krimpen.....	5—35
B. idem.....	3—30	Schoonhoven.....	7—
Bergen op Zoom.....	3—10	Jaarsveld.....	7—36
B. Vóór het Brouwershavensche gat	1—0	Katwijk.....	2—15
Repart.....	1—49	G. IJmuiden.....	3—0
B. idem.....	2—0	Petten.....	3—17
Brouwershaven.....	2—2	Helder.....	5—50
B. Idem.....	2—0	Vlieland.....	8—19
Bruinisse.....	2—42	N. en G. West Terschelling... ..	8—40
Steenbergsche vliet.....	3—1	B. Friesche gat bij de uitertonnen.	9—0
Goeree.....	2—12	G. Borkum.....	10—44

B. idem	10—30	Nijkerk.....	12—48
Deltzijl.....	11—31	Elburg.....	1—2
B. idem	11—15	Kraggenburg.....	12—47
G. Emden.....	0—17	Lemmer.....	12—52
G. Nieuwediep.....	7—25	Stavoren.....	9—20
Texel.....	7—59	Harlingen.....	8—47
Medemblik.....	10—14	Nieuw Bildt.....	9—42
Hoorn.....	12—38	Ezumazijl.....	9—51
Dursterdam.....	12—49	Zoutkamp.....	10—17
Muiden.....	12—50	B. idem	10—0

Uit deze havengetallen kunnen de tijdstippen van hoogwater op andere dagen bij benadering worden afgeleid met behulp van het volgende lijstje.

Maans- ouderdom.	Verachtering van het getijde.		Maans- ouderdom.	Verachtering van het getijde.	
	per etmaal.	totaal.		per etmaal.	totaal.
1	30'	0—30'	8	45'	5—0
2	30'	1—0	9	60'	6—0
3	30'	1—30	10	75'	7—15
4	30'	2—0	11	75'	7—15
5	45'	2—45	12	75'	8—30
6	45'	3—30	13	60'	10—45
7	45'	4—15	14	45'	11—30

De waargenomen gemiddelde tijdsverschillen kunnen dienen om de gemiddelde snelheid van voortplanting van het hoogwater te bepalen.

SNELHEID VAN VOORTPLANTING VAN DE GETIJDEN.

Vak.	Tijds- verschil.	Afstand in M.	Snelheid per uur in KM.	per 1 ^o in M.
Westkappelle—Hoek van Holland.....	1—20	72 000	54	15,0
Hoek van Holland—Katwijk.....	0—30	32 000	64	17,8
Katwijk—IJmuiden.....	0—25	30 000	72	20,0
IJmuiden—Helder 1e HW.....	1—15	56 000	44 ³ / ₄	12,4
Helder 1e HW.—Helder 2e HW.....	3—10			
Helder 2e HW.—Vlieland.....	1—10	50 000	42 ³ / ₄	11,9
Wielingen				
Westkappelle { —Vlissingen.....	0—30	17 500	35	9,7
Vlissingen—Borssele.....	0—25	9 500	22 ³ / ₄	6,3
Borssele—Ter Neuzen.....	0—10	10 150	61	16,9
Ter Neuzen—Hansweert.....	0—40	19 700	29 ¹ / ₂	8,2
Hansweert—Bath.....	0—30	18 800	37 ¹ / ₂	10,4
Westerschelde van Vlissingen tot Bath.....	2—15	75 650	33 ¹ / ₂	9,3
Veere—Oostbeveland.....	1—15	20 600	16 ¹ / ₂	4,6
Oostbeveland—Wemeldinge.....	0—5	6 300	75 ¹ / ₂	21,0
Brouwershaven—Bruinisse.....	0—40	19 800	29 ³ / ₄	8,2
Bruinisse—Steenbergsche vliet.....	0—35	12 600	21 ¹ / ₂	6,0
Steenbergsche vliet—Willemstad.....	0—30	16 000	32	17,7
Grevelingen, Krammer- en Volkerak van Brouwershaven tot Willemstad.....	1—45	48 400	27 ³ / ₄	7,7
Hellevoetsluis—Willemstad.....	1—0	26 650	26 ¹ / ₂	7,4

Vak.	Tijds- verschil.	Afstand in M.	Snelheid per uur in K.M.	per 1 ^o in M.
Willemsdijk—Moerdijk.....	0—30	12 300	24 ¹ / ₂	6,8
Haringvliet en Hollandschdiep.....	1—30	38 950	26	7,2
Moerdijk—Keizersveer (Amer en Oude Maasje).....	1—40	20 097	12	3,3
Moerdijk—Kop van 't Land.....	0—55	13 985	15 ¹ / ₄	4,2
Kop van 't Land—Gorinchem.....	1—0	16 225	16 ¹ / ₄	4,5
Gorinchem—Herwijnen.....	1—5	9 250	8 ¹ / ₂	2,4
Herwijnen—Bommel.....	1—20	10 660	8	2,2
Gorinchem—Hedel.....	1—55	27 445	14 ¹ / ₄	4,0
Merwede van Moerdijk tot Gorinchem.....	1—55	30 210	15 ³ / ₄	4,4
Moerdijk—Willemsdorp.....	0—10	2 130	12 ¹ / ₂	3,5
Willemsdorp—'s Gravendeel.....	0—20	5 565	16 ¹ / ₂	4,6
's Gravendeel—Dordrecht.....	0—30	5 770	11 ¹ / ₂	3,2
Dordrecht—Sliedrecht.....	0—25	8 100	19 ¹ / ₂	5,4
Sliedrecht—Gorinchem.....	0—30	13 500	27	7,5
Spijkenisse—Puttershoek.....	0—55	19 200	21	5,8
Puttershoek—Dordrecht.....	0—25	7 120	17	4,7
Hoek van Holland—Maassluis.....	0—55	13 990	15 ¹ / ₄	4,2
Maassluis—Vlaardingen.....	0—45	7 820	10 ¹ / ₂	2,9
Vlaardingen—Rotterdam.....	0—45	11 050	14 ³ / ₄	4,1
Rotterdam—Krimpen.....	0—45	11 150	14 ³ / ₄	4,1
Krimpen—Streefkerk.....	0—30	8 940	18	5,0
Streefkerk—Schoonhoven.....	0—35	8 090	13 ³ / ₄	3,8
Schoonhoven—Vreeswijk.....	2—55	21 305	7 ¹ / ₄	2,0
Nieuwe Maas en Lek van Hoek van Holland tot Schoonhoven.....	4—15	61 040	14 ¹ / ₄	4,0

Het Hoogwater plant zich derhalve voort met afwisselende snelheid, zooals ook blijkt uit plaat XXV waarop de lijnen van gelijktijdig hoogwater zijn aangeduid. Het aantal waarnemingsplaatsen zou nog eene groote uitbreiding moeten ondergaan om op de Zuiderzee en Wadden de lijnen met nauwkeurigheid aan te geven. De lijnen van gelijktijdig laagwater zijn mede aangeduid; evenals het hoogwater zich eenige uren in de omstreken van het Marsdiep ophoudt, blijft het laagwater eenigen tijd verwijlen nabij de monden onzer hoofdrieveren.

Langs onze kust neemt de Helder een bijzondere plaats in; terwijl de twee getijden die zich in tegengestelde richting bewegen aan den mond van de Theems één getijde vormen van samengestelden oorsprong, vormen het noord- en het zuidtij, die uit ééne zelfde getijgolving in den Oceaan hun oorsprong nemen, te Helder eene getijlijn in den regel met twee toppen die gemiddeld 3 uur 22' na elkander volgen; de rijzing van laagwater tot 1^e hoogwater duurt gemiddeld

3 uur 7 min., de daling van het 2^e hoogwater tot laagwater gemiddeld 5 uur en 56 min. De tijd van het 1^e hoogwater volgt op en hangt samen met den tijd van hoogwater langs de vaste Hollandsche kust, terwijl de tijd van het 2^e hoogwater voorafgaat aan en samenhangt met den tijd van hoogwater te Vlieland en meer oostwaarts gelegen plaatsen. Nu eens is het 1^e dan weder het 2^e hoogwater het hoogste, doch dikwijls vloeien zij meer of min ineen, zoodat het tweetal toppen met tusschengelegen dal niet duidelijk is te onderscheiden. Van Juni 1885 tot Mei 1886 werden bij 700 getijden 261 dubbele hoogwatérs waargenomen.

De kruising van de beide getijden heeft op de zuidelijker plaatsen nabij de Maasmonden dikwijls een dubbel laagwater tengevolge en steeds een belangrijk verschil in tijd van laagwater tusschen de plaatsen bezuiden Brouwershaven en die benoorden den Hoek van Holland. Te Hellevoetsluis gaat het eerste laagwater ongeveer 2 uur 17 min. aan het 2^e laagwater vooraf; het tijdstip van het 1^e laagwater hangt samen met dat van het dal tusschen hoog en laagwater te Helder; dat van het 2^e laagwater met het tijdstip van laagwater te IJmuiden dat zich benoorden den Hoek van Holland als enig laagwater noordelijk langs de kust voortplant. Terwijl te Hoek van Holland en Hellevoetsluis bijna zonder uitzondering het 2^e dal en nu en dan het 1^e laagwater het laagste is, is te IJmuiden het 1^e dal reeds ver boven het 2^e dal, het eigenlijk laagwater, verheven; de secundaire golfverheffing bevindt zich zelfs nu en dan dichter bij de hoogwatertop dan bij het laagwaterdal, zoodat men met evenveel recht in plaats van 1^e laagwater en agger — E¹ en A in de tabellen — van dal en 2^e hoogwater — D en V² — zou kunnen spreken.

De betrekking welke er bestaat tusschen de tijdstippen waarop de beide vloedkoptoppen (V¹ en V²) te Helder met tusschengelegen dal (D) en de beide laagwaters (E¹ en E²) met tusschengelegen top (A naar agger) te Hoek van Holland worden waargenomen en de tijdstippen van de overeenkomstige verschijnselen elders langs de kust, blijkt uit den volgenden staat van waarnemingen van 31 Januari tot 4 Februari 1885.

	Brouwers- haven.	Hellevoet- sluis.	Hoek van Holland.	Maassluis.	Katwijk.	IJmuiden.	Helder	Vlieland.
V of V ₁	31 Jan. 2—25v.	31 Jan. 2—45v.	31 Jan. 2—15v.	31 Jan. 2—50v.	31 Jan. 2—45v.	31 Jan. 3—15v.	31 Jan. 4—0v.	31 Jan. —
D	—	—	—	—	—	—	5—20v.	—
V of V ₂	—	—	—	—	—	—	8—20v.	9—15v.
E of E ₁	7—40v.	8—40v.	7—10v.	8—5 v.	6—45v.	7—0v.	—	—
A	—	9—0v.	8—40v.	9—0 v.	8—15v.	8—25v.	—	—
E of E ₂	—	10—45v.	10—20v.	11—25v.	10—45v.	11—15v.	1—45n.	3—15n.
V of V ₁	2—35n.	2—35n.	2—15n.	3—10n.	2—45n.	3—30n.	—	—
D	—	—	—	—	—	—	—	—
V of V ₂	—	—	—	—	—	—	8—45n.	9—45n.
E of E ₁	8—25n.	9—0n.	7—40n.	—	7—15n.	8—0n.	—	—
A	9—5n.	9—25n.	8—35n.	—	8—15n.	8—40n.	—	—
E of E ₂	10—10n.	11—25n.	11—0n.	0—15n.	11—30n.	0—10v.	1 Feb. 1 Feb.	1 Feb. 1 Feb.
V of V ₁	1 Feb. 3—0v.	1 Feb. 3—20v.	1 Feb. 2—50v.	1 Feb. 3—35v.	1 Feb. 3—15v.	1 Feb. 3—45v.	1 Feb. 4—10v.	1 Feb. —
D	—	—	—	—	—	—	6—30v.	—
V of V ₂	—	—	—	—	—	—	8—50v.	9—45v.
E of E ₁	8—40v.	9—20v.	7—55v.	8—50v.	7—50v.	8—10v.	—	—
A	—	9—50v.	9—10v.	10—0v.	9—15v.	9—25v.	—	—
E of E ₂	—	11—50v.	11—15v.	0—30n.	11—45v.	0—15n.	2—25n.	4—0n.
V of V ₁	3—30n.	4—30n.	2—55n.	4—0n.	3—20n.	4—0n.	—	—
D	—	—	—	—	—	—	—	—
V of V ₂	—	—	—	—	—	—	9—20n.	10—15n.
E of E ₁	8—50n.	9—5n.	8—15n.	—	8—0n.	7—45n.	—	—
A	—	9—40n.	9—10n.	—	9—0n.	8—45n.	—	—
E of E ₂	—	11—35n.	11—55n.	2 Feb. 0—5v.	11—50n.	2 Feb. 0—30v.	2 Feb. 3—20v.	2 Feb. 4—30v.
V of V ₁	2 Feb. 3—45v.	2 Feb. 3—50v.	2 Feb. 3—30v.	2 Feb. 4—30v.	2 Feb. 4—0v.	2 Feb. 4—45v.	2 Feb. 5—0v.	2 Feb. —
D	—	—	—	—	—	—	7—40v.	—
V of V ₂	—	—	—	—	—	—	9—45v.	10—40v.
E of E ₁	9—25v.	9—40v.	8—30v.	9—45v.	8—45v.	8—50v.	—	—
A	—	10—20v.	9—45v.	10—20v.	9—50v.	10—0v.	—	—
E of E ₂	—	0—30n.	0—0n.	1—15n.	0—30n.	0—50n.	3—25n.	4—45n.
V of V ₁	4—5n.	4—30n.	3—45n.	4—55n.	4—30n.	5—5n.	—	—
D	—	—	—	—	—	—	—	—
V of V ₂	—	—	—	—	—	—	10—35n.	11—0n.
E of E ₁	9—40n.	10—20n.	9—5n.	10—5n.	8—45n.	9—0n.	—	—
A	—	11—0n.	10—15n.	11—15n.	10—0n.	10—0n.	—	—
E of E ₂	—	3 Feb. 0—30v.	3 Feb. 0—30v.	3 Feb. 1—35v.	3 Feb. 0—45v.	3 Feb. 1—30v.	3 Feb. 4—10v.	3 Feb. 5—10v.
V of V ₁	3 Feb. 4—35v.	4—50v.	4—15v.	5—15v.	4—45v.	5—30v.	6—10v.	—
D	—	—	—	—	—	—	9—0v.	—
V of V ₂	—	—	—	—	—	—	10—50v.	11—15v.
E of E ₁	10—15v.	—	9—25v.	10—25v.	9—45v.	9—40v.	—	—
A	—	—	10—45v.	10—40v.	10—30v.	10—30v.	—	—
E of E ₂	—	1—30n.	1—15n.	2—15n.	1—20n.	1—45n.	3—45n.	5—30n.
V of V ₁	4—40n.	6—0n.	4—30n.	5—45n.	5—15n.	5—30n.	—	—
D	—	—	—	—	—	—	—	—
V of V ₂	—	—	—	—	—	—	10—45n.	11—40n.
E of E ₁	10—10n.	10—40n.	9—35n.	10—40n.	9—20n.	0—15n.	—	—
A	—	11—10n.	10—25n.	11—0 n.	10—30n.	10—30n.	—	—
E of E ₂	—	4 Feb. 1—0v.	4 Feb. 0—50v.	4 Feb. 1—50v.	4 Feb. 1—30v.	4 Feb. 1—40v.	4 Feb. 4—30v.	4 Feb. 6—0v.

Bovenstaande lijst licht het vooraf opgemerkte toe en leert tevens dat het 2^e hoogwater te Helder gevolgd wordt door of liever ongeveer gelijktijdig wordt waargenomen als de top tusschen het 1^e en het 2^e laagwater — de agger — langs de zuidelijke plaatsen. Tusschen de tijdstippen van hoogwater en van de agger bestaan zeer regelmatige verschillen, waarvan het verband met het verschil in tijd tusschen de beide vloedtoppen te Helder uit het volgende blijkt:

Plaats van waarneming.	Vershil in tijd tusschen V en A.	Plaats van waarneming.	Vershil in tijd tusschen V en A.
Brouwershaven.....	6 u. 30'	Katwijk.....	5 u. 37'
Hellevoetsluis.....	6 u. 8'	IJmuiden.....	5 u. 7'
Hoek van Holland....	6 u. 21'	Helder, verschil in tijd tusschen V ¹ en V ²	4 u. 40'
Maassluis.....	5 u. 54'		

Evenzoo blijkt dat de tijd van het dal tusschen V¹ en V² te Helder verband houdt met het tijdstip van het 1^e laagwater E¹ nabij de Maasmonden. Terwijl het dal te Helder op de dagen van Nieuwe en Volle Maan wordt waargenomen te 5 u. 50' ongeveer, heeft het 1^e laagwater op diezelfde dagen plaats te IJmuiden te 7 u. 3', te Katwijk te 6 u. 40' te Hoek van Holland te 6 u. 36' en te Hellevoetsluis te 7 u. 52'.

Een tweetal punten mogen hier niet onbesproken blijven.

In de eerste plaats de vraag of de hoogste stand bij stormvloed binnen onze zeegaten voornamelijk langs de kusten van de Zuiderzee sneller wordt bereikt dan vroeger. Voor zulk een onderzoek zijn ongetwijfeld bouwstoffen voorhanden doch kan hier eene vergelijking van de jongste met den meest geweldigen storm sedert wellicht meer dan 1½ eeuw, dien van ¼⁵ Februari 1825, volstaan om aan te toonen, dat uit dergelijke vergelijking de dikwijls verkondigde leer van de versnelde voortschrijding der stormvloeden niet is af te leiden.

VERSCHIL IN TIJD VAN DEN HOOGSTEN WATERSTAND IN GEWONE GEVALLEN EN BIJ EENIGE STORMVLOEDEN.

Plaatsen van waarneming.	Normaal verschil in tijd.	Vershil op 3/4 Feb. 1825.	30/31 Jan. 1877.	14/15 Oct. 1881.	12/13 Dec. 1883.
Harlingen na Katwijk.....	6u.50'	18 u. 15'	17u.15'	4u.50	4u.35'
Lemmer " Harlingen.....	±4u.5'	2 u. 30'	9u.50'	11u.25'	6u.25'
Vollenhove " ".....	...—	3 u. 30'	5u.50'	10u.55'	—
Schokland " ".....	...3u.45'	van 1u.30' tot 13u.30'	4u.20'	7u.25'	—
Genemuiden " ".....	...—	0u.30' en 6u.30'	5u.20'	11u.25'	2u.55'
Hasselt " ".....	...—	5 u. 30'	5u.20'	10u.25'	6u.10'
Kampen " ".....	...—	11 u. 30'	6u.30'	9u.55'	4u.10'
Amsterdam " ".....	...4u.10'	14 u. 30'	24u.50"	13u.45'	4u.15'
(Durgerdam) " ".....	...—	—	0u.15	2u.30'	1u.55'
Rotterdam " Katwijk.....	...1u.55'	2 u. 15'	—	—	—
Gouda " Rotterdam.....	±1u.23'	1 u. 30'	1u.35	1u.45	1u.20
Brielle vóór Katwijk.....	±0u.18'	0 u. 15	0u.15	1u.25	0u.25

(later.)

Ofschoon geene vergelijking met den vloed van 1825 toelattende, zijn toch de volgende cijfers niet van belang ontbloomt.

Plaatsen van waarneming.		Normaal verschil in tijd.	Vershil 30/31 Jan. 1877.	14/15 Oct. 1881.	12/13 Dec. 1883.
Hansweert	na Vlissingen...	1u.15'	2u.0'	1u.5'	1u.0'
Brouwershaven	" " ...	0u.55'	1u.20'	0u.10'	0u.15'
Moerdijk	" " ...	3u.10'	0u.50'	5u.30'	2u.50'
Gorinchem	" Moerdijk....	1u.55'	3u.0'	2u.35'	1u.50'
Katwijk	" Vlissingen...	1u.25'	2u.15'	3u.20'	1u.40'
Krimpen	" Katwijk.....	2u.40'	2u.0'	5u.20'	3u.0'
IJmuiden	" Vlissingen...	1u.50'	2u.50'	—	1u.50'
Helder	" Vlissingen...	3u.5'1eHW.en 6u.25'2eHW.		9u.10'	5u.40'
Vlieland	" Helder 2e HW.	1u.10'	2u.0'	0u.25'	0u.45'
Harlingen	" " "	1u.50'	1u.10'	0u.15'	0u.35'
Stavoren	" " "	1u.20'	11u.30'	11u.20'	11u.35'
Enkhuizen	" " "	3u.25'	13u.45'	13u.45'	5u.0'

Er wordt beweerd dat de duur van de rijzing van het getijde, den vloed, afneemt en die van de daling omgekeerd sterk toeneemt, stroomopwaarts. Dit verschil in duur bedraagt van Maassluis tot Krimpen slechts 15 minuten; de duur van eb en vloed is op de Nieuwe Maas behalve van den vorm der getijlijn aan den mond in zee, afhankelijk van den duur van eb en vloed te Dordrecht. Bij de zeer hooge rivierstanden van Januari 1883 was de duur van den vloed te Katwijk, Maassluis en Krimpen achtereenvolgens 4 u. 16', 4 u. 5' en 3 u. 55' of 3', 23' en 13' korter dan in normale gevallen. Evenzoo was de duur van den vloed in Januari 1883 te Hellevoetsluis, Steenbergische vliet, Moerdijk, Kop van 't Land en Gorinchem achtereenvolgens 4 u. 39', 6 u. 21', 4 u. 41', 3 u. 48' en 3 u. 26' terwijl in den regel wordt waargenomen 28', 1', 28', 42' en 11' meer.

§ 10 **Stroomen in de Noordzee.** De stroomen in zee worden veroorzaakt door de getijden, de winden, het verschil in dichtheid van het water tengevolge van verschil in zoutgehalte en temperatuur, enz.

In de Noordzee zijn de getijstroomen de voornaamste; de wind en de andere oorzaken vervullen slechts een ondergeschikte rol.

De zeestroomen onderscheiden zich van de stroomende wateren door niet steeds de dalende richting van den waterspiegel te volgen. Wel oefent de zwaartekracht invloed uit, doch die invloed is niet overwegend.

Voor zoover de getijstroomen betreft, is het niet moeijlijk

aan te toonen dat de helling van den waterspiegel geen overwegende rol kan vervullen. De achtereenvolgende verheffingen en dalingen van den zeespiegel zijn onbestaanbaar zonder verplaatsing of relatieve verplaatsing van de vereischte waterhoeveelheid voor de vorming van bergen en dalen; terwijl de zwaartekracht het water zou doen dalen van de hoogwater- naar de laagwatergebieden, eischt de vorming der golving stroom naar het gebied waar het water rijzend is uit het gebied waar het water valt. Zonder neveninvloeden zal de sterkste stroom gevonden worden op de plaatsen die de gebieden van rijzend en dalend water onderling scheiden, derhalve voor elke plaats op de tijdstippen van hoog- en van laagwater. Schetsgewijze is dit hieronder voorgesteld:

VOORSTELLING VAN DE GETIJSTROOMEN IN ZEE.



Het is hoogwater te H, H... en laagwater te L, L...

Het water valt na HW. en vóór LW., rijst vóór HW., na LW.

Er heeft wegvloeiing van water plaats daar waar het water valt, toestrooming waar het water wast; waar noch daling noch rijzing wordt gevonden, is de aanvoer aan den afvoer volkomen gelijk, daar is de stroom in zijne kracht; waar alleen aanvoer of afvoer plaats heeft, gaat geen stroom, daar rijst of daalt de waterspiegel het sterkst. Op de plaatsen van hoog- en laagwater heeft daarom de sterkste strooming, ergens tusschen deze plaatsen stroomstilstand of kentering plaats.

In de werkelijkheid is de beschreven algemeene toestand slechts geldend voor de volle zee; langs onze kusten vooral zijn de afwijkingen groot.

	Voormiddag.								Namiddag								Aanmerkingen.
	5u.	6u.	7u.	8u.	9u.	10u.	11u.	12u.	1u.	2u.	3u.	4u.	5u.	6u.	7u.	8u.	
Ostende—Westkapelle.	-2,0	-1,9	-0,7	-0,0 ⁴	+0,7	+2,5	+1,5	+0,1	-0,0 ⁴	-1,1	-1,7	-2,1	-2,2	-2,0	-1,3	-0,2	— Beteekent omgekeerd verhang in de richting
Westkapelle—Hoek van Holl.	-1,2	-1,2	-1,5	-1,1	-0,5	+0,2	+1,9	+2,0	+0,9	+0,3	-0,3	-0,8	+1,1	-1,3	-1,5	-1,5	ting tegengesteld aan de
Hoek van Holl.—IJmuiden	-0,4	-0,6	-0,3	+0,2	+0,4	+0,6	+0,9	+0,4	+1,5	+0,5	+0,3	+0,1	-0,3	-0,7	-0,5	-0,1	den loop der
IJmuiden—Helder	-0,3	-0,5	-0,8	-0,8	-0,6	-0,2	+0,2	+0,6	+1,9	+1,8	+0,8	+0,3	-0,2	-0,6	-0,7	-0,9	richting van den loop der
Helder—Vlieland.	+0,3	-0,1	-0,5	-1,1	-1,2	-0,9	-0,6	-0,4	+0,2	+1,9	+2,1	+1,2	+0,7	+0,9	-0,3	-0,8	getijden.

Op plaat LXV zijn de werkelijke lengteprofielen van de zee langs onze kust op verschillende uren van een zelfde getijde zoodanig voorgesteld dat tevens de wijziging in den vorm en de grootte der getijlijnen blijkt.

De verhangen, d. w. z. het verval in centimeters per kilometer op de verschillende uren van den dag, Juli 1884, blijkt uit nevensgaande lijst.

De onregelmatigheid in de verhangen hangt samen met den onregelmatigen vorm der getijlijnen. Te 6 u. en 7' voormiddag en te 7 en 8 uur namiddag, na laagwater te Ostende en Westkapelle, is er langs de geheele kust van Ostende tot Vlieland verhang in omgekeerden zin. Een positief verhang werd op geen der uren waargenomen doch werd nagenoeg over den geheelen afstand bereikt om 1 uur namiddag, even vóór hoogwater aan den Hoek van Holland.

De grootste verhangen werden in beide richtingen tusschen Ostende en Westkapelle waargenomen, de kleinste tusschen Hoek van Holland en den Helder. De grootste positieve verhangen, in de richting van het getijde, overtreffen allerwege de negatieve.

Langs onze kust is de vloedstroom de sterkste, d. w. z. de waterdeeltjes, ofschoon met de getijstroomen heen en weder gaande, verplaatsen zich langzamerhand noordoost- en oostwaarts, zoodat er zonder de getijden eene strooming zou gevonden worden van het Engelsche kanaal langs onze kust in dezelfde richting. Ook door dezen stroom worden

de getijstroomen gewijzigd en wordt het vloedstroomgebied ten opzichte van dat van den ebstroom vergroot.

Voorts heeft de afvoer der rivieren op den loop der stroomen dikwijls een belangrijken invloed; aan den mond der Zuidhollandsche en Zeeuwsche stroomen wordt bij zeer hoog oppervlaktwater ongeveer 10 000 M³ per seconde in zee gebracht; over eene strook van 18 Kilometer breedte en 10 M. gemiddelde diepte zou daarvoor eene doorgaande afstroming met eene snelheid van 0,06 M. per 1" noodig zijn.

Eindelijk hebben de breede en diepe benedenrivieren en stroomen, de Zuiderzee en de Wadden een grooten invloed op den loop der stroomen; de hoeveelheden, welke hier in- en uitstroomen, overtreffen den afvoer van de rivieren vele malen. Tot vuling van de Zuiderzee gedurende de rijzing van het water is bij normale getijden noodig een wateraanvoer van ongeveer 115 000 M³. per 1" op het oogenblik der sterkste instrooming.

Wat deze cijfers beteekenen wordt duidelijk, wanneer men weet dat de gemiddelde snelheid van verplaatsing van het water langs onze kust ongeveer 2,8 K.M. per getijde of ongeveer 0,06 M. per seconde bedraagt, zoodat het rivierwater bij den grootsten afvoer van 10 000 M³. deze doorgaande strooming over 18 Kilometer breedte en 10 M. gemiddelde diepte zoude kunnen voeden.

Dat de hoeveelheid zoetwater niet onbeteekend is, is uit de mededeelingen omtrent het zoutgehalte reeds gebleken.

In volle zee geldt de regel geen stroom zonder tegenstroom, hetzij op eene andere diepte, hetzij elders; elk verlies van water moet worden aangevuld. De stroom langs onze kust vindt in het zuidelijk gedeelte der Noordzee langs de Engelsche kust geen tegenstroom; daar de Noordzee aan beide kanten open is, herstelt zich het evenwicht zonder tegenstroom. De stroom langs onze noordelijke, de Deutsche en Deensche kusten vindt een tegenstroom langs de Schotsche en Engelsche kust, die van het noorden naar het zuiden is gericht en zich ongeveer tusschen den Theemsmond en Texel met den noordelijken stroom in het zuidelijk gedeelte van de Noordzee vereenigt.

De algemeene richting der doorgaande stroomen in de Noordzee is ook uit de waarnemingen van de temperatuur van het zeewater af te leiden. Het koudere water uit het noorden stroomt langs

de westelijke, het warmere uit het zuiden langs de oostelijke kusten der Noordzee. De Doggersbank scheidt de verschillende stroomen in het noordelijk en zuidelijk deel der Noordzee. Uit de waarnemingen van de heeren Bernelot Moens en Tutein Nolthenius is gebleken dat in gewone omstandigheden een waterdeeltje, dat zich bij het begin van den vloedstroom aan den Hoek van Holland bevindt, met den vloedstroom ongeveer $10\frac{1}{2}$ K.M. in de richting der kust aflegt, met den ebstroom weder ongeveer $7\frac{1}{2}$ K.M. teruggaat en in het geheel gedurende een getijde 2,8 K.M. in noordoostelijke richting wordt verplaatst. In ruim 20 dagen wordt de weg van den Hoek van Holland tot den Helder doorloopen. Deze betrekkelijk zwakke doorgaande strooming is in overeenstemming met de heerschende windrichting en bevordert de vermenging van de koudere en warmere stroomen uit de verschillende deelen van den Atlantischen Oceaan.

Dat de heerschende wind oorzaak is van de doorgaande strooming en de veranderlijke windrichtingen slechts tijdelijke wijzigingen kunnen veroorzaken, blijkt o. a. uit het onderzoek van K. Zöppitz medegedeeld in Keller's Studien über die Gestaltung der Sandküste. Voor den invloed van den wind op den stroom geldt volgens hem de wet $V \propto t = 1736 h^{1/n}$ waarin t de duur in secunden van den invloed van den wind, n de snelheid in meters per secunde op de diepte h in meters.

In ondiepe zeeën als de Noordzee, vooral in het zuidelijk deel, doet zich de invloed van den wind tot op de volle diepte vrij spoedig gevoelen, zoodat krachtige winden en vooral stormwinden, die eenigen tijd aanhouden en niet te veel van richting veranderen, groote waterverplaatsingen ten gevolge hebben, welke sterke rijzingen en dalingen van den waterspiegel doen ontstaan.

Gevallen met sterken wind uitgezonderd, bedraagt de maximumsnelheid van den vloedstroom langs de Hollandsche kust op 7 M. diepte beneden de oppervlakte gemiddeld 45 M. per minuut; zij is bij springtij $\frac{1}{5}$ sterker, bij doodtij $\frac{1}{5}$ zwakker.

De grootste snelheid van den ebstroom bedraagt $\frac{3}{4}$ der grootste snelheid van den vloedstroom.

Het verschil in sterkte tusschen springtij en doodtij werd

aan de Terschellingerbank nauwelijks waargenomen, aan den Noord-Hinder wel.

De stroomen hebben langs den vasten Hollandschen wal nagenoeg eene vaste richting; zij loopen evenwijdig met de kustlijn heen en weer. Langs de Vlaamsche kusten, de zuidelijke eilanden en op den Noord-Hinder draaien de stroomen sterk naar links tegen den loop van de zon in; nabij den Helder en bij de Terschellingbank draaien zij sterk met zon. Oostwaarts van den Helder worden de stroomen van draaiende weder meer en meer heen- en weergaande.

Ten noorden van den Hoek van Holland wordt plaatselijk eene sterke draaiing met zon opgemerkt.

De richting der stroomen en hun verband met de tijdstippen van Hoog- en van Laagwater zijn in de stroomkaart, welke aan het verslag van de Noordzeewaarnemingen is ontleend, op plaat XXIV voorgesteld. De duur van een getijde is in 12 gelijke deelen verdeeld, zoodat elk uur in deze teekening ongeveer 1 uur en 2 minuten zonnetijd voorstelt.

Opmerking verdient de plotselinge overgang van tijd nabij den Helder ook voor de stroomen.

De loop der snelheid wordt op dezelfde plaat voorgesteld; de kromme bij het lichtschip van de Wielingen is overgenomen van de Belgische Hydrographische kaart; zij geeft grootere gemiddelde snelheden aan dan de kromme lijnen, welke door de heeren Bernelot Moens en Tutein Nolthenius zijn geconstrueerd.

De teekeningen geven slechts eene oppervlakkige voorstelling der verschijnselen, welke uit den aard der zaak met geringer nauwkeurigheid dan die der verticale waterbeweging en slechts gedurende enkele dagen zijn waargenomen.

Het tijdstip waarop de vloedstroom tot $\frac{1}{4}$ zijner grootste snelheid is gestegen, gaat aan den Hoek van Holland $2\frac{1}{3}$ à 3 uur aan het Hoogwatertijdstip vooraf; de grootste snelheid bereikt de vloedstroom in zee van 45 minuten vóór tot 2 uur na HW. aan den Hoek van Holland, terwijl de snelheid weder tot $\frac{1}{4}$ van het maximum daalt van $3\frac{1}{2}$ tot $4\frac{1}{2}$ uur na Hoogwater.

De ebstroom bereikte $\frac{1}{4}$ zijner grootste snelheid $4\frac{1}{2}$ à $5\frac{1}{2}$

uur na Hoogwater, de grootste snelheid van $6\frac{1}{2}$ tot $7\frac{1}{2}$ uur na Hoogwater en daalde weder tot $\frac{1}{4}$ der max-snelheid te $9\frac{1}{2}$ à $10\frac{1}{2}$ uur na Hoogwater; den kentertijd met het begin en het einde van den ebstroom verlengende, is de duur van den ebstroom ongeveer 5 uur of ruim één uur korter dan die van den vloedstroom.

Als middelwaarde vonden de heeren B. M. en T. N. tusschen den Hoek van Holland en den Helder een gelijken duur van vloed- en ebstroom.

Volgens alle waarnemingen gemiddeld, kenterde de vloedstroom tot ebstroom even benoorden den Hoek van Holland in zee te 4 uur 25 minuten na Hoogwater te Hoek van Holland.

De tijdstippen van kentering van vloed- tot ebstroom vallen in het zuiden van ons land ongeveer $7\frac{1}{2}$ uur na Hoogwater, nabij den Hoek van Holland ongeveer $4\frac{1}{2}$ uur, tusschen Vlieland en Terschelling slechts ruim 1 uur na hetzelfde tijdstip; verder oostwaarts nemen de verschillen weder toe.

Volgens de waarnemingen aan het lichtschip bij de Borkumerbank wordt daar op 24,6 M. diepte ebstroom waargenomen in W. N. W. richting van gemiddeld 1 u. 49' tot 7.13' na Hoogwater en vloedstroom in de richting O. t. Z. van 7 u. 40' na Hoogwater tot 1 u. 11' na het volgend Hoogwater.

De grootste snelheid van den vloed bedraagt bij springtij 1,3 knoopen, bij doortij 0,8 knoopen; van de eb is de grootste snelheid 1,2 knoopen bij springtij en 0,7 knoopen bij doortij.

De algemeene loop der stroomen langs onze kust is op plaat XXVII aangegeven, welke uit de Gezeitentafeln van het jaar 1885 is overgenomen.

Wanneer te Dover en te Helgoland het water rijst, stroomt het water van de omstreken van Texel naar beide plaatsen en omgekeerd stroomt het water van beide zijden hierheen bij vallend water te Helgoland en Dover.

De stroomscheiding tusschen het Engelsch kanaal en de Noordzee verplaatst zich daarbij heen en weer, tot Beachyhead westwaarts en tot Nieuwpoort oostwaarts. Er is dus geen enkel oogenblik dat er doorgaande stroom gaat in denzelfden zin van het Engelsch kanaal naar onze kust of omgekeerd; steeds is er stroomstilstand ergens tusschen Beachyhead en Nieuwpoort.

Een voorbeeld van de kracht der stroomen tot verplaatsing van zand langs den bodem is gegeven door de zandophooging, welke in 1878 op een afstand van ongeveer 3000 M. buiten den duinvoet te IJmuiden is gevormd door het uitstorten van baggerspecie ter plaatse waar eene diepte van 11 à 12 M. beneden laagwater werd gevonden. Buiten het bereik der golven is die zandrug langzamerhand door den stroom verwijderd.

§ II. Stroomen in de Zuiderzee. Welke stroomen onder verschillende omstandigheden in de Zuiderzee worden aangetroffen is tot dusver aan geen onderzoek onderworpen. Hieronder wordt beproefd een globaal overzicht te geven van de horizontale waterbeweging onder normale en enkele bijzondere omstandigheden.

De stroomen in de Zuiderzee zijn vooral belangrijk omdat de opstuwingen tegen de waterkeeringen langs de Zuiderzee zonder zeer krachtige waterverplaatsing in de ondiepe waterplas niet mogelijk zouden zijn. Daar de Zuiderzee een gesloten kom vormt, waarop de invloed der uitstrooming van den Gelderschen IJssel, het Zwarte-water enz. slechts zeer ondergeschikt is aan dien van de waterhoeveelheden welke door de zeegaten de Noordzee in- en uitstroomen, zou met behulp van de getijlijnen, op een voldoende aantal waarnemingsplaatsen verzameld of geregistreerd, berekend kunnen worden welke waterverplaatsingen tusschen de Noordzee-eilanden en de Zuiderzeekusten geschieden, indien de grootte van de oppervlakte met genoegzame nauwkeurigheid kon worden bepaald. Dit laatste is vrij wel het geval wat het zuidelijk deel betreft, doch daar de noordelijke helft der Zuiderzee slechts uit geulen bestaat, welke bij laagwater de scheiding vormen tusschen uitgestrekte waardgronden en zandplaten, terwijl bij hoogwater slechts enkele hoogere plaatsen boven den waterspiegel uitsteken, is hier de grootte van de oppervlakte uit de gewone kaarten niet juist te bepalen. Doch al ware de oppervlakte nauwkeurig bekend, dan zou het aantal peilschalen in zee en aan de westzijde onvoldoende zijn om daaruit de schommelingen in den waterspiegel nauwkeurig te bepalen. Daar echter door de berekening, hoe gebrekkig ook, een globaal in hoofdtrekken juist inzicht in den werkelijken toestand verkregen wordt, is van dit middel gebruik gemaakt

en zijn de uitkomsten op de platen XXVIII en XXIX verzameld.

De Zuiderzee is verdeeld gedacht in vijf afdelingen :

1^e. van de zuidelijke kusten tot eene lijn over Marken naar Elburg, groot ongeveer 83700 H.A.

2^e. van hier tot eene lijn tusschen Enkhuizen over Urk en Schokland naar den Ketelmond groot ongeveer 113900 H.A.

3^e. van hier tot eene lijn tusschen de Ven en het Roode Klif, groot ongeveer 83500.

4^e. van hier tot eene lijn over Wieringen naar Hindeloopen, groot ongeveer 55000 HA.

5^e van hier tot eene lijn van den Helder over Texel, Vlieland en Griend naar Roptazijl, groot ongeveer 134800 H.A.

In het laatste vak zijn de boven laagwater gelegen platen, waarden en waardgronden volgens de Topographische atlas te zamen groot ongeveer 42000 H.A.

Uit de geregistreeerde getijlijnen is afgeleid hoeveel de waterspiegel in elk der vakken gedurende elk half uur gemiddeld op en neer gaat; daarna is de inhoud van de geheele waterschijf, welke gedurende een half uur is bij- of weggevloed, berekend.

Het onderzoek heeft plaats gehad voor een gewoon getijde, den 26 Juli 1885 en voor de stormvloed van 12/13 December 1883 en van 24/25 Januari 1884.

De dwarsprofielen der Zuiderzee over de genoemde lijnen genomen zijn op plaat XXX voorgesteld. Behalve het profiel in de lijn van Vlieland over Griend naar Roptazijl, is tevens aangegeven het profiel over Terschelling naar Ameland.

De breedten en inhouden der profielen bij laagwater zijn ongeveer de volgende :

	Breedte.	Gem. diepte.	Grootste diepte.	Inhoud.
Lijn Marken—Elburg	46½ KM.	3,0 M.	4,1 M.	141 000M ²
Goudzee	1 "	1,2 "	1,8 "	1 200 "
Zuiderzee	45,4 "	3,1 "	4,1 "	140 000 "
Lijn Enkhuizen—Schokland.	30½ "	3,6 "	5,4 "	109 000 "
Enkhuizen—Urk	20 "	3,7 "	5,4 "	74 400 "
Urk—Schokland	10,5 "	3,2 "	4,0 "	34 400 "
Lijn Ven—Roode Klif.	15 "	5,2 "	8,8 "	78 000 "
Lijn Wieringen—Hindeloopen	25,4 "	3,9 "	15,6 "	99 000 "
Amsteldiep	1,4 "	6,6 "	15,6 "	9 000 "
Zuiderzee	24 "	3,7 "	7,6 "	90 000 "
Lijn Nieuwediep—Roptazijl..	10 "	8,4 "	38,0 "	84 000 "
Marsdiep	3 "	14,4 "	38,0 "	43 000 "

	Breedte.	Gem. diepte.	Grootste diepte	Inhoud.
Eijerlandsch gat 1,8 KM.		4,6 M.	9,0 M.	8 000 M ³
Monnikesloot 0,5 "		2,1 "	3,4 "	1 000 "
Vlie 2,5 "		9,0 "	19,8 "	23 000 "
Zuiderzee 3,2 "		2,9 "	4,4 "	9 000 "

Uit deze gegevens kunnen de volgende algemeene uitkomsten worden afgeleid:

Normaal geval, 26 Juli 1885.

Profiel.	Vloed.			Eb.			Aanmerking.
	Aangewend in M ³	Gem. per 1 ^o in M ³	Max. per half uur in M ³ per 1 ^o	Uitgestroomd in M ³	Gemid. per 1 ^o in M ³	Max. per half uur in M ³ per 1 ^o	
Marken—Elburg.....	487½	11 800	25 600	458½	10 200	23 300	Gedurende 1 uur noch aan- noch afvoer tusschen Mar- ken en Elburg.
Eukhuizen—Schokland..	763	19 300	35 800	731½	15 800	38 400	
Ven—Roode Klif.....	866	20 000	42 300	822	17 500	40 200	
Wieringen—Hindeloopen	938	19 300	45 300	941	21 900	38 100	
Eilanden—Roptazijl....	2233½	53 900	114 600	2317½	46 000	95 700	
	miljoen			miljoen			

Dien dag werd door den Gelderschen IJssel aangevoerd ongeveer 150 M³ per 1^o of in 25 uur 13½ miljoen M³, waarvan de invloed in het algemeen nauwelijks merkbaar is en bij de hoeveelheden die de zeegaten in- en uitstroomen vergeleken, geheel verloren gaat. De afvoer van den IJssel is zelfs klein vergeleken met een sterken regenval van gemiddeld 10 mM. per etmaal, die ongeveer 47 miljoen M³ op de Zuiderzee brengt, terwijl de afvoer bij zoogenaamde middelbare waterstanden langs den IJssel 9 miljoen M³ per etmaal bedraagt. De grootste afvoer van den IJssel in Januari 1883 is per etmaal te stellen op ongeveer 150 miljoen M³. Noch regenval, noch Geldersche IJssel oefenen derhalve op den normalen aan- en afvoer van water naar en van de Zuiderzee eenigen belangrijken invloed uit.

De grootste gemiddelde snelheid, uit bovenstaande globale gegevens af te leiden, bedraagt bij den vloedstroom ongeveer 0,18 M. per 1^o tusschen Marken en Elburg, 0,33 M. tusschen Enkhuizen en Schokland, 0,54 M. tusschen de Ven en het Roode Klif, 0,45 M. tusschen Wieringen en Hindeloopen en 1,20 M. in de zeegaten en tusschen Vlieland en de Friesche kust. Bij het terugvloeien is de grootste gemiddelde snelheid

kleiner dan bij vloed in het zuidelijk deel, doch grooter in de zeegaten en het noordelijk deel der Zuiderzee.

Aanvoer met stormvloed.

Profiel.	Tijd.	Duur.	Aanvoer. in M ³	Gem. per 1 ^r	Max. per half uur in M ³ per 1 ^r
12 Dec. 1883.					
Marken—Elburg.	4u.30 vm. — 10u.45 nm.	18u15'	2473½	miljoen	38 200
Enkhuizen—Ketel.	4u.15 vm. — 10u.45 nm.	18u30'	5003½		75 000
Ven—Roode Klif.	3u.15 vm. — 10u.45 nm.	19u30'	6667		95 000
Wieringen—Hindeloopen	2u. 0 vm. — 10u.30 nm.	20u30'	7560		102 400
Eilanden—Roptazijl	11u. 30 nm. (11 Dec.) — 9u.0 nm.	21u30'	9534½		123 200
24 Jan. 1884.					
Marken—Elburg.	2u.30 vm. — 11u.15 vm.	8u45'	1686	miljoen	53 500
Enkhuizen—Ketel.	2u.15 vm. — 11u.30 vm.	9u15'	2541		76 000
Ven—Roode Klif.	10u.15 vm. — 11u.45 vm.	13u30'	3494½		71 900
Wieringen—Hindeloopen.	10u.30 vm. — 11u.30 vm.	13u 0'	3813		81 500
Eilanden—Roptazijl.	10u.15 nm. — 7u.30 vm.	9u15'	4169		125 000

Wegens de onregelmatige beweging zijn de cijfers, die de gemiddelden voorstellen, gedurende de geheele hoofdperiode van den vloedstroom en gedurende het halfuur waarin de grootste rijzing is waargenomen, de meest belangrijke. De doorgestroomde hoeveelheden water nemen bij stormvloed evenredig sterker binnenwaarts toe dan in de zeegaten; vooral is de hoeveelheid water groot, die dan tusschen West-Friesland en Friesland meer doorstroomt dan in gewone gevallen. Uit de teekeningen blijkt ook, dat gedurende de sterke afwaaiing van den zuidwesthoek der Zuiderzee bij het begin van den storm slechts betrekkelijk weinig water noordwaarts stroomt; de hoogste waterstanden aan de Overijsselsche kust werden bereikt even nadat of kort vóór dat het instroomen door de zeegaten had opgehouden.

De stormvloed van 24 Juni 1884 is als voorbeeld genomen, omdat toen zulk een betrekkelijk hooge vloed aan de Overijsselsche kust is waargenomen. Dit blijkt uit het volgende lijstje van de vloedhoogte te Blankenham, mij door den Hoofdingenieur Déking Dura medegedeeld.

Jaar.	Hoogte + AP.	Jaar.	Hoogte + AP.
1701	2,63	2 Dec. 1867	2,70
1709	2,63	28 Dec. 1868	2,70
1775	2,63	7 Mrt. 1876	1,90
1776	2,93	31 Jan. 1877	2,70
4 Feb. 1825	3,23	28 Feb. 1877	2,00
31 Dec. 1833	2,88	8 Mrt. 1878	2,30
16 en 23 Oct. 1834	2,93	15 Oct. 1881	3,00
29 Nov. 1836	2,95	30 Apr. 1882	1,80
29 Dec. 1849	2,70	12 Dec. 1883	2,90
28 Mei 1860	2,30	24 Jan. 1884	3,10
20 Dec. 1862	2,80	27 Oct. 1884	2,40
20 Feb. 1863	2,90		

Het gebrekkige der samenstelling noopt tot een voorzichtig gebruik, doch kunnen de diagrammen der afvoeren, in verband met die der waterstanden te Helder, Kraggenburg en Durgerdam, over de vraag omtrent den invloed van den wind en den stormvloed op de Zuiderzee en de gevolgen van afsluitingen der Zuiderzee in verschillende richtingen veel licht verspreiden. De gemiddelde stroomsnelheden bij de stormvloeden zijn wegens de onzekerheid omtrent de grootte der profielen, waarin werkelijk stroom gaat, ook zelfs ten ruwe slechts moeilijk te bepalen; uit het medegedeelde blijkt echter genoegzaam, dat het vroeger opgemerkte omtrent den bodem der Zuiderzee juist is, dat de stroomen de nederzetting van slib bijna overal zullen beletten, welke nederzetting zich moet bepalen tot beschermde hoeken, diepe kuilen en het zuidelijk deel der Zuiderzee. Eene afsluiting der Zuiderzee, hare financieele uitvoerbaarheid verondersteld, zou mogelijk maken dat eene meer algemeene nederzetting van stoffen zou kunnen plaats hebben, doch steeds zou slechts hier en daar onder gunstige omstandigheden de landaanwinning eenigszins belangrijk kunnen zijn. Met het openhouden van het Texelsche zeegat zou bij stormvloed de aanvoer van zand uit zee door dat gat onverminderd blijven bestaan en zou een ruim gebied aanwezig zijn, waar het zich zou kunnen neerzetten, zonder zich weder te verplaatsen, om er den grondslag te vormen van vruchtbare kleilagen.

De gebezigde methode kan geenszins leeren hoe de wateraan- of afvoer zich tusschen de verschillende zeegaten en de ruimte tusschen Vlieland en Roptazijl verdeelt; bijzonder onderzoek zou daar-

voor noodig zijn. De werking van het Eijerlandsche gat is in 1874 uitvoerig door den ingenieur Van der Vegt onderzocht. Met elk getijde stroomt er ongeveer 149 millioen M³ water naar binnen of ongeveer 13½% van de geheele hoeveelheid voor 26 Juli 1885 bepaald; dit water verspreidt zich over eene beperkte ruimte binnen het gat, groot 14000 H.A. De werkingen van het Texelsche zeegat, het Vlie en de noordelijke gaten bij de vulling en ontlediging van de Zuiderzee zullen niet zoo eenvoudig zijn te scheiden.

HOOFDSTUK VI.

Weerkundige waarnemingen.

§ 1. **Temperatuur.** In de Algemeene Statistiek van Nederland, uitgegeven door de Vereeniging voor de Statistiek in Nederland, wordt door Prof. Buijs Ballot voor normale temperatuur de volgende lijst gegeven, waarbij van gegevens tot en met het jaar 1868 is gebruik gemaakt. De graden zijn volgens Celsius:

Plaats	Voor welke uren.	Dec.	Jan.	Feb.	Mrt.	Apr.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
Helder.....	8.2.8.	3,86	2,08	3,09	4,76	8,09	12,25	16,01	17,88	17,92	15,18	11,57	6,74
Leeuwarden..	8.2.8.	2,35	0,85	2,45	4,52	8,53	13,27	16,79	18,34	18,06	14,96	10,37	5,46
Groningen...	8.2.8.	2,07	0,53	2,03	3,95	8,55	12,96	16,57	18,17	17,81	14,60	10,43	5,01
Utrecht.....	8.2.8.	2,09	1,18	2,41	4,56	9,37	13,39	17,28	18,69	18,42	14,99	10,41	5,01
Hellevoetsluis	8.2.	3,02	1,75	3,56	5,65	10,82	15,28	18,58	20,38	19,64	16,86	12,26	6,33
Vlissingen...	8.2.	3,60	2,28	3,67	5,55	10,03	14,06	17,07	19,32	19,12	16,63	12,46	7,38
Maastricht...	1.2.7.	2,76	1,42	3,27	5,86	10,95	15,64	18,87	20,68	19,96	16,50	11,53	6,09

De normaal-temperaturen te Utrecht, te 8 uur v. m. en te 2 uur n. m. en 's avonds 10 uur, volgens het Meteorologisch Jaarboek over 1885, zijn op plaat XXXV voorgesteld.

In het Verslag voor den Landbouw van 1883 vindt men de normaaltemperaturen voor de verschillende jaargetijden en het geheele jaar op verschillende plaatsen in de volgende lijst verzameld.

Plaatsen.	Winter.	Lente.	Zomer	Herfst.	Jaar.
Groningen.....	1,89	8,35	17,29	9,96	9,38
Assen.....	1,53	8,87	17,96	9,70	9,56
Helder.....	2,94	8,00	16,76	11,04	9,65

Plaatsen.	Winter.	Lente.	Zomer.	Herfst.	Jaar.
Amsterdam	2,84	8,79	17,12	10,70	9,94
Utrecht	2,20	9,25	17,77	10,21	9,90
Vlissingen,	3,48	9,26	17,72	11,72	10,54
Hellevoetsluis..	2,74	9,57	17,98	11,13	10,41
Maastricht.	3,02	10,76	17,76	11,25	11,08

In ons land is Juli de warmste maand, met uitzondering van den Helder, waar Augustus iets warmer is dan Juli; de koudste maand is Januari; de maanden April en October komen het meest en de herfstmaanden meer dan de lentemaanden met de gemiddelde jaartemperatuur overeen.

De hoogste en laagste gemiddelde temperaturen, welke in elke maand en het jaar te Utrecht werden waargenomen van 1849 tot 1868, zijn verzameld in de volgende lijst.

Maand.	Hoogste gem. tempr.	Laagste gem. tempr.	Vershil tusschen hoogste en laagste gem. tempr.
December.	7,09 in 1853	— 2,88 in 1854	9,97
Januari. . .	5,55 " 1866	— 3,50 " 1850	9,05
Februari. . .	6,34 " 1867	— 5,31 " 1855	11,65
Maart. . . .	8,14 " 1862	0,57 " 1853	7,57
April.	12,52 " 1865	7,02 " 1852	5,50
Mei.	17,41 " 1868	11,34 " 1851	6,07
Juni.	20,39 " 1858	15,38 " 1854	5,01
Juli.	21,82 " 1852	15,97 " 1867	5,85
Augustus.	21,06 " 1857	15,69 " 1860	5,37
September.	17,91 " 1865	13,17 " 1863	4,74
October. . .	12,12 " 1857	8,15 " 1850	3,97
November.	8,65 " 1852	1,24 " 1858	7,41
Jaar.	10,96 " 1859	8,51 " 1855	2,45

In de wintermaanden is het grootste verschil in temperatuur; in Februari het grootste, in October het kleinste. De warmste en koudste maanden van het 20 jarig tijdvak, Juli 1852 en Februari 1855, verschillen onderling 27.13°, terwijl de warmste en koudste normaalmaanden verschillen 16.92°.

De verschillen tusschen de hoogste en laagste maandstanden in de jaren 1845—1868 bedroegen te Helder van December tot November respectievelijk 8.73, 8.11, 9.81, 8.13, 3.96, 6.53, 7.16, 5.58, 6.63, 4.86, 2.96 en 5.23 graden. Over het algemeen zijn zij iets kleiner dan de verschillen te Utrecht.

Volgens de waarnemingen over de jaren 1743—1835 te Zwa-

nenburg zijn dezelfde verschillen wegens den langeren duur der periode iets grooter; zij blijken uit de volgende lijst, waarbij de schaal Fahrenheit heeft gediend.

Maand.	Hoogste maandtemp.	Laagste maandtemp.	Vershil.
December..	46° in 1806, 1827 en 1833	26° in 1829	20°
Januari...	45° " 1796 en 1834	21° " 1823 en 1838	24°
Februari..	43° " 1790, 1809, 1817 en 1822	28° " 1814	15°
Maart...	47° " 1815 en 1822	32° " 1789	15°
April.....	54° " 1794	42° " 1837	12°
Mei.....	61° " 1811 en 1833	51° " 1803, 1807, 1810 en 1837	10°
Juni.....	66° " 1822	56° " 1805 en 1816	10°
Juli.....	69° " 1794	59° " 1802 en 1841	10°
Augustus..	68° " 1807	60° " 1816 en 1833	8°
September.	64° " 1795	55° " 1803	9°
October...	59° " 1831	45° " 1817	14°
November.	49° " 1817, 1821 en 1822	38° " 1804, 1805 en 1812	11°

Het hoogste cijfer komt overeen met 20.55 C. dus 1°27 lager dan dat te Utrecht over eene kortere periode: het laagste komt met — 6°11 C. overeen of 0,80 C. kouder dan in Februari 1855 te Utrecht.

De warmste en koudste maand verschillen 48° F. of 26.66 C., derhalve nog 0.47° C. minder dan het grootste verschil te Utrecht.

In hoever de dagelijksche temperatuur van de maandgemiddelde kan afwijken, blijkt uit de volgende lijst van grootste positieve en negatieve afwijking en van gemiddelde dagelijksche afwijking te Utrecht in graden C. voor elke maand in de jaren 1849—1868 volgens de Algemeene Statistiek.

Afwijking.	Dec.	Jan.	Feb.	Mrt.	Apr.	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
Positieve ..	9,7	12,8	10,3	10,6	12,2	12,0	13,5	11,0	12,4	9,9	9,1	8,5
Negatieve..	14,9	21,2	18,1	11,6	11,0	14,0	14,9	13,2	11,5	13,1	9,3	13,1
Gem. dag.	3,3	3,7	3,6	2,8	2,6	3,2	2,8	2,6	2,3	1,9	2,1	2,1

Buitengewone thermometerstanden te Utrecht in hetzelfde tijdvak zijn in de volgende lijst verzameld.

Dag.	Maand.	Jaar.	Hooge standen	Dag.	Maand.	Jaar.	Lage standen	Vershillen.
7	Dec.	1857	14,1	22	Dec.	1857	— 14,7	28,8
16	Jan.	1852	12,6	21	Jan.	1850	— 21,0	33,6
16	Feb.	1867	14,6	18	Feb.	1855	— 17,7	32,3

Dag.	Maand.	Jaar.	Hooge standen	Dag.	Maand.	Jaar.	Lage standen	Verschillen.
26	Mrt.	1862	19,0	2	Mrt.	1853	— 10,0	29,0
23	Apr.	1865	25,9	8	Apr.	1864	— 4,0	29,9
30	Mei.	1867	29,7	1	Mei.	1865	— 2,9	32,6
15	Juni	1858	33,9	14	Juni.	1849	2,5	31,4
17	Juli.	1868	32,6	1	Juli.	1849	4,9	27,7
4	Aug.	1857	34,4	28	Aug.	1864	5,5	28,9
7	Sept.	1868	29,2	26	Sept.	1855	— 0,8	30,0
1	Oct.	1866	24,5	27	Oct.	1866	— 2,1	26,6
2	Nov.	1852	17,6	32	Nov.	1858	— 16,6	28,2
	Jaar	1857	34,4		Jaar.	1850	— 21,0	55,4

Gegevens omtrent de laagste thermometerstanden en den duur van de vorst in ons land zijn voor den Waterstaat van veel belang. De volgende aantekeningen hieromtrent kunnen nog vermeld worden.

De laagste temperatuur is volgens de Meteorologie van E. H. Greve den 27^{sten} December 1798 te Deventer waargenomen; de thermometer teekende van $-8\frac{1}{2}$ tot -9° F. In den kouden winter van 1708—1709 waren er in ons land 61 en in dien van 1739—1740 77 vriesdagen; in den laatsten dezer winters daalde de thermometer den 11 Januari 1740 te Rotterdam tot -2° F. Hoe ver in het voorjaar de vorst nog heerschen kan, leeren de volgende aantekeningen; den 1^{en} April 1667 kon het ijs op het IJ en de Zuiderzee nog worden begaan; den 4^{en} April 1674 werd er nog schaats gereden op de Haarlemmermeer.

Op plaat XXII is de gemiddelde gevroren ijsdikte op de verschillende dagen van elke maand in de dertigjarige periode 1851—1884 te Helder voorgesteld. In de drie wintermaanden en in November en Maart werd ijs gevormd.

De totale dikte per jaar over de periode 1851—1884 is op plaat XXXV voorgesteld; er was geen enkel jaar zonder ijsvorming; het jaar 1855 staat bovenaan. Wanneer men de afwisseling in thermometerstand van dag tot dag nagaat, trekt het de aandacht dat zeer warme dagen zelden langer dan twee dagen achtereen voorkomen; strenge koude beneden -10° C. kan daarentegen weken aanhouden.

Eene voorstelling van de waarschijnlijke temperatuur, welke in elke maand verwacht kan worden, geeft de volgende lijst

van het aantal malen waarop ieder der graden Fahrenheit in elk der maanden van de jaren 1743—1835 te Zwanenburg werd bereikt; het aantal malen, waarop thermometerstanden lager dan 27° F. werden bereikt, is niet aangeetekend.

	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°
December.	—	2	1	2	4	3	4	6	8	6	8	9	5	9	10	4	3	2	3	—	—	—
Januari...	4	5	5	6	4	10	8	4	6	5	7	6	5	6	3	—	2	—	—	—	—	—
Februari...	1	2	2	2	7	2	7	6	11	5	8	8	—	9	6	5	—	1	—	—	—	—
Maart....	—	—	—	—	2	2	—	7	3	8	7	9	11	9	11	11	1	9	—	1	—	—
April.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7	6	3	5	7	15	9	11	15
Mei.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juni.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juli.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Augustus..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
September.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
October...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	5	5	11
November..	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2	2	4	8	8	13	11	12	11	6	5	8	1
Jaar.....	5	9	8	10	17	17	20	23	28	26	32	36	29	48	49	34	23	31	26	20	24	27
	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	
December.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Januari...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Februari...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Maart....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
April.....	7	6	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mei.....	2	4	12	12	6	12	17	10	7	8	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juni.....	—	—	—	—	—	3	3	7	5	17	14	11	9	15	4	4	1	—	—	—	—	—
Juli.....	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	3	9	11	13	15	14	12	5	3	3	1	—
Augustus..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	8	12	19	16	17	7	7	2	2	—	—	—
September.	—	—	—	—	—	2	5	9	7	13	23	11	14	6	2	—	—	—	—	—	—	—
October...	6.	13	13	16	10	4	2	1	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
November..	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jaar.....	15	23	27	28	16	21	27	27	22	42	44	40	47	53	47	35	20	12	5	5	1	—

De dagelijksche loop der temperatuur is volgens de waarnemingen van Februari 1848 tot 30 November 1868, als volgt: het warmste uur van den dag is één uur namiddag in December, Mei, Juni, Juli, Augustus, September en October, twee uur namiddag in Januari, Februari, Maart en April en beide uren in November.

De grootste afwijking der hoogste van de gemiddelde dagtemperatuur bedraagt in Mei 3° 77, de kleinste afwijking in December 1° 37.

Het koudste uur van den dag is 6 uur voormiddag in Dec. Jan. Feb. Oct. en November; 5 uur voormiddag in Maart en

September, 4 uur voormiddag in April, Mei, Juni, Juli en Augustus.

§ 2. **Barometerstand.** De normale barometerstanden in millimeters kwik volgens de Algemeene Statistiek te 8 uur v. m. zijn in den volgende staat verzameld.

Plaats.	Dec.	Jan.	Feb.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
Helder.....	759,80	760,42	760,27	761,23	759,54	760,62	761,25	760,39	760,86	761,20	760,05	759,20
Leeuwarden..	59,65	60,19	60,22	61,07	59,40	60,38	60,84	60,05	60,44	60,91	59,94	59,11
Groningen...	58,92	59,41	59,18	59,94	58,35	59,41	60,09	59,25	59,64	60,21	59,23	58,33
Utrecht.....	59,69	60,66	60,40	61,04	59,16	60,11	60,85	60,38	60,67	61,07	59,80	59,13
Hellevoetsluis	60,97	61,71	61,59	62,09	60,04	61,08	61,96	61,34	61,73	62,09	61,00	60,09
Vlissingen...	61,36	62,11	61,86	62,53	60,54	61,48	62,41	61,88	62,30	62,51	61,30	60,44
Maastricht...	57,32	58,04	57,52	57,97	55,77	56,70	57,65	57,06	57,62	58,05	57,05	56,13

Volgens het meteorologisch jaarboek van 1883 is de normaalstand te Utrecht 760.37, 760.19, 760.68, 759.66, 759.68, 760.13, 760.82, 760.67, 760.47, 760.74, 759.03, 759.32 en in het jaar 760.15; de verschillen met de vorige lijst klimmen tot ruim 1 millimeter. De gemiddelde maandelijksche standen bewogen zich te Helder in de jaren 1845—1868 tusschen 750.71 in Januari 1865 en 770.24 in Januari 1858.

Maand	Hoogste gem. maandstand.	Laagste gem. maandstand.	Vershil.
December.....	769,59 in 1858	754,15 in 1861	15,44
Januari.....	770,24 " "	750,71 " 1865	19,53
Februari.....	766,98 " 1849	752,66 " 1848	14,32
Maart.....	769,59 " 1854	752,15 " "	17,44
April.....	765,86 " 1865	754,45 " 1849	11,41
Mei.....	764,91 " 1848	756,58 " 1856	8,33
Juni.....	766,53 " 1865	755,48 " 1852	11,05
Juli.....	764,60 " 1859	756,30 " 1861	8,30
Augustus.....	762,63 " 1864	754,19 " 1860	8,44
September.....	768,16 " 1865	755,48 " 1866	12,68
October.....	767,01 " 1856	752,58 " 1855	14,43
November.....	767,05 " 1867	753,38 " 1861	13,67
Jaar.....	762,87 " 1858	758,49 " 1853	4,38

Het grootste verschil wordt door de Januaristanden, het kleinste door de Juliwaarnemingen gegeven. Te Utrecht bedroegen deze verschillen in de jaren 1849—1868, in de maanden December tot November 16.96, 19.84, 16.47, 16.38, 11.48,

6.53, 10.45, 7.66, 7.95, 11.88, 13.12, en 12.43; over het algemeen zijn zij kleiner dan te Helder. De grootste positieve en negatieve afwijkingen en gemiddelde dagelijksche afwijking in millimeters voor elke maand te Utrecht in 1849—1868, zijn verzameld in den volgenden staat.

	Dec.	Jan.	Feb.	Mrt.	Apr.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.
Positieve	23,5	21,8	22,5	22,7	17,3	13,3	13,4	11,4	12,1	15,1	20,6	22,8
Negatieve	31,7	35,2	34,4	34,6	26,7	23,1	18,8	19,8	17,2	25,5	26,6	27,4
Gemid. dagel..	7,9	8,6	6,8	7,8	5,7	4,5	4,3	4,2	3,8	5,1	6,0	7,0

Buitengewoon hooge en lage barometerstanden te Utrecht in 1849—1868 waargenomen, blijken uit de onderstaande lijst.

Dag, maand, jaar.	Hooge standen.	Dag, maand, jaar.	Lage standen.	Vershil.
10 December 1860	783,3	1 December 1868	727,8	55,5
9 Januari 1859	782,5	14 Januari 1865	725,6	56,9
11 Februari 1849	782,8	6 Februari 1850	726,0	56,8
6 Maart 1852	783,9	8 Maart 1858	726,7	57,2
9 April 1861	776,5	15 April 1859	732,1	44,4
31 Mei 1851	773,9	13 Mei 1867	737,0	36,9
8 Juni 1865	774,3	17 Juni 1866	742,2	32,1
13 Juli 1863	771,7	4 Juli 1866	740,8	30,9
29 Augustus 1854	773,0	4 Augustus 1852	743,2	29,8
15 September 1851	776,3	22 September 1863	735,6	40,7
29 October 1849	779,7	19 October 1865	733,0	46,7
11 November 1859	781,9	29 November 1853	731,9	50,0
Jaar 1852	783,9	Jaar 1865	725,6	58,3

De absoluut laagste stand is vermoedelijk op 715 m.M. te stellen en de absoluut hoogste op 785 m.M. Den 9^{den} December 1886 werd te Utrecht waargenomen 722 m. M. en te Groningen 718 m. M., boven Ierland 715 m. M., een stand boven het vasteland tot dusver niet waargenomen. Op zee heeft men een paar malen den barometer tot 70.4 m. M. zien dalen. Te Emden aan de Eems vond Dr. Prestel in 40 jaren voor het minimum 721 m. M., voor het maximum 785 m. M., gevende een verschil van 64 m. M. of slechts 6 m. M. minder dan voor het absoluut grootste verschil werd ondersteld. De verschillen kunnen zelfs in zeer korte perioden zeer groot zijn, o. a. bij den storm van 30/31 Januari 1877, toen te Emden verschillen van 50.3 m. M. in 8 dagen, en van 31.5 m. M. in 30 uur werden waargenomen.

De dagelijksche gang van den barometer levert twee maxima en twee minima op. De hoogste stand is die van 10 uur voormiddag, waarop het hoogste minimum om 3, 4, 5 of 6 uur namiddags volgt; een tweede maximum, lager dan dat van den voormiddag, wordt in den avond om 10 of 11 uur waargenomen, terwijl de laagste stand om 4. 5 of 6 uur voormiddag aan den hoogsten voormiddagstand voorafgaat.

§ 3. **De wind.** De lucht stroomt van het gebied van hooger druk naar dat van lageren druk; de snelheid van den wind is evenredig met het barometrisch verhang of gradient, het verschil in drukking in m. M. per graad (111 Kilometer), gemeten in eene richting, loodrecht op de lijnen van gelijken druk. Deze lijnen zijn in het gebied van lage drukking gesloten krommen, waarvan het middelpunt het centrum van depressie wordt genoemd.

Hoe sterker de luchtverdunning is, hoe sterker de beweging van de lucht, welke bij het naderen van het centrum der depressie in kracht toeneemt.

De wind waait niet in de richting van de normalen op de lijnen van gelijken luchtdruk, doch wijkt af naar rechts met een hoek, die 90° tot maximum heeft; dit wordt door de wet van Bujs Ballot aldus aangeduid: Wanneer men den rug naar den wind keert, heeft men het centrum van depressie links en een weinig naar voren, den hoogen luchtdruk rechts en iets naar achter. Voor het zuidelijk halfmond moeten rechts en links worden verwisseld. De wind groeit in den regel niet tot storm aan vóór het barometrisch verhang $2\frac{1}{2}$ millimeter bedraagt; de sterkste bekende gradienten bedragen 10 à 12 m. M. per 111 K. M. De snelheid van den wind bedraagt op het land 3 à 5 maal de gradient in meters per secunde; op zee is de verhouding $2\frac{1}{2}$ maal grooter, of ongeveer 10 maal de gradient. Eene voorstelling van den toestand in het gebied van hoogen druk wordt op plaat XXXII gegeven; de winden waaien uit het midden van het gebied van hoogen druk naar buiten; gewoonlijk is de weersgesteldheid helder, stil en in den winter koud.

In het centrum zelf heerscht stilte, nu en dan door rukwinden afgebroken, in de nabijheid der centra ontstaan meer

of minder hevige winden of heerscht storm. De plaatsen, waar de laagste barometerstand wordt waargenomen, verplaatsen zich, waarvan het gevolg is dat de betrekkelijke ligging eener plaats ten opzichte van den storm, die zich met de depressie verplaatst, telkens verandert. De grootste kracht van den wind wordt in den regel ontwikkeld, nadat de barometer weder rijzende is.

In het noordelijk halfrond beweegt de luchtstroom in een cycloon zich tegen de richting, waarin de wijzers van het horloge zich bewegen. De plaatsen, bij voorkeur door de minima ingenomen en de wegen door de minima gevolgd, zijn op plaat XXXI aangeduid, overgenomen uit Sprung's Meteorologie.

Meer dan de helft der Amerikaansche minima steken den Oceaan over en bereiken na 4 of 5 dagen Europa; de snelheid van verplaatsing bedraagt in Amerika gemiddeld 1000 K. M. per etmaal, over den Atlantischen Oceaan ongeveer 770 K. M. en in Europa ongeveer 640 K. M. of ongeveer 27 K. M. per uur; in 1884 was de gemiddelde snelheid van al de waargenomen stormen van 15 tot 18 mijl of 28 à 33 K. M. per uur. De snelheid van verplaatsing neemt steeds af. Volgens Dr. van Bebber waren gedurende 5 jaren de gemiddelde snelheden in de verschillende maanden en het jaar aldus:

	Jan.	Feb.	Mrt.	Apr.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar	
Noord-Amerika	13,4	13,4	13,6	11,5	10,5	10,1	11,8	9,1	9,9	10,5	12,2	14,1	11,7	M. per 1 ^o
Europa.....	7,8	8,0	7,8	7,2	6,6	7,4	6,4	6,3	7,7	8,5	8,3	8,1	7,4	" " "
Atl. Oceaan...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,8	" " "

De snelheid is in de koude maanden grooter dan in de warme. In westelijk Europa volgen de barometrische minima in den zomer bijna zonder uitzondering de van de Britsche eilanden naar het noordoosten gekeerde richtingen; in den winter, het voorjaar en den herfst worden ook dikwijls de naar het Oosten en Zuidoosten loopende wegen gevolgd.

De minima volgen eenigermate de isothermen, daar zij op het noordelijk halfrond het gebied van hoogere temperatuur rechts laten liggen.

Het is echter niet de lucht, die zich op de beschreven wijze met de snelheid van het minimum verplaatst, doch slechts de plaats der beweging zelve, evenals een golf zich over eene

watervlakte voortplant, zonder dat het water in dezelfde richting medestroomt. De draaiende luchtmassa's schrijden derhalve niet voort, doch brengt de voortschrijdende cycloon telkens nieuwe luchtmassa's in beweging.

Volgens Prof. Hann ontstaan de Föhnstormen, die voor onze rivieren van belang zijn, op de noordzijde der Alpen als gevolg van de lage minima die zich van de Fransche en Engelsche kusten oostwaarts bewegen, eerst de lucht boven Frankrijk en Midden-Europa in den draaistorm medeslepen en daarna ook die boven de hoogvlakten en de Alpenvalleien van noordelijk Zwitserland. De koude lucht van de Alpentoppen wordt naar de dalen getrokken en vormt de Föhn. De warme lucht aan de zuidzijde stijgt dientengevolge naar boven en brengt regen aan de berghelling en een gedeelte der vlakte aan den voet.

Volgens eene verhandeling van H. Harries in de vergadering der Royal Met. Soc. van 18 Nov. 1885 kan de weg van den storm in de 2e helft van October 1884 gevolgd worden van dag tot dag van den Stillen Oceaan tot Europa. 27 September nabij de Philippijnsche eilanden; 10 October binnen de Vereenigde Staten; 24 October Engeland; 27 October Fransche kust; 1 November einde in de Oostzee. 16000 E. mijlen werden in 36 dagen afgelegd. Op den Atlantischen Oceaan had een oponthoud van 19—25 October plaats, omdat zich eene andere storing uit de Atlantische tropen bij den cycloon voegde.

De beweging van de depressie bij den storm van 14/15 October 1881 is op plaat XXXI voorgesteld; het minimum van den storm van 30/31 Januari 1877, bewoog zich volgens de teekening op plaat XXXII over de Noordzee van Schotland naar Holstein met eene snelheid van 63 K. M. per uur. De depressies bewegen zich bij voorkeur in de richting, bij welke zij den grootsten druk rechts van hare baan hebben. Bij verschillende stormen, welke vóór het jaar 1832 over Schotland zijn gegaan, werden snelheden van 20 tot 46 Kilometer per uur waargenomen. De storm van December 1862 bleef echter 2 $\frac{1}{2}$ dag te Edinburg aanhouden zonder verandering van richting. Bij ons komt zulks niet in die mate voor; toch is de Decemberstorm van 1862 bekend wegens den langen duur en de hevigheid, zooals

blijkt uit de platen XXXIII en XXXIV waarop de windrichting en de windkracht te Helder gedurende de voornaamste stormvloed van de laatste jaren zijn voorgesteld. De hoofdweg van de Amerikaanse minima is van de westkust van IJsland langs de Noorweegsche kust; de minima, die Engeland bereiken, gaan van de Britsche eilanden en hunne omgeving, òf over de Noordzee, zuidelijk Zweden en het Zuidelijk of middelgedeelte der Oostzee naar de Russische oostzeeprovincies, òf — doch in weinig gevallen en bijna nooit in den zomer — over Frankrijk naar de Middellandsche zee.

Gaat, zooals gewoonlijk, het centrum noordelijk van ons land voorbij, dan draait de wind van Zuidoost over Zuidwest naar Noordwest, en daar de meeste zware stormen aan de zijde van den evenaar van onweer zijn vergezeld, is dit in ons land meestal het geval. De grootste draaiing kan 180° bedragen bij ééne depressie.

De wind waait op de oppervlakte van de zee en van het land met minder kracht dan op eenigen afstand boven den grond; als regel wordt aangenomen, dat de aangroeiing van de snelheid toeneemt met den vierkantswortel uit de afstanden boven de oppervlakte; volgens de berekening van Ferrel neemt de snelheid in meters toe, gemiddeld met 2,4 maal de hoogte boven de zee in Kilometers en wel 3,3 maal in Januari en 1,4 maal in Juli.

Omtrent de *richting van den wind* kan het volgende worden medegedeeld.

Zij kan niet naar de richting, waarin de onderste wolken zich bewegen, beoordeeld worden; van een 936 tal waarnemingen te Upsala in 1873—76 gedaan, bewogen de wind en de wolken zich in slechts 169 gevallen in evenwijdige richting.

Bij zuidwestelijke winden is bij ons de barometerstand gewoonlijk lager dan bij noordelijke. Bij de eersten zijn de depressies noordwaarts gelegen waar de minima in den regel lager zijn dan meer zuidelijk. Volgens Köppen is de gemiddelde stand der minima in de Noordzee 740 mM. en tusschen de Pyreneën en de Zwarte Zee 752 mM. Daarentegen is bij de anticyclonen, nabij gebieden van hoogen druk, het maximum hooger in het noorden dan in het zuiden van Europa; bij de noordoostelijke

winden is het maximum gewoonlijk meer nabij en een betrekkelijk hoog minimum verder af.

Volgens Maury zijn er 230 dagen met westwinden tegen 122 met oostwinden op de Europeesche kust; in den Noord-Atlantischen Oceaan tusschen 50° en 55° N.-breedte waren er van 1000 waarnemingen 24 oostelijke tegen 144 westelijke winden; op onze breedte in Europa waaien er van 1000 winden, 126 N., 140 N.-O, 84 O., 76 Z.-O, 117 Z., 192 Z.-W en 110 N.-W.

In den volgenden staat wordt het aantal winden in elke richting opgegeven zonder op de kracht te letten.

Windrichting te Leeuwarden 1843—1868.

Herfst en Winter.	ONO.	O.	OZO.	ZO.	ZZO.	Z.	ZZW.
8 uur	275—241	351—203	230—187	434—313	347—86	347—82	243—73
"	ZW.	WZW.	W.	WNW.	NW.	NNW.	N.
"	731—302	—	—	—	—	—	—
2 uur	ONO.	O.	OZO.	ZO.	ZZO.	Z.	ZZW.
"	—	324—228	—	—	298—99	394—21	321—93
"	ZW.	WZW.	W.	WNW.	NW.	NNW.	N.
"	753—315	274—251	—	217—174	350—344	—	—
8 uur	ONO.	O.	OZO.	ZO.	ZZO.	Z.	ZZW.
"	208—207	379—238	—	375—338	237—88	395—108	307—93
"	ZW.	WZW.	W.	WNW.	NW.	NNW.	N.
"	785—388	—	—	180—153	—	—	—
Lente en Zomer.	ONO.	O.	OZO.	ZO.	ZZO.	Z.	ZZW.
8 uur	—	245—230	—	—	201—171	249—217	252—158
"	ZW.	WZW.	W.	WNW.	NW.	NNW.	N.
"	806—372	246—216	—	252—134	494—331	—	—
2 uur	ONO.	O.	OZO.	ZO.	ZZO.	Z.	ZZW.
"	—	—	—	—	—	—	221—183
"	ZW.	WZW.	W.	WNW.	NW.	NNW.	N.
"	829—379	320—182	287—171	347—102	576—169	223—159	237—207
8 uur	ONO.	O.	OZO.	ZO.	ZZO.	Z.	ZZW.
"	—	—	—	—	—	—	241—210
"	ZW.	WZW.	W.	WNW.	NW.	NNW.	N.
"	725—560	321—173	308—191	273—109	558—182	227—147	308—180

Te Zwanenburg bedroeg het gemiddeld aantal dagen per jaar waarop de wind in verschillende richtingen heeft gewaaid in de jaren 1743—1786 Z. 44½ d., ZW. 66½ d., W. 66 d. NW. 48 d. N. 28½ d. NO. 37 d. O. 41 d. ZO, 25½ d. Stil 6 dagen.

Van 100 winden van 1849—1864 te Utrecht waargenomen, waren 55 uit den westhoek tegen 33 uit den den oosthoek, terwijl er 5 vlak Noord en 7 Zuid waren.

In den winter vooral in Januari waaien de westewinden meer zuidelijk en is het overwicht over de oostewinden gering; in het voorjaar zijn de oostewinden de heerschende; in den zomer vooral in Juli is het overwicht der westewinden het grootst; in den herfst neemt dit overwicht af en is de richting gemiddeld meer zuidelijk dan in de overige jaargetijden.

Splitsing der winden volgens hunne richting, in de verschillende maanden van het jaar, heeft o.a. plaats in de Verslagen van het Hoogheemraadschap Rijnland, waaruit de volgende lijst is samengesteld.

WAARNEMINGEN TE OUDE WETERING 1876—1883.

Gemiddeld aantal uren per maand en per jaar.

Maanden.	N.	NO.	O.	ZO.	Z.	ZW.	W.	NW.
Januari....	42	85	108	89	100	198	78	45
Februari...	55	52	27	73	105	189	120	53
Maart.....	76	110	54	42	51	172	139	99
April.....	86	163	74	68	77	106	90	56
Mei.....	159	138	33	25	43	150	105	88
Juni.....	86	94	42	23	54	187	166	67
Juli.....	48	25	24	18	97	243	220	69
Augustus...	64	62	57	25	81	224	162	69
September..	69	71	34	47	103	166	139	91
October....	64	146	80	48	119	126	93	50
November..	39	60	58	41	204	179	79	60
December..	36	50	67	80	159	178	118	54
Jaar.....	824	1056	658	579	1193	2118	1509	801

De zuidwestewind waait gedurende het grootst aantal uren, dan volgt de westewind; de oost- en zuidoostewinden waaien gedurende het kleinst aantal uren.

De Zuidwestewind is overheerschend wat den duur betreft in alle maanden behalve in April waarin de Noordoostewind, in Mei waarin de Noordewind, in October waarin de Noordoostewind en in November waarin de Zuidewind gedurende een grooter aantal uren waaien.

De gemiddelde richting van den wind per jaar in de jaren 1851—1882 was te Helder :

Z. t. W....	1	maal, in	1857.
Z. Z. W... 3	"	"	1872, 1876 en 1881.
Z. W. t. Z. 3	"	"	1871, 1873 en 1882.
Z. W..... 3	"	"	1853, 1865 en 1879.
Z. W. t. W. 6	"	"	1859, 1861, 1862, 1863, 1874 en 1877.
W. Z. W... 9	"	"	1856, 1860, 1864, 1866, 1868, 1869, 1875, 1878 en 1880.
W. t. Z... 2	"	"	1852 en 1858.
W..... 1	"	"	1867.
W, t. N... 3	"	"	1851, 1854 en 1870.
N. t. W... 1	"	"	1855.

In April en Mei, de maanden die voor de afwatering van zeer veel belang zijn, was de windrichting te Helder in de jaren 1855—1870 gemiddeld.

N.	gedurende 3,6 dagen in April en 3,75 dagen in Mei.
N. O.	" " " " " " 4,0 " " " " 5,1 " " "
O.	" " " " " " 5,4 " " " " 5,3 " " "
Z. O.	" " " " " " 1,1 " " " " 1,0 " " "
Z.	" " " " " " 1,0 " " " " 0,9 " " "
Z. W.	" " " " " " 6,7 " " " " 7,3 " " "
W.	" " " " " " 4,6 " " " " 4,6 " " "
N. W.	" " " " " " 3,7 " " " " 3,2 " " "

Graphisch door pijltjes is voor elke maand en voor het geheele jaar de gemiddelde windrichting voorgesteld volgens de door Wenckebach verkregen uitkomsten uit de opteekeningen in de voorgaande eeuw te Amsterdam en Haarlem op plaat XXII, waarin de lengte der pijltjes evenredig is aan de menigvuldigheid der waargenomen windrichting zonder schatting van de kracht.

Ook de hevige winden en stormen waaien in ons land vooral uit den westhoek. F. W. Conrad vermeldt in de Verspreide bijdragen, dat van 67 stormen in de 16jarige periode 1817—1832 te Goedereede waargenomen, waaiden 3 uit het N., 3 uit het N.N.W., 35 uit het N.W., 2 uit het W.N.W., 7 uit het W., 3 uit het W.Z.W., 12 uit het Z.W., 1 uit het Z.Z.W. en 1 uit het Z., of wel 3 uit het Noorden, 40 tusschen Noord en West, 7 West, 16 tusschen West en Zuid en 1 uit het Zuiden.

Van deze stormen woelen er

18 in Maart.
10 „ Januari.

12 in October.
8 „ November.

5 " December.

4 " April.

4 " Februari.

1 " de overige maanden.

Eilker deelt mede dat bij 76 stormvloeden in de Noordzee de wind woei, uit het Z.W., bij 6, het W.Z.W. bij 3, het W. bij 1, het W.N.W. bij 11, het N.W. bij 52, het N.N.W. bij 2 en het N. bij 1 storm.

Van 233 bekende stormvloeden in de Noordzee hadden er volgens denzelfden schrijver plaats, 53 in November, 41 in Januari, 34 in December, 27 in October, 21 in Maart, 17 in Februari, 14 in September, 8 in April, 6 in Augustus, 5 in Mei, 4 in Julij en 3 in Juni.

Volgens F. W. Conrad, den oudste, bereikten de stormvloedden te Amsterdam in de jaren 1701—1749 en 1767—1801 de hoogte van meer dan 90 duim (= 2,35 M. + A.P.) éénmaal per 17 jaar, van meer dan 80 duim (2,09 M. + A.P.) éénmaal per 6 jaar, van meer dan 70 duim (1,83 M. + A.P.) éénmaal per 3 jaar, van meer dan 60 duim (1,57 M. + A.P.) éénmaal per 1½ jaar, en van meer dan 50 duim (1,31 M. + A.P.) éénmaal per jaar. Van deze 86 vloeden waren er

9 in Januari.

6 " Februari.

6 " Maart.

2 " April.

1 " Mei.

0 in Juni, Juli en Augustus.

1 " September.

10 " October.

28 " November.

23 " December.

De vijf hoogste vloeden waren die van

6 April 1702, 2,35 M.	+ A. P.	vooraf daalde den 15 Nov. 1775 de
25 Dec. 1717, 2,51 "	"	waterspiegel te Amsterdam tot 1,05
28 Nov. 1741, 2,35 "	"	M. — A.P. en te Spaarndam tot
15 Nov. 1775, 2,51 "	"	1,25 M. — A.P. de overloop over den
en 3 Feb. 1791, 2,38 "	"	Slaperdijk duurde 25 uur.

De Allerheiligen (1 Nov.) vloed in 1570 krom tot 2,09 M. + A.P.

en die in 1675 tot 2,35 " "

De *kracht van den wind* wordt op vier wijzen aangeduid. De eenvoudigste voor schattingen meest bruikbare wijze bestaat in korte omschrijvingen als stilte, matig, frissche koelte enz., de tweede wijze bestaat in het toekennen van evenredige cijfers aan de kracht van den wind, als 0 of 1 aan den zwaksten wind en 8, 10 of 12 aan een hevige orkaan.

Beide wijzen vereenigd vindt men in de zoogenaamde schaal van Beaufort waarin 0 stilte en 12 orkaan voorstelt en waarbij elke windkracht nader is aangeduid door de gevoerde zeilen bij zulk een wind door een flink zeeschip. In het nummer van Engineering van 10 Juli 1885 vindt men eene lijst waarin de overeenkomstige snelheid van den wind in Engelsche mijlen per uur met de verschillende graden Beaufort zijn aangegeven volgens verschillende opgaven. Die welke in de instructies van het Meteorological office en van den Board of Trade worden gevolgd, vindt men in de volgende lijst.

Graden Beaufort.	Snelheid in Eng. mijlen per uur.	
	Volgens Meteor. Office.	Volgens Board of Trade.
0	3	0 tot 2
1	8	3 " 10
2	13	11 " 15
3	18	16 " 20
4	23	21 " 25
5	28	26 " 30
6	34	31 " 36
7	40	37 " 44
8	48	45 " 52
9	56	53 " 60
10	65	61 " 69
11	75	70 " 80
12	90	81 en meer.

De beste wijze van waarnemen en voorstellen bestaat in het aangeven van de snelheid van den wind of van de drukking van den wind op een loodrecht op zijne richting geplaatst vlak. Tusschen deze beide cijfers moet verband bestaan omdat de drukking per eenheid van oppervlakte aangroeit met het vierkant der snelheid. Hierop berust de volgende lijst van Dr. Krecke.

Naam van den wind.	Snelheid per seconde in M.	Druk per M ² . in K.G.
Stilte.....	0	0
Zwakke wind.....	5	2,5
Matige wind.....	10	10,0
Sterke wind.....	15	22,5
Stormachtig.....	20	40,0
Storm.....	25	62,5
Hevige storm.....	30 à 35	90 à 122,5
Orkaan.....	40	140

Naam van den wind.	Snelheid per seconde in M.	Druk per M ² . in K.G.
Krachtigste windstoot hier te lande waargenomen.....		150 à 160
Vernielende orkaan.....	45 à 50	202,5 à 250

De schaal waarnaar de wind in de Staatscourant wordt geschat is de tiendeelige zooals die op een congres in Weenen is vastgesteld.

Graad.	Windsnelheid in M. per 1".	Omschrijving.
0	1	Windstilte.
1	3	Zwakke wind, die de bladeren der boomen beweegt.
2	5	Matige wind, die ook kleine takken beweegt.
3	8	Matige wind, die ook sterke takken beweegt.
4	11	} Tamelijk sterke wind, die reeds de zware takken beweegt.
5	15	
6	19	} Sterke wind, die geheele boomen beweegt en takken afbreekt.
7	24	
8	29	Stormachtige wind, die takken of zwakke boomen breekt en het gaan moeilijk maakt.
9	34	Storm, welke sterke boomen breekt of ontwortelt, schade aan daken maakt en menschen omwerpt.
10	40	Orkaan.

Bij ons te lande was het gebruikelijk eene drukking van 30 K.G. per M² als het begin van stormwind te beschouwen; in latere jaren wordt een storm gerekend te heerschen wanneer de drukking 40 K.G. of meer bereikt.

Belangrijk voor de kenschetsing der cijfers in verband met de werking van windwatermolens is de volgende opgave voorkomende in het verslag over het verzekeren van een vasten boezemstand aan Rijnland door Conrad, Reuvens en Stieltjes.

Bij een winddruk van 0 tot 5 K.G. per M ² .	blijven de watermolens buiten gemaal.
" " " " 5 " 10 " " "	waait een slappe molenwind die 10 M ³ water per minuut 1 M. hoog doet opbrengen.
" " " " 10 " 20 " " "	stevige molenwind opbrengende 23 M ³ . per minuut.
" " " " 20 " 30 " " "	zeer sterke molenwind opbrengende 38 M ³ per minuut,
" " " " 30 en meer " " "	worden de molens buiten gemaal gesteld.

Er worden in ons land vele waarnemingen van den winddruk gedaan, waarvan de uitkomsten in de Meteorologische jaar-

boeken worden vermeld; meer in bijzonderheden tredende en met het oog op de waterkeering en waterloozing van veel belang, zijn de gegevens omtrent de waarnemingen te Helder, voorkomende in het Tijdschrift van het Kon. Inst. van Ingenieurs, die van Oude Wetering in de verslagen van Rijnland en die te Leeuwarden in de verslagen van den toestand der Provincie Friesland.

Omtrent den winddruk te Helder blijkt het volgende:

Gemiddelde winddruk te 2 uur voor- en namiddag in 1845 — 1883.

Januari.....	7,42	Juli.....	5,09
Februari.....	8,01	Augustus.....	5,88
Maart.....	7,54	September.....	6,48
April.....	5,77	October.....	7,66
Mei.....	5,15	November.....	9,43
Juni.....	5,07	December.....	8,00

Dit jaarlijksch verloop wordt op plaat IX graphisch voorgesteld.

In de maand November is de wind in den regel het krachtigst, het zwakst in Juni en Juli.

De gemiddelde druk per jaar verschilt vrij belangrijk; de figuur op plaat XXIV geeft den loop gedurende het jongste tijdvak aan. Het maximum werd in 1866 bereikt en bedroeg 8,43 K.G. volgens eene gemiddelde West-zuidwestelijke richting; het minimum in 1871 bedroeg 5,14 K.G. in de richting Zuid-west ten Zuiden.

De gemiddelde druk in 1851—1884 bedraagt 6,85 K.G. per M².

Over de dertig jaren 1851—1880 was de winddruk als volgt verdeeld:

Druk in Kilogr.	Gemid. aantal uren per jaar.	Druk in Kilogr.	Gemid. aantal uren per jaar.
0—10	6832	70—80	2,3
10—20	1465	80—90	1,06
20—30	346	90—100	0,57
30—40	75,3	100—110	0,37
40—50	28,2	110—120	0,42
50—60	11,5	120—130	0,10
60—70	4,7	130—140	0,007

De duur der stormen en hunne kracht blijkt uit de volgende lijst; de wind woei in die jaren met drukkingen van meer

dan de volgende cijfers in de onderstaande aantallen uren.

		Drukkingen van meer dan										kilogr.			
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	130				
In 1852	gedurende	37	10,6	3,0											uren
"	1853	"	25	12,5	5,8	1,4	0,1								"
"	1854	"	72	16,4	2,0										"
"	1855	"	35	10,0	1,0	0,5									"
"	1856	"	53	12,0	2,0										"
"	1857	"	43	13,0	—	—	1,0								"
"	1858	"	55	20,0	9,1	2,0	1,3	—	0,1						"
"	1859	"	37	16,0	4,3	0,6									"
"	1860	"	55	30,0	21,0	17,0	10,4	8,5	6,2	4,0					"
"	1861	"	38	21,2	16,3	13,1	11,0	8,0	2,0	1,3	0,3				"
"	1862	"	77	38,0	14,0										"
"	1863	"	122	74,0	48,0	34,0	18,4	10,0	7,0	4,0	2,0	0,2			"
"	1864	"	15	2,0											"
"	1865	"	62	26,0	8,5	1,5									"
"	1866	"	75	26,0	9,0	2,7	0,3								"
"	1867	"	56	23,0	9,0	4,0									"
"	1868	"	75	33,0	18,0	10,0	5,0	3,0	2,0	1,0	0,2				"
"	1869	"	84	32,0	12,0	5,0	1,0	0,8	0,6	0,5	0,3				"
"	1870	"	48,7	21,5	8,3	3,3									"
"	1871	"	13,0	7,0	2,0	1,0									"
"	1872	"	62	29,0	19,0	10,0	6,0	2,0	1,0						"
"	1873	"	36	18,0	9,0	4,0	2,0								"
"	1874	"	41	22,0	7,0	3,0	1,0								"
"	1875	"	42,1	22,1	13,1	5,8	2,2								"
"	1876	"	14,9	5,3	2,5	1,4	0,9								"
"	1877	"	94	47,0	27,0	17,0	13,0	11,0	8,0	5,0	0,5				"
"	1878	"	32,5	15,5	8,5	4,6	1,5	0,5							"
"	1879	"	28	15,0	4,0	1,0									"
"	1880	"	50	14,0	3,0	1,0									"

In 1851 kwam geen storm voor; het jaar 1863 was het meest stormachtige in dit tijdperk; het jaar 1877, waarin de sedert 1825 belangrijkste stormvloed werd waargenomen, won het nog van het jaar 1863 in den duur van den zeer sterken winddruk boven 90 Kilogram. De grootste winddruk werd den 4^{en} December 1863 te 0^u 30' v. m. waargenomen en bedroeg 135 K.G., waarop volgde 17 December 1864 met 127,0 K.G. te 4,15 v. m.

Uit de waarnemingen te Helder werd op bladz. 43 en 44 van Afdeling VI der Waterbouwkunde het vermogen van windmolens in de maanden November — Februari van de jaren 1857 tot

1867 op grond der hiervoren opgegeven cijfers berekend op eene opbrengst van ruim 400,000 M³ per maand en per molen indien de molen steeds doormaakt, terwijl deze opbrengst in den natten winter 1866—1867 tot 600,000 M³ klom; men kon wegens het verband tusschen wind en regen derhalve in de natte jaren op grooter vermogen van de windmolens rekenen.

Uit de waarnemingen te Oude Wetering zijn de volgende lijsten samengesteld welke de verdeeling van den gemiddelden winddruk over de verschillende maanden van het jaar voor de verschillende windrichtingen aangeeft;

GEMIDDELDE WINDDRUK IN VERSCHILLENDE RICHTINGEN TE OUDE WETERING,
1876—1883 in KG. per M².

Maand.....	N.	NO.	O.	ZO.	Z.	ZW.	W.	NW.
Januari....	4,27	6,36	5,47	3,14	5,87	7,57	6,10	7,10
Februari....	4,14	5,95	4,15	3,46	5,21	9,07	7,18	5,61
Maart.....	5,31	6,75	5,91	4,15	9,14	10,39	7,58	6,54
April.....	5,40	6,08	6,50	4,97	5,30	8,55	5,09	4,15
Mai.....	5,19	6,62	3,38	3,82	4,76	6,87	3,93	4,26
Juni.....	4,50	4,28	3,17	2,86	3,73	5,24	3,74	4,20
Juli.....	2,50	2,66	2,78	2,80	4,32	5,32	3,72	3,33
Augustus...	3,45	4,01	3,27	3,17	5,02	6,56	4,77	4,31
September..	2,73	2,71	2,49	3,20	4,12	5,02	3,87	3,63
October....	3,11	4,87	3,66	3,12	5,74	7,33	5,29	3,87
November..	4,34	4,75	5,06	4,53	6,02	9,35	7,22	5,43
December..	2,57	4,42	2,89	3,24	4,71	7,50	7,73	6,44

De gemiddelde winddruk was in de genoemde jaren in Maart en April het grootst, het kleinst in Juni, Juli en September; de Zuidwestewind is in elke maand het krachtigst behalve in December wanneer de Westewind gemiddeld een grooteren druk uitoefent, dan volgen de Noordwestewind in Januari, de westewind in Februari, de zuidewind in Maart, de oostewind in April, de noordwestewind in Mei, de noordewind in Juni, de zuidewind weder in Juli, Augustus, September en October, de westewind in November en na den westewind de zuidwestewind in December.

Het belang van den wind voor den waterstaat wordt onder sommige omstandigheden juister voorgesteld door de producten van den duur van elken wind en de gemiddelde windkracht, welke over dezelfde jaren 1876—1883 zijn opgemaakt en graphisch voorgesteld op plaat XXXV.

In alle richtingen te zamen is de wind in Maart het sterkst

en in September het zwakst. De zuidwestewind heeft in alle maanden van het jaar den meesten invloed behalve in April, in welke maand de noordoostewind van meer beteekenis is.

De zwakste der windrichtingen in duur en kracht is de zuidooste- of oostewind met uitzondering van de maanden Januari, November en December, waarin de noordewind en April waarin de noordwestewind van geringer beteekenis zijn.

Voor het drietal jaren 1877—79 zijn voor het Verslag der Noordzeewaarnemingen de sterkte der winden in verschillende richtingen te Helder berekend en in het verslag graphisch voorgesteld. Daarvan is de figuur op plaat XXXII eene kopie; op de richtingen waarin de winden waaien zijn de percenten uitgezet, welke den duur der verschillende rubrieken van winddruk aanduiden, waarna de aldus verkregen punten door rechte lijnen zijn vereenigd. De voorstelling berust op de volgende cijfers.

Wind- richting.	Aantal uren per jaar (het geheele aantal in één jaar op 100 stellende) gedurende welke de winddruk bedroeg per M ² in KG.			
	0—5	5—10	10—20	meer dan 20 kilogram
N.	2,14	1,94	0,64	0,11
NNO.	1,65	1,38	0,85	0,28
NO.	3,03	2,47	0,96	0,50
ONO.	3,11	2,18	1,14	0,33
O.	3,03	1,08	0,40	0,09
OZO.	1,72	0,23	0,17	0,00
ZO.	2,24	0,41	0,06	0,01
ZZO.	3,32	0,84	0,41	0,10
Z.	4,39	1,97	1,07	0,24
ZZW.	2,78	3,25	2,93	1,33
ZW.	5,29	4,85	2,67	1,25
WZW.	3,32	2,53	1,19	0,72
W.	2,98	2,46	1,41	0,79
WNW.	1,69	1,78	1,08	0,57
NW.	2,57	2,24	1,30	0,54
NNW.	1,62	1,48	0,70	0,19
te samen.	44,48	31,09	16,98	7,05

De meeste winden waaiden uit den zuidwesthoek, daarna waren de noordoostelijke de talrijkste; deze verdeeling geldt voor winden van alle sterkten.

Omtrent den grootsten druk en de grootste snelheid van den wind vindt men uitvoerige mededeelingen in de Minutes of proceedings of the Inst. of Civ. Eng. Vol LXIX, waaruit het besluit

kan worden getrokken dat nader onderzoek wenschelijk is, doch dat kan worden aangenomen dat de grootste druk 150 K.G. per M^2 dikwijls kan overtreffen en zelfs tot 275 K.G. kan klimmen en dat de grootste snelheid weinig meer bedraagt dan het dubbele van die van het middelpunt der depressie. Volgens Baker's waarnemingen aan de in uitvoering zijnde reuzenbrug over de Forth moet voor constructies van eenige uitgestrektheid op een maximum van 279 K.G. per M^2 worden gerekend. Zulk een druk is echter in de vallei van de Theems nooit voorgekomen; daar overtreft het maximum zelden 89 K.G. Weisbach stelt als maximum 127 K.G. per M^2 .; Rankine voor Glasgow 269 K.G. per M^2 . Bij den storm van 12 Maart 1876 werd te Brussel eene drukking van 144 K.G. per M^2 waargenomen.

De grootte van den maximum druk neemt met de grootte van de oppervlakte af, omdat de wind ongelijkmatig waait en slechts over eene zeer kleine uitgestrektheid op hetzelfde oogenblik de grootste uitwerking heeft; bij zeer kleine oppervlakten neemt de maximumdrukking daarentegen weder af, omdat de luchtstroom gemakkelijker kan ontwijken en dientengevolge betrekkelijk kleineren weerstand ontmoet.

Doch ook van den vorm der voorwerpen is om dezelfde reden de druk per eenheid van oppervlak afhankelijk. Holle voorwerpen bieden meer weerstand dan bolle; een valscherp met de helft der middellijn tot diepte, ondervindt een dubbelen druk, bollen daarentegen ondervinden slechts 36 à 41% van den druk van vlakke voorwerpen. De druk op cylinders bedraagt 54% van dien op vlakke platen; bij zeer groote middellijnen neemt de druk waarschijnlijk toe. Bij hellenden stand der voorwerpen neemt de druk eveneens af; volgens de proeven van Hutton en Vince geschiedt dit volgens de onderstaande schaal; de coëfficiënt is nagenoeg gelijk aan het vierkant der sinussen.

Hoeken in graden	90	70	50	30	10
Coëfficiënt	1,0	0,9	0,69	0,33	0,05
Vierkanten der sinussen	1,0	0,9	0,59	0,25	0,03

Dikwijls wordt beweerd dat de cijfers van den grootsten druk te groot door de werktuigen worden aangegeven. Men heeft deze daarom nu en dan getoetst aan waargenomen feiten; zoo werd bij den storm van 10 December 1884, die zich van de westkust

van Frankrijk naar Bohemen bewoog met eene snelheid van ongeveer 60 K.M. per uur, een fabriekschoorsteen omgeworpen, waarvoor eene kracht van 200 K.G. per M^2 noodig is geweest; een spoortrein werd omgeworpen, waarvoor noodig is geweest eene drukking van 211 K.G. per M^2 . voor een personenwagen en van 136 K.G. voor een goederenwagen; daar de trein uit 5 goederenwagens en 1 personenwagen bestond, moet de druk tusschen deze beide grenzen hebben gelegen. Het Met. Instituut te Weenen nam toen eene snelheid waar van gemiddeld 36 M. per seconde tusschen 6 en 7 uur 's avonds of 168 K.G. en een grootsten windstoot van 190 K.G. per M^2 . Bij een onweersbui woei den 11^{en} Juni 1886 op den Russischen zuidwesterspoorweg een wagen om, waarvoor eene drukking van minstens 123 K.G. per M^2 . moest zijn uitgeoefend.

Proeven met een houten wand ter grootte van 1,58 M. bij 3,16 M. waarvan een gedeelte open was, deden den 14 Januari 1871 een winddruk van 185 K.G. kennen, de onderzoeker meende dat het hoogste te bereiken cijfer op 250 K.G. kon worden gesteld.

Lulofs rekende in zijne Verhandeling over de snelheid van den wind op lagere cijfers dan in de laatste jaren zijn waargenomen. Bij den bekenden storm van 14/15 November 1775 werd te Zwanenburg met den winddrukmeter van Poleni eene snelheid van 97.825 voet per seconde waargenomen.

Tot vergelijking met waarnemingen elders langs de Noordzeekust wordt op blz. 181 eene lijst medegedeeld, getrokken uit Rühlmann's Maschinenlehre.

Daar de op zichzelf staande onweersbuien van geringen invloed zijn op waterstanden, enz. kan wat den aard der verschijnselen betreft, verwezen worden naar de voorstelling op plaat XXXII van de verschijnselen die het onweer van 16 Juli 1884 te Hamburg vergezelden.

§ 4. **Verdamping.** De lucht bezit de eigenschap waterdamp op te nemen in eene bepaalde hoeveelheid welke voornamelijk van de temperatuur afhangt; de hoeveelheid water, welke in den toestand van verzadiging in een kubieken meter lucht aanwezig is, neemt met de spanning van den waterdamp toe en bedraagt in grammen ongeveer het aantal millimeters kwik-

AANTAL DAGEN PER JAAR WAAROP DE WIND TE CUXHAVEN MET VERSCHILLENDE SNELHEID WAAIDE VAN 1862—1871.

Snelheid in meters. 0-1,43 1,43-2,86 2,86-4,29 4,29-5,72 5,72-7,15 7,15-8,58 8,58-10,01 10,01-11,44 11,44-12,87 12,87-14,30 14,30-15,73

Gem. aantal dagen.	21	77	99	77	48	25	11	5,3	1,4	0,4	0,1
Grootste aantal dagen	35	96	111	91	60	36	16	12	3	3	1
Kleinste aantal dagen	4	61	82	65	40	15	7	1	0	0	0
Gem. aantal in proc.	6,4	21,1	27,1	21,1	13,2	7	3	1,2	0,4	0,1	0,03

De gemiddelde snelheid bedroeg te Cuxhaven in dezelfde 10 jaren 4,38 M. per 1^{re} of 15,8 K.M. per uur.

kolom waarin de spanning wordt uitgedrukt. De betrekking tusschen de spanning en de hoeveelheid damp met de temperatuur wordt in de onderstaande lijst vermeld.

Graden C.	Spanning in m.M. kwik.	Grammen damp per M ³ .
— 10°	2,10	2,3
0°	4,60	4,9
10°	9,17	9,4
20°	17,39	17,1
30°	31,55	—

De hoegrootheid der verdamping staat derhalve in nauw verband met den tijd van het jaar en van den dag en met de ligging eener plaats.

Men is gewoon den vochtigheidstoestand van de lucht voor te stellen door de relatieve vochtigheid of de procentische verhouding tusschen de werkelijke tot de bij de temperatuur behorende mogelijke vochtigheid.

Zelden verkeert de lucht in den toestand van verzadiging, zelfs bij regen niet, zoodat de verdamping plaats heeft bij elke temperatuur, bij droog weer en bij regen, zooals door meer dan een waarnemer is gevonden.

De wind, die de vochtige lucht telkens verwijdert, is hiervan voornamelijk de oorzaak.

Over de geheele oppervlakte van de aarde, zoowel water als land, wordt water aan de lucht afgestaan; het geschiedt door de watervlakte of de vochtige oppervlakte zelve of door de planten.

De hoeveelheid hangt af van de temperatuur van de lucht en van den bodem, de richting en kracht van den wind, de relatieve vochtigheid van de lucht, het vermogen van den bodem om water op te nemen en vast te houden, de verdeling van land en water, enz.

Welke waarde aan de cijfers der waarnemingen kan worden toegekend is niet met juist-

heid te bepalen; men kan niet zeggen dat het reeds gelukt is de hoegrootheid der verdamping nauwkeurig te bepalen. Als betrekkelijke cijfers hebben de waarnemingen echter reeds zeer groote waarde; bij de toepassing worden in den regel fouten begaan, waarbij de fouten der cijfers geheel onbeteekenend zijn.

Het water dat van de oppervlakte van den grond verdampft, wordt uit de lucht opgenomen door condensatie, door regen en dauw; uit den bodem door de capillaire werking.

Niet alle gronden gedragen zich op dezelfde wijze bij het opnemen van water uit de lucht; volgens Schübler is die hoeveelheid niet gering. 1000 gram grond nemen op eene oppervlakte van 50 cm² op in grammen:

Soort van grond.	in 12 uur.	in 24 uur.	in 48 uur.	in 72 uur.
Kwarts zand.....	0	0	0	0
Kalkachtig zand.....	2	3	3	3
Gips.....	1	1	1	1
Vette leem.....	21	26	28	28
Kleiachtige leem.....	25	30	34	35
Blauwe zuivere leem.....	37	42	48	49
Fijne kalk.....	26	31	35	35
Fijne talkaarde.....	69	76	80	82
Schilferige mergel.....	24	29	32	33
Bouwgrond.....	16	22	23	23
Tuingrond.....	35	45	50	52
Teelaarde.....	80	97	110	120

Regenwater kan worden opgenomen tot dat de holle ruimten volledig zijn gevuld; bij ronden vorm der korrels zouden de holle ruimten minstens 27 $\frac{1}{10}$ van de geheele massa innemen, doch zulk zand komt niet voor.

v. Liebenberg verkreeg de volgende cijfers:¹

¹ In het Verslag van de Commissie tot onderzoek naar de mate waarin water onder verschillende drukhoogte door zandmassa's van verschillende samenstelling en breedte stroomt, uitgegeven door de K. Ak. van Wet. te Amsterdam, wordt op grond van genomen proeven aangenomen dat de hoeveelheid water die in zandgronden wordt opgenomen gemiddeld $\frac{1}{3}$ van het zandvolume bedraagt. Daar de tekst reeds was afgedrukt, kon van dit verslag geen gebruik gemaakt worden.

Soort van grond.	Opgeslurpt in gewicht procenten.	Volume procenten.
Grof zand.....	13,64	24,48
Fijn zand.....	31,55	50,59
Klei.....	25,0	35,27
Tertiaire leem.....	49	58,55
Löss.....	36	45,10
Humus en löss.....	38	46,39
Veengrond.....	100 à 200	
Afval van dennennaalden...	120 à 134	
Afval van bladeren.....	150 à 120	
Mos.....	200 à 900	

Eene grasbekleding werkt in den regel zeer intensief; een vierkante meter graszode nam 50 K.G. water op, overeenkomende met eene schijf ter dikte van 50 millimeter; zij werkt als een spons welke naderhand het water afgeeft.

Ook de snelheid van opneming van water door den grond is niet zonder gewicht; in de niet doorlatende leemgronden dringt het water slechts weinig centimeters per etmaal, in lossen zandgrond daarentegen wordt het water met gretigheid opgenomen.

Het water dringt volgens proeven van Appun een voet diep:

in zandgrond in 20 minuten.
„ veen..... „ 7 uur.
„ kleigrond. „ 19 uur 47 minuten.

De capillaire werking is eveneens voor verschillende soort gronden en bebouwing zeer verschillend. Voor de hoogte van opstijging in droge gronden vond Dr. J. E. Enklaar in cM.:

	Na 24 u.	Na 4 etm.		Na 24 u.	Na 4 etm.
Zandgrond Oranjewoud	6,5	9	Grove donkere leem...	32	44
Zwarte taingrond.....	32,5	45	Humusrijke klei.....	19,5	26,5
Veenachtige zandgrond	18	24,5	Bruine knipklei.....	7	11
Fijne grijze leem.....	43,5	70	Wit uitgelopen zand..	28,5	30

De hoofdingenieur van Diesen neemt op grond hiervan aan dat in den Haarlemmermeerpolder bij een waterstand van 0,32 M. of minder beneden de oppervlakte deze dras staat en aan volle verdamping onderhevig is.

Bij de toepassing zal in aanmerking genomen moeten worden dat de grondwaterspiegel geen horizontaal vlak vormt en dat de verdamping op begroeiden grond, zooals nader zal blijken, op andere wijze geschiedt als op onbegroeiden grond, omdat

de planten grooter oppervlakten voor verdamping aanbieden en rijk zijn aan middelen ter opzuiging van water ook uit diepere lagen.

Voor de opstijghoogte van water door de capillaire werking wordt door Perels opgegeven :

in grof zand 25 à 30 cM.	in leemgrond 100 à 125 cM.
„ kleigrond 45 à 60 „	„ turfgrond tot 6 M.

Van den stand van het grondwater en de opstijghoogte hangt het af of de oppervlakte van onbegroeiden grond water kan afgeven; eerst als de bovenlaag volkomen luchtdroog is, houdt de verdamping op. Luchtdroge aarde bezit nog 6 à $7\frac{1}{2}\%$ water. Daarbij komt dat de grond een zeer slechte geleider van warmte is, zoodat de zonnewarmte die den grond doet uitdrogen nauwelijks een voet diep indringt. De warmte van de lucht plant zich eerst na 6 à 7 dagen ter diepte van een voet in den grond voort; daardoor is reeds op geringe diepte de warmte van den grond onafhankelijk van de dagelijksche veranderingen in de luchttemperatuur; op eene diepte van \pm 25 M. is de temperatuur steeds dezelfde en ongeveer gelijk aan de gemiddelde luchttemperatuur.

Verdamping van watervlakken. Aan het kanaal van Bourgondië werden proeven genomen om de waarde van de gewone verdampingstoestellen te onderzoeken; deze leerden dat de verdamping van groote gemetselde waterbakken van 8 voet in het vierkant en 1 voet 4 duim diepte de helft bedroeg der gewone toestellen; daarentegen gaven zeer zorgvuldige waarnemingen in Engeland dikwijls een tegengestelde uitkomst en werd op de groote oppervlakte per eenheid meer verdampt.

Proeven omtrent verdamping te Boston Mass. genomen en door Fitzgerald medegedeeld, leerden dat ondanks de grootste voorzorgen de temperatuur van een klein vat, verschilde van die van het reservoir waarin het drijvende werd gehouden. In geen geval mag zich het vat boven de oppervlakte van den bodem verheffen.

Men zal de gewone waarnemingscijfers moeten aanhouden, doch slechts voor watervlakken. De cijfers zijn te groot voor zeer droge gronden die geen water kunnen afstaan, doch

daarentegen te klein voor de gewone gronden die goed bebouwd en plantengroei bezitten.

Gemiddeld bedrag der verdamping van een watervlak in millimeters,
te Utrecht, in 20 jaar.

Maanden: Dec. Jan. Feb. Mrt. Apr. Mei. Juni. Juli. Aug. Sept. Oct. Nov. Jaar.

Dikte der

schijf: **10,6** 11,7 20,8 47,0 89,4 122,3 **134,1** 129,5 110,5 72,6 35,9 16,6 783,8
te Zwanenburg in 99 jaar.

Idem. 13,32 **8,28** 14,49 34,79 60,60 82,91 **94,92** 94,89 32,47 54,89 31,95 17,92 591,07
te Helder (volgens het Verslag over den Landbouw 1883).

Idem. 19,8 **16,9** 19,7 35,8 58,9 88,6 104,5 **109,1** 97,5 70,0 43,6 24,1 688,5

Volgens deze verschillende opgaven, die onderling nog al afwijken gedeeltelijk ten gevolge van verschil in inrichting van het toestel en in opstelling, doch gedeeltelijk ook ten gevolge van verschil in standplaats, — Utrecht midden in het land, Helder aan zee en Zwanenburg in het Hollandsche polderland — heeft de grootste verdamping in Juni en Juli plaats, de kleinste in Januari en December.

Toch blijkt uit de waarnemingen van Fitzgerald dat ook de verdamping in den winter niet gering is; hij vond een maximum van 5,8 m.M. per etmaal en voor het maximum in een week in den zomer 16 m.M. per etmaal. IJs en sneeuw verdampen volgens die proeven even sterk als water.

Groote oppervlakken verdampen het sterkst op koele dagen na voorafgaande warmte. In het heetst van den zomer was de gemiddelde warmte van het water in den nacht gelijk aan die van den dag. De waarnemingen gaven als gemiddelde per jaar 1219 m.M. voor den regen en 996 m.M. voor verdamping, over de verschillende maanden van het jaar als volgt verdeeld:

Jan. 22,9 Feb. 30,5 Maart 45,7 April 78,7 Mei 116,8 Juni 148,8 Juli 160,0
Aug. 139,7 Sept. 104,1 Oct. 74,9 Nov. 41,2 en Dec. 30,5.

De directe werking der zonnestralen op watervlakken bevordert volgens Stark de verdamping zeer; volgens zijne proeven 14 jaren lang genomen, verdampte in de zon:

in Maart.....	113 m.M.	in Augustus..	223 m.M.
" April.....	174 "	" September.	198 "
" Mei.....	200 "	" October...	115 "
" Juni.....	205 "	" November.	76 "
" Juli.....	221 "		

Te Helder bedroeg de gemiddelde verdamping in de jaren 1851—1884 699,3 mM. per jaar; het hoogste cijfer werd in 1868 waargenomen en bedroeg 943,0 mM.; het kleinste in 1844 en bedroeg 492,7 mM.

De verdamping is in de verschillende jaren derhalve zeer verschillend; zij volgt zoowel per dag, per maand als per jaar ongeveer de wisselingen in de temperatuur. De sterkste verdamping per dag bedraagt te Brussel waar gemiddeld per jaar 834 mM. wordt verdampt, 12 mM.; voor de sterkste verdamping in eene korte periode kan worden aangenomen 7 à 8 mM. per dag gedurende 15 achtereenvolgende dagen; eene verdamping van 4 mM. per etmaal behoort echter reeds tot de buitengewone cijfers.

Hoezeer de verdamping verschilt voor de onderscheidene plaatsen van eenzelfde gebied, zelfs gedurende periodes van eene maand kan het volgende lijstje leeren.

Maand.	Helder.	Leeghwater.	Utrecht.
December. 1881.....	11,8	13,1	8,3
Januari.. 1882.....	14,9	13,2	6,2
Februari. "	20,5	25,3	15,6
Maart... "	42,7	49,6	53,9
April.... "	77,4	93,1	95,6
Mei..... "	119,2	117,7	136,0
Juni..... "	112,2	96,6	109,7
Juli..... "	139,6	99,9	119,1
Augustus. "	98,2	70,0	80,9
September "	60,0	49,6	63,3
October.. "	31,8	29,7	31,9
November "	30,3	31,2	18,2
Jaar 1881/1882.....	758,3	689,0	738,2

Zeewater verdampt ruim de helft der hoeveelheid water welke door zoetwater wordt uitgedampt; en wel volgens Chapman 54 % en volgens Ragona 56 %; volgens den laatste verandert dit cijfer met temperatuur en vochtigheid.

Volgens waarnemingen in Beijeren bedroeg de verdamping in het bosch 219 m.M. tegen 598 m.M. in het vrije veld, beide van een vrije wateroppervlakte.

Proeven met een luchtpomp genomen om te zien of gewone barometer-verschillen ook invloed uitoefenen, gaven te Boston negatieve uitkomsten.

Verdamping van onbegroeiden grond. Volgens de bekroonde verhandeling van Dr. J. E. Enklaar, uitgegeven door het Prov. Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen is de uitdamping van onbegroeiden grond buiten het bereik der zonnestralen aan den wind blootgesteld, het grootst bij gronden die het grootste gehalte aan zand bevatten en in den regel het water het gemakkelijkst doorlaten.

Soort van grond. (Uit Friesland herkomstig).	Hoeveelheid uitgedampt water.			Grammen per 10 cM ² .
	Procenten zandgehalte.			
	Grof.	Fijn.	Totaal.	
Zandgrond Oranjewoud.....	53,36	27,34	80,70	35,01
Uit uitgegloeid zand.....	69,93	29,33	99,26	31
Zwarte tuinaarde.....	73,03	8,84	81,87	29,74
Veenachtige zandgrond.....	42,50	28,07	70,57	28,59
Grove donkere leem.....	27,87	23,00	50,87	28,49
Fijne grijze leem.....	1,54	44,15	45,69	26,26
Zwarte humusrijke klei.....	4,67	45,81	50,48	24,87
Bruine knipklei (diluviale grond)	7,87	3,60	11,47	22,34

Volgens het doorlatingsvermogen van water na voorafgaande verzadiging onder standvastigen druk kunnen deze gronden als volgt worden gerangschikt.

wit uitgegloeid zand
zandgrond Oranjewoud
zwarte tuingrond
veenachtige zandgrond
grove donkere leem.
zwarte humusrijke klei
fijne grijze leem en bruine knipklei.

Miller vond, volgens de door hetzelfde genootschap uitgegeven Prize essay on Evaporation, dat de verdamping op onbegroeiden grond kleiner is dan op de vrije wateroppervlakte; na nauwkeurige waarnemingen gedurende drie jaar vond hij* voor de gemiddelde verhouding tusschen beide 80 à 88%, voor humus in de schaduw slechts 36%.

De waarnemingen te Helder leveren uitkomsten in denzelfden zin. Van 1869—1882 bedroeg de verdamping van onbegroeiden kleigrond van 320,6 mM. in 1881 tot 537,7 mM. in 1877, van onbegroeiden zandgrond van 274,8 mM. in 1870 tot 400,3 mM.

in 1878 en van onbegroeide teelaarde van 447,6 mM. in 1881 tot 728,4 mM. in 1877.

Deze laatste cijfers, welke vooral van belang zijn, bedragen ongeveer 60% en 89% van de verdampte hoeveelheid van een wateroppervlak. Waarnemingen in Beijeren waarbij voor eene voortdurende vochtigheid van den grond werd gezorgd, leerden daarentegen dat de verdamping van grond sterker is dan die van een watervlak; die meening wordt ook omhelsd door Dr. E. Perels in zijn Handbuch des Landwirthschaftlichen Wasserbaus, en daarvoor bestaat goede grond. Wanneer de grond vochtig is moet de ruwheid der oppervlakte eene betrekkelijk sterkere verdamping tengevolge hebben, omdat de werkelijke oppervlakte die verdampt betrekkelijk grooter is dan die van een gladden waterspiegel.

In bosschen bedroeg volgens waarnemingen in Beijeren de verdamping van den bodem 85 à 62% van die in open terrein.

Verdamping van begroeiden grond. Niet alleen hebben de planten in hare wortelen zoovele werktuigen om vocht uit den grond op te nemen en bieden zij in hare bladeren en takken eene groote oppervlakte ter uitdamping aan, doch overtreft ook de verdamping van sommige planten voor dezelfde eenheid van oppervlakte die van de vrije wateroppervlakte. Zoo vond Miller dat de oppervlakte van de bladeren eener zonnebloem 14 maal meer verdampte dan eene gelijke vrije wateroppervlakte.

Reeds door Stephen Hales in 1761 gestorven, werd waargenomen dat een zonnebloem bij dag in 12 uur 13 pond water verdampte; volgens Hagen zou een tienjarige wilg in 6 dagen één kub. voet water opzuigen en grootendeels verdampen. Deze eigenschap der boomen om water op te zuigen en te verdampen bezitten sommige soorten in die mate dat zij gebezigd worden voor de drooglegging van lage terreinen o. a. de zonnebloem en de *Eucalyptus globulus*.

Miller vond het verdampingsvermogen van grond met lang gras begroeid 2,83 maal, van grond met kort gras begroeid 1,38 maal, van grond met roode klaver 3,13 maal, en met witte klaver 1,38 à 2,83 maal grooter per eenheid van oppervlakte dan van water.

Schübler vond in 1826 dat eene met gras begroeide opper-

vlakke bij 18° C. 2,2 maal grooter hoeveelheid water verdampte dan de daarnaast gelegen vrije watervlakke.

Volgens de waarnemingen te Helder bedraagt de verdamping van gras en klaverweide van 759,9 mM. in 1879 tot 1845,4 mM. in 1868 of resp. ongeveer 1,17 en 1,96 maal meer dan de hoeveelheid door eene vrije wateroppervlakte uitgedampt.

In het Meteorologisch jaarboek van 1866 vindt men de uitkomsten der waarnemingen te Utrecht tot vergelijking der uitdamping van eene grasoppervlakte en van eene wateroppervlakte. Van de eerste verdampt in den winter meer doch in den zomer minder dan van de tweede, waaruit het nut van maandgemiddelden blijkt, omdat de sterkere verdamping in de wintermaanden juist van veel nut is voor den Waterstaat. Prof. Buijs Ballot wijst op de cijfers van September 1859 die weinig verschil opleveren juist in een maand waarin het minder in meer overgaat en op het blijkbaar te kleine cijfer van October 1861, dat echter door het daaropvolgende van November 1861 dat te groot is wordt gecompenseerd.

		Gras.	Water.			Gras.	Water.
September	1859	67,5	62,8	April	1860	37,7	80,0
"	1860	72,4	47,2	"	1862	27,1	86,7
"	1861	98,6	63,7	Mei	1860	103,4	117,3
October	1859	67,5	62,8	"	1862	26,4	123,0
"	1861	2,6	44,2	Juni	1859	51,9	133,2
November	1859	31,4	22,8	"	1860	64,4	117,3
"	1861	30,0	12,4	"	1861	177,8	113,6
December	1859	58,4	10,4	"	1862	63,0	93,4
"	1860	18,6	9,5	Juli	1859	100,1	166,5
Januari	1859	58,5	13,1	"	1860	54,2	102,5
"	1860	54,5	7,7	"	1861	75,1	117,4
Februari	1859	38,1	21,5	"	1862	96,0	106,1
"	1860	22,8	18,5	"	1863	51,4	137,9
Maart	1860	75,9	36,7	Augustus	1859	87,9	124,0
"	1862	21,5	55,0	"	1860	73,2	61,6
Totaal in 15 maanden		748,5	468,3	"	1861	83,4	111,8
				"	1862	72,5	98,6
				Totaal in 17 maanden		1245,5	1895,9

In de herfst, den winter en de voorjaarsmaanden September tot Maart verdampte er 1,6 maal meer water van de grasoppervlakte dan van de vrije wateroppervlakte.

In de zomermaanden April—Augustus, wanneer er in den regel aan water behoefte is, verdampte van de grasoppervlakte slechts 0,65 gedeelte van de hoeveelheid, die van de vrije wateroppervlakte verdampst.

Behalve de hoeveelheid water welke de planten verdampen, is er voor sommige gewassen eene vrij belangrijke hoeveelheid noodig ter gezonde vruchtvorming.

Volgens Hellriegel is er voor 1 K.G. gerstkorrels 700 Liter water noodig en daar er ongeveer 2000 K.G. per H.A. kunnen worden geoogst, is er noodig gedurende den groeitijd 1400,000 L. water per H.A. of eene waterschijf ter hoogte van 140 m.M.

§ 5. **Regen.** Het hemelwater valt neer in den vorm van regen, sneeuw, hagel, dauw en rijp.

Dauw ontstaat door afkoeling der warmere lucht door den bodem; de bodem koelt af tengevolge van krachtige uitstraling van warmte in heldere stille nachten; rijp ontstaat wanneer uitstraling en afkoeling zoo sterk zijn dat zich ijskristallen kunnen vormen.

Noch bij bewolkte lucht, noch in bosschen, noch op naakten bodem, noch bij sterk bewogen lucht ontstaat dauw.

Rijk aan dauw zijn vooral de sterk uitstralende graslanden in den zomer.

Soms is in bergstreken de dauw zoo sterk dat zij op een zachten regen gelijkst.

Van praktische waarde uit een waterstaatkundig oogpunt zijn dauw en rijp echter niet; de grootste hoeveelheid, welke werd waargenomen bedroeg $2\frac{1}{2}$ m.M. in de maand Februari 1874 te Montsouris.

Hagel is evenmin van bijzonder belang voor de bevochtiging van den grond.

Regen en sneeuw zijn de beide vormen voor hemelwater, waarmede rekening moet gehouden worden; als maat dient de dikte in millimeters van eene gelijkelijk over den bodem verspreide laag; de gevallen sneeuw wordt in gesmolten staat gelijktijdig met den regen gemeten; de dichtheid der sneeuw is ongeveer $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{12}$ van die van water.

In de Alpen waar de lijn der eeuwigdurende sneeuw ongeveer ter hoogte van 2700 M. boven de zee is gelegen, valt jaarlijks

eene sneeuwlaag ter dikte van 2 à 3 M.; de geheele opeengehoopte sneeuwmassa, die van onderen in ijs overgaat, is soms 300 à 500 M. dik.

Beneden de sneeuwrens, vindt men de gletschers, de ijsrivieren die zich 's zomers sneller dan 's winters doch voortdurend naar beneden bewegen. De snelheid van de bekende Mer de Glace bedraagt 500 à 864 m.M. per etmaal in den zomer. Evenals in stroomend water is de beweging in de as sneller en langs de wanden en den bodem langzamer; de gletschers splitsen zich in armen en vereenigen zich tot één ijsstroom evenals waterstromen.

De gletschers vormen derhalve voortdurende doch eenigszins afwisselende bronnen van water in het Rijstroomgebied.

Van de hoeveelheid gevallen sneeuw, wordt in het vervolg niet meer afzonderlijk melding gemaakt; zij is onder de hoeveelheden regen begrepen.

De uitkomsten der waarnemingen te Helder zijn op plaat XXXV graphisch voorgesteld; in dezelfde figuur is ook de winddruk voorgesteld; tusschen beide bestaat duidelijk verband.

De jaarlijksche hoeveelheden in de jaren 1851—1883 te Helder waargenomen schommelen tusschen 448,7 m.M. in 1861 en 962,4 m.M. in 1866; in Rijnland in de jaren 1859—1885 tusschen 316 m.M. in 1864 en 1072 m.M. in 1872; ook elders zijn deze cijfers zeer ver uiteenlopend als te Brussel volgens de waarnemingen van 1833 tot 1880 van 448,1 mM. in 1864 tot 1037 mM. in 1878; te Ostende in de jaren 1862—1879 van 434 mM. tot 1105 mM.; te Keulen in 1848—1867 van 12,7 Rijnl. dm. in 1857 tot 35,1 Rijnl. duim in 1860; te Mannheim van 365,5 mM. in 1864 tot 1226,8 mM. in 1882; te Karlsruhe van 448,0 mM. in 1857 tot 1450,4 mM. in 1882.

Voor de jaargemiddelden vindt men opgegeven:

in het stroomgebied der Main.....	697,5	mM.
" " " " Moezel.....	629,3	"
" " " " van den Rijn van Coblentz tot Emmerik	680,7	"
" " " " de Eems.....	640,3	"

Stelt men de gemiddelde regenhoeveelheid op 100 dan draagt deze, volgens Siebert's verhandeling in de Beiträge zur Hydrographie des Grossh. Baden volgens 14-jarige waarnemingen

op de overige stations, het minst te Mannheim 92, het meest te Baden en Schweigmatt 182. Op plaat XXXVI zijn de lijnen van gelijke regenhoogte volgens de waarnemingen gedurende 1879 en 1883 voorgesteld, waarbij gebruik werd gemaakt van waarnemingen op 149 stations in Baden en aangrenzende landen. De grootste uitgestrektheid heeft het gebied met eene regenhoogte van 1000 tot 1200 m.M.

De invloed van de hoogte boven de zee blijkt uit deze kaart wanneer men op den loop der rivieren en de plaats der waterscheidingen let.

Deze kaart in verband met de heerschende windrichting beschouwd, verklaart ook waarom het stroomgebied van de Maas dat westelijk van de Vogesen is gelegen eerder den regen ontvangt dan het Schwarzwald dat tot het stroomgebied van den rechter Rijnsoever behoort.

De algemeene verdeling der hoeveelheid gevallen regen blijkt voorts uit plaat XXXVI.

Binnen de grenzen van ons land loopen de waargenomen middelcijfers voor de onderscheidene plaatsen van ons land zoo weinig uiteen, dat geene lijnen van gelijke regenhoogte getrokken kunnen worden.

De normale jaarcijfers zijn voor de verschillende plaatsen van ons land als volgt:

Groningen.....	656,1	mM.	gemiddelde	in	39	jaar.
Assen.....	691,1	"	"	"	29	"
Helder.....	695,7	"	"	"	38	"
Amsterdam.....	607,4	"	"	"	32	"
Utrecht.....	708,4	"	"	"	35	"
Vlissingen.....	620,2	"	"	"	28	"
Hellevoetsluis.....	544,0	"	"	"	28	"
Maastricht.....	600,6	"	"	"	30	"
Zwanenburg (Halfweg).....	657	"	"	"	99	"
Rijnland (verschillende plaatsen)	669	"	"	"	27	"

Voor den Waterstaat hebben de jaarlijksche hoeveelheden betrekkelijk weinig waarde, de verdeling over de verschillende maanden van het jaar des te meer.

Gerangschikt volgens de zes kwartieren waarin ons land in het Meteorologisch jaarboek voor de regenwaarnemingen is verdeeld, zijn de gemiddelde maandelijksche hoeveelheden in millimeters over de jaren 1874—1883 als volgt: waarbij ter ver-

gelijking gevoegd zijn de waarnemingen te Utrecht, te Zwanenburg en van Rijnland (tot 1869 te Zwanenburg; tot 1874 in den Haarlemmermeerpolder en tot 1885 te Oude Wetering).

Maanden.	Kwartieren.						Gemiddeld in ons land 1874-1883	Utrecht 1849-1884	Zwanenburg 1743-1841	Rijnland 1859-1885
	N.W.	N.O.	W.	O.	Z.W.	Z.O.				
December...	51	53	58	61	55	66	58	62,5	51,5	47,5
Januari.....	50	37	47	43	46	49	45	49,0	37,8	44,5
Februari....	49	46	46	46	46	44	46	45,9	37,1	31,6
Maart.....	52	48	52	54	51	53	52	43,9	36,2	43,3
April.....	35	33	35	33	36	33	34	39,6	37,7	34
Mei.....	39	36	43	43	46	47	42	48,5	39,6	35,5
Juni.....	56	61	60	65	55	61	60	54,7	53	51,3
Juli.....	62	70	70	76	68	78	71	77,2	68,3	66,1
Augustus...	92	91	93	94	87	89	91	85,3	75,4	87,1
Sept ember...	91	77	89	73	81	68	80	67,9	71,7	83
October.....	77	71	73	64	72	63	70	70,5	78,6	85,3
November...	95	85	86	82	83	92	87	60,6	70,2	64
Jaar.....	749	708	747	734	726	743	730	705,6	657,2	669

De duur der waarnemingen heeft op de cijfers veel invloed; dit bleek ook te Karlsruhe, waar de gemiddelde hoeveelheid per jaar over 82 jaar 794,8, sedert 1841 875,5, en over de laatste 14 jaar 1139,8 mM. bedraagt.

Te Karlsruhe was de gemiddelde over 1861—70 727,2, over 1871—80 1154,9 mM.; te Mannheim waren de overeenkomstige cijfers zelfs 536,9 en 887,0 mM.

Over de jaargetijden verdeeld, was de regenval in 1849—1884 te Utrecht:

Winter	157,4 mM.	of 22 %	van de jaarlijksche hoeveelheid.
Lente	132,0 mM.	" 19 "	" " " " " "
Zomer	217,2 mM.	" 31 "	" " " " " "
Herfst	199,0 mM.	" 28 "	" " " " " "

In onze streken zijn de zomerregens de sterkste; in de middegebergten van centraal-Frankrijk en midden-Duitschland de herfst- en winterregens. In de Noordelijke Alpen daarentegen, waaruit de Rijn mede wordt gevoed, zijn weder de zomermaanden de natste maanden. Verdeeld over de vier jaargetijden zijn de verhoudingscijfers resp. 16,4%, 24,2%, 37,9%, en 21,5%. Terwijl in den zomer te Utrecht gemiddeld 1,4 maal meer regen valt dan in den winter, klimt deze verhouding in de Alpen tot 2,3.

De lagere middegebergten ondergaan in den winter meer dan in den zomer den invloed der regens van den Atlantischen oceaan.

Bij ons te lande valt over het algemeen in Augustus de grootste gemiddelde hoeveelheid regen, of wel in October of November, de kleinste hoeveelheid in Februari, Maart of April; in Baden zijn deze maanden Juni en Juli voor het maximum en Februari voor het minimum.

Hoezeer de in dezelfde maand gevallen hoeveelheden regen op de verschillende plaatsen van ons land afwisselen, kan elk Meteor. jaarboek leeren.

Gerangschikt volgens de zes kwartieren van het Meteorologisch jaarboek zijn de totale hoeveelheden regen in mM. in Dec. 1883 — Nov. 1884 gevallen, begrepen tusschen:

570,7	te Helder	en 662,0	te Zaandam	gemiddeld 629,0	in het N.W. kwartier.
520,3	" Akkrum	" 878,3	" Warffum	" 640,8	" " N.O. "
482,1	" Scheveningen	" 748,2	" Leeghwater	" 622,9	" " W. "
541,6	" Velp	" 723,4	" Lochem	" 651,6	" " O. "
508,7	" Kapelle	" 764,4	" Sluis	" 619,4	" " Z.W. "
482,7	" Roermond	" 718,2	" Helder	" ?	" " Z.O. "
482,1	" Scheveningen	" 878,3	" Warffum	" "	" " geheele land

De maandcijfers wijken nog meer van elkander af; zij schommelen in

December van	25,0 mM. te	Epe	tot 118,5 mM. te	Warffum.
Januari	" 33,0	" " Scheveningen	" 118,8	" " Warffum.
Februari	" 14,5	" " Velp	" 46,5	" " Frederiksoord.
Maart	" 11,0	" " Delfzijl	" 43,5	" " Borne.
April	" 4,2	" " Helmond	" 38,4	" " Akkrum.
Mei	" 31,9	" " Kampen	" 85,0	" " Neede
Juni	" 11,2	" " Scheveningen	" 63,5	" " Winterswijk.
Juli	" 49,7	" " Maastricht	" 231,7	" " Helder.
Augustus	" 40,4	" " Hoorn	" 113,1	" " Aardenburg.
September	" 16,4	" " Maastricht	" 83,9	" " Helder.
October	" 30,8	" " Akkrum	" 119,8	" " Aardenburg.
November	" 16,8	" " Maastricht	" 71,8	" " Hellevoetsluis.

In sommige streken, tot de stroomgebieden onzer groote rivieren behoorende, zijn de verschillen in de hoeveelheden regen in dezelfde tijdperken gevallen nog grooter.

In het gebied der Gileppe, eene kleine zijrivier van de Vesdre die even boven Luik in de Ourthe valt, welke op haar beurt

aldaar in de Maas uitmondt, werd 1264 mM. gemiddeld per jaar waargenomen in dezelfde periode waarin gemiddeld 880 mM. te Brussel was gevallen; op de kleine uitgestrektheid van 5000 HA. werden zeer verschillende maandgemiddelden op verschillende waarnemingsplaatsen gevonden als 53.5, 56.57, 61.95 en 79.50 mM. van Juli — December 1864 en 77.75, 68.11, 89.43 en 100.12 mM. van Januari — September 1865.

In de heuvel- en bergstreken speelt het verschil in hoogte onder overigens gelijke omstandigheden een voorname rol; volgens vijfjarige waarnemingen in 1875—79 werd dit in Baden aldus waargenomen.

Plaats.	Hoogte boven de zee in meters.	Regen in mM. per jaar.
Alt-Breisach.....	193	648,5
Auggen.....	290	1072,3
Badenweiler.....	421	1315,6
Donaueschingen...	691,9	1072,8
Höhenschwaud...	1012,5	1879,2

Ook oefent de aard der bebouwing eenigen invloed uit; boven bosschen zou volgens langdurige proeven in Frankrijk genomen 3 à 9% meer regen vallen dan op het vlakke veld.

Omtrent de grootste cijfers welke per maand werden waargenomen, kan het volgende worden medegedeeld.

In het natte jaar 1866 was de natste wintermaand te Helder November met eene hoeveelheid van 103 mM.; in de maand November 1837 werd 131 mM. waargenomen. Te Zwanenburg werden in 99 jaar de volgende maxima waargenomen:

Januari... 1764	186,4	m.M.	Juli... 1758	213,6	m.M.
Februari.. 1823	125,3	"	Augustus.. 1771	158,0	"
Maart.... 1821	104,6	"	September. 1781	196,2	"
April.... 1756	114,4	"	October... 1841	213,6	"
Mei..... 1760	115,0	"	November.. 1755	185,3	"
Juni..... 1761	137,3	"	December.. 1747	143,3	"

Volgens Dr. G. Hellmann zijn de grootste hoeveelheden regen welke in Noord-Duitschland op 46 stations in elke maand van het jaar zijn gevallen:

125 m.M. in Januari..	te Gütersloh.	168 m.M. in April. te Keulen.
152 " " Februari.	" Löningen.	173 " " Mei.. " Frankfort a/d Main
152 " " Maart... "	" Keulen.	208 " " Juni . " Gütersloh.

208 m.M. in Juli.....	te Frankfort a/d Main.	168 m.M. in October...	te Gütersloh.
187 " " Augustus..	" Keulen.	181 " " November. "	Trier.
164 " " September. "	" Emden.	187 " " December. "	Gütersloh.

De absoluut grootste hoeveelheden per maand waren :

te Emden.....	176 m.M. in Juli	waargenomen in	1854—83.
" Löningen.....	175 " " Juni	" " "	1856—83.
" Lingen.....	178 " " Juli	" " "	1855—83.
" Munster.....	164 " " November	" " "	1853—83.
" Gütersloh.....	208 " " Juni	" " "	1837—83.
" Kleef.....	172 " " Augustus	" " "	1848—83.
" Krefeld.....	173 " " December	" " "	1848—83.
" Keulen.....	187 " " Augustus	" " "	1848—83.
" Trier.....	181 " " November	" " "	1848—83.
" Frankfort a/d Main	208 " " Juli	" " "	1848—83.

Van deze grootste cijfers komen er op Januari tot Mei, September en October geen, 2 op Juni, 2 op Juli, 2 op Augustus, 2 op November en 1 op December. Ook van de overige 36 stations door Dr. Hellmann aangehaald vallen 2 der maximum cijfers in November en 1 in December.

Von Möllendorf deelt mede dat de grootste hoeveelheid regen in één maand bedraagt:

in de Rijsche vlakte.....	81 m.M.
op de Beijersche laagvlakte.....	54 "
op de Beijersche hoogvlakte.....	108 "
in Zwaben en op de Fränkische vlakte	108 "
Zuidduitsche berglanden.....	191 "
Eemsgebied.....	73 "

De grootste hoeveelheden welke in kortere periodes dan een maand kunnen vallen, zullen uit het volgende blijken.

GROOTSTE HOEVEELHEDEN IN EEN EN MEER ETMALEN GEVALLEN TE UTRECHT IN 1883.

Maand.	Normaal	in 1 etm.	in 2 etm.	in 3 etm.	in 4 etm.	in 5 etm.	in 10 etm.	in 1 maand.	normaal per maand.
Januari..	1,60	7,5	11,2	11,8	15,1	19,4	23,6	38,3	48,1
Februari.	1,54	8,4	15,2	15,5	19,1	19,1	22,2	32,7	46,3
Maart...	1,48	7,6	12,9	15,0	17,9	17,9	31,0	38,2	44,3
April....	1,34	0,8	1,3	1,6	1,6	1,6	2,4	2,9	40,2
Mei.....	1,58	12,3	22,9	23,6	24,0	28,9	30,2	36,8	48,9
Juni....	1,86	7,1	12,8	14,8	14,8	16,1	19,6	30,4	55,8
Juli....	2,46	14,4	26,1	30,9	33,7	34,0	67,5	114,5	76,5
Augustus.	2,78	9,1	13,1	15,8	17,8	17,9	28,4	46,3	86,1
Septemb.	2,30	17,6	21,9	22,5	26,9	27,5	34,9	61,3	69,0
October..	2,28	18,8	35,2	38,1	41,8	43,6	43,6	74,9	70,6
Novemb.	2,03	13,5	18,9	27,4	27,6	27,9	51,8	84,6	61,0
December	1,98	8,9	14,7	15,8	23,5	24,1	29,7	57,1	61,7
Jaar....	1,93	18,8	35,2	31,1	41,8	43,6	67,5	114,5	59,0

November 1878	op 1 dag	34 mM.	per etmaal
"	2 "	21 "	" " "
"	3 "	17,3 "	" " "
"	4 "	14 "	" " "
"	10 "	5,8 "	" " "

Regens van meer dan 40 mM. in 4 etmalen of gemiddeld 10 mM. per etmaal kwamen in Rijnland nog voor:

18/21 November 1866	11/14 November 1874
20/23 " 1872	8/11 " 1875
22/26 " 1873	8/11 September 1876

Te Amsterdam viel in November 1882 gedurende 20 dagen gemiddeld 5,3 mM. per dag.

GROOTSTE HOEVEELHEDEN IN mM. PER ETMAAL GEVALLEN VOLGENS DR. G. HELLMANN.

Plaats	Jaren van	Jan.	Feb.	Mrt.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar waarneming
Emden...	1854—83	30	30	26	16	24	50	33	60	36	33	25	27	60
Löningen.	1856—83	23	31	27	27	28	53	83	42	32	27	31	26	83
Lingen...	1855—83	22	24	27	17	26	46	32	26	27	26	24	22	46
Gütersloh.	1848—83	32	37	26	28	58	86	90	33	36	27	29	35	90
Kleef....	1848—83	21	36	34	29	36	47	60	62	55	41	45	43	62
Keulen...	1848—83	25	26	30	44	43	58	52	63	55	32	37	46	63
Trier....	1848—83	33	23	24	32	30	73	31	63	41	38	33	32	73

WAARSCHIJNLIJK GROOTSTE HOEVEELHEID IN ELKE MAAND PER DAG TE VERWACHTEN.

Gütersloh.....	13	12	12	12	16	23	20	18	17	14	13	14
Kleef.....	14	14	12	13	16	18	22	23	16	17	16	16
Keulen.....	12	10	10	13	15	18	20	19	17	13	14	13
Trier.....	13	10	11	12	17	20	19	19	16	16	13	13

De grootste hoeveelheid regen in één etmaal in de verschillende jaren van waarneming op bovengenoemde plaatsen gevallen, bedroeg in millimeters.

Plaats.	Maximum.	Minimum.	Gemiddeld.
Emden.....	60	18	31
Lingen.....	46	18	25
Löningen.....	83	21	32
Gütersloh....	90	18	36
Munster....	51	19	30
Kleef.....	62	21	37
Keulen.....	63	15	36
Trier.....	73	23	32

Dr. Hellmann heeft voorts aangetoond dat eene langere reeks waarnemingen slechts geringe wijziging brengt in deze cijfers.

Zeer merkwaardig is de lijst van absoluut grootste hoeveelheden gevallen regen per dag, welke in het tijdschrift van het Kon. Pruisisch Statistisch bureau over 1884 wordt medegedeeld; in het vlakke en heuvelachtig gedeelte van Noordduitschland komen cijfers van 100 mM. voor; in de bergstreken zijn de cijfers hooger. De grootste hoeveelheid in geheel Noordduitschland bedroeg 248 mM. bij een wolkbreuk den 22/23 Juli 1855 op den Bückenberg tusschen Wernigerode en Elbingerode; het gebied was echter zeer beperkt daar de hoeveelheid in de nabijheid daalde tot 63 en 51 mM. Deze hoeveelheid is grooter dan de grootste hoeveelheid per maand in ons land of in de nabijheid onzer grenzen ooit waargenomen.

De grootste hoeveelheid regen per uur gevallen bedroeg

te Gütersloh	23/24 Feb. 1844	in 17 uur	3,8 mM.
„ Kleef	20 Juli 1875	„ 2—30	„ 24,0 „
„ Löningen	„ „ 1857	„ 2	„ 28,5 „
„ Trier	„ „ 1856	„ 1	u 73,2 „

In dit gedeelte van Noordduitschland door Dr. Hellmann nog vlak genoemd, moet op een regenval in één uur van ongeveer 75 mM. in den zomer gerekend worden. Te Berlijn heeft het in 1861—1870 meer dan 12,5 mM. per etmaal geregend.

in 1867.....	op 4 dagen	in 1866.....	op 9 dagen
„ 1861, 62, 65 en 69	„ 5 „	„ 1864.....	„ 10 „
„ 1863 en 1868.....	„ 6 „	en „ 1870.....	„ 12 „

Lüger deelt mede dat de grootst bekende hoeveelheid regen in Zuidduitschland werd waargenomen in het jaar 1824, een hoogwaterjaar bij uitnemendheid, toen in 36 uren 389 mM. regen viel of 259 mM. per etmaal.

De wijze van verdeeling van de gevallen regen over de verschillende dagen van het jaar blijkt uit het aantal regendagen. In zuidelijke landen is het aantal, ondanks de grotere hoeveelheden regen per jaar, gering; in midden-Frankrijk en op den noordelijken rand der Alpen bedraagt het 100 à 140; in Baden gemiddeld 158,7; in ons land te Utrecht 149 als volgt verdeeld.

14 regendagen in	December	en gemiddeld	4,4 mM. regen per regendag
13	„ „ Januari	„ „	3,7 „ „ „ „
12 ¹ / ₂	„ „ Februari	„ „	3,7 „ „ „ „
12	„ „ Maart	„ „	3,7 „ „ „ „
10 ¹ / ₂	„ „ April	„ „	3,8 „ „ „ „

11 regendagen in Mei	en gemiddeld	4,5 mM. regen per regendag
11 " " Juni	" "	5,1 " " " "
11 " " Juli	" "	6,3 " " " "
13 ¹ / ₂ " " Augustus	" "	6,4 " " " "
12 ¹ / ₂ " " September	" "	5,5 " " " "
12 " " October	" "	5,4 " " " "
14 " " November	" "	4,4 " " " "
en 149 " per Jaar	" "	4,8 " " " "

Te Amsterdam viel in 1882 1020 mM. regen in 186 regendagen of gemiddeld 5,5 mM. per regendag.

Het is gebruikelijk de verhouding tusschen het aantal regendagen en het geheele aantal in eene zekere periode de regenwaarschijnlijkheid in die periode te noemen.

In Baden was de verdeeling van het aantal regendagen over het jaar gemiddeld in de jaren 1870—1883:

10,8 in Januari	13,3 in Mei	12,5 in September
11,6 " Februari	14,3 " Juni	13,2 " October
13,2 " Maart	15,2 " Juli	14,7 " November
12,6 " April	13,2 " Augustus	en 14,2 " December

Daar het waterbezwaar voor een groot deel afhangt van den duur der regens, is de volgende lijst van het aantal malen waarop te Utrecht op eenige achtereenvolgende dagen regen is waargenomen in 1850—1869 niet zonder belang.

op 1 dag	372 maal, op	1 of meer achtereenvolgende dagen	1173 maal
" 2 achtereenvolgende dagen	248	" " 2 " "	" " 800 "
" 3 " "	129	" " 3 " "	" " 553 "
" 4 " "	136	" " 4 " "	" " 424 "
" 5 " "	65	" " 5 " "	" " 288 "
" 6 " "	52	" " 6 " "	" " 223 "
" 7 " "	55	" " 7 " "	" " 171 "
" 8 " "	24	" " 8 " "	" " 116 "
" 9 " "	16	" " 9 " "	" " 92 "
" 10 " "	15	" " 10 " "	" " 76 "
" 41 " "	9	" " 11 " "	" " 61 "
" 12 " "	12	" " 12 " "	" " 52 "
" 13 " "	9	" " 13 " "	" " 40 "
" 14 " "	7	" " 14 " "	" " 31 "
" 15 " "	3	" " 15 " "	" " 24 "
" 16 " "	3	" " 16 " "	" " 21 "
" 17 " "	7	" " 17 " "	" " 18 "
" 18 " "	4	" " 18 " "	" " 11 "
" 19 " "	3	" " 19 " "	" " 7 "
" 20 " "	1	" " 20 " "	" " 4 "
" 21 " "	1	" " 21 " "	" " 3 "
" 26 " "	2	" " 26 " "	" " 2 "
		op meer dan 26 achtereenvolgende	" " 0 "

Een regentijd van 16 en meer achtereenvolgende dagen komt gemiddeld 1 maal per jaar voor.

Een duidelijk inzicht in de wijze waarop zeer sterke regens worden waargenomen en tot welke hoeveelheden gedeelten van het stroomgebied van Rijn en Maas met regen worden bezwaard, geven de kaartjes welke op plaat XXXVI uit de Beiträge zur Hydrographie vom Grossh. Baden zijn overgenomen.

Het tweede kaartje stelt de gevallen regen voor op een zomerdag, 12 Juni 1880, toen het centrum van den regen zich nabij Mannheim met 115 mM. en een tweede met 100 mM. zich bij Bretten bevond, terwijl een barometrisch minimum van 757.3 mM. te Mannheim werd waargenomen, dat eenigen tijd aan de plaats gebonden bleef.

De Rijn voerde daarna veel meer water af dan in het begin van de maand doch niet buitengewoon veel voor den tijd van het jaar; de waterstand te Emmerik was den 18^{den} Juni 13.27 M. + A. P. of slechts 47 cM. boven den gemiddelden Juni-stand in 1851—80 of 12.80 M. + A. P.

De andere kaartjes doen de regenval kennen op de dagen, welke voornamelijk tot de hooge waterstanden, de hoogst bekende bij open rivier, op onze Rijntakken in den winter van 1882/83 hebben aanleiding gegeven.

De regendagen van 25/26 November 1882 werden den 29^{sten} gevolgd door een maximum waterstand te Keulen en den 1^{sten} December te Emmerik, Lobith en Hulhuizen; de regendagen van 25—27 December 1882 door hoogste waterstanden te Keulen op 1 en 2 Januari 1883, te Emmerik, Lobith, Hulhuizen, Nijmegen, Dodewaard en Tiel op 4 Jannari 1883.

De watervloed van November bereikte te Keulen een kortstondigen buitengewoon hoogen stand; de vloed van December—Januari bleef te Keulen lager doch veroorzaakte gelijktijdig over een zeer grooten afstand boven en beneden onze grenzen een hooger stand. Van de drie dagen 25—27 December, gaf de eerste dag de meeste regen doch slechts op een paar weinig uitgebreide streken in het zuiden van Baden en de Elzas, de 26^{ste} December over een groot gebied voornamelijk behoorende tot het stroomgebied van de Neckar en Main; de

derde dag over een breede strook in Baden, waaruit de rechter nevenrivieren van den Rijn, die in het Schwarzwald ontspringen, hun water ontleenen.

In Nederland waren de dagen van grootsten regenval;

	November 1882						December 1882					Januari 1883			
	22e	23e	24e	25e	26e	27e	24e	25e	26e	27e	28e	29e	1e	2e	3e
Enschede	1,2	20,4	11,6	7,0	7,5	5,4	2,7	0,3	5,8	5,0	6,2	3,5	2,6	3,0	4,6
Lochem	2,5	7,0	8,5	10,5				5,0	6,0	7,0	7,5	3,0		1,0	6,0
Lobith	3,0	21,0	6,0				5,0		20,0	2,0	17,0	6,0			4,5
Velp	2,7	21,8	10,1	4,0	5,0	2,4			13,0	4,7	12,5		4,0	1,6	4,2
Venlo	1,2	19,4	9,5	3,6	5,1	0,5	2,1		34,5	13,1	19,4	2,0	11,5	2,6	8,6

Verschillende depressies trokken in de Novembertagen over Schotland en volgden elkander met snelheid op, waarvan krachtige westewinden, die warmte en regen medebrachten, het gevolg waren.

Den 24^{sten} December was er volgens Seibert eene depressie van de Noordzee tot over den Balkan; de noord-noordwestelijke wind, die aan de westzijde woei, bracht koude en sneeuw; de volgende dagen nam het gebied van lagen druk eene west-noordwestelijke richting aan; terwijl het minimum zich tot in de Kaspische zee verplaatste, kwam er eene depressie over Schotland en een gebied van hoogen druk in Spanje. Westelijke en zuidwestelijke wind en storm waren het gevolg; zij brachten warmte en zware regens aan Frankrijk en Midden-Duitschland tot Oostenrijk toe; de gevallen sneeuw smolt plotseling en stroomde met het vele regenwater gelijktijdig af.

Den 25^{sten} December was er reeds zeer veel regen in de hoogere gedeelten van het Schwarzwald, het Odenwald en de Vogesen; den 26^{sten} bedroeg de hoeveelheid regen reeds reeds meer dan 20 mM. in het grootste gedeelte van Baden; den 27^{sten} werd het maximum bereikt in de hooge gedeelten van het Scharzwald en de Vogesen, doch was de hoeveelheid in de lagere gedeelten van het gebergte en in de vlakke reeds sterk verminderende.

Uit de kaartjes blijkt dat de grootste hoeveelheid regen ook in deze buitengewone omstandigheden slechts plaatselijk wordt waargenomen en niet gelijktijdig over een zeer groote uitgestrektheid optreedt.

Het verband tusschen de hoeveelheid gevallen regen en de diepte der depressie is slechts waar te nemen, wanneer het

minimum zich niet snel verplaatst; in Beneden-Italië waar een cycloon in October 1877 gedurende 7 dagen aan een zelfde gebied gebonden bleef, werden de volgende cijfers waargenomen als gemiddelden, voor zoover de regen betreft, van 20 stations.

October.....	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Depressie in mM. lager dan 760 mM.	—	2	6	6	7	15	7	6	—
Gemiddelde regenhoogte in mM.	1,9	8,2	11,8	9,2	5,0	17,8	12,2	2,3	0,2

Vroeger werden de sterke regens voornamelijk toegeschreven aan de ontmoeting van verzadigde luchtstroomen van verschillende warmtegraad, doch tegenwoordig meer aan de opstijging van vochtige lucht.

De regen valt voornamelijk bij dalenden barometer; in het gebied van hoogen druk heerscht droog weer; hoe nader het minimum komt, hoe meer regen bij zuidoostelijke tot zuidwestelijke winden, later bij westelijken en noordwestelijken wind; wanneer de barometer begint te rijzen, wordt de voortdurende regen door buien vervangen. Volgens Loomis verhoudt zich de hoeveelheid regen bij vallenden tot die bij rijzen ten barometer te Valencia in Ierland als 2.21: 1 en te Parijs als 1.49: 1 gemiddeld per jaar, en wordt het regengebied dat het minimum vergezelt grooter met de snelheid van voortplanting; uit een 152tal cycloonen, volgens de snelheid tot 4 klassen gebracht, leidde hij af:

Snelheid in Eng. mijlen per uur	39	28	22	15
Regengebied in □ Eng. mijlen	590	548	503	365

Het regengebied is in den regel ovaal met de langste middellijn ongeveer in de gemiddelde richting van de cycloon.

De regencentra vallen meest in de oost-zuidoostelijke helft van de cycloon

Het voorafgaande heeft duidelijk bevestigd dat er geen meteorologisch verschijnsel is, dat zoozeer met plaatselijke omstandigheden samenhangt en dat van het eene op het andere jaar met meer afwisseling optreedt, als de regen. Geen wonder dan ook dat de totale hoeveelheid regen, welke op een zeker gebied valt, slechts door optelling van een groot aantal hoeveelheden op zeer kleine kringen kan worden verkregen en dat men bij gebreke van een groot aantal waarnemingsplaatsen de grootste hoeveelheden per eenheid van oppervlakte in korte periodes

vallende moet doen afnemen met het toenemen van de grootte van het gebied.

Opmerking verdient nog dat de hoeveelheid regen op dezelfde plaats grooter is naarmate een lager punt van opstelling wordt gekozen. Op het observatorium te Parijs leerden 30 jarige vergelijkende waarnemingen op plaatsen, die 29 M. onderling in hoogte verschilden, dat op het hoogere punt slechts 88% viel van de hoeveelheid, welke op het lagere punt in den tuin werd waargenomen; de verhouding wisselde van 83% in Januari en Februari tot 94% in Juli. Gelijksoortige uitkomsten werden te Kopenhagen en Breslau verkregen. De hoeveelheid bedroeg op de eerste plaats op een 40 M. hooger gelegen punt $\frac{1}{3}$ minder en te Breslau 30 en 40% meer op twee plaatsen die resp. 30 M. en 32 M. lager waren gelegen.

Volgens Töpfer zou minstens 20% van de op den grond opgevangen hoeveelheid regen in de benedenste ongeveer 25 M. dikke luchtlaag zijn aangebracht.

De zaak wordt verklaard door aan te nemen dat de regeu-droppels zich door opneming van meer water uit de lucht benedenwaarts verdikken.

Nieuwere waarnemingen hebben volgens Siebert uitzonderingen op den regel doen kennen; de waargenomen toeneming zou wellicht alleen aan verschil in richting en kracht van den wind tengevolge van den invloed van de omgeving moeten worden toegeschreven.

HOOFDSTUK VII.

Werking van den wind op den waterspiegel.

§ 1. **Werking van den wind in het algemeen.** De werking van den wind op den waterspiegel openbaart zich op tweederlei wijze, door de golven en door op- en afwaaiing.

De waterdeeltjes worden tot op eene zekere diepte beneden den waterspiegel door de botsing en de wrijving van den luchtstroom in dezelfde richting als deze voortgedreven; is de watervlakte voldoende uitgestrekt dan is het gevolg, afvloeiing aan de zijde waarvan de wind waait naar den kant waarheen de wind is gericht. Deze stroom heeft daling tengevolge aan den eenen kant en opstuwing aan den anderen kant indien de afstroomende hoeveelheid water niet gemakkelijk kan worden aangevuld of de toestroomende watermassa's een uitweg missen.

In de tweede plaats komen de waterdeeltjes in schommelende beweging; dit wordt bevorderd door de wijze van werking van den wind, die niet als een waterstroom geleidelijk in kracht aangroeit of afneemt, doch met golven, rukken en stooten, kleinere golven op de watervlakte doet ontstaan, waaruit de grootere door samenvoeging van de kleinere zich ontwikkelen.

De golfbeweging, welke aan den waterspiegel de gladheid ontnemt, bevordert de op- en afwaaiing, omdat de waterverplaatsing tengevolge van den grooteren druk en de sterkere wrijving op de golvende watervlakte met de sterkte der golven toeneemt.

Zeer zwakke winden brengen reeds golven voort; er ontstaat echter geen merkbare stroom vóór de wind krachtiger is en reeds golven heeft voortgebracht. Met het ophouden van den wind verdwijnen de op- en afwaaiing bijna onmiddellijk behalve in diep naar binnen gelegen geulen en boezems; de golfbeweging houdt nog eenigen tijd aan ofschoon de kleinere golven terstond verdwijnen; deze golven zonder wind vormen de deining.

De vorming van groote golven gaat met verplaatsing van vrij groote watermassa's gepaard; de stroom is echter van geen beteekenis zoolang er voldoende diepte is voor de ontwikkeling van de golf; de waterdeeltjes zijn dan voornamelijk in schommelende beweging; zoodra echter de diepte gaat ontbreken, wordt de beweging grootendeels voortschrijdend en er ontstaan stroomen zoowel bij het op- als bij het terugloopen van de golf. Terwijl de gemiddelde stand van den waterspiegel, zoolang de golven zich vrij ontwikkelen, niet verandert, is de hoogte van afgesloten watervlakten, welke met den golvenden waterspiegel in verband staan, afhankelijk van den aard der golfbeweging en van de omzetting van de nagenoeg zuiver oscillerende beweging in heen- en weergaande strooming geheel of gedeeltelijk.

De wederkeerige invloed van op- en afwaaiing en van de golven doet zich ook daardoor gevoelen dat de sterkte van den golfslag langs de kusten en oevers afhangt van de waterdiepte, welke met de opstuwung toeneemt.

Zooals vroeger is opgemerkt gaan hevige winden en stormen gepaard met sterke wijzigingen in den barometerstand; deze golving in den luchtdruk veroorzaakt, afgescheiden van de werking van den luchtstroom, eene golving in de hoogte van den waterspiegel, een zoogenaamde stormgolf, die zich voegt bij de opstuwung en de getijgolf, welke gezamenlijk den stormvloed vormen. Elke centimeter verlaging van den barometerstand geeft ongeveer $13\frac{1}{2}$ cM. verhooging van den zeespiegel in het algemeen, en langs de kusten en in inhammen kleiner of grooter afhankelijk van de plaatselijke gesteldheid, evenals zulks met de gewone vloedgolfhoogte het geval is. In den regel is de verhooging in volle zee gering omdat de middelpuntvliedende kracht in het centrum der cyclonen de rijzing gedeeltelijk neutraliseert doch in binnenzeeën en zeeboezems kan de

invloed van 7 tot 20 centimeter per centimeter kwik bedragen. Volgens de waarnemingen van Walker aan de kusten van Devonshire en Cornwallis rijst de zee aldaar 16 centimeter boven den gewonen stand, wanneer de barometer één centimeter is gedaald.

§ 2. **Op- en afwaaiing.** De eigenschap der waterspiegels om te verlagen en te verhoogen onder den invloed van den wind is gemeen aan alle vlakke of zacht hellende wateren, zeeboezems, meren, rivieren en kanalen; zij is de oorzaak der stormvloedden, die niet aan versterking der getijden hun ontstaan hebben te danken doch voornamelijk aan de opstuwung van den waterspiegel.

De hoogte van de opstuwung hangt behalve van de kracht, de richting en den duur van den wind, voornamelijk af van de gemakkelijkhed waarmede het water kan wegvloeien; dit kan geschieden zijdelings — zooals bij uitstekende punten in zee, óf nabij óf in de monden der rivieren waar het water in groote hoeveelheden naar binnen kan vloeien zonder groote opstuwung te veroorzaken — en als terugstroom over den bodem in diep water.

In besloten boezems en ondiepe wateren zal de opstuwung het sterkst zijn. In stroomend water zal bij gelijke richting van den wind de stroom eenigszins worden versterkt; van opstuwung kan geen sprake zijn terwijl de daling slechts merkbaar wordt indien de invloed van den wind zoo sterk is dat de snellere beweging van de waterdeeltjes langs de oppervlakte zich tot eenige diepte in het water kan voortplanten, zoodat de gemiddelde snelheid in het geheele profiel meer of min wordt vergroot.

Waait de wind stroomopwaarts dan is de vertragende invloed op de beweging der geheele watermassa nauwelijks merkbaar, omdat de bovenste waterdeeltjes sneller stroomen dan de onderliggende en derhalve reeds aanmerkelijk in hunne beweging moeten zijn vertraagd vóór de invloed zich eenigszins diep kan doen gevoelen.

In diepe rivieren is noch de opstuwung noch de afwaaiing van eenige beteekenis, zij worden belangrijker met het verminderen van de diepte en de snelheid. De ervaring leert dan ook, zooals zal worden aangetoond, dat op de gedeelten onzer rivieren,

welke buiten den invloed van de opstuwing of afwaaiing der zee zijn gelegen, de wind geen invloed van eenig belang op den waterstand uitoefent.

Waait de wind loodrecht op de richting van den stroom, dan kan het water gemakkelijk met den stroom mede aan- en afvloeien en bepalen de opstuwing en afwaaiing zich, zelfs in breede stroomen, tot enkele centimeters.

De sterkste af- of opwaaiing heeft plaats op groote plassen, zooals vroeger de Haarlemmermeer, en op groote watervlakten met betrekkelijk kleine monden of openingen, zooals thans het zuidelijk deel der Zuiderzee; de sterkste opstuwing in gesloten ondiepe zeeboezems waarin weinig stroom gaat en die van binnen eerder vernauwen dan verruimen, zooals de Dollard; de sterkste afwaaiing in ondiepe zeeboezems, zooals het IJ thans tusschen de Oranjesluizen en Durgerdan.

De invloed van den wind op de wateren binnengaats hangt voornamelijk af van de opstuwing langs de kust nabij het zeegat; de directe invloed is gering.

De wijze waarop de opstuwing zich voortplant, hangt af van den toestand der zeegaten, van den weg dien het ingedrongen water heeft af te leggen dus van de rivier als stroomend water en van de ruimte waarover het water zich kan verdeelen.

De opstuwing binnengaats neemt toe met de verruiming van het zeegat, met de verbetering der rivier en met de verkleining van de bergruimte. Hoe meer derhalve het stormvloedbassin wordt ingekrompen door indijkingen, hoe hooger opstuwingen, tenzij de bedijking plaats heeft nabij de zeegaten, zoodanig dat de toegang tevens wordt beperkt, of dat de grootte der water- vlakte op zich zelve tot nog schadelijker opwaaiingen aanleiding geeft. In vele gevallen zullen de voordeelen aan bedijking verbonden tegen de nadeelen opwegen, vooral omdat het bedijken op den langen duur het vernauwen van den waterweg bevordert.

Door afsluiting van boezems en van benedenrivieren wordt de hoogte der opstuwing eveneens vergroot, zooals o. a. blijkt uit de verhooging welke de vloedgolfhoogte in den Hollandschen IJssel door de afsluiting boven Gouda heeft ondergaan.

Tot voorbeeld kan ook de volgende opgave dienen van storm-

vloedhoogten te Groningen in het Reitdiep bij open en gesloten stand der sluizen, aldaar waargenomen, toen het Reitdiep nog een open water was.

Datum	Zoutkamp	Groningen	Stand der sluizen.
14 Jan. 1827	2,75 M.	1,80 M.	open
15 " "	2,20 "	1,60 "	"
1 Nov. "	2,30 "	2,60 "	gesloten
8 Mei 1832	0,75 "	1,90 "	gesloten
9 " "	1,40 "	1,50 "	"
9 " "	1,30 "	1,45 "	"

Door de sluizen te sluiten werd de waterstand onder overigens gelijke omstandigheden met ongeveer 1 M. verhoogd; de oorzaak is geene andere als het wegnemen der gelegenheid tot afvloeijing van het water binnenwaarts terwijl terugvloeiing niet mogelijk is.

In ruimere diepere boezems is zulk een sterke verhooging niet mogelijk; zoo kon in het vroeger opene IJ de zoogenaamde Rijnlandsche slaperdijk zonder schade worden opgeruimd, omdat de hoeveelheid daarover afvloeiend water te gering was om anders als plaatselijk een zeer geringe verlaging te veroorzaken.

De hoogte der opstuwing en afwaaiing langs onze kusten en binnengaats kan niet direct worden waargenomen doch kan uit de waargenomen hoog- en laagwaterstanden worden afgeleid, waarbij de hoogte van halftij voor gemiddelden stand kan worden aangenomen, met voor dit onderzoek voldoende nauwkeurigheid.

Door de grootte der opstuwingen en afwaaiingen in verband te brengen met de windrichting en windkracht zou de invloed van den wind overeenkomstig zijne richting en kracht kunnen worden nagegaan. Dit moeielijk onderzoek is nauwelijks uitvoerbaar omdat de richting en kracht van den wind op vele plaatsen in aanmerking moeten komen. Hier zal slechts op het verband worden gewezen zooals het wordt waargenomen zonder in een volledig onderzoek te treden.

Onze kust ligt het meest open voor een noordwestelijke windrichting van het zuiden van ons land tot den Hoek van Holland, voor eene richting van noordwest tot west-noord-

west van den Hoek tot Texel, en voor eene richting van noord-noordwest tot noord langs de noordelijke eilanden en kusten. De richting, welke de sterkste opwaaiing veroorzaakt, verschilt eenigszins van deze richtingen omdat bij noordelijke winden het water gemakkelijk kan afvloeien naar het zuidelijk deel der Noordzee en het Engelsche kanaal, terwijl bij meer westelijke richting dergelijke afvloeiing wordt belet. Weste- tot noordwestewinden zijn daarom schadelijker dan de meer noordelijke.

De gewone loop der depressie brengt mede dat aan de zware stormvloeden zuidelijke en zuidwestewinden voorafgaan die het water uit het Engelsche kanaal de Noordzee injagen, dat bij draaiing van den wind naar het noordwesten tegen de Nederlandsche en Oost-Friesche kusten wordt opgezet. Ongunstig is de windrichting vooral wanneer gelijktijdig, zooals omtrent den stormvloed van 1775 werd aangeteekend, de wind in het Kanaal zuidelijk, in de volle Noordzee meer noordelijk en plaatselijk op onze kust uit het west-noordwesten en het noordwesten waait.

In de Bijdragen tot de Hydrographie van de provincie Groningen door C. Brunings en G. A. Venema is eene poging gedaan de invloeden der verschillende windrichtingen te leeren kennen; de waarnemingen zijn onder den invloed van de plaatselijke gestedheid, doch zijn niettemin de kennisneming waard.

GEMIDDELDE HOOGTE VAN HOOGWATER TEN OPZICHTE DER JAARGEMIDDELLEN
BIJ VERSCHILLENDE WINDRICHTINGEN IN METERS.

Richting,	Delfzijl	Zoutkamp.
N.	0	+ 0,050
NO.	— 0,089	— 0,082
O.	— 0,251	— 0,283
ZO.	— 0,208	— 0,229
Z.	— 0,108	— 0,153
ZW.	— 0,002	— 0,024
W.	+ 0,091	+ 0,127
NW.	+ 0,299	+ 0,320

Uit deze lijst zou volgen dat de hoogwaterstanden te Delfzijl gemiddeld 55 centimeter en die te Zoutkamp gemiddeld 60 centimeter afwisselen naarmate de oostewind waait, die den waterspiegel het meest verlaagt, of de noordwestewind, die de

meeste opwaaiing veroorzaakt. Bij noorde- en zuidwestewinden schijnt op deze plaatsen noch op- noch afwaaiing plaats te hebben. De sterkste afwaaiing is iets kleiner dan de sterkste opwaaiing.

GEMIDDELDE HOOGTE VAN LAAGWATER TEN OPZICHTE DER JAARGEMIDDELDE
IN METERS.

Windrichting.	Delfzijl.	Zoutkamp.
N.	— 0,006	+ 0,002
NO.	— 0,123	— 0,035
O.	— 0,233	— 0,065
ZO.	— 0,271	— 0,076
Z.	— 0,099	— 0,049
ZW.	+ 0,034	— 0,010
W.	+ 0,133	+ 0,075
NW.	+ 0,378	+ 0,270

De laagwaterstanden gaan met het verschil in windrichting te Delfzijl 65 cM., dus nog meer dan de hoogwaterstanden, op en neer; te Zoutkamp daarentegen slechts $34\frac{1}{2}$ cM., welk verschil aan plaatselijke omstandigheden is toe te schrijven; op de laagwaterstanden oefent de toestand der geulen, zoowel als de wind, wegens de geringe diepte een grooteren invloed uit dan op de hoogwaterstanden. De strooming met de sluizen veroorzaakte bovendien volgens het onderzoek van Brunings en Venema, in de jaren 1849—1854 eene gemiddelde verhooging van den laagwaterstand te Delfzijl van $9\frac{1}{2}$ cM.

Te Cuxhaven hebben de waarnemingen geleerd dat de waterstanden in de Noordzee rijzen bij winden van Z.W. door W. tot N.N.W. en dalen wanneer de wind waait uit het N.O. door O. tot Z.O., terwijl winden in de richtingen N., N.N.W., Z. en Z.Z.O. aldaar weinig invloed hebben.

Bij ons te lande meent men algemeen dat de winden uit het west-noordwesten tot het noordwest-ten-noorden de meeste opstuwing veroorzaken.

De mededeelingen van den heer J. F. W. Conrad in het Tijdschrift van het Kon. Inst. v. Ing. 1881—82 zijn van het meeste belang. Op de platen XXXIII en XXXIV zijn de windrichting en de winddruk benevens de waterstanden bij eenige hooge vlooden te Helder grafisch voorgesteld. Uit deze gegevens is de volgende lijst getrokken:

HOOGTE VLOEDEN TE HELDER WAARGENOMEN IN 1853—1881.

Datum.	Schijngestalte der maan	Hoogste stand + A.P. in M.	Winddruk in KG. per M ² .		Aantal uren vóór HW, en richting van den wind met een winddruk boven 40 KG.
			Bij hoogsten stand	Grootste voorafgaande stoot	
26 Sept. 1853	L. K. 25 Sept.	1,907	druk	richting	2 1/2 WZ.—NWtW.
1 Jan. 1855	V. M. 3 Jan.	2,063	68 NWtW.	86 NWtW.	2 WZ.—NWtW.
			46 NW.	61 WNW.	4 WtN—WNW.
			de wind nam daarna tot 76,5 KG. toe.		
25 Juli 1858	V. M. 26 Juli	0,970	35 WZW.	103,5 WtZ.	3 1/2 ZW—W.
28 Feb. 1860	E. K. 1 Mrt.	1,077	90 WNW.	90 WNW.	2 1/2 WZW—WNW.
			de wind nam daarna tot 105 KG. toe.		
28 Mei. 1860	L. K. 27 Mei	0,992	86 ZWtW.	86 ZWtW.	1 ZWtW.
Pinksterstorm			de wind nam daarna tot 117,5 KG. toe.		
15 Nov. 1861	V. M. 17 Nov.	1,293	32 NWtW.	122 ZWtZ.	21 ZWtZ—NWtW.
20 Dec. 1862	N. M. 21 Dec.	2,167	65 WNW.	70 W.	22 WNW—W.
4 Dec. 1863	L. K. 3 Dec.	2,057	128 WNW.	135 WNW.	13 ZZW—WNW.
7 Jan. 1865	E. K. 4 Jan.	2,068	28 NW.	80 WtN.	15 W—NW.
28 Dec. 1868	N. M. 29 Dec.	1,338	21 WtZ.	98 WtZ.	8 WtN—NWtW.
17 Dec. 1869	N. M. 19 Dec.	1,050	90 W.	90 W.	9 WZW—WtZ.
			de wind nam daarna tot 127 KG. toe.		
30 Jan. 1877	N. M. 29 Jan.	1,970	116 W.	126 W.	3 1/2 ZWtZ—W.
23 Nov. 1877	N. M. 20 Nov.	1,460	27 Z.	72 ZtO.	8 WZW—W.
31 Dec. 1877	L. K. 27 Dec.	1,194	59 WNW.	80 WNW.	21 ZO—Z.
8 Mrt. 1878	E. K. 12 Mrt.	1,732	60 WNW.	108 WtN.	6 WNW.
12 Nov. 1879	N. M. 14 Nov.	1,360	80 NWtW.	80 NWtW.	5 1/2 WNW.
15 Oct. 1881	L. K. 15 Oct.	1,912	82 WtN.	117 ZWtZ.	7 1/2 W—WNW.
					3 WNW—NW.
					2 1/2 NWtW.
					16 ZZW—WtN.
					15 1/2 ZZW—WtN.

Deze lijst is voldoende volledig om te doen zien op welke wijze de verschillende oorzaken tot verheffing van den hoogwaterstand samenwerken, de ouderdom van de Maan, de windrichting, de windkracht en de duur van den harden wind. De vloed van 23 Nov. 1887 schijnt te leeren dat zelfs zuidelijke winden en winden, die nog iets oostelijker dan zuid waaien, de Noordzee voor den Helder kunnen opstuwen; wanneer men echter de tabellen van waterhoogten volgens de geregistreerde gegevens op andere plaatsen voor dien dag raadpleegt, vindt men voor de windrichting west opgegeven, zoodat waarschijnlijk eene plaatselijke afwijking in richting nabij den Helder heeft bestaan.

De krachtigste uitwerking op de zeehoogte had in December 1862 plaats, toen de wind langdurig tusschen W. en W.N.W. woei ofschoon de grootste kracht niet zeer groot was en in westelijke richting werd uitgeoefend. Ware de wind toegenomen b. v. tot 100 K.G. of meer en daarbij iets noordelijker inplaats van westelijker geworden, dan zou de grootste bekende waterhoogte, ongeveer 2.40 M + A. P. in Feb. 1825, wellicht zijn bereikt.

Uit de lijst en de teekeningen, blijkt evenzeer dat door een samenloop van ongunstig omstandigheden de hoogste vloedden hooger dan de tot dusver waargenomene kunnen rijzen; het is echter duidelijk dat wanneer een verschijnsel afhangt van vele anderen, het meest ongunstige geval dat denkbaar is slechts in zeer enkele gevallen tot maatstaf kan dienen en dat voor de praktijk in het algemeen de waargenomen cijfers tot grondslag kunnen worden genomen. Daarom werden in Hoofdstuk V § 7 de als hoogste standen aan te nemen cijfers bepaald naar de waarnemingen, zonder de vraag in overweging te nemen, welke verhooging zij bij een samenloop van ongunstige omstandigheden zouden moeten ondergaan.

Men behoeft echter geen algemeene verhooging te vreezen, omdat de bedoelde samenloop slechts plaatselijk kan geschieden.

In hetzelfde Tijdschrift heeft de heer Conrad eenige zeer lage waterstanden met de daarbij behoorende windrichting en windkracht te Helder medegedeeld. De teekeningen zijn over-

genomen op plaat XXXIV terwijl hieronder eene lijst volgt van eenige lage waterstanden op dezelfde wijze als de vorige samengesteld.

Datum.	Schijngestalte der maan.	Laagste stand in M. — AP.	Windkracht in KG.	Windrichting.	Voorafgaande winddruk.			Winddruk boven 40 KG.	
					Grootste stoot in KG.	Richting.	Uren vóór laagsten stand.	in uren.	Richting.
26 Feb. 1853	?	1,157	12	ZZW.	29	ZtO.	6 ¹ / ₄	0	—
4 Mrt. 1881	E. K. 7 Mrt.	2,284	30	O.	48	O.	8 ³ / ₄	1	O
22 Feb. 1885	E. K. 22 Feb.	1,974	8	ZtO.	21	ZtO.	5	—	—

Omtrent het verband tusschen den wind en de gemiddelde zeehoogte is in Hoofdstuk III § 2 het een en ander medegedeeld.

Terwijl het bedrag der opstuwing en afwaaiing in de volgende paragrafen nader wordt onderzocht, moge hier een kort onderzoek naar den invloed van den wind op verlaging en verhooging van den waterspiegel in een dwarsprofiel van een breedten stroom zijne plaats vinden.

Wanneer men Ter Neuzen aan de zuidzijde der Westerschelde gelegen, vergelijkt met Vlissingen en Hansweert beide aan den noordelijken oever, vindt men de achterstaande lijst van verschillen in centimeters bij Hoogwater.

Bij de zuidelijke winden worden Hansweert en Vlissingen gemiddeld ongeveer 1¹/₂ centimeter hoger, Ter Neuzen wordt gemiddeld ongeveer 1¹/₂ cM. lager, de onderlinge verschillen Hansweert—Ter Neuzen 2¹/₂ cM. grooter en Ter Neuzen—Vlissingen 2¹/₂ cM. kleiner, het eindverschil derhalve 5¹/₂ cM. kleiner dan in gewone omstandigheden; bij noordelijke winden geschiedt het omgekeerde, zoodat de hoogwaterstanden aan de peilschalen gemiddeld ongeveer 2¹/₂ cM. op- en neer kunnen gaan tengevolge van rijzing en daling van den waterspiegel dwarsstreams. In het midden van het getij zouden deze verschillen kleiner zijn en bij laagwater grooter doch dit laatste is wegens de ligging der peilschalen niet nauwkeurig te onderzoeken.

a. Zuidelijke winden.

Datum..	Windrichting en kracht.	Hoogwater of gemiddelde van 2 Hoogwaters.			Verschillen.		
		Hansweert.	Ter Neuzen.	Vlissingen.	Hansweert— Ter Neuzen.	Ter Neuzen— Vlissingen.	Verschil.
14 Feb. 1885	ZZW. 3	2,19 M. + AP	2,02 ⁵ M. + AP	1,80 M. + AP	16 $\frac{1}{2}$	22 $\frac{1}{2}$	6
	Z. 3						
	Z. 2						
30 Feb. "	Z. 3	2,46 " "	2,31 " "	2,10 ⁵ " "	15	20 $\frac{1}{2}$	5 $\frac{1}{2}$
	Z. 3						
	Z. 2						
9 Nov. 1884	Z. 2	1,68 " "	1,54 " "	1,30 " "	14	23	9
	ZZO, 2						
	ZZW. 2						
14 Oct. "	ZW. 3	1,86 " "	1,72 " "	1,43 " "	14	29	15
	Z. 3						
	ZW. 3						
7 Sept. "	ZW. 3	2,63 " "	2,52 " "	2,30 " "	11	22	11
	Z. 4						
	ZW. 4						
Gemiddeld					14 ¹	23 ⁴	9 ³

b. Noordelijke winden.

14 Jan. 1885	N. 2	1,99 ⁵ " "	1,83 ⁵ " "	1,59 ⁵ " "	16	24	8
	NNO. 4						
	NO. 2						
21 Dec. 1884	N. 3	2,40 " "	2,33 " "	2,05 ⁵ " "	7	27 $\frac{1}{2}$	20 $\frac{1}{2}$
	NW. 5						
	NO. 4						
21 Nov. "	NO. 2	2,36 " "	2,30 " "	2,09 " "	6	21	15
	N. 2						
	N. 2						
7 Oct. "	NO. 3	2,32 ⁵ " "	2,37 " "	2,12 ⁵ " "	-4 ⁵	24 ⁵	29
	N. 3						
	NO. 2						
26 Aug. "	NO. 2	2,39 " "	2,40 " "	2,12 " "	-1	28	29
	N. 3						
	N. 2						
Gemiddeld					4 ⁹	25	20 ¹
Verschillen					9 ²	1 ⁶	10 ⁸

Gemiddelde opstuwung of afwaaiung op ééne plaats 1³ cM.

Aan den wijden zeemond is de invloed niet grooter naar het schijnt; zoo vindt men voor het gemiddelde uit vier waarnemingen bij zuidelijke en vier bij noordelijke winden.

	bij zui- delijken wind.	bij noor- delijken wind.	Verschil
Gemiddeld verschil (HW. Westkapelle — HW. Wielingen) — 32 cM.		— 36 cM.	— 4 cM.
" " (HW. Wielingen — HW. Vlissingen) + 5 "		+ 7 "	2 "
Verschil 37 "		43 "	6 "
Gemiddelde opstuwung of afwaaiung op ééne plaats 0 ⁸ "			

Beide lijsten doen onderstellen dat de invloed van den wind te Vlissingen zeer klein is en te Westkapelle met ruimer gelegenheid tot afvloeiing aan beide zijden als nul is te beschouwen. Het bedrag der opstuwung of afwaaiing zou dan geweest zijn te Hansweert en Ter Neuzen 1⁸ cM. en te Wielingen 1⁵ cM. Hoe globaal dit onderzoek ook moge zijn, de waarnemingen hebben tot dusver nog niet doen zien, doch brengen steeds meer bewijzen van het tegendeel aan, dat er eene sterke op- en afwaaiing dwars over de Zeeuwsche stroomen bestaat; de opstuwung en afwaaiing zullen wel niet meer dan eenige centimeters bedragen daar de waargenomen verschillen zelfs gedeeltelijk aan de op- en afwaaiing in de havenkanalen zijn toe te schrijven, ofschoon deze op de beschreven plaatsen vrij diep zijn.

In de volgende paragrafen wordt het bedrag der op- en afwaaiing in ons land bepaald door vergelijking van de werkelijk bereikte waterstanden, zonder golfverheffing, met de gemiddelde waterstanden per maand. Vergeleken met de jaargemiddelden zouden de astronomische oorzaken te veel invloed hebben, terwijl vergelijking met eenige vorige en volgende getijden niet tot betere uitkomsten zou leiden omdat gewoonlijk eene vrij groote reeks getijden den invloed van den storm ondervindt zoowel door opwaaiing als door afwaaiing.

§ 3. Op- en afwaaiing langs de kusten en in de zeegaten.

OPWAAIING.

30/31 Januari 1877.

Naam der plaatsen	HW. in M. + AP.	LW. in M. + AP.	Haltij in M. + AP.	Gem. HW. in M. + AP.	Gem. LW. in M. + AP.	Gem. Haltij in M. + AP.	Opwaaiing. in centimeters.		
							HW.	LW.	Haltij.
Brouwershaven ..	2,24	- 0,31	0,96	1,41	- 1,08	+ 0,16	83	77	80
	3,24		1,51				193		135
Katwijk.	2,28	+ 1,84	9,06	0,99	- 0,57	+ 0,21	129	241	185
	2,72		2,28				173		207
Helder.	1,97	+ 0,92	1,44	0,43	- 0,76	- 0,17	154	168	161
	1,74		1,33				131		150
Zoutkamp.	4,58	+ 1,58	3,08	1,30	- 1,18	+ 0,06	338	276	302
	2,18		2,38				188		232
Delfzijl.	4,52	+ 1,30	2,91	1,46	- 0,95	+ 0,25	306	225	266

14/15 October 1881.

Namen der plaatsen.	HW. in M. + AP.	LW. in M. + AP.	M. Halftij in M. +	Gem. HW. in M. + AP.	Gem. LW. in M. ± AP.	Gem. Halftij in M. ± AP.	Opw aaiing in centimeters.		
							HW.	LW.	Halftij
Ostende.....	2,53	0,88	1,70	1,83	-2,06	-0,12	70	294	182
Vlissingen.....	2,66	1,36	2,01	1,94	-1,71	+0,12	72	307	189
Brouwershaven..	2,49	1,74	2,11	1,28	-1,15	+0,06	121	289	205
Hellevoetsluis...	2,71	1,97	2,34	1,04	-0,81	+0,11	167	278	223
Katwijk.....	2,70	—	—	0,77	-0,74	+0,01	193	—	—
Helder.....	1,91	1,50	1,70	0,19	-0,90	-0,36	172	240	206
	1,75		1,62				156		198
	4,01		3,25				284		324
Zoutkamp.....	2,91	2,50	2,70	1,17	-1,15	+0,01	174	365	269
	2,91		3,25				267		322
Delfzijl.....	2,91	2,50	2,70	1,34	-1,27	+0,03	157	377	267

6 Maart 1883.

Ostende.....	2,78	0,43	1,60	1,81	-2,17	-0,18	97	260	178
Vlissingen.....	2,89	0,23	1,56	1,74	-2,01	-0,14	115	224	170
Brouwershaven..	2,69	0,92	1,80	1,22	-1,30	-0,04	147	222	184
Hellevoetsluis...	2,76	1,23	1,99	0,99	-0,94	+0,02	177	217	197
		0,41	1,60					131	165
Katwijk.....	2,80	0,64	1,72	0,81	-0,90	-0,05	199	154	177
		0,36	0,85					142	134
Helder.....	1,35	0,10	0,77	0,09	-1,06	-0,49	126	116	126
		0,31	0,97					160	145
Vlieland.....	1,64	0,12	0,71	0,32	-1,29	-0,48	132	107	119
Zoutkamp.....	2,70	0,97	1,83	1,06	-1,40	-0,17	164	237	200
Delfzijl.....	2,48	0,47	1,47	1,23	-1,64	-0,21	125	218	168

12 December 1883.

Ostende.....	2,88	-0,12	1,38	1,92	-1,97	-0,02	96	185	140
	3,38		1,63				146		165
Vlissingen.....	3,32	0,09	1,70	1,90	-1,80	+0,05	142	189	165
	3,19		1,64				129		159
Brouwershaven..	3,10	0,96	2,03	1,46	-1,00	+0,23	164	196	180
	2,72		1,84				126		161
Hellevoetsluis...	2,21	1,39	2,30	1,31	-0,63	+0,34	190	202	196
Katwijk.....	2,72	1,32	2,02	1,11	-0,61	+0,25	161	193	177
IJmuiden.....	2,85	0,73	1,79	1,01	-0,71	+0,15	184	144	164
Helder.....	2,06	0,89	1,47	0,47	-0,70	-0,12	159	159	159
Vlieland.....	2,25	0,31	1,28	0,64	-0,93	-0,15	161	124	143
Zoutkamp.....	4,34	—	—	1,42	—	—	292	—	—
Delfzijl.....	4,14	0,25	2,19	1,56	-1,13	+0,21	258	138	198

26,27 October 1884.

Vlissingen.....	2,63	0,27	1,45	1,86	-1,80	+0,03	77	207	142
Westkapelle.....	2,37	0,29	1,33	1,62	-1,49	+0,06	75	178	127
Brouwershaven..	2,56	0,84	1,70	1,39	-1,00	+0,19	117	184	151
Hellevoetsluis...	2,58	1,22	1,90	1,12	-0,64	+0,24	146	186	166
Katwijk.....	2,14	1,30	1,72	1,04	-0,56	+0,24	110	186	148
IJmuiden.....	2,40	0,93	1,69	0,93	-0,66	+0,13	147	164	156
Helder.....	1,83	0,80	1,31	0,40	-0,70	-0,15	143	150	146
Vlieland.....	2,04	0,58	1,31	0,61	-0,89	-0,14	143	147	145
Zoutkamp.....	3,22	1,61	2,41	1,42	-0,90	+0,26	180	251	215
Delfzijl.....	3,37	1,80	2,33	1,56	-1,12	+0,22	181	242	211

GROOTSTE OPWAAIING IN CENTIMETERS.

Namen der plaatsen	Hoogwater.	Laagwater	Halftij.		
Ostende.....	146	{ den 12 Mrt. 1883 217 den 19 Feb. 1882 167 }	294	182	3 getijden
Vlissingen.....	142	{ den 19 Feb. 1882 168 den 12 Mrt. 1883 165 }	307	189	4 "
Westkapelle.....	75		178	127	één getij.
Brouwershaven....	193		289	205	5 getijden
Hellevoetsluis....	190		278	223	4 "
Katwijk.....	199		241	207	5 "
IJmuiden.....	184		164	164	2 "
Helder.....	172		240	206	5 "
Vlieland.....	161		160	145	3 "
Zoutkamp.....	328		365	324	5 "
Delfzijl.....	306		377	322	5 "

De grootste verheffing boven hoogwater is in het algemeen veel kleiner dan die boven laagwater en slechts weinig grooter, meestal kleiner dan de gemiddelde verheffing gedurende een half getijde. Bij hoogwater kan het water gemakkelijker naar elders afstroomen dan bij laagwater.

Neemt men de gemiddelde verheffingen boven hoog- en laagwater en boven halftij dan worden de cijfers meer aan elkander gelijk; nu eens valt de grootste opstuwing met laagwater dan meer met het tijdstip van hoogwater samen, waarvan deze gelijkheid het gevolg is. De gemiddelden uit de 5 medegedeelde getijden zijn:

te Brouwershaven	148 cM. bij HW.	194 cM. bij LW.	en 171 cM. bij halftij.
" Katwijk.....	169 " " "	193 " " "	177 " " "
" Helder.....	151 " " "	172 " " "	161 " " "
" Zoutkamp....	250 " " "	282 " " "	260 " " "
" Delfzijl.....	227 " " "	240 " " "	234 " " "

De kleinste verheffing wordt bij dezelfde getijden tusschen IJmuiden en Vlieland waargenomen; oostelijk neemt de opstuwing toe voornamelijk langs de vaste kust van Friesland, Groningen, de Lauwerzee en de Eems; bezuiden den Helder is de opzetting het grootst te Hellevoetsluis en verder eenigszins afnemende naar Vlissingen en Ostende.

Uit de verschillende cijfers bij HW. LW. en halftij blijkt dat de opstuwing gedurende weinige uren de grootste hoogte bereikt, zoodat de betrekkelijk hoogste stand bij een zekeren

stormvloed daar wordt gevonden, waar de hoogwaterstand met de periode der hoogste opstuwing samenvalt; de stormvloedhoogte is wederzijds van deze plaats betrekkelijk kleiner en bereikt de minste hoogte waar de laagwaterstand met de grootste opstuwing samenvalt.

Volgens Jhr. J. R. T. Ortt zou de hoogte der opstuwing voornamelijk afhankelijk zijn van de diepte der zee in de nabijheid der kust; hoe dieper de zee hoe minder opstuwing, terwijl de aanwezigheid van banken de opstuwing zou vermeerderen. Dit zou waar zijn indien er van terugstroom over den bodem sprake kon zijn, doch dit is nabij de monden der zeeboezems en benedenrivieren, waar groote watermassa's naar binnen stroomen, niet het geval; de regel is echter voor smalle kanalen volkomen juist.

Uit bijlage VI van het Verslag aan den Koning over de Openbare werken in 1868, leidde de heer Ortt af dat de gemiddelde hoogte van 11 stormvloedden boven gewoon hoogwater bedraagt:

te Statenijl	221 cM.	; aangenomen werd in Hoofdstuk V § 7 als max. \pm 420 cM.						
" Zoutkamp	214 "	"	"	"	"	"	"	" 355 "
" Munnikezijlen	214 "	"	"	"	"	"	"	" — "
" Petten	181 "	"	"	"	"	"	"	" 270 "
" Katwijk	180 "	"	"	"	"	"	"	" 290 "
" Vlissingen	120 "	"	"	"	"	"	"	" 220 "

en trok daaruit het besluit dat de opwaaiing afneemt van de droge Wadden naar het aan 30 meter diep water gelegen Vlissingen. Uit het bovenstaande onderzoek is de juistheid van de onderstelling eene doorgaande afneming van het oosten naar het zuiden in ons land niet gebleken; eerder gaan de cijfers met die van de normale vloedgolfhoogten op en neer.

De aangenomen stormvloedhoogten houden in elk geval ruimschoots rekening met de opwaaiing, welke de waterspiegel bij hoogwaterstand ondergaat, en met de verheffingen welke van eene krachtige samenwerking van zon en maan het gevolg kunnen zijn.

¹ In de lijst van Hoofdstuk V § 7 behooren de cijfers in de 4 laatste kolommen op blz. 129 achter Petten, Helder en Vlieland een regel lager gedrukt te staan.

4 Maart 1881.

Namen der plaatsen.	HW. in M. AP. †	LW. in M. AP. †	Halfij in M. AP. †	Gem. HW. in M. + AP.	Gem. LW. in M. — AP.	Gem. Halfij in M. † AP.	Afwaaing in centimeters.			Aan- merkingen.
							HW.	LW.	Halfij,	
Ostende.....	+1,43	-3,17	-0,87	+ 1,78	-2,28	- 0,25	35	89	62	
Wielingen.....	+1,26	-2,41*	-0,58	+ 1,74	-2,00*	- 0,13	48	41*	45	* gestroomd
Brouwershaven..	+0,56	?	?	+ 1,26	-1,30	- 0,02	70	—	—	
Hellevoetsluis...	+0,13	-2,09	-0,98	+ 1,01	-0,90	+ 0,05	88	119	103	
Katwijk.....	+0,06	-1,77	-0,86	+ 0,84	-0,93	- 0,05	78	84	81	
Helder.....	-0,69	-2,28	-1,49	+ 0,16	-1,01	- 0,43	85	127	106	
	-0,64		-1,46				80		103	
Zoutkamp.....	-0,70	-2,77	-1,74	+ 1,09	-1,27	- 0,09	179	150	165	
	-0,27		-1,52				136		143	
Delfzijl.....	-0,39	?	?	+ 1,29	-1,43	- 0,07	168	—	—	
	+0,03						126			

24 Jan. 1883.

Ostende.....	+1,38	-3,17	-0,90	+ 1,73	-2,08	- 0,18	35	109	72	
	+0,93		-1,12				80		94	
Vlissingen.....	+1,03	-3,09	-1,03	+ 1,72	-1,98	- 0,13	69	111	90	
	+0,99		-1,05				73		92	
Brouwershaven..	+0,50	-2,24	-0,87	+ 1,25	-1,20	+ 0,02	75	104	85	
	+0,23		-1,01				102		103	
Hellevoetsluis...	+0,07	-1,93	-0,93	+ 1,00	-0,86	+ 0,07	93	107	100	
	-0,15		-1,04				115		111	
Katwijk.....	+0,10	-1,68	-0,79	+ 0,85	-0,81	+ 0,02	75	87	81	
	-0,10		-0,89				95		91	
Helder.....	-0,53	-1,86	-1,20	+ 0,20	-0,94	- 0,37	73	92	83	
	-0,28		-1,07				48		70	
Vlieland.....	-0,33	-2,06	-1,20	+ 0,40	-1,17	- 0,39	73	89	81	
	-0,06		-1,07				46		68	
Zoutkamp.....	-0,02	-2,45	-1,24	+ 1,02	-1,28	- 0,13	104	117	111	
	+0,29		-1,08				73		95	

22/23 Feb. 1885.

Wielingen.....	+0,34	-2,22*	-0,94	+ 1,77	-1,86	- 0,04	143	37*	90*	* gestroomd
Vlissingen.....	+0,35	-3,31	-1,48	+ 1,73	-1,98	- 0,12	138	133	136	
Westkapelle....	+0,09	-3,00	-1,46	+ 1,45	-1,66	- 0,11	136	134	135	
Brouwershaven..	-0,01	—	-0,46	+ 1,21	-1,16	+ 0,02	122	—	—	
Hellevoetsluis...	-0,35	-2,19	-1,27	+ 0,96	-0,89	+ 0,03	131	130	130	
Katwijk.....	- 0,32	-1,62*	-0,97*	+ 0,87	-0,81*	- 0,03	119	81*	100	
IJmuiden.....	-0,42	-2,25	-1,34	+ 0,79	-0,88	- 0,05	121	137	129	
Helder.....	-0,95	-1,97	-1,46	+ 0,22	-0,90	- 0,34	117	107	112	
Vlieland.....	-1,06	-2,14	-1,60	+ 0,46	-1,11	- 0,33	152	103	127	
		-2,14								
Zoutkamp.....	-0,45	-1,19	-0,82	+ 1,10	-0,79*	+ 0,15	155	40	97	
Delfzijl.....	-0,31	-2,36	-1,34	+ 1,32	-1,42	- 0,05	163	94	129	

Het grootste bedrag 1.79 M. bij hoogwater, 1.65 M. bij halfij en 1.50 M. bij laagwater, werd te Zoutkamp waargenomen bij vergelijking met den gemiddelden stand in eene maand met vrij lage waterstanden.

§ 4. **Op- en afwaaiing binnengaats.** De invloed van den wind binnengaats is tweeledig; rechtstreeks op de ruime watervlakten doch in veel sterkere mate door voortplanting van de verhooging of verlaging van den waterspiegel van de zee rivieropwaarts.

De rechtstreeksche invloed van den wind is betrekkelijk zeer gering indien de zeegaten toegang verleenen tot betrekkelijk smalle benedenrivieren met sterken stroom, in welk geval de invloed is te vergelijken met dien op de bovenrivieren; betrekkelijk groot daarentegen op sommige gedeelten van groote watervlakten als de Zuiderzee.

De voortplanting geschiedt op dezelfde wijze als de getijgolven; de invloed van de opstuwung van de zee neemt derhalve toe indien het zeegat breeder en dieper en de achterliggende benedenrivier of boezem betrekkelijk smal of kort is.

Van daar dat de op- en afwaaiing te Zoutkamp en Delfzijl meer bedraagt dan langs de eilanden terwijl de golfbeweging, ofschoon eveneens het gevolg van den wind, langs de open kust aan de zeezijde der eilanden daarentegen grooter is dan aan de door de eilanden beschermde vaste kust van Friesland en Groningen.

Achtereenvolgens zal het bedrag der op- en afwaaiing uit enkele voorbeelden worden aangetoond.

Opwaaiing van de Westerschelde.

14/15 October 1881.

Plaats.	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddeld in M. \pm AP.			Opwaaiing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij
Wielingen.....	+2,53	+1,06	+1,79	+1,74	—	—	97	—	—
Vlissingen.....	+2,66	+1,36	+2,01	+1,94	-1,71	+0,11	72	307	194
Ter Neuzen....	+2,86	+1,35	+2,10	+2,03	-1,96	+0,03	82	311	207
Hansweert.....	+3,02	+1,43	+2,28	+2,14	-2,02	+0,06	88	345	216

12 December 1883.

Wielingen.....	+3,30	+0,08	+1,69	+1,96	-1,61	+0,17	134	169	152
Vlissingen.....	+3,32	+0,09	+1,70	+1,90	-1,80	+0,05	142	189	165
Borssele.....	+3,35	+0,14	+1,74	+1,96	-1,74	+0,11	139	188	163
Ter Neuzen.....	+3,70	+0,20	+1,95	+2,10	-1,89	+0,10	160	299	185
Hansweert.....	+4,07	+0,22	+2,14	+2,30	-1,88	+0,21	177	214	193
Bath.....	+4,20	-0,15	+2,02	+2,55	-1,99	+0,28	165	184	174
Antwerpen.....	+4,78	—	—	+2,94	—	—	184	—	—

Op de Westerschelde neemt de opstuwung toe tot Hansweert, wordt dan plaatselijk kleiner en neemt naar Antwerpen, tenminste bij hoogwater, weder toe; bij zeer hooge vlooden is dit plaatselijk verschil vermoedelijk kleiner.

Afwaaing van de Westerschelde.

22/23 Februari 1885.

Plaats.	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddeld in M. \pm AP.			Opwaaing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij
Westkapelle.	+0,09	-3,00	-1,46	+1,45	-1,66	-0,11	136	134	135
Wielingen.	+0,34	—	—	+1,77	—	—	143	—	—
Vlissingen.	+0,35	-3,31	-1,48	+1,73	-1,98	-0,13	138	133	135
Borssele.	+0,53	-3,08	-1,28	+1,88	-1,86	+0,01	135	122	129
Ter Neuzen.	+0,61	-3,24	-1,32	+1,97	-2,11	-0,07	136	113	125
Hansweert.	+0,84	-3,34	-1,25	+2,13	-2,09	+0,02	129	125	127
Bath.	—	-3,27	—	—	-2,21	—	—	106	—
Antwerpen.	—	-2,82	—	—	-1,78	—	—	104	—

Het bedrag der afwaaing vermindert binnengaats zeer langzaam; alleen bij Bath wordt plaatselijk eene sterkere vermindering waargenomen.

Opwaaing van de Oosterschelde en Zijpe.

14/15 October 1881.

Plaats.	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddeld in M. \pm AP.			Opwaaing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij
Westkapelle.	+2,30	—	—	+1,58	—	—	72	—	—
Zierikzee.	+2,53	—	—	+1,31	—	—	122	—	—
Sas van Goes.	+2,60	—	—	+1,45	—	—	115	—	—
Wemeldinge.	+2,76	+1,70	+2,23	+1,65	-1,58	+0,03	111	328	220
Gorishoek.	+2,64	—	—	+1,57	—	—	107	—	—
Bergen op Zoom.	+3,39 ^p	—	—	+1,87	—	—	152 ^p	—	—
Bruinisse.	+2,48	+1,68	+2,08	+1,38	+1,52	-0,07	110	320	215

12 December 1883.

Westkapelle.	+2,70	+0,30	+1,50	+1,73	-1,58	+0,07	97	188	143
Zierikzee.	+3,53	+0,73	+2,13	+1,58	-1,37	+0,10	195	210	203
Oostbeveland.	+3,69	+0,75	+2,22	+1,47	-1,42	+0,16	195	217	206
Wemeldinge.	+3,89	+0,79	+2,34	+1,86	-1,43	+0,21	203	222	213
Gorishoek.	+3,89	+0,64	+2,26	+1,90	-1,64	+0,13	199	228	213
Bergen op Zoom.	+4,38	—	—	+2,19	—	—	219	—	—
Bruinisse.	+3,60	+0,91	+2,25	+1,70	-1,29	+0,20	190	220	205

De opstuwung is te Westkapelle, waar het water in noordelijke en zuidelijke richting gelegenheid vindt weg te vloeien, het kleinst, neemt in de Oosterschelde naar binnen toe, vooral in den beginne, zoodat de opwaaing op beide dagen grooter was op de afgedamde Oosterschelde dan op de Westerschelde waar het water in groote hoeveelheden een uitweg vindt langs de Schelde naar en voorbij Antwerpen. Het Zijpe gaat met de Oosterschelde ongeveer op en neer.

Afwaaing van de Oosterschelde en Zijpe.

22 Februari 1885.

Plaats.	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddeld in M. \pm AP.			Opwaaing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij
Westkapelle.	+0,09	-3,00	-1,46	+1,45	-1,66	-0,11	136	134	135
Veere.	+0,15	-2,96	-1,41	+1,40	-1,51	-0,06	125	145	135
Zierikzee.	+0,10	-2,97	-1,44	+1,34	-1,60	-0,13	124	137	131
Oostbeveland.	+0,22	-2,94	-1,36	+1,47	-1,55	-0,04	125	139	132
Wemeldinge.	+0,36	-2,97	-1,31	+1,61	-1,63	— 0	125	137	131
Gorishoek.	+0,34	-3,14	-1,40	+1,68	-1,87	-0,10	134	127	130
Bergen op Zoom.	+0,60	—	—	+1,93	—	—	133	—	—
Stavenisse.	+0,15	-2,97	-1,41	+1,40	-1,66	-0,13	125	131	128
Bruinisse.	+0,18	-2,90	-1,36	+1,44	-1,57	-0,07	126	133	129

Evenals op de Westerschelde is de afwaaiing op de Oosterschelde en het Zijpe zeer regelmatig geweest en ongeveer overal gelijk.

Opstuwing van Brouwershaven en Hellevoetsluis tot Keizersveer en op de Waal en de Maas
12 December 1883.

Plaats.	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddeld in M. \pm AP.			Afwaaiing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij
Brouwershaven...	+3,10	+0,96	+2,03	+1,46	-1,00	+0,23	164	196	180
Bruinisse.....	+3,60	+0,91	+2,25	+1,70	-1,29	+0,20	190	220	220
Steenbergschevliet	+3,64	+1,19	+2,41	+1,61	-1,08	+0,26	203	227	215
Hellevoetsluis... +3,21	+1,39	+2,30	+1,31	-0,63	+0,34	190	202	196	
Willemstad..... +3,53	+1,72	+2,62	+1,62	-0,46	+0,58	191	218	204	
Moerdijk..... +3,55	+1,85	+2,70	+1,75	-0,23	+0,76	180	201	194	
Keizersveer..... +2,62	+1,97	+2,29	+1,55	+0,02	+0,76	107	195	153	
Kop van 't Land. +3,31	+2,09	+2,70	+1,85	+0,75	+1,30	146	134	140	
Gorinchem..... +3,58	+2,76	+3,17	+2,90	+2,68	+2,79	68	8	38	
Herwijnen..... +4,06	+3,47	+3,76	+3,61	+3,50	+3,55	45	-3	21	
Bommel..... +4,55	+4,24	+4,39	+4,35	+4,25	+4,30	20	-1	9	

26/27 October 1884.

Brouwershaven...	+2,56	+0,84	+1,70	+1,39	-1,00	+0,19	117	184	151
Bruinisse..... +2,58	+0,82	+1,83	+1,57	-1,28	+0,14	128	210	169	
Steenbergschevliet	+2,78	+1,02	+1,90	+1,43	-1,07	+0,18	135	209	172
Hellevoetsluis... +2,58	+1,22	+1,90	+1,12	-0,64	+0,24	146	186	166	
Willemstad..... +2,82	+1,50	+2,16	+1,45	-0,54	+0,45	137	204	171	
Moerdijk..... +2,90	+1,70	+2,30	+1,52	-0,43	+0,54	138	213	176	
Keizersveer..... +2,38	+1,75	+2,06	+1,36	-0,33	+0,51	102	208	155	
Kop van 't Land. +2,40	+1,69	+2,07	+	+	+	104	156	156	
Gorinchem..... +1,60	+1,98	+2,14	+1,39	-0,20	+0,59	121	189	155	
Herwijnen..... +2,63	+1,98	+2,30	+1,51	+0,54	+1,02	112	144	128	
Bommel..... +2,94	+2,43	+2,58	+1,90	+1,40	+1,65	104	103	93	
St. Andries..... +3,09	+2,78	+2,93	+2,34	+2,21	+2,27	75	57	66	
Tiel..... +3,18	—	—	+2,97	—	—	21	—	—	
Hedel..... +4,42	—	—	+4,43	—	—	-1	—	—	
St. Andries..... +2,74	+2,50	+2,62	+1,90	+1,66	+1,78	84	84	84	
Lith..... +2,82	—	+2,66	+	+	+	92	—	88	
Oijen..... +2,75	—	—	+2,38	—	—	37	—	—	
St. Andries..... +3,12	—	—	+2,90	—	—	22	—	—	
Lith..... +3,62	—	—	+3,63	—	—	-1	—	—	

De opstuwing neemt aanvankelijk binnengaats sterk toe doch langzamerhand gaat de aangroeiing verminderen, des te sterker naarmate de bovenrivieren meer water afvoeren; met de vermindering van de hoeveelheid afstroomend opperwater dringt de opstuwing dieper door in de rivier.

Het verschil in toestand der bovenrivieren op beide dagen blijkt uit de waterstanden te Nijmegen en te Gennepe.

	26 Oct. 1884	12 Dec. 1883	verschil
Nijmegen	7,31 + AP.	9,37 + AP.	206 cM.
Gennepe	5,50 " "	9,51 " "	301

Reeds op het Hollandsch diep tusschen Willemstad en Moerdijk wordt de invloed bemerkd; bij hoogen waterstand op de bovenrivier vermindert het bedrag der opstuwing tusschen beide genoemde plaatsen met 10 centimeter; bij lagen stand der bovenrivier neemt de opstuwing van Willemstad naar Moerdijk eerder toe dan af.

De opstuwing boven Moerdijk vermindert bij hooge rivierstanden, zoolang de overlaten niet werken, in sterkere mate naar Kop van 't Land dan naar Keizersveer; bij lage rivierstanden vermindert de opstuwing naar Kop van 't Land en Keizersveer ongeveer met hetzelfde bedrag.

Ten einde te doen zien welke de opstuwing te Keizersveer is bij werking van den Baardwijkschen overlaat, kunnen de waarnemingen van 16 Maart 1876 eenigermate dienen, toen een storm met zeer hoog opperwater samenviel.

Plaats.	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddeld in M. \pm AP.			Afwaaing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij.
Brouwershaven	+2,23	-0,13	+1,05	+1,42	-1,01	+0,20	81	88	85
Steenbergschevliet	+2,53	-0,01	+1,26	+1,65	-0,95	+0,35	88	94	91
Willemstad	+2,43	+0,49	+1,46	+1,62	-0,43	+0,59	81	92	87
Moerdijk	+2,49	+0,76	+1,62	+1,75	-0,15	+0,80	74	91	82
Keizersveer	+2,63	+1,99	+2,31	+1,89	+1,15	+1,52	74	84	79

De Baardwijksche overlaat werkte de geheele maand Maart 1876; den 16^{den} met een bedrag van 69 centimeter of 6 centimeter minder dan de grootste en 56 cM. meer dan de kleinste werking in deze maand.

Ondanks deze krachtige werking deed zich de opstuwing te Moerdijk nog nagenoeg onverminderd te Keizersveer gevoelen.

Te Gorinchem daarentegen was de opstuwing nauwelijks merkbaar; de hoogere waterstand op dien dag was aan de vermeerdering van de hoeveelheid opperwater toe te schrijven. Zulks blijkt wanneer men den gemiddelden stand van dien dag vergelijkt met de gemiddelden van de geheele maand van boven- en benedenrivier volgens de dagwaarnemingen; men vindt dat de stand van 16 Maart hooger was dan die der maand.

te Hellevoetsluis	62 cM.	te Gorinchem	56 cM.
„ Moerdijk	69 „	„ Herwijnen	56 „
„ Keizersveer	78 „	„ Bommel	51 „
„ Deeneplaat	82 „	„ St. Andries	56 „
„ Ottersluis	54 „	„ Tiel	69 „
„ Paulownahoeve	46 „	„ Nijmegen	86 „
„ Werkendam	36 „		

Indien uit deze cijfers eene opstuwung te Gorinchem kan worden afgeleid, is het eene van plaatselijken aard op de Boven-Merwede alleen; ook volgens deze lijst is de opstuwung te Keizersveer slechts weinig kleiner geweest dan aan den mond van den Amer op het Hollandsch diep tusschen Deeneplaat en Moerdijk.

Bij lagen rivierstand dringt de opstuwung op de Waal door tot nabij Tiel en op de Maas tot bij Oijen¹; bij hoogeren stand is de opstuwung tot even voorbij Bommel en op de Maas ongeveer tot Hedel merkbaar; bij de hoogste rivierstanden houdt, zooals wij vroeger gezien hebben, de invloed van den zeestand op de waterstanden reeds beneden Gorinchem op.

De rechtstreeksche invloed van den wind op de rivier blijft, doch deze is zooals later zal worden aangetoond gering; de waterafvoer is onder overigens gelijke omstandigheden vrij wel gelijk of er weste- dan wel oostewind waait.

Opmerking verdient dat de schommelingen der getijden zich bij den lagen rivierstand in Oct. 1884 tot Tiel deden gevoelen:

Octob.	Laagwater. in M. + AP.		Hoogwater. in M. + AP.		Verschil tusschen HW. en LW. in cM.	
	Bommel	Tiel	Bommel	Tiel	Bommel	Tiel
26	7u 0n. 2,19	7u 50n. 4,37	7u 15v. 2,21	11u 0v. 4,40	2	3
27	7u 45v. 2,78	11u 30v. 4,40	1u 0v. 3,09	5u 0v. 4,43	31	3
	10u 0n. 2,46	10u 40n. 4,41	0u 0n. 3,08	2u 30n. 4,45	62	4
28	10u 35v. 2,24	8u n. 4,38	1u 30v. 2,55	3u 20v. 4,43	31	5

Het verschil tusschen den hoogsten en den laagsten stand, die met het van boven komend minimum correspondeeren, bedraagt slechts 7 cM. (4,45—4,38) waarvan het grootste bedrag aan eb- en vloedgolving is toe te schrijven. Het minimum werd den 28en om 7 uur v. m. te Pannerden waargenomen doch was de waterstand zoo goed als permanent gedurende deze dagen.

Afwaaiing te Brouwershaven en Hellevoetsluis en verder binnenwaarts.

22 Februari 1885.

Plaats.	Waargenomen in M. ± AP.			Gemiddeld in M. ± AP.			Afwaaiing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij.	HW.	LW.	Halftij.	HW.	LW.	Halftij.
Brouwershaven...	-0,01	—	—	+1,21	-1,16	—	122	—	—
Bruinisse.....	+0,18	-2,90	-1,36	+1,41	-1,50	-0,05	123	140	131
Steenbergsche vliet	-0,04	-2,33	-1,19	+1,26	-1,31	-0,03	130	102	116
Hellevoetsluis....	-0,35	-2,19	-1,27	+0,96	-0,89	+0,03	131	130	130
Willemstad.....	—	-1,89	-0,95	+1,30	-0,76	+0,27	130	113	122
Moerdijk.....	+0,16	-1,87	-0,86	+1,40	-0,66	+0,37	124	121	123
Keizersveer.....	-0,02	-1,17	-0,60	+1,24	-0,51	+0,36	126	66	96
Kop van 't Land.	+0,37	-0,43	-0,03	+1,43	-0,01	+0,71	106	42	74
Gorinchem.....	+1,66	+1,59	+1,62	+1,99	+1,52	+1,75	33	+7	13
Herwijnen.....	+2,70	+2,69	+2,69	+2,71	+2,49	+2,60	1	+20	+9

De waterstand te Nijmegen was 9,29 M. + AP.

¹ Na de doorsnijding van de Piekenwaard bij Alem tot boven Oijen zooals bij den stormvloed van 30/31 October 1887 is gebleken.

De afwaaiing plant zich binnenwaarts niet ver voort, op de benedenrivieren zijn de hoogwaterstanden meer onder den invloed dan de laagwaterstanden, waarvan het verschil in diepte voornamelijk de oorzaak is.

De afwaaiing is oorzaak dat de zee een geringeren invloed op de benedenrivieren uitoefent en de bovenrivier zich zeewaarts verlengt even als zulks van de toeneming van den waterafvoer het gevolg is. Zulks blijkt nit de volgende lijst.

Plaats	Gem. verschil tusschen HW. en LW. in Feb. 1885	Vershil op 22 Feb. 1885	Meer of minder op dien datum
Bruinisse	291 cM.	308 cM.	+17 cM.
Steenbergsche vliet	257 "	229 "	-28 "
Hellevoetsluis. . . .	186 "	184 "	-2 "
Willemstad.	206 "	189 "	-17 "
Moerdijk.	205 "	203 "	-2 "
Kop van 't Land.	144 "	80 "	-64 "
Gorinchem.	47 "	7 "	-40 "
Herwijnen.	22 "	1 "	-21 "
Maassluis.	148 "	137 "	-11 "
Vlaardingen.	135 "	118 "	-17 "
Rotterdam.	131 "	110 "	-21 "
Krimpen.	118 "	81 "	-37 "
Streefkerk.	82 "	32 "	-50 "
Schoonhoven	56 "	15 "	-41 "
Vreeswijk.	9 "	2 "	-7 "

Opstuwung van de Nieuwe Maas en Lek.
12 Dec. 1883.

Waargenomen in M. \pm AP. Gemiddeld in M. \pm AP. Afwaaiing in cM.

Plaats	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij
Katwijk.	+2,72	+1,32	+2,02	+1,11	-0,26	+0,42	161	158	160
Maassluis.	+2,91	+1,66	+2,28	+1,22	-0,24	+0,49	169	190	179
Vlaardingen.	+2,96	+1,78	+2,37	+1,23	-0,05	+0,59	173	183	178
Rotterdam.	+3,12	+1,98	+2,55	+1,44	+0,23	+0,83	168	175	172
Krimpen	+3,39	+2,24	+2,81	+1,75	+0,76	+1,25	164	148	156
Streefkerk.	+3,30	+2,30	+2,80	+1,81	+1,19	+1,50	149	111	130
Schoonhoven.	+3,36	+2,49	+2,92	+2,13	+1,76	+1,94	123	73	98
Vreeswijk.	+3,76	+3,39	+3,57	+3,40	+3,26	+3,33	36	13	24
Culemborg.	+niet in cijfers te brengen.								

26/27 October 1884.

Katwijk.	+2,14	+1,30	+1,72	+1,04	-0,25	+0,39	110	155	133
Maassluis.	+2,46	+1,47	+1,96	+1,06	-0,37	+0,34	140	184	162
Vlaardingen.	+2,48	+1,63	+2,05	+1,04	-0,27	+0,38	144	190	167
Rotterdam.	+2,57	+1,76	+2,16	+1,14	-0,14	+0,50	143	190	166
Krimpen.	+2,72	+2,03	+2,37	+1,40	+0,18	+0,79	132	185	158
Streefkerk.	+2,48	+1,87	+2,17	+1,22	+0,22	+0,72	126	165	145
Schoonhoven.	+2,49	+1,93	+2,21	+1,26	+0,44	+0,85	123	149	136
Vreeswijk.	+2,67	+2,34	+2,50	+1,69	+1,50	+1,59	98	84	91
Culemborg.	+2,85	+2,70	+2,77	+2,30	+2,30	+2,30	55	40	47
Wijk bij Duurstede	+3,53	(8 uur)	+3,42				11	—	—
Eck en Wiel.	geene opstuwung merkbaar.								

Bij lagen rivierstand vermindert de opstuwung eerst bij Rot-

terdam en dringt dan door tot voorbij Wijk bij Duurstede; bij hoog opperwater vermindert de opstuwing reeds van de monding af doch tot Vlaardingen, waar twee verbindingswegen het vloedwater aanvoeren, slechts zeer weinig; de snelle vermindering neemt eerst een aanvang op de Lek boven den mond van de Noord.

Te Culemborg is gewoonlijk de schommeling van den zee-stand niet of zeer weinig merkbaar; bij de lage rivierstanden in October en November 1884 werd voortdurend eb en vloed waargenomen met een verschil tusschen hoog- en laagwater van enkele centimeters; bij den vloed van 26/27 October 1884 krom dat verschil eenmaal tot 58 centimeter.

Afwaaïing van de Nieuwe Maas en Lek.
22 Februari 1885.

Waargenomen in M. \pm AP. Gemiddelden in M. \pm AP. Afwaaïing in cM.

Plaats.	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddelden in M. \pm AP.			Afwaaïing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij.	HW.	LW.	Halftij.	HW.	LW.	Halftij.
Hellevoetsluis..	-0,35	-2,19	-1,27	+0,96	-0,89	+0,03	131	130	130
Maassluis	-0,27	-1,64	-0,95	+0,94	-0,54	+0,20	121	110	115
Vlaardingen . . .	-0,25	-1,43	-0,84	+0,91	-0,43	+0,24	116	100	108
Rotterdam	-0,10	-1,20	-0,65	+1,06	-0,25	+0,40	116	95	105
Krimpen	+0,24	-0,57	-0,17	+1,37	+0,20	+0,78	113	77	95
Streefkerk	+0,35	+0,03	+0,19	+1,28	+0,46	+0,87	93	43	68
Schoonhoven . . .	+0,78	+0,63	+0,70	+1,44	+0,88	+0,16	66	25	46
Vreeswijk	geene afwaaïing waar te nemen.								

De afwaaïing neemt rivierwaarts weder vrij sterk af, en houdt bij deze rivierstanden reeds op tusschen Schoonhoven en Vreeswijk.

OP- EN AFWAAIING VAN DE ZUIDERZEE.

De cijfers onder elkander stellen opvolgende Hoog- en Laagwaterstanden voor.
Afwaaïing 21/23 Februari 1885.

Waargenomen in M. \pm AP. Gemiddelden in M. \pm AP. Afwaaïing in cM.

	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddelden in M. \pm AP.			Afwaaïing in cM.			
	HW.	LW.	Halftij.	HW.	LW.	Halftij.	HW.	LW.	Halftij.	
Helder	-0,08	-1,81	-1,46	+0,22	-0,90	+0,34	30	91	117 107 112	
	-0,95	-1,97					117	107		
	-0,01	-0,44					23	+46		
	-0,52						+74			
Enkhuizen . . .	-0,21	geen HW.	-	+0,09	-0,25	-0,08	30	-	-	
	geen HW.	-1,16					91	-		Dubbele eb en dubbele vloed.
	geen HW.	geen LW.					-	-		
	-0,07						16			
Durgerdam . . .	-0,39	-	-	+0,05	-0,32	-0,14	44	-	-	
	-	-1,33					101	-		
	-0,09	-					14	-		
	-0,34	-					42	-		
Oranjesluizen.	-	-1,34*	-	+0,08	-0,32	-0,12	102*	-	-	
	-	-					-	-		
	-0,04	-					12	-		

* gestroomd met de sluizen.

	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddelden in M. \pm AP.			Afwaaing in c.M.		
	HW.	LW.	Halftij.	HW.	LW.	Halftij.	HW.	LW.	Halftij.
Nijkerk.....	-0,33	—	—	+0,27	-0,10	+0,08	60	—	—
	—	-0,77	—	—	—	—	—	67	—
	+0,10	—	—	—	—	—	17	—	—
Elburg.....	-0,60	-0,62	-0,61	+0,29	+0,01	+0,15	89	63	76
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	+0,13	—	—	—	—	—	16	—	—
Kraggenburg.	-0,09	—	—	—	—	—	47	—	—
	-0,55	-0,78	-0,67	+0,38	+0,15	+0,26	93	93	93
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Schokland....	+0,20	—	—	—	—	—	18	—	—
	-20	—	—	—	—	—	44	—	—
	—	-0,89	—	+0,24	+0,05	+0,14	—	94	—
Urk.....	+0,06	—	—	—	—	—	18	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	-1,10	—	—	-0,16	-0,08	—	94	—
Stavoren.....	-0,15	—	—	—	—	—	15	—	—
	+0,13*	-0,56*	—	—	—	—	26	49	—
	-0,48*	-0,90*	-0,69*	+0,39	-0,07	+0,16	87	83	85
Harlingen....	-0,18*	-0,31*	—	—	—	—	57	24	—
	+0,38	—	—	—	—	—	1	—	—
	+0,30	-1,30*	—	—	—	—	46	79	—
Vlieland.....	-0,74*	-1,43*	-1,09	+0,76	-0,51	+0,12	150	92	121
	+0,37	-0,31*	—	—	—	—	39	+20	—
	+1,04	—	—	—	—	—	+28	—	—
	-0,01	-2,14	—	—	—	—	47	103	—
	-1,06	-2,14	-1,60	+0,46	-1,11	-0,33	152	103	127
	+0,15	-0,60	—	—	—	—	31	+51	—
	+0,82	—	—	—	—	—	+36	—	

Op de aan de zuidwestzijde van de Zuiderzee gelegen plaatsen, Durgerdam en vooral Oranjesluizen aan den dam in het ondiepe IJ, is de afwaaing nog sterker dan te Elburg, Kraggenburg, Schokland en Urk. Harlingen houdt het midden tusschen Vlieland en den Helder. De afwaaing is het kleinst te Nijkerk en Elburg wat onder rechtstreekschen invloed niet het geval zou zijn.

De sterkste invloed van den wind wat de afwaaing betreft, wordt waargenomen bij stormen, die draaien van het zuiden door het zuidwesten naar het noordwesten, en wel bij het begin wanneer het water in het zuidelijk deel van de Zuiderzee afvloeit tot vorming van de opstuwing in het noordelijk en oostelijk deel van de Zuiderzee. Als een voorbeeld kan dienen de storm van 12/13 December 1883.

Waargenomen in M. \pm AP. Gemiddelden in M. \pm AP. Op- en afwaaiing in cM.

Plaats.	Waargenomen in M. \pm AP.			Gemiddelden in M. \pm AP.			Op- en afwaaiing in cM.		
	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij	HW.	LW.	Halftij.
Helder.....	+ 0,88	+0,50	+0,69	+ 0,47	- 0,70	- 0,12	+ 41	+ 120	+ 81
	+ 2,06	+0,89	+ 1,47				+ 159	+ 159	+ 159
	+ 1,62	-0,94	+ 0,34				+ 115	- 24	+ 46
Durgerdam..	+ 2,51	-0,94	—	+ 0,18	-0,20	—	+ 233	- 74	—
Oranjesluizen	+ 2,60	-1,46	—	+ 0,24	-0,13	—	+ 236	- 133	—
Nijkerk.....	+ 2,97	-0,14	—	+ 0,48	+ 0,09	—	+ 249	- 23	—
Elburg.....	+ 3,20	+0,35	—	+ 0,53	+ 0,23	—	+ 267	+ 12	—
Kraggenburg.	+ 3,04	+0,59	—	+ 0,59	+ 0,31	—	+ 245	+ 28	—
Schokland....	—	+0,48	—	+ 0,49	+0,27	—	—	+ 21	—
Urk.....	+ 2,44	+0,17	—	+ 0,22	0	—	+ 222	+ 17	—
Stavoren....	+ 1,09	+0,95	+ 1,02	+ 0,69	+ 0,49	+ 0,59	+ 40	+ 46	+ 43
	+ 2,15	+2,01	+ 2,08				+ 146	+ 152	+ 149
	+ 2,23	+0,98	+ 1,60				+ 154	+ 49	+ 101
Harlingen...	+ 1,84	+2,04	+ 1,94	+ 1,02	+ 0,29	+ 0,65	+ 82	+ 175	+ 129
	+ 3,00	+1,30	+ 2,15				+ 198	+ 101	+ 150
	+ 2,20	+0,06	+ 1,13				+ 118	+ 23	+ 48
Vlieland.....	+ 1,10	+0,23	+ 0,66	+ 0,64	- 0,93	- 0,15	+ 46	+ 116	+ 81
	+ 2,25	+0,31	+ 1,28				+ 161	+ 124	+ 143
	+ 1,62	-1,04	+0,29				+ 98	- 11	+ 44

De daling blijkt uit de bovenstaande cijfers duidelijk en was weder het sterkst te Oranjesluizen; het verval tusschen Oranjesluizen en Durgerdam bereikte een maximum van 66 cM. of ongeveer 16 cM. afwaaiing per K.M. Toch zijn de hoogste waterstanden van de Zuiderzee niet aan den rechtstreekschen invloed van den wind toe te schrijven daar de tijdstippen van hoogsten stand vele uren later worden waargenomen dan die van de sterkste werking van den wind.

De storm was het hevigst in den middag van 12 December 1883, terwijl de grootste waterhoogten werden bereikt:

te Helder.....	op dien dag	om 6 u.	namiddags.
" Harlingen...	" " "	" 6 u. 35	" "
" Stavoren....	den volgende dag	" 5 u. 35	voor "
" Durgerdam..	den 12den December	" 10 u. 50	na "
" Oranjesluizen	" " "	" 11 u. 10	" "
" Nijkerk.....	" " "	" 10 u. 25	" "
" Elburg.....	" " "	" 10 u. 20	" "
" Kraggenburg	" " "	" 11 u. 45	" "
" Urk ¹	" " "	" 10 u. 30	" "
	en den volgende dag	" 0 u. 25	voor "

De opstuwing in het zuidelijk deel der Zuiderzee, die te Elburg tot 267 centimeter steeg, is derhalve slechts voor een gedeelte aan rechtstreeksche werking van den wind toe te

¹ Door den ingenieur Welcker is geconstateerd dat gedurende het geheele tijdvak van den Pinksterstorm van 1860 tot den stormvloed van 12/13 December 1883 het correspondeerend hoogwater te Urk met dat te Helder ook te Urk het hoogst is en steeds 5 à 8 uur later wordt waargenomen dan te Helder.

schrijven; de hoofdoorzaak vormen de groote watermassa's, welke de zeegaten binnendringen en zich tegen de vaste kust verheffen. De vloedgolfvorm gaat daarbij geheel of zoo goed als verloren.

De opstuwung neemt bij de hoogwaterstanden van de zeegaten naar de Friesche, Overijsselsche en Geldersche kust toe. Te Oranjesluizen bedroeg zij den 12^{den} Dec. 1883 ongeveer 1 dM. meer dan te Durgerdam.

Hoe sterk de afwaaiing in het zuidwestelijk deel der Zuiderzee kan zijn gelijktijdig met de opwaaiing aan de oostzijde, is vooral bij den Pinksterstorm van 28 Mei 1860 gebleken.

Toen daalde het water in het toenmaals nog open IJ te Amsterdam tot 2.55 M.—A. P. om 9 uur voormiddag; als hoogwaterstand werd daar om 2 uur namiddag waargenomen 0.80 M.—A. P.; te Edam 1.25 M.—A. P., te Monnikendam 1.15 M.—A. P. en daarentegen om 3 uur namiddag 2.20 M. + A. P. te Kuinre en 1.98 M. + A. P. te Schokland; met een uur verschil in tijd was er dus een verschil in hoogte tusschen Edam en Kuinre van 3.45 M. ¹

Een beeld van den invloed van de opstuwung en afwaaiing in het zuidelijk deel der Zuiderzee geeft plaat XL waarop zijn voorgesteld de waterstanden te Amsterdam bij den storm van Feb. 1825 en te Durgerdam bij dien van 30/31 Januari 1877. Wel hielden de hooge waterstanden in Feb. 1825 langer aan doch de rijzing van water had in Jan. 1877 met grooter snelheid gedurende een grooter aantal achtereenvolgende uren plaats.

De op- en afwaaiing van den Gelderschen IJssel is het gevolg van de verhooging of verlaging van den Zuiderzeestand aan de monden; enkele voorbeelden kunnen volstaan.

Opstuwung van den Gelderschen IJssel, 31 Januari 1877.

	Waargenomen hoogste stand. in M. + AP.	Gem. maandstand Hoogwater. in M. + AP.	Opstuwung in c.M.
Schokland.....	2,65	0,38	227
Kampen.....	3,04	0,71	233
Katerveer.....	3,06	1,20	186 (166 cM. verschil met den hoogwaterstand van 2 dagen te voren.)

¹ Met 2 uur verschil in tijd was er tusschen den laagsten stand aan de Oranjesluizen en den hoogsten stand te Blankenham in den morgen van 24 Januari 1884 een verschil van niet minder dan 4,95 M. Bij den hoogsten stand te Blankenham bedroeg het gelijktijdig verschil 4 M. De opstuwung te Blankenham bedroeg ruim $\frac{1}{3}$ van het verschil; de afwaaiing te Oranjesluizen bijna $\frac{2}{3}$.

	Hoogste 8-uurstand. in M. + AP.	8-uurstand in M. + AP. (laagste die voorafging).	Opstuwing in c.M.
Wijhe	3,37	1,99	138
Olst.....	3,57	2,64	93
Deventer.....	4,13	3,49	64
Zutphen.....	5,18	4,71	47
Dieren.....	6,48	6,08	40

Zonder was der bovenrivier zou de opstuwing te Zutphen waarschijnlijk minstens 7 cM., te Deventer 24 cM., te Olst 53 cM. en te Wijhe 98 cM. hebben bedragen.

12 December 1883.

	Hoogste stand in M. + AP.	Gem. in Dec. in M. + AP.	Opstuwing in cM.	
Schokland...	2,80	0,49	231	
Ketellichten.	2,96	—	—	
Kampen	3,07	0,91	216	190 cM. verschil met den vorigen dag, 8 uur.
Katerveer...	3,14	1,96	118	153 cM. verschil met den vorigen dag, 8 uur.
Wijhe.....	8-uurstand. 3,59		81	verschil met den vorigen dag (8 uur.
Olst.....	3,81		41	" " " " "
Deventer ...	4,49		17	" " " " "

Wegens den hooger stand der bovenrivier is de vermindering der opstuwing sterker.

27 October 1884.

	Hoogste stand in M. + AP.	Gem. in Oct. in M. + AP.	Opstuwing in cM.	
Schokland...	2,21	0,41	180	
Kampen	2,27	0,50	177	
Katerveer...	2,27	0,57	170	182 cM. verschil met den vorigen dag 8 uur.
Wijhe.....	2,36	1,07	129	149 cM. verschil met den vorigen dag 8 uur.
Olst.....	2,42	1,51	91	106 cM. verschil met den vorigen dag 8 uur.
Deventer ...	2,60	2,18	42	49 cM. verschil met den vorigen dag 8 uur.

Bij den lagen rivierstand wordt de kleinere opstuwing in zee sterker en verder naar binnen voortgeplant. Te Zutphen is de invloed echter niet duidelijk meer te bespeuren.

Afwaaiing van den Gelderschen IJssel. 22/23 Februari 1885.

	Laagste stand.	Gem. in de maand.	Afwaaiing in cM.
Schokland...	-0,89 M.	+0,05 M.	94
Kampen	-0,16 "	+0,34 "	50
Katerveer...	+0,99 "	+1,07 "	8
Wijhe.....	+2,39 "	+2,24 "	+15

8/9 Februari 1883.

	Laagste stand.	Gem. in de maand.	Afwaaiing in cM.
Schokland ..	-1,24 M.	-0,14 M.	110
Kampen....	-0,03 "	+0,39 "	42
Katerveer...	+1,17 "	+1,34 "	17
Wijhe.....	+2,63 " (8 uur)	+2,68 "	5

De daling van den zeestand plant zich bij gewone waterstanden slechts weinig ver voort en wordt reeds spoedig zeer verzwakt.

Bij de hoogste rivierstanden is de Beneden-IJssel zoodanig met water bezwaard, dat wil zeggen, verhang en snelheid nemen zoodanig toe, dat de invloed van een lagen zeestand reeds te Kampen ophoudt.

Tusschen Kampen en Schokland was het verschil van de laagste standen: in December 1882 302 centimeter, in Februari 1883 121 cM. en in Februari 1885 73 cM.

De waterstand van 5 December 1882 was te Schokland 108 cM. hooger dan die van den vorigen dag; te Kampen daalde de waterstand 1 centimeter in dien zelfden tijd.

Het bedrag der op- en afwaaiing op de Wadden en in den Dollard is reeds gebleken, voor zoover Zoutkamp en Delfzijl betreft, uit de opgaven betreffende de verschillende kustplaatsen, doch dit geldt slechts voor de Friesche en Groninger kust.

De eigenlijke Noordzeekust, buiten langs de eilanden, levert andere cijfers op, welke echter niet voldoende bekend zijn; ook te Vlieland is de peilschaal aan de binnenzijde van het eiland gelegen doch kan het verschil in waterstand met een meer buiten gelegen plaats hier niet groot zijn. Bekend is voorts dat zoowel bij den storm van 30/31 Januari 1877 als bij dien van 12/13 December 1883 de waterstand te Rotterdam 2.70 M. boven gewoon hoogwater is gerezen, terwijl te Zoutkamp resp. de hoogten van 3.45 M. en 3.19 M. boven gewoon hoogwater werden bereikt, een verschil in opstuwing derhalve van 75 en 49 centimeter; te Delfzijl was de waterstand den 30/31 Januari 1877 tot 3.18 M. boven gewoon hoogwater gerezen, derhalve 48 centimeter meer dan te Rottum.

Te Ameland, zuidzijde, rees het water 12/13 Dec. 1883 tot 3.54 M. + A. P., te Nieuw Bildt en Ezumazijl aan de Friesche kust resp. tot 3.40 M. en tot 3.96 M. + A. P.; men

kan derhalve eene rijzing langs deze kust onderstellen van ongeveer een tweetal decimeters boven de zuidzijde van Ameland.

Binnen den Dollard rijst het water in sommige gevallen zeer hoog; bij den storm van 30/31 Januari 1877 werd een waterstand te Statenzijl waargenomen van 5.50 M. + A. P. of bijna een meter hooger dan te Delfzijl; het is echter waarschijnlijk dat het cijfer een decimeter te hoog is gesteld; bij den stormvloed van 14/15 October 1881 waren de waterstanden te Nieuw Statenzijl en te Delfzijl ongeveer gelijk.

Den 22^{sten} Februari 1885 bedroeg de afwaaiing te Nieuw Statenzijl bij Hoogwater 144 cM., terwijl er gespuid werd, en te Delfzijl 163 cM., eveneens bij Hoogwater; den 9^{den} Februari 1883 te Nieuw Statenzijl bij Hoogwater 143 cM. en te Delfzijl 120 cM.; den 7^{den} Februari 1883 138 cM. te Nieuw Statenzijl en 121 cM. te Delfzijl, waaruit volgt dat het verschil tusschen beide plaatsen ongeveer een tweetal decimeters kan bedragen.

Op onze bovenrivieren is de waterspiegel van den wind bijna geheel onafhankelijk. Plaatselijk moge er aan eene peilschaal eenige op- of afwaaiing plaats hebben, noemenswaardige verhooging of verlaging van den waterstand in de rivier is niet bewezen; uit de geregistreerde waterstanden is het bestaan van een dergelijken invloed niet af te leiden.

Toen den 22/23 Februari 1885 de waterstanden in zee zeer werden verlaagd, bleven de waterstanden op de Rijntakken te Pannerden, Culemborg, Westervoort, Tiel en Bommel rijzende zonder eenige storing of tijdelijke daling.

De storm van 12 December 1883 viel juist samen met een minimum van waterstand dat zich van Keulen naar ons land voortplantte; eene kleine golving in den waterspiegel der benedenrivier in die dagen was daarvan het gevolg; te Culemborg droeg de opstuwung der benedenrivier er toe bij; te Pannerden bedroeg de opstuwung vermoedelijk enkele centimeters, doch waarschijnlijk slechts plaatselijk aan de peilschaal en minder als gevolg van een geringen invloed van den wind op de waterverdeeling.

Bij den lagen stand der benedenrivieren in October 1884 drong de invloed van den stormvloed de rivier op doch op de boven gelegen plaatsen veroorzaakte de wind geene opstuwung; te Pannerden bleef de waterspiegel zeer langzaam

dalen, te Tiel werd de golving van den zeespiegel nog even ondervonden doch bedroeg de opstuwing van den gemiddelden waterstand hoogstens 4 cM. of het verschil tusschen het hoogste halftij en den laagsten stand nadat de golving had opgehouden en de bovenrivier den laagsten stand had bereikt. Vermoedelijk is hierin slechts 1 centimeter op rekening van de rechtstreeksche opstuwing door den wind te stellen. Op de Lek is evenmin de rechtstreeksche opstuwing door den wind te bewijzen.

De opstuwing als gevolg van verhoogden waterstand aan den mond in zee drong even diep door in den van zuid naar noord stroomenden Gelderschen IJssel als in de juist tegen de windrichting stroomende en breede Waal.

Men kan op grond hiervan veilig aannemen dat de invloed van den wind op den waterspiegel der bovenrivieren zich tot één of enkele centimeters bepaalt.

§ 5. **Op- en afwaaiing op binnenwateren.** De vroegere Haarlemmermeer heeft de meeste gegevens omtrent den sterken invloed van den wind op de waterstanden in stilstaande plaatsen geleverd

Den 26sten Februari 1714 zakte Rijnlands boezem voor Zwanenburg in 30 minuten tijds van 19 tot 80 duim onder peil, terwijl het Kagermeer boven peil ¹ was gerezen, gevende alzoo een verschil van minstens 80 Rijnlandsche duim of 2.09 M., een verhang over 23 K.M van minstens 9,1 cM. per K.M.

Bij den storm van 11/12 December 1741 woei het meer bij Zwanenburg 40 Rijnl. duim dus 1.04 M. op.

Bij den noordwestestorm van 29 November 1836 werd het water aan de zijde van Amsterdam 1.07 M. opgedreven; er was toen een verval van 2 M. tusschen Leiden en Amsterdam.

Tijdens den bouw van de Leeghwater nabij de Kaag werd bij het opkomen van een harden noordoostewind binnen den tijd van een half uur eene verhooging van den waterspiegel van 0.90 M. waargenomen.

Omtrent de op- en afwaaiing op kanalen zijn vele gegevens door Jhr. J. R. T. Ortt verzameld en aan de Kon. Akademie medegedeeld.

¹ De ingenieur Dr. Van Dissel houdt den stand van 40 duim boven peil, door Cruquius en Bolstra medegedeeld, voor onjuist.

In den Haarlemmermeerpolder daalde den 1^{sten} Februari 1868 het water aan den Leeghwater tot 6.10 M.—A. P.; het rees aan den Lijnden tot 4.5 M.—A. P., derhalve een verhang over 20.3 K.M. van 7.9 cM. per K.M. en zulks niettegenstaande de Leeghwater bij gebrek aan water stil stond en de Lijnden veel water uitwierp.

Frieslands boezem is evenzeer onder den invloed van op- en afwaaiing.

De grootste rijzing en daling in de laatste vijf jaar werden den 3^{den} Maart 1880 waargenomen bij een zuidwesten tot noordwesten wind, toen het water te Spaltebrug zich 44 cM. verhief boven den gemiddelden stand van de maand en te Stavoren 1.10 M. beneden dien middenstand daalde; het verschil tusschen deze plaatsen, dat gemiddeld in deze maand $23\frac{1}{2}$ cM. bedroeg, klom dien dag tot 1.77 M. en nam derhalve toe met ongeveer 3 cM. per K.M. over den geheelen afstand.

Op stormdagen als 24 Januari 1884 en 12 December 1883 werd eveneens sterke op- en afwaaiing waargenomen; het bedrag klom echter in geene richting boven dat van 3 Maart 1880 zoodat de medegedeelde cijfers vermoedelijk als maxima zijn te beschouwen. Steeds is het bedrag der opwaaiing klein in vergelijking tot dat der afwaaiing.

Opmerking verdient het verschil in stand op 30 April 1882 tusschen Vierhuizen aan de noordoostzijde van het Tjeukemeer en Stavoren; het water waaide te Vierhuizen op tot 0.61 M. + Z. P. of ongeveer 36 cM. boven den gemiddelden stand van de maanden April en Mei en waaide te Stavoren af tot 0.50 M.—Z.P. of ongeveer 0.71 M. beneden den zelfden middenstand; het buitengewoon verschil bedroeg dus 107 cM. of eveneens ongeveer 3 cM. per K.M. Den vorigen dag! was de wind tot storm aangegroeid.

Uit de talrijke waarnemingen op de Hoofd- en Kruisvaart van den Haarlemmermeerpolder leidde de heer Ortt af de volgende lijst.

Winddruk per M ² in KG.	Verhang per KM. in cM. in de richting van het kanaal.	onder een hoek van 45°
26	3,65	—
22	2,82	—
18	1,18	0,92

Winddruk per M ² in KG.	Verhang per KM. in cM.	
	in de richting van het kanaal.	onder een hoek van 45°
14,5	0,99	0,72
12	0,77	—
10	0,68	0,60
8	0,62	—
7	0,60	0,47
5	0,55	0,40
2	0,36	0,18
1	0,30	—

De voorname oorzaak der uiteenloopende verhangen bij gelijke windkracht is waarschijnlijk de ongestadigheid van den wind en de ongelijkheid in richting en kracht voor verschillende zelfs nabij elkander gelegen plaatsen.

Op het 5.7 M. diepe Noordhollandsche kanaal worden bij een windkracht van 5 K.G. of meer vele verhangen van slechts 1 à 2 mM. waargenomen; in den Haarlemmermeerpolder op de 1.3 M. diepe vaarten daarentegen, verhangen van 6 mM. en meer; zelfs bij drukkingen van den wind van 1 KG. werd een gemiddeld verhang van 3 mM. waargenomen. Op het noordelijk gedeelte van het N. H. kanaal werd in 1869—70 een grootste verhang waargenomen van 1.2 cM. per K.M. bij een winddruk van 10 K.G.

In diepe kanalen wordt de vorming van een sterk verschil in waterstand belet door den tegenstroom, die het verstoorde evenwicht tracht te herstellen. Bij proefneming in een kanaalvak dat 6.18 M. diep was, bleek dat de strooming in de richting van den wind op eene diepte van 4 à 4.5 M. onder den waterspiegel nagenoeg ophoudt; beneden deze diepte ging er stroom tegen den wind in.

De sterke opwaaiing wordt voorts belet indien aan de van den wind gekeerde zijde van het kanaal ontlasting van water kan plaats hebben. Bij den storm op 12 December 1883 woei het Noordzeekanaal te IJmuiden af van 4 uur 's morgens tot 12 uur in den middag van 0.12 M.—A. P. tot 0.84 M.—A. P., met een bedrag van 74 centimeter alzoo; aan de Oranjesluizen had intusschen geene opwaaiing plaats doch eene zeer langzame daling van 0.20 M.—A. P. tot 0.40 M.—A. P. om 10 en 11 uur voormiddag toen de waterstand weder begon te rijzen. Eene hoogst aanzienlijke watermassa werd er door de spuisluis en

de noordelijke schutsluis geloosd; het verval in de sluis klom tot 1.15 M. om 9 uur voormiddag. Toen de Zuiderzee begon te rijzen, verminderde de afgevoerde waterhoeveelheid en begon de binnenstand te rijzen. Zonder spuiing zou eene sterke opwaaiing in het kanaal zijn waargenomen, tot een maximum van 74 centimeter.

De heer Ortt wijst, waarschijnlijk niet ten onrechte, op den grooten invloed welken ondiepe drempels op de op- en afwaaiing uitoefenen, zooals het Pampus vóór het IJ dat eene afwaaiing van het IJ bij westewind geenszins verhinderde doch den terugkeer van water over den bodem, den tegenstroom, wel belette.

Vóór onze zeegaten zullen drempels dergelijken invloed niet uitoefenen, omdat zij eerder tot beletsel zullen dienen bij de toestrooming en uitstrooming der groote watermassa's welke noodig zijn om de verhooging en verlaging binnengaats tot stand te brengen. Het IJ was, naar het schijnt, nog te klein, vergeleken met den ruimen toegang op de hoogte van Pampus.

§ 6. **Afmetingen en beweging der golven.** De hoogte der golven hangt, behalve van de kracht en den duur van den wind, af van de uitgestrektheid en de diepte der watervlakte en den afstand waarover de vorming kan plaats vinden.

Volgens Stevenson vormen zich golven

over een afstand van	1 Eng. mijl	ter hoogte van	3 voet.
" " " "	5	" " " "	4,3 "
" " " "	10	" " " "	5,6 "
" " " "	15	" " " "	6,3 "
" " " "	20	" " " "	7,1 "
en " " " "	30	" " " "	8,4 "

Hij gaf den regel aan $h = a \sqrt{d}$ waarin $a = 1,5$, d de afstand in zeemijlen en h de hoogte in voeten, terwyl voor kleine afstanden de formule kan gelden

$$h = 1,5 \sqrt{d} + (2,5 - \sqrt{d}).$$

Op groote oceanen gaat de wet niet door omdat de wind te ongelijk werkt in kracht en vooral ook in richting, zoodat de grootere afstand derhalve geene verhooging van golven teweeg kan brengen.

Uit de waarnemingen van het Hydrographisch bureau te Washington is gebleken, dat de groote golven van den Noord-Atlantischen Oceaan gemiddeld 9 M. hoog en 150 à 180 M.

lang zijn en in 10 à 11 seconden elkander opvolgen; kleinere golven schommelen in den regel in 3 seconden. De grootste golven waren hoog 12 à 15 M.; de langste tot dusver waargenomen golf was 800 M. lang en had een duur van 23 seconden. De betrekking tusschen de hoogte en de lengte der golven; de helling alzoo, is door den luitenant ter zee Paris onderzocht; de grootste helling welke niet wordt overschreden is verschillend voor kleinere en grootere golven; de kleinere zijn ongeveer 30 maal langer dan hoog, volgens den volgenden staat.

Aantal dagen van waarneming.	Gemiddelde lengte.	Gemiddelde hoogte.	Verhouding h/L.
26	24,0 M.	0,9 M.	0,037
33	33,0 "	1,4 "	0,036
34	45,0 "	1,65 "	0,036
18	57,5 "	2,00 "	0,033
6	69,5 "	2,25 "	0,032
5	85,5 "	2,85 "	0,033
2	111,0 "	2,25 "	0,020

De hoogere golven zijn steiler; de golven in den oceaan zijn 17 à 20 maal langer dan hoog; de grootste golven zijn soms niet meer dan 10 maal langer dan hoog.

De betrekking tusschen de lengte der golf en den duur wordt aangegeven door de formule $L = g \frac{T^2}{\pi} = 6,25 T^2$ waarin T de halve duur in seconden en L de halve lengte in meters. Uit waarnemingen is echter gebleken dat de werkelijke lengte meestal $\frac{1}{7}$ grooter is; Paris stelde uit waarnemingen de volgende gegevens samen, waarin L' de lengte van de golf volgens de berekening.

Toestand van de zee.	Snelheid van den wind	Gemiddelde halve hoogte	Halve golflengte.		Verhouding.
	in M.	h. in M.	Waargenomen L in M.	Berekend L' in M.	$\frac{L-L'}{L}$
Zeer onstuimige zee	28,5	3,88	74	58	0,22
Onstuimige zee....	20,0	2,52	53	45	0,15
Zware zee.....	13,4	1,77	38	30	0,27
Groote golven. ...	9,2	2,05	60	59	0,01
Golvend.....	5,9	1,20	38	33	0,15
Kalmæ zee.....	5,7	0,80	31	25	0,19

De snelheid van voortplanting der golven staat met den duur der schommelingen en met de lengte van de golven in nauw

verband; dit wordt aangegeven door de formules $V = \frac{gL}{\pi}$ en $V = \sqrt{\frac{gL}{\pi}}$ waarin V de snelheid in meters zoodat de snelheid van voortplanting in meters per seconde ruim driemaal grooter is dan het aantal seconden van den halven duur en ongeveer $1\frac{3}{4}$ maal grooter dan de vierkantwortel uit de halve lengte in meters van de golf.

Het boven medegedeelde geldt slechts indien er voldoende diepte aanwezig is voor de volkomen vrije ontwikkeling van de golven.

Volgens de proeven van gebroeders Weber bedraagt de diepte van indringing der golfbeweging 350 maal de golfhoogte; de beweging is echter in de onderste lagen van geene praktische beteekenis meer; ter diepte van 130 à 160 M. is zelfs in den vollen oceaan de vertikale verplaatsing der waterdeeltjes tot $\frac{1}{500}$ der verplaatsing aan de oppervlakte verminderd; voor de hoogste golven derhalve tot enkele centimeters.

Cialdi neemt op grond van verschillende waarnemingen aan dat de diepte waarop de zachte bodem van den Atlantischen Oceaan door de grootste golven kan worden aangetast hoogstens 200 M. kan bedragen, welk cijfer in het Engelsche kanaal tot 40 M. vermindert.

In het Zuidelijk deel der Noordzee vindt men slib ter diepte van 20 vadem en onder bescherming van Doggersbank tot in 15 vadem; langs de Vlaamsche kust wordt slib op geringere diepte reeds gevonden.

Rendell nam aan dat de golven geene schade aan werken van stortsteen kunnen veroorzaken lager dan 12 à 15 voet onder water.

Calver deelt mede dat golven van 7 à 8 voet hoogte van kleur veranderen door uitschuring van den bodem in 7 à 8 vadem diepte.

A. Caland meent dat de invloed van de golven zich op de Zeeuwsche tegen de Noordzee gekeerde stranden slechts doet gevoelen tot $1\frac{1}{2}$ M. diepte beneden de laagwaterlijn; deze kleine diepte is door het samengaan van zwaren golfslag met opstuwing van den zeespiegel te verklaren. Binnengaats is de laagwaterlijn de grens der schadelijke werking van de golf. Ter diepte van $1\frac{1}{2}$ M. beneden laagwater wordt de ballast van de zink-

stukken, welke toen nog voornamelijk uit schorkloeten en puin bestond, niet door de golven beschadigd.

De ingenieur de Mey stelt als maximum van de hoogte der golven langs de Vlaamsche kusten bij N.W. en N.N.W. storm 3 à 4 M., die op eene diepte van 8 à 10 M. geen invloed op den zandbodem uitoefenen.

Airy gaf de volgende lijst voor de snelheid der golven in Engelsche mijlen per uur in verband met de diepte en de golflengte.

Diepte in voeten.	Snelheid van voortplanting. Golven ter lengte van							
	1 vt.	10 vt.	100 vt.	1000 vt.	10000 vt.	100000 vt.	1000000 vt.	10000000 vt.
1	1,54	3,81	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86
10	1,54	4,87	11,51	12,21	12,22	12,22	12,22	12,22
100	1,54	4,87	15,18	36,40	38,64	38,66	38,66	38,66
1000	1,54	4,87	15,18	48,77	115,11	122,18	122,27	122,27
10000	1,54	4,87	15,18	48,77	154,25	364,92	386,40	386,66
100000	1,54	4,87	15,18	48,77	154,25	487,79	1154,00	1222,70

Uit deze lijst volgt dat de vrije ontwikkeling der golf beweging praktisch verkregen wordt voor eene kleine golf van 10 voet lengte in 10 voet diepte, voor eene golf van 100 voet lengte in 100 voet diepte enz.; volgens Airy is de beweging op de diepte, welke gelijk is aan de lengte, $\frac{1}{535}$ van die aan de oppervlakte.

Is de diepte voldoende dan bewegen de grootere golven zich sneller dan de kleinere, de snelheid is dan evenredig met den vierkantswortel uit de lengte van de golf; terwijl de snelheid ongeveer toeneemt met den vierkantswortel uit de waterdiepte zolang deze onvoldoende is.

De betrekking tusschen de snelheid van voortplanting van de golven en de waterdiepte kan worden uitgedrukt door $V = \sqrt{gH}$ waarin H de gemiddelde diepte van het water.

Zoodra de diepte zoodanig vermindert dat de golf beweging zich zonder verbreking van den golfvorm niet verder kan wijzigen, breken de golven en vormen de branding.

Geen golf is volgens Scott Russel bestaanbaar in minder diepte dan zij hoog is van top tot dal. Latere waarnemingen van Stevenson in Juli 1870 leerden, dat golven ter gemiddelde hoogte van 5 voet 3 duim breken in eene gemiddelde diepte van 10 voet 3 duim beneden dal en golven van 6 voet 6 duim hoogte in eene diepte van 13 voet $8\frac{1}{2}$ duim, wat in beide

gevallen overeenkomt met eene diepte beneden het dal van ongeveer het dubbele der hoogte of eene waterdiepte onder de gemiddelde zeehoogte van $2\frac{1}{2}$ maal de golfhoogte.

Tusschen de diepte waarop de geheel vrije ontwikkeling der golfbeweging nog kan plaats hebben en de branding, gaat de beweging der waterdeeltjes geleidelijk over in eene voortschrijdende beweging.

De golfbeweging kan worden verminderd door de vorming der kleinere golven, waaruit de groote golven ontstaan, zooveel mogelijk tegen te gaan. Wanneer de waterspiegel met ijsnaalden, roet, rijshout, stroo en vooral met olie is bedekt, vermindert de golving; olie doet tevens de wrijving van den wind verminderen.

Het doelmatige van het gebruik van olie voor de vermindering van de golfbeweging is in de laatste jaren door de ervaring bij herhaling bewezen.¹

Men heeft o. a. tot tijdelijke vermindering der branding voor reddingsbooten enz. met goed gevolg blikken bussen met olie gevuld aangewend, die uit mortieren geschoten, springen bij het nedervallen; voor de slechting der golven om en nabij schepen en booten worden reeds velerlei toestellen tot verspreiding van olie gebezigd. Op den bodem van de haven van Peterhead is eene olieleiding waaruit bij zware zee traan wordt opgepompt, welke inrichting aan de verwachting voldoet.

De grootte der golven vermindert voorts binnen zeehoofden of doorgaande kustlijnen; des te meer naarmate er meer gelegenheid is tot slechting der golven door verspreiding over eene grootere oppervlakte en de weerstanden krachtiger zijn, welke de vrije ontwikkeling in de diepte beletten. Beide oorzaken bevorderen het doodloopen der golven.

De hoogte der golven is tevens afhankelijk van den stroom; de golven die tegen den stroom oploopen zijn hooger en steiler; met den stroom medegaande worden de golven langer en flauwer.

Stevenson merkt op dat de bekende hooge golven in het noorden der Noordzee aan de Schotsche kust aan sterke ge-

¹ Op het gebruik van olie werd reeds in 1776 gewezen in het te Amsterdam verschenen boekje van van Lelyveld, *Essai sur les moyens de diminuer les dangers de la mer au moyen d'une effusion d'huile.*

tijstroomen zijn toe te schrijven; groote diepte en sterke stroom werken samen. Ook langs onze kusten vindt men enkele van dergelijke plaatsen, doch slechts in betrekkelijk ongunstige ligging; het zijn de uitstekende punt van Walcheren bezuiden Westkapelle, Vlissingen in den mond der Westerschelde, de koppen der havendammen aan den Hoek van Holland en te IJmuiden, enz. Terwijl de hoogte waartoe de waterspiegel van de zee wordt opgezet, op dergelijke plaatsen geringer is dan elders, is de golfhoogte daarentegen veel grooter.

Stevenson vond dat juist op die hoogte waar de zuiver schommelende beweging in eene voortschrijdende overgaat, de uitwerking op den golfdrukmeter sterk toeneemt; op uitstekende punten bevinden deze overgangen zich in de onmiddellijke nabijheid van of op de werken. Onmiddellijk langs de doorgaande kustlijn worden bij storm geene oscilleerende golven gevonden.

De werking der golven is van verschillenden aard; zij drukken horizontaal, het sterkst daar waar de bijna vertikale schommeling van het water nagenoeg geheel in een horizontale beweging is omgezet, vertikaal naar boven tegen alle uitstekende constructiedeelen van kunstwerken en vertikaal naar beneden, of zij oefenen eene zuigende werking uit. De werking is het krachtigst op de hoogte van den waterspiegel of weinig daarboven.

De grootte der drukking wordt gemeten door golfdrukmeters; ofschoon er groot verschil in meening omtrent de beteekenis der uitkomsten bestaat, moet erkend worden dat door een doelmatig gebruik van met zorg op volkomen gelijke wijze vervaardigde toestellen veel licht over de betrekkelijke kracht der golven kan verspreid worden. Een goed voorbeeld heeft Stevenson gegeven, die aan de bruikbaarheid der uitkomsten met de toestellen met stramme veeren geloof, omdat de golfslag door dood gewicht weerstaan moet worden; hij meent dat de golven op het toestel niet werken als hamers daar de schijf ingedrukt blijft.

Te Bellrock werd eene drukking van $1\frac{1}{2}$ ton per vierkante voet geregistreerd, terwijl een golf zonder wind er 106 voet hoog oprees wat met eene drukking van 3 ton per vierkante voet overeenkomt. Cialdi nam te Civita Vecchia voor de grootste drukking $1\frac{1}{2}$ ton per vierkante voet waar; Bonin te Cherbourg

$1\frac{3}{4}$ à $2\frac{3}{4}$ ton, Voisin Bey in den Oceaan $2\frac{3}{4}$ ton, in de Noordzee $1\frac{1}{3}$ à $1\frac{3}{4}$ ton.

Bij de waarnemingen van Stevenson te Dunbar werd gevonden dat de golven bij de zuiging een driemaal grootere kracht uitoefenen dan bij de directe drukking.

Op kunstwerken werkt de golf niet alleen door den stoot doch tevens door de plotselinge uitzetting van de lucht na voorafgaande samenpersing.

De golfdrukmeters leerden dat de gemiddelde golfdruk in den Atlantischen Oceaan gedurende den winter driemaal grooter is dan in den zomer.

Bij den storm van 30/31 Januari 1877 wezen de golfdrukmeters aan den Hoek van Holland een druk aan van 5000 K.G. tot 7500 K.G. per M².

Over het algemeen wordt de grootste kracht van den golfstoot op 3 à 4000 K.G. per M². gesteld en de weerstand der werken met eene zekerheids-coëfficiënt op ongeveer 15000 K.G. berekend; op de meest blootgestelde plaatsen in Schotland schijnt de druk tot 30000 K.G. te kunnen klimmen.

Te Dunbar werd voor de drukking van de golf tegen een uitstekend gedeelte van den zeemuur een 84 maal grooter cijfer dan voor den horizontalen druk gevonden; een voldoende reden om zeewerken glad af te werken.

De golven verhieven zich aldaar 6.6 à 7 maal hooger tegen een loodrechten of hollen muur dan in zee.

§ 7. Hoogte en uitwerking der golven bij ons te lande. Dat onze kust tot op vrij groote diepte alleen uit zand bestaat, bewijst niet dat de golven zich op die diepten nog doen gevoelen; de afwezigheid van slib is het gevolg van de werking der zee-stroomen. Men vindt dan ook het slib over de grootste helft van de oppervlakte van de buitenhaven te IJmuiden, waar nog een vrij sterke golfslag wordt gevonden; slechts nabij den buitenmond wordt zuiver zand gebaggerd.

De koppen der zeehoofden te IJmuiden zijn gelegen ter hoogte van 5.10 M. + A. P. en worden bij gewone stormvloeden, waarbij de waterspiegel rijst tot ongeveer 1.50 M. + A. P., door de golf ter diepte van 1 M. overdekt; bij hevige stormvloeden gaan de doorgaande golven ter hoogte van 3 M. er

overheen. De hoogte der golven bedraagt dus aldaar van $4\frac{1}{2}$ tot $6\frac{1}{2}$ M. boven den waterspiegel.

Bij den stormvloed van 12 December 1883, toen de waterspiegel tot 2.80 M. + A. P. rees, vernielde de top van de golf den koperen rand van het kustlicht te IJmuiden, hoog 14 M. + A. P. en bereikte derhalve eene hoogte van ruim 11 M. boven den waterspiegel. Een betonblok van 60 ton zwaarte werd afgescheurd en verplaatst.

Bij meermalen voorkomende stormvloeden van minder kracht worden 20tonsblokken door de golven over de hoofden geslingerd.

Binnen de zeehoofden te IJmuiden nemen de golven in hoogte af, doch zij planten zich in de diepe vaargeul, welke ongeveer dezelfde breedte heeft als de opening tusschen de koppen der havendammen wijd is, vrij gemakkelijk voort; werd de geheele buitenhaven nog op diepte gehouden, dan zou het golfslechtend vermogen der ruim 100 H.A. groote buitenhaven van meer beteekenis zijn.

Bij de sluizen te IJmuiden, ongeveer $2\frac{1}{2}$ K.M. uit den mond verwijderd, waar de golven slechts kunnen naderen na eene ombuiging van 159° en het doorloopen van het ongeveer 1400 M. lange buitenkanaal, bedraagt de golfhoogte nog 80 centimeter. Behalve deze eigenlijke golven van korten duur, hebben de waterverplaatsingen, die voornamelijk als gevolgen der golfbeweging in de buitenhaven zijn te beschouwen, rijzingen en dalingen aan de sluizen tengevolge, welke, volgens de aantekeningen van den getijmeter, soms tot 107 centimeter in 5 minuten zijn gestegen, zooals den 17^{den} September 1885 tijdens een onweersbui plaats had. Den 21 October 1874 steeg van 3 uur tot 3 u. 15 nam. de waterstand aan de Noordzeesluizen van 0.35 tot 2.15 M. + AP. dus 1.80 M. en daalde in het daaropvolgende kwartier van 2.10 M. tot 0.15 M. — A. P. dus 2,25 M.

Den 22 Mei 1886 werden aan de sluizen weder sterke golfverheffingen bij een onweersbui waargenomen waarvan op plaat XXIX eene voorstelling wordt gegeven; in 10 minuten had eene daling van 1.60 M. plaats; aan de zelfreg. peilschaal, die in de buitenhaven uitmondt, zijn de golven veel kleiner. Te Katwijk werden dergelijke golfbewegingen waargenomen.

Aan den Hoek van Holland werden bij den storm van 30/31

Januari 1877 steenen van 500 en 1000 K.G. gewicht door de golven van de werken geslagen en verplaatst. Bij hevigen wind is de golfbeweging aan den kop van den noordelijken dam zoo sterk, dat het water in den put der zelfregistreerende peilschaal aldaar, vooral bij laagwater, dikwijls 1 M. en meer op en neer gaat.

Over den in 1881 vóór de vesting Hellevoetsluis gelegden zeedijk, de contrescarpe, hoog ongeveer 3.80 M. + A. P., sloegen de golven bij den storm van 12/13 December 1883 zoo hevig dat de dijk doorbrak; daar de hoogste waterstand tot 3.21 M. + A.P. steeg, waren deze golven allen hooger dan 60 centimeter boven den waterspiegel.

Te Vlissingen bestaat een vak der waterkeering uit een muur, naar het zuidwesten gekeerd, die van 0.75 M. tot 5 M. boven hoogwater onder eene helling van 2 op 5 en daarboven tot 6.20 M. boven gewoon hoogwater loodrecht oprijst en waarop een dekzerk rust. Van den voet van den muur loopt eene steenglooiing naar beneden onder eene helling 5 op 1 tot 0.75 M. boven gewoon laagwater, ter breedte van 16 M.

Bij de stormvloed van 19/22 December 1862 uit het west-noordwesten rees de waterspiegel tot de hoogte van 1.83 M. boven gewoon hoogwater en sloegen de golven over den aarden wal, die achter den beschreven muur eene kruinshoogte van 7.20 M. boven hoogwater bereikt, derhalve $5\frac{1}{2}$ M. boven den waterspiegel ligt. Ofschoon Vlissingen niet aan de open zee is gelegen, is de ligging hoogst ongunstig, omdat de groote diepte in de Schelde eene onbelemmerde golfontwikkeling toelaat, die nabij de waterkeering plotseling ophoudt, waarvan eene aanzienlijke golfverheffing het gevolg moet zijn.

Bij den west-noordwestestorm van 12 December 1883 werden vijf dekzerken, elk van 700 K.G., van hunne plaats geslagen. Daar de waterstand slechts tot 1.25 M. boven gewoon hoogwater is geklommen, bedroeg de verheffing van de golven boven den waterspiegel minstens 5 M.

Op de golfhoogte oefent dikwijls de teruggekaatste golf een schadelijken invloed uit, omdat de rechtstreeksche golfing met de teruggekaatste kan worden verhoogd. In havens, die door steile muren zonder strand of schuine beloo-

pen zijn begrensd, geeft dit dikwijls tot bezwaren aanleiding.

Op onze stranden loopen de golven alleen tegen uitstekende steile werken tot de beschreven aanzienlijke hoogten op. Tegen hooge stranden, en de achter hooge stranden gelegen duinen langs onze kust, is de verheffing kleiner dan tegen vlakke stranden.

De golfhoogte bij de zeeeringen hangt af van de breedte en de hoogte der buitengronden en van den vorm en de hellingen der buitenbeloopen, doch voornamelijk van de richting der waterkeering ten opzichte van de richting waaruit de golven komen aanrollen. Hoe lager en smaller de voorgronden en hoe steiler de beloopen, hoe hooger de golven oploopen. Uit de onderstaande aantekeningen blijkt het groot verschil in golfverheffing langs de Hondsbossche zeeering en de Pettemer zeeeringen, dat voornamelijk aan het verschil in profiel en verdediging is toe te schrijven.

Bij den stormvloed van 14/15 October 1881 bedroeg volgens het officieel verslag de grootste golfverheffing 2.5 à 3 M. langs de Pettemer zeeering en ongeveer 3.5 M. langs de Hondsbossche zeeering; bij dien van 12 December 1883 verhieven de golven zich tot 2.60 à 4.60, op een enkel punt zelfs tot 5.60 M. boven den waterspiegel tegen de Hondsbossche zeeering en tot 1.60 à 2.50 M. tegen de Pettemer zeeering.

Bij den storm van 30/31 Januari 1877 liepen de golven tegen de Pettemer zeeering tot de hoogte van 5.20 M. + A. P. en op ééne plaats zelfs tot de dijkskruin op; op een paar plaatsen sloegen de golven over de Hondsbossche zeeering heen.

In Zeeland en Zuid-Holland zijn dijken en werken in de richtingen van noordoost tot zuid door het oosten aan geen zwaren golfslag blootgesteld; daarbij komt dat bij storm uit deze windrichtingen geene groote opstuwing van water is te wachten.

De heer A. Caland, die golven heeft waargenomen van 3.35 M. tot 3.50 M. boven den waterspiegel, meent dat in het gebied van noordoost tot zuid op geen hooger golf dan 0.50 M. boven den waterspiegel behoeft gerekend te worden.

Bij den storm van 30/31 Januari 1877 sloegen de golven

over de kruin van den dijk van den Tienhonderd en Zwartepolder die 6.60 M. + A. P. ligt of ongeveer $2\frac{1}{2}$ M. boven den waterspiegel, terwijl enkele golven tegen den dijk van Oud- en Jong Breskens de hoogte bereikten van 8 M. + A. P. of vermoedelijk weinig minder dan 4 M. boven den waterspiegel.

Bij den storm van 12/13 December 1883 zijn enkele zeer hooge golven even bewesten Kaaphoofd over de kruin der Heldersche zeevering gelooopen, welke langs het diepe Marsdiep is gelegen; volgens de waterstaatskaart is de dijk hier van 4 tot 6 M. + A. P. hoog, zoodat de golven zich ter hoogte van 2 à 4 M. boven den waterspiegel hebben verheven.

Aan den Oosterenban van Schouwen liepen bij denzelfden storm bij het dwarsdijkje bij de Directieket enkele golven over het 5 M. hooge duin, alzoo tot ongeveer 5 M. boven gewoon hoogwater; daar de waterstand eene hoogte bereikte van ongeveer 1.75 M. boven hoogwater, verhieven de golven zich 3.25 M. boven den hoogsten stand. De golven liepen dienzelfden dag over den zeedijk van Borrendamme.

Van den Pinksterstorm in Mei 1860 wordt gemeld dat de golven zich aan den Tienhonderd en Zwartepolder tot 2.50 M. boven den waterspiegel verhieven, aan den Borsselepolder tot 1.55 M., te Ellewoutsdijk tot 1.25 M. à 2.25 M., te Hoedekenskerke tot 1.00 à 1.40 M., aan den Willem-Annapolder tot 0.80 M., te Hansweert tot 1.90 M., te Waarde tot 1.75 M. à 2.50 M., aan den Vlietepolder tot 2.20 M., aan den Oud-Noordbevelandpolder tot 1.50 M., aan de Wilhelmina- en Oostbevelandpolders tot 1.40 M. à 1.50 M., aan den Molenpolder bij IJerseke tot 0.20 à 0.30 M., te Burgh tot 3 M., aan Flauwers tot 2.50 M., te Borrendamme tot 3.50 M., te Bruinisse tot 2.30 M., aan de polders Muije en Scherpenisse tot 3 M., aan het district Scharendijke van Schouwen tot 3.50 M., aan Langendijk 3.20 M., te Brouwershaven tot 2.50 M. en aan den polder Bommenede tot 1.50 M. boven hoogwater, waaronder in den regel de bereikte hoogste stand moet worden verstaan, en een enkele maal waarschijnlijk de hoogte van gewoon hoogwater.

Ook in de Zuiderzee kunnen de golven nog eene vrij groote

hoogte bereiken. Binnen de haven van Harlingen, waarvan de mond 80 M. wijd is, is de golfhoogte nog 1.50 M. bij den bazaltmuur en 1 M. in de oude buitenhaven, terwijl de deining nog 40 à 60 centimeter bedraagt bij de keersluis, welke op een afstand van 450 M. uit den havenmond is gelegen; de verheffing boven den waterspiegel is op ongeveer de helft der golfhoogte te stellen. Langs de kusten der Zuiderzee wordt voor de grootste verheffing der golven boven den waterspiegel 1.5 M. aangenomen.

De storm van Februari 1825 deed golven in de Zuiderzee ontstaan, die steenen van honderden ponden beneden langs en uit de kistingen aan de waterkeeringen van Friesland opnamen en over de kruinen der dijken slingerden.

De sterkste golfverheffing in een binnenwater wordt van Vreeswijk gemeld; bij den Pinksterstorm van Mei 1860 werden de golven op de Lek op eene hoogte van 1.50 M. boven den waterspiegel geschat.

Eene lijst van den oploop der golven tegen sommige dijken bij den storm van 12/13 December 1883, mij welwillend door den Inspecteur van den Waterstaat Conrad medegedeeld, volgt hieronder; de Westkapelsche zeedijk met golfverheffingen van 4.10 M. tot 5.80 M. boven den waterspiegel spant de kroon.

Naam der polders enz.	Vloedmerk	Waterspiegel	Golfverheffing
	in M. + AP.	in M. + AP.	in M. + waterspiegel.
Westkapelsche zeedijk.....	6,80 à 8,50	2,70	4,10 à 5,80
Adornis.....	4,80 à 6,50	3,30	1,50 à 3,30
Tien honderd en Zwarte.....	6,90	3, 5	3,55
Oud- en Jong Breskens.....	6,50	3,35	3,15
Borssele.....	4,10 à 4,80	3,35	0,75 à 1,45
Ellewoutsdijk.....	4,35 à 5,20	3,60	0,75 à 1,60
Hoofdplaat.....	4,60 à 5,00	3,30	1,30 à 1,70
Stad Philippine.....	4,13 à 5,16	3,83	0,30 à 1,33
Nieuw Neuzen.....	4,19 à 5,09	3,59	0,60 à 1,50
Margaretha.....	4,32 à 5,09	3,52	0,80 à 1,57
Kleine Huissens.....	4,22 à 5,28	3,60	0,62 à 1,68
Eendragt.....	3,72 à 5,18	3,60	0,12 à 1,58
Willem Anna.....	4,43 à 4,93	3,70	0,73 à 1,23
Walsoorden.....	4,36 à 4,86	4,00	0,36 à 0,86
Burgh en Westland.....	4,85 à 5,05	3,10	1,75 à 1,95
Vliete.....	3,80 à 6,00	3,00	0,80 à 3,00
Anna Friso.....	4,10 à 5,40	3,35	0,75 à 2,05
Stavenisse.....	3,90 à 5,70	3,52	0,38 à 2,18
Leendert Abraham.....	3,80 à 4,70	3,65	0,11 à 1,05
Annapolder.....	3,50 à 4,40	3,35	0,15 à 1,05

Naam der polders enz.	Vloedmerk	Waterspiegel	Golfverheffing
	in M. + AP.	in M. + AP.	in M. + waterspiegel.
Oostbeveland.....	4,71	3,69	1,02
Scherpenisse.....	4,44 à 5,65	3,89	0,55 à 1,76
Bruinisse.....	4,83 à 5,35	3,60	1,23 à 1,75
Nieuw Bommede.....	3,80 à 5,15	3,10	0,70 à 2,05
Hondsbosche zeekering.....	4,70 à 6,70	2,10	2,60 à 4,60
" op één punt zelfs tot	7,70	"	5,60
Pettemer zeekering.....	3,70 à 4,90	2,10	1,60 à 2,80
Heldersche zeekering.....	3,80 à 4,15	2,10	1,70 à 2,05
Terschelling, westelijk havenhoofd.	—	—	1,12
Vlieland, westhavendijk.....	3,07	2,26	0,81
" terp peilput.....	3,37	2,26	1,11
" dijk achter het dorp....	—	—	0,50 à 0,60
Wieringen, aan den oever.....	—	—	1,80
" dijken.....	—	—	0,95 à 1,40
Urk, hooge klif.....	4,00 (+volzee)	2,44 (+volz.)	1,56
Annapaulowna.....	2,90 à 3,80	2,10	0,80 à 1,70
Waard en Groet.....	3,08	2,18	0,90
Vier Noorderkoggen.....	4,03	2,09	1,94
Drechterland, noordzijde..... meer dan	5,00	2,30	2,70
Zeevang.....	3,20	2,55	0,65
Waterland, bew. en bez. de Nes.	2,80	2,65	0,15
Tusschen Blokzijl en Blankenham.	3,27 à 3,68	2,80	0,47 à 0,88
Tusschen Blankenham en Kuinre...	4,35 à 4,66	2,80	1,55 à 1,86
Kuinre.....	2,99	2,80	0,19
Afsluitdijk Reitdiep..... meer dan	5,98	4,34	meer dan 1,64
Hunsingo.....	5,94	—	1,64
Westpolder..... meer dan	5,38	—	meer dan 1,00
Noordpolder.....	5,60	—	1,30
Uithuizerpolder..... meer dan	5,60	—	meer dan 1,30
Eemspolder..... van 5,56 tot meer dan	5,86	—	van 1,26 tot meer dan 1,56
Provinciale zeedijk. van 5,90 tot meer dan	6,10	4,22	van 1,68 tot meer dan 1,88
Tusschen de sluizen van Duurswold			
en Oterduin.....	5,85		1,63
Van daar tot de Fiemelsluis... meer dan	5,90		meer dan 1,68
Van Fiemelsluis tot Joh. Kerkhoven			
polder.....	5,50	—	1,28
Johannes Kerkhovenspolder.....	5,20	—	0,98
Reiderwolderpolder. van 5,90 tot meer dan	6,50	—	van 1,68 tot meer dan 2,28
Bewesten de Statenzijl..... van 6,40 tot	7,20	4,22	van 2,18 tot 3,00
Beoosten de Statenzijl..... van 4,90 tot	6,75	4,22	van 0,68 tot 2,53

Ofschoon de zeer sterke golfverheffingen niet dikwijls worden waargenomen, behoort eene kalme zee evenzeer tot de uitzonderingen. De heer J. F. W. Conrad geeft in zijn rapport over den aanleg eener zeehaven te Scheveningen eene opgave van het aantal werkbare — door golfslag niet onwerkbaar — dagen in de buitenhaven te IJmuiden in de jaren 1876 tot 1882.

	Maximum.	Gemiddeld aantal.	Minimum.
Januari.....	19	13	1
Februari.....	17	10 ¹ / ₄	0
Maart.....	20	11 ¹ / ₂	5 ³ / ₄
April.....	20 ¹ / ₂	16 ¹ / ₂	13 ¹ / ₂
Mei.....	17 ¹ / ₂	16	13 ¹ / ₂
Juni.....	21 ¹ / ₂	16 ³ / ₄	10
Juli.....	15 ³ / ₄	14	11
Augustus.....	22 ³ / ₄	14 ¹ / ₂	8 ¹ / ₂
September.....	19 ¹ / ₂	15	12 ¹ / ₂
October.....	18 ¹ / ₂	14 ³ / ₄	9
November.....	15 ¹ / ₄	9	2 ¹ / ₄
December.....	13 ¹ / ₂	10 ¹ / ₂	9 ³ / ₄
Jaar.....	183 ¹ / ₂	161 ³ / ₄	112 ¹ / ₄

In de maanden April tot Augustus worden de meest kalme zeeën aangetroffen; in November tot Februari is de zee het meest beroerd.

In het voorafgaande zijn alleen beschouwd werkelijke golven door den wind voortgebracht. Van een anderen aard zijn de getijgolven; terwijl de langste golf in den Oceaan waargenomen in 23 seconden voorbijging, is de duur der schommeling van een getijgolf gemiddeld 12 uur en 25 minuten; terwijl de langste golf slechts op 800 M. lengte wordt geschat, heeft ééne getijgolf eene lengte langs onze kust van het zuiden in ons land tot bij Holstein, van 900 K.M. in het Kanaal en zelfs van 8000 K.M. in den Oceaan. De getijgolving is voortdurend. Hare oorzaak werkt steeds doch wijzigend van kracht; met hare vorming gaat wegens de groote lengte en langen duur, vooral nabij de kusten en in minder diepe zeeën een veel belangrijker wijziging van de horizontale waterbeweging gepaard dan bij de hoogste golven.

In sommige zeeën kan voor de snelheid van voortplanting der getijgolven de formule $V = \sqrt{gH}$ waarin H de diepte van de zee worden toegepast.

Comoy meent dat de invloed van de getijden zich op de geheele watermassa tot op den bodem van de zee doet gevoelen en dat de betrekking tusschen de gemiddelde stroomsnelheid in een profiel v , de snelheid van verplaatsing van de golf V , de halve hoogte van de golf h en de diepte van de zee H , kan voorgesteld worden door

$$\frac{v}{V} = \frac{h}{H} \text{ waaruit volgt daar } V = \sqrt{g H}, v = h \sqrt{\frac{g}{H}}.$$

Langs onze vlakke kusten met hare twee elkander kruisende getijgolven is voor de betrekking tusschen de stroomen in zee en de waterhoogten aan de kusten geen vaste regel te geven.

Een ander soort golven wordt in binnenzeeën waargenomen en is bekend onder den naam van Seichen; hare beweging is afhankelijk van de diepte der zee en van den afstand der tegenoverliggende oevers doch nog niet voldoende verklaard; tot deze behooren vermoedelijk de kleinere golven welke in het zuidelijk deel der Zuiderzee, zonder eenig merkbaar verband met den wind of de getijden in het noordelijk deel, worden waargenomen.

Een vierde soort golven, de zoogenaamde zeebevingen, worden voortgebracht door plotselinge waterverplaatsingen. Volgens de berekeningen van den mijningenieur Verbeek zou de voornaamste golf die in Augustus 1884 van Krakatau uitging, ontstaan zijn door het neerploffen van minstens 1000 miljoen kub. meter in zee; in het geheel werden bij de uitbarsting aldaar minstens 18 kubieke kilometers uitgeworpen.

Zulk eene golf beweegt zich evenals de deining nagenoeg zonder horizontale waterverplaatsing behalve langs de kusten, in de monden van ondiepe rivieren, in havens enz.

Van dergelijke golven zijn in ons land geene voorbeelden bekend; de golfbeweging tijdens de aardbeving van Lissabon bij ons te lande waargenomen, werd evengoed in groote besloten kuipen, plaatsen en binnenwateren aangetroffen als in de rivieren en kan derhalve slechts als gevolg van de aardbeving zelve worden beschouwd.

HOOFDSTUK VIII.

De verdeeling en afloop van het regenwater.

§ 1. **Verdeeling van het regenwater in het algemeen.** Het gevallen regenwater dringt gedeeltelijk in den bodem, een gedeelte verdampt onmiddellijk, een ander gedeelte blijft op de oppervlakte van den grond in plassen en holten en verdampt langzamerhand, het overige eindelijk stroomt over de oppervlakte van den grond naar de waterleidingen en rivieren.

De hoeveelheid water, welke in den grond kan dringen, hangt in de eerste plaats van den aard van den bodem af. Niet alleen van het opslurpingsvermogen van den grond, zoowel wat de absolute hoeveelheid betreft als de snelheid waarmede de opslurping plaats heeft, doch ook van het vermogen van den grond om vochtigheid vast te houden en door te laten.

De zwaartekracht toch doet het water zakken naar de diepere grondlagen totdat het den grondwaterspiegel heeft bereikt; geschiedt zulks betrekkelijk snel, dan worden de gronden tot de meest doorlatende gerekend; heeft er geene doorlating van water plaats, of in niet noemenswaardige hoeveelheid, dan behooren de gronden tot de ondoordringbare.

Het proces der waterverdeeling is zeer ingewikkeld.

Voor elk bijzonder geval is de graad van verzadiging, welke de grond bij het begin van en tijdens den regen bezit, van grooten invloed.

Is de grond geheel verzadigd, dan kan er verder slechts eene hoeveelheid worden opgenomen, welke gelijken tred houdt met het verlies door verdamping en met de hoeveelheid, die naar de diepere grondlagen zakt; is het grondwater zeer hoog, dan

houdt het in den grond zakken ook op en staat de bodem alleen door verdamping water af. Het vallende regenwater blijft met uitzondering der verdampte hoeveelheid, geheel op de oppervlakte of stroomt weg.

Het water dat niet verdampt en niet in den grond dringt, vult de openingen en holten der oppervlakte en stroomt dan verder af.

Hoe flauwer een terrein helt en hoe meer ongelijk het is van oppervlakte, hoe minder water over de oppervlakte afstroomt.

Hoe meer een terrein helt en hoe minder weerstand het water bij de afstroming over de oppervlakte ontmoet, hoe sneller de waterleiding of de rivier wordt bereikt.

In bergstreken, waar het water op naakte rotsen valt, die nauwelijks water opnemen of verdampen, wordt de gansche, door verdamping slechts weinig verminderde watermassa welke op de flanken valt, binnen korten tijd in het rivierdal afgevoerd. Bijna even plotseling als de buien zich uitstorten over het gebied, worden bergstroomen met het neergevallen water bezwaard. Zelfs in de tropen, in de rijkbegroeide berglanden van ons Indië, brengt elke bergregen een banjer van meer of minder kracht voort, die zich meer of minder ver tot in de vlakte uitstrekt.

In een vlak land, dat een voldoende lagen grondwaterspiegel heeft en waar de regens minder hevig zijn, wordt een voor naam gedeelte van het regenwater door den grond opgeslorpt; eerst wanneer het reusachtig grond-reservoir tot verzadigings toe is gevuld, verspreidt zich over het vlakke land eene dunne laag water, welke verdampt, zelfs gedurende den regen, en alle laagten, kommen en greppels vult, zoodat er slechts bij uitzondering water overblijft dat wegens het geringe verhang en de velerlei weerstanden zeer langzaam de slooten en waterleidingen opzoekt; de groote massa van het water bereikt de open wateren door afvloeiing naar het grondwater.

Geheel anders is de toestand van het vlakke land, dat onder water of geheel dras staat. In den grond kan geen water worden opgenomen; alleen door verdamping wordt water afgestaan terwijl al het overige op de oppervlakte blijft.

Is het terrein vlak, dan gedraagt het zich als een waterplas en komt de gevallen regen, verminderd met de verdampte hoeveelheid, terstond geheel tot bezwaar der waterleidingen, boezems

en rivieren; is het terrein echter gedeeltelijk hellend, dan vloeit al het water behalve het verdampde af en komt in zijn geheel, doch over eenigen tijd verdeeld, ten laste der verzamelkanalen.

Uit het voorgaande volgt dat ter beoordeeling van de wijze waarop het regenwater wordt verdeeld en ten laste komt der afwatering, behalve met de verdamping rekening moet gehouden worden met den aard en den vochtigheidstoestand van den bodem, den stand en de beweging van het grondwater, den vorm van het terrein, de bedekking van het terrein en den toestand van de oppervlakte in verband met de drooglegging.

§ 2. **Invloed van den aard van den bodem.** Van den aard van den bodem hangt het voornamelijk af, welke rol de grond vervult als waterverzamelaar en als waterbron.

Indien alle hemelwater rechtstreeks over de oppervlakte naar de waterleidingen vloeide, zou de waterlast bijna allerwege ondragelijk zijn en te zwaar om er zich door kunstmiddelen van te bevrijden; daarenboven zou onvruchtbaarheid het gevolg zijn van het watergebrek, dat noodwendig met volkomen afloop van regenwater gepaard zou gaan.

In de eerste plaats behoort het doorlatend vermogen der gronden te worden gekend, d. w. z. de hoeveelheid water welke doordringt of filtreert naar het diepere grondwater. Dit vermogen is niet alleen afhankelijk van den natuurlijken aard der grondsoort, doch vooral ook van den toestand waarin de natuur of de kunst haar heeft gebracht. Zandgrond b.v., die het water met meer of minder snelheid doorlaat naarmate de zanddeeltjes grover of fijner zijn en derhalve minder of meer weerstand bieden aan de beweging van het water, verliest dit vermogen meer of min wanneer hij vlakke terreinen vormt, die, zooals dikwijls het geval is, niet bebouwd zijn, doch, overdekt met heidestruiken, eene dunne laag overblijfselen van planten dragen, welke het water slechts zeer langzaam aan den onderliggenden grond afgeven. Dit leeren o. a. de duinpannen waarvan de bodem uit het waterdoorlatende duinzand is gevormd, doch die desniettemin, zoolang zij onbebouwd en met natuurlijken plantengroei zijn bekleed, aan gebrek aan afwatering lijden in die mate dat zij, evenals zulks op heidegronden het geval is, tot veenvorming aanleiding geven. Nauwelijks bebouwd, houdt het waterbezwaar op en

behoeft er voor waterafvoer slechts weinig moeite te worden gedaan.

Een ander voorbeeld in tegengestelden zin levert kleigrond op, die weinig water doorlaat van nature, doch waarvan het doorlatend vermogen wordt vermeerderd door het bewerken van den grond tot op de diepte waarin geploegd wordt, de wortelen doordringen en de draineerbuizen liggen.

Deze doordringbaarheid van bebouwd kleigrond is oorzaak dat de ontzouting van ingedijkte zeeleipolders zonder eenig ander kunstmiddel als de bebouwing, kan geschieden.

Darwin heeft gewezen op den grooten invloed dien regenwormen op de vorming van teelaarde uitoefenen, waarmee de doordringbaarheid van den bodem voor regenwater in verband staat; jaarlijks wordt door deze dieren eene grondmassa verwerkt, welke eene schijf ter dikte van 1 à 2 m.M. over de geheele oppervlakte zou vormen.

De snelheid waarmee het water door den grond filtreert, is door verschillende personen onderzocht, doch zijn voornamelijk slechts de zandgronden aan het onderzoek onderworpen.

De holten tusschen uit kogels gevormden grond, zoo dicht mogelijk opgestapeld, beslaan 27% van de geheele ruimte; bij eene minder dichte rangschikking, wanneer de holten met de middelpunten in rechte lijnen zijn gelegen, maken de holten 47% van het geheel uit.

Daar de oppervlakte der kogels af- en toeneemt met de vergroting en verkleining der middellijn, is ook de weerstand grooter bij fijn dan bij grof zand. Grond uit deelen van verschillende grootte samengesteld, biedt den meesten weerstand aan. Volgens de proeven van Dr. Seelheim zijn de hoeveelheden doorgestroomd water evenredig met de vierkanten der middellijnen van de zandkorrels.

Het doorstrotingsprofiel der holten van zandgronden wordt in den regel op $\frac{1}{4}$ van het geheel gesteld; van de fijnheid en de gelijkheid van korrel hangt hierbij veel af. Het zeer fijne zeezand dat met slibdeeltjes vermengd op sommige plaatsen den bodem van de vruchtbare Zeeuwsche kleigronden vormt, is praktisch als niet of weinig doorlatenden grond te beschouwen.

De wrijvingsweerstand is bij alle gronden met uitzondering van grove keien en grint zoo groot en de snelheid van beweging is zoo gering, dat de snelheid evenredig gesteld kan worden

met het verhang of met de drukhoogte per eenheid van lengte van doorstrooming; zoodat de snelheid kan voorgesteld worden door $V = k \alpha^1$ waarin k een coëfficiënt en α het verhang $\frac{H}{L}$, waarin H de drukhoogte of het verschil in hoogte tusschen de waterspiegels en L de lengte van den weg, dien het water moet afleggen. Volgens Dr. Seelheim stroomt door zand van 0.68 mM. middellijn 149 M³. water per M². in 24 uur, vóór $\alpha = 1$ derhalve $k = 0.0017$; door zand van 0.48 mM. middellijn 66.8 M³, dus $k = 0.00077$; door zand van 0.23 mM. middellijn 15.6 M³., dus $k = 0.00018$; door zand van 0.16 mM. 7.6 M³., dus $k = 0.00009$ en eindelijk door de fijnste stof zuivere klei en water 0.0014 M³., derhalve $k = 0.000\ 000\ 016$.²

Verschillende proefnemers hebben bevonden dat de snelheid met de temperatuur aangroeit en vermindert met den duur der doorstrooming.

Goed droogliggende zandgronden kunnen zelfs bij de zwaarste regens nagenoeg alle gevallen water opnemen en afvoeren, tenzij de oppervlakte tot eene minder goed doorlatende laag is vervormd; in dit laatste geval heeft men echter met geen blijvenden toestand te doen, omdat bij goede bebouwing het waterdoorlatend vermogen der bovenlaag weder ongeveer gelijk aan dat der dieper gelegen lagen wordt. In overeenstemming hiermede is de waarneming dat gronden, welke schijnbaar niet waterdoorlatend zijn, doch door hunne samenstelling tot de doorlatende behooren, na uitbreiding der cultuur en drooglegging al het regenwater in zich opnemen en diensgevolge de voorspelde vermeerdering van het waterbezwaar niet opleveren.

Het natuurlijk gevolg van het verschil in doorlatingsvermogen is de meerdere of mindere talrijkheid der natuurlijke waterlopen in vlakke terreinen. Hoe meer het water door den grond

¹ k is dezelfde coëfficiënt voor de seconde als tijdseenheid, als a in de formule $M = a \frac{HD}{L}$ van de Commissie der Akademie (zie noot onder aan bladz. 182), waarin M de hoeveelheid water per etmaal en D de doorsnede, dus $k = \frac{a}{86400}$.

² Uit de proeven van den ingenieur H. E. de Bruijn kan voor k worden afgeleid: voor grof rivierzand 0,00024, voor Scheldeplaatzand 0,00015 en voor fijn duinzand 0,00011.

wordt opgenomen en afgevoerd, hoe minder zich waterlopen in het terrein vormen; omgekeerd vindt men op niet doorlatenden bodem vele natuurlijke waterlopen daar het water dan meer over de oppervlakte afstroomt.

Bij groote helling van het terrein is de invloed van den aard van den bodem op de natuurlijke aanwezigheid van beken enz. minder belangrijk.

Het doorlatend vermogen van gronden vindt men slechts bij uitzondering in cijfers vermeld. In de „Grondboringen in Zee-land” drukt Dr. Seelheim de doordringbaarheid der verschillende gronden aldus uit:

Gele alluviale kleigrond met 60 0/0 kwartzand en 20 0/0 klei, moeilijk doordringbaar.							
Grijs zand (diluvium)...	85	„	„	„	„	„	„
Geelachtig grijze klei,							
tertiaire rupelleem ...	40	„	„	„	60 0/0	„	„
Grijze klei, tertiaire rupelleem.....	75	„	„	„	10	„	„
Grijze kleigrond	„	„	„	„	15	„	„
Grijze klei, tertiaire rupelleem.....	„	„	„	„	30 à 40 0/0	„	„
Gröenzand.....	50 0/0	„	„	„	50 0/0	„	„
Grijze aarde.....	80	„	„	„	5	„	„
Grijs zand met schelpen.	75	„	„	„	iets	„	„
Donker grijze aarde....	85	„	„	„	10	„	„
							enz.

Eene meer nauwkeurige lijst vindt men in Seelheim's jongere verhandeling over de gronden in de Betuwe.

Grondsoort.	Korrelgrootte in procenten uitgedrukt.						Totaal.	Hoeveelheid doorgedrongen water per M ³ onder 1 M. druk per 24 uur in M ³ .
	Grove korrels.	0,68 m.M.	0,48 m.M.	0,23 m.M.	0,16 m.M.	Fijnste stof.		
<i>Alluvium.</i>								
Zand met klei.	0,5	5	16	60,5	9	9	100	0,06
Zand met klei.	3,5	9	17,5	56	11	3	100	1,8
Zand met klei.	9	6	17	57	8	3	100	3,9
Zand.	11	6	15	59	8	1	100	13,6
<i>Diluvium.</i>								
Bontzand.	1	3	8	76	8	4	100	1,7
Wit bruinkoolzand.	13,5	4	14	62	6	0,5	100	18,6
Grint.	34	17	21	18	6,5	3,5	100	1,9
Grint.	55	18	14	10	2	1	100	42

In de tabellen der grondboringen worden met deze grondsoorten, wat hunne doordringbaarheid betreft, gelijk gesteld:

a. met zand met klei, doorlatende 0 M³.

de verschillende bruine, gele en geel grijze klei en aardsoorten, de grijze klei-soorten enz. tot het alluvium behoorende en bevattende van 15 tot 90 % klei.

„ 10 „ 75 „ kwartzsand.

„ 0 „ 60 „ grint.

„ 0 „ 30 „ veen.

de grijze leem van het diluvium en bevattende 10 à 90 % klei.

10 à 85 „ kwartzsand.

geelgroene aarde van het bontzand diluvium bevattende 20 % klei, 80 % kwartzsand en geen grint.

bruin veen en veen met klei van het alluvium.

veen met klei, bevattende 10 à 50 % klei, 0 à 10 % kwartzsand en 40 à 90 % veen.

b. met zand met klei, doorlatende 0,06 M³.

gele, grijze, geelgrijze, groengrijze aarde, gele kleiaarde, bevattende 5 à 15 % klei, 75 à 90 % kwartzsand, geen grint en 0 à 15 % veen.

c. met zand met klei, doorlatende 1,8 M³.

groengrijze, gele en grijze aarde, geelrood, geel, grijs en groengrijs zand, bevattende 1 à 5 % klei, 75 à 95 % kwartzsand, 0 à 5 % fijne grint, 0 à 10 % veen.

d. met zand met klei, doorlatende 3,9 M³.

gele en geelgrijze, grijze, zwartgrijze, groengrijze aarde en grijs zand, bevattende 1 à 5 % klei, 78 à 99 % kwartzsand, 0 à 20 % fijn grint en 0 à 10 % grint tot 1½ cM. middellijn.

e. met zand met klei, doorlatende 18,6 M³.

grijs zand, grof zand, grintzand, donker geelgrijze aarde, bevattende 0 à 10 % klei, 15 à 100 % kwartzsand, 0 à 85 % fijn grint en grint tot 4 cM. middellijn.

f. met zand met klei, doorlatende van 1,8 tot 3,9 M³.

geelgrijze aarde, bevattende 5 % klei, 90 % kwartzsand en geen grint.

Diluvium.

a. met bontzand, doorlatende 1,7 M³.

grijs, geelgroen, grijsgroen en roodgeel zand, geelgrijze en roodgele aarde, bevattende iets à 15 % klei, 75 à 100 % kwartzsand en 0 à 10 % fijne grint en tot ½ cM. middellijn.

b. met wit bruinkoolzand, doorlatende 18,6 M³.

wit zand, bevattende 0 à 2½ % klei, 80 à 100 % kwartzsand, 0 à 20 % grint tot ½ cM. middellijn.

c. met grint, doorlatende 1,9 à 42 M³.

geelgrijs zand en grintzand, bevattende 0 à iets klei, 15 à 90 % kwartzsand, 10 à 85 % fijne grint en grint tot 4 cM. middellijn.

d. met grint, doorlatende 42 M³.

grintzand en grint, bevattende geen klei, 10 à 59 % kwartzsand, 40 à 90 % grint tot 4 cM. middellijn.

Behalve in grint, vormt de korrel van ¼ mM. middellijn het hoofdbestanddeel; gronden die 20% zuivere klei bevatten, zijn nagenoeg ondoordringbaar voor water.

Het doorlatend vermogen van veengrond, 90 à 100% veen

bevattende, is niet onder cijfers te brengen; dicht opeengepakt, is het geheel ondoordringbaar; in lossen weinig samenhangenden staat kan het zeer doorlatend zijn.

Daar grint, zand, klei en veen bijna alleen de bestanddeelen van onzen bodem uitmaken, is de wijze waarop deze zich gedraagt ten opzichte van het water door het onderzoek van Seelheim vrij goed bekend geworden.

Wanneer een stroomgebied uit verschillende soort gronden bestaat, wat de doorringbaarheid betreft, is het maximum van waterbezwaar in de eenheid van tijd nagenoeg onafhankelijk van de zeer gemakkelijk waterdoorlatende gronden; van deze komt toch door den bodem in de waterleidingen een nagenoeg standvastige hoeveelheid, waarvan de middelwaarde in ons klimaat op ongeveer 0.070 M^3 . per seconde en 1000 H.A. is te stellen.

§ 3. Invloed van den vochtigheidstoestand van den bodem. Droge grond neemt het regenwater tot verzadiging op vóór het geregeld kan doorzakken; door droge zand- en veengronden wordt het water als door eene spons opgeslurpt. In klei dringt het water slechts langzaam, zoodat bij zware regens aanvankelijk een gedeelte boven op den grond blijft staan of tot afstroming over de oppervlakte komt alvorens de grond is verzadigd.

Een door draineering voor water doordringbaar gemaakt terrein neemt volgens de proeven van Maitot de Varennes eene regenhoogte van 50 mM. op of 500.000 M^3 . per 1000 H.A. vóór de drains gaan werken en derhalve nog meer vóór de volle verzadigingstoestand is bereikt.

De verzadigingstoestand wordt minder spoedig bereikt en gaat eerder verloren, indien de bovengrond lossier is gemaakt door bemesting b. v. met kalk, waardoor lucht en licht en ook het water gemakkelijker in den grond worden opgenomen.

In den zomer zal in den regel geene volledige verzadiging van den grond plaats hebben; in den winter zal de verzadigingstoestand van vele gronden bij herhaling worden bereikt.

Veel regenwater langzaam vallende zal gelegenheid hebben in den grond te dringen, terwijl dezelfde hoeveelheid in korten tijd vallende, gedeeltelijk een uitweg over de oppervlakte moet vinden. Doch zelfs bij de zwaarste buien wordt een belangrijk gedeelte

van het water in den grond opgenomen; de Fransche opzichter Tourné nam waar dat gedurende een bui $72\frac{1}{2}$ mM. water viel in 2 uur, waarvan 35% in $7\frac{1}{2}$ uur of 0.056 mM. per minuut werd afgevoerd; het overige was derhalve in den grond enz. opgenomen; voor de riolen van Parijs, waarin het water van de daken, straten en binnenplaatsen wordt geleid, wordt op eene grootste hoeveelheid regen van 0.75 mM. per minuut gerekend, waarvan $\frac{1}{3}$ of 0.25 mM. per minuut moet worden afgevoerd.

Regens van genoegzame sterkte en duur om goed doorlatende terreinen te verzadigen komen niet voor, omdat door het zakken van water in den grond steeds nieuwe ruimte voor waterberging wordt verkregen.

Op de weinig doorlatende gronden wordt bijna zonder uitzondering eene bovenlaag aarde gevonden, welke in staat is 0.1 M³. à 0.5 M³. water per kub. meter op te nemen; bij 0,5 M. dikte derhalve eene waterschijf ter dikte van 50 à 250 mM.; eerst wanneer deze hoeveelheid is opgenomen komt de volkomen ondoordringbaarheid van den ondergrond in werking.

Men kan aannemen dat alle gronden ook de minst doorlatende droog zijnde, eene waterschijf ter dikte van 20 mM met gemak opnemen.

§ 4. **Het grondwater.** Het grondwater wordt voornamelijk gevormd door het gedeelte van het regenwater dat in den grond dringt en naar beneden zakt tot op den grondwaterspiegel. Bovendien wordt het gevoed door het water dat van elders op de grenzen van het beschouwde gebied onzichtbaar voor het oog komt afstroomen.

Deze hoeveelheid is nul indien de grenzen van het gebied samenvallen met de waterscheidingen, waar de ondergrondse stroomen naar verschillende richtingen hun aanvang nemen.

Eindelijk wordt het grondwater gevoed door het water uit boezems en rivieren, wier waterspiegels hooger gelegen zijn dan die van het grondwater en waarvan de wanden en beddingen uit doorlatenden grond bestaan.

De eigenaardige vorm der laatste wijze van voeding, voor een laag land als het onze van gewicht, en kwel genoemd, wordt in Hoofdstuk IX § 1 besproken.

Het water, dat zoo diep in den grond is doorgedrongen dat

het door de capillaire werking en den plantengroei niet meer tot verdamping kan worden gebracht, komt slechts als deel der grondwatermassa aan den dag terug; in zandgronden wordt die diepte reeds na 20 minuten bereikt. De waterrijkdom van waterloopen, welke dergelijken grond ter voldoende diepte doorsnijden, is daarom buitengewoon groot, doch zeer regelmatig over het jaar verdeeld zoodat de minimum en maximum afvoeren slechts weinig van elkander verschillen. In dit geval verkeerden de verzamelkanalen voor de duinwaterleidingen; de ervaring heeft geleerd dat van de duinen onder Zandvoort 5,5 M³ per minuut en per 1000 H.A., overeenkomende met eene waterhoogte van ongeveer 290 m.M. per jaar, wordt opgevangen als minimum; het verschil met de minimum regenhoogte is gering.

In eene begrensde ruimte besloten, kan het grondwater in rust zijn en is de verdamping de eenige oorzaak van watervlies. In het algemeen echter is het grondwater steeds in beweging, omdat het in een poreusen bodem steeds tracht in evenwicht te geraken, terwijl het telkens nieuwen toevoer ontvangt en water afstaat.

Het grondwater beweegt zich in de richting der lagere waterspiegels; hoe zulks geschiedt, vooral in groote diepte, is niet gemakkelijk te bepalen. De beteekenis van dezen onderaardschen stroom is echter niet gering, omdat de profielen in sommige gevallen reusachtig groot zijn vergeleken met die der open wateren. In sommige streken daalt in droge tijden de afvoer langs enkele riviervakken tot nul omdat de stroom geheel onder de bedding der rivier plaats heeft. Ofschoon zulks niet uit waarnemingen blijkt, moet men aannemen, dat het verschil in de hoeveelheden afgevoerd water op verschillende plaatsen eener zelfde rivier, die in een toestand van permanentie verkeert, zonder belangrijke was of val, met den aard van den bodem en den loop van het grondwater in verband staat, dat hier water aan de rivier afstaat, elders met rivierwater wordt gevoed.

Het grondwater vormt een stroom waarvan eene waterkeerende grondlaag de bedding is; komt deze aan den dag, dan vormt het grondwater bronnen waarvan het water verder aan de open lucht naar de rivieren stroomt. Men vindt dergelijke bronnen in ons land aan den voet der diluviale heuvelen, waarin

leemlagen eene waterkeerende laag vormen, die op de plaats der bron aan den dag komt. De afvoer van dergelijke bronnen is op de hiervoren genoemde hoeveelheid van 0.070 M^3 per 1" en 1000 HA. te stellen. Behalve aan den dag komen de waterkeerende lagen in den regel uit in het bed van rivieren en zeeën, welke wateren dan op dezelfde wijze worden gevoed.

In ons land is de bovenste watervoerende laag meestal de voornaamste; over eene groote uitgestrektheid dringt zij tot zeer groote diepte door.¹

De diepere waterhoudende lagen die voornamelijk door het buitenland worden gevoed, zijn voor het leveren van drinkwater zeer geschikt; ook in ons land zijn artesische putboringen met goed gevolg verricht.

Het grondwater der bovenste laag wordt wel eens onderscheiden in zak- en in welwater. Welwater is het water dat in geboorde putten omhoog stijgt, terwijl zakwater wordt genoemd water dat niet opstijgt, doch zijdelings bijzakt uit den grond. Welwater is derhalve water dat aan de algemeene grondwatermassa ontvloeit, zakwater is het water dat op zijn weg naar den grond- of welwaterspiegel zijdelings wordt afgeleid en opgevangen door het maken eener ingraving.

De toplijnen van den grondwaterspiegel, de eigenlijke ondergrondsche waterscheidingen, vallen over het algemeen samen met de toplijnen van den bodem, doch wijken daarvan meer of minder af naarmate in de eene of andere richting, een meer of minder krachtige invloed op de ondergrondsche stroomen wordt uitgeoefend.

Terwijl het water zich door grint gemakkelijk beweegt, is er voor het verkrijgen van eenige snelheid in zandgronden veel verhang noodig. Neemt men een coefficient $k = 0,0008$ dan zou bij een verval van $\frac{1}{100}$, dat dikwijls overtroffen wordt, volgens de formule $u = k \alpha$ de snelheid $u = 0,0008 \times 0,01 = 0,000008$ zijn; de vrije doorstromingsruimte op $\frac{1}{4}$ stellende, is er voor het afvloeien van 1 M^3 . noodig een dwarsprofiel van 500000 M^2 .

¹ Zoo bedraagt de dikte van het zanddiluvium volgens Dr. J. Lorie, Beschouwingen over het diluvium van Nederland, te Barneveld 45 M. (minimum), te Voorthuizen 77 M., te Deventer 82 M., te Gorinchem zelfs 120 M. en te Utrecht 150 M. De dikte van het alluvium te Gorinchem op blz. 11 bovenaan opgegeven en overgenomen uit Staring, Bodem van Nederland, I bladz. 11 is niet juist; zie ook het profiel op plaat XX.

of bij eene onderstelde diepte van doorstrooming van 10 M. eene lengte of breedte van 50 K.M. Dergelijke langzame beweging van het grondwater is bij herhaling bevestigd.

De grondwaterspiegel rijst indien de afvoer minder bedraagt dan de toevoer en daalt in het tegengesteld geval. Bij rijzing wordt water in den grond geborgen, bij daling wordt water vrij gemaakt, voor zoover het niet door de capillariteit wordt vastgehouden. De poreuse bodem vormt derhalve een waterkom van reusachtige afmetingen.

Zelfs in onze lage landen vormen de open slooten en waterleidingen niet alleen de maat van de hoeveelheid water welke bij afwisselenden waterstand geborgen kan worden, doch doet de geheele ruimte in den grond, welke door verheffing van den grondwaterspiegel met water wordt gevuld, als verzamelkom dienst. Bij zeer ruime speling in waterstand is afvoer naar buiten zelfs niet noodig.

Zulks is alleen mogelijk bij kleine vlakke polders, zooals o. a. de Fredericuspolder op Zuidbeveland; in droge tijden is de grond voedingsbassin, in natte tijden bergruimte even als een zichtbaar meer of plas.

De hoogte van den grondwaterspiegel is in een laag land vooral afhankelijk van de hoogte van den waterspiegel van de zee, de rivieren, waterleidingen en slooten.

Deze open wateren vormen met het grondwater een samenhangend geheel; de algemeene helling van den grondwaterspiegel is naar de hoofdrivieren en de zee gericht; plaatselijk is de oppervlakte golvend onder den invloed der nevenrivieren en binnenwateren. Daalt de waterspiegel in de open wateren, dan daalt de grondwaterspiegel tengevolge van waterverlies; rijst de waterstand, dan rijst het grondwater en wordt er water geborgen, hetzij ontleend aan het van de landzijde toestroomend grondwater, hetzij door onttrekking aan de open wateren zelve. Daar de waterbeweging in den bodem zeer langzaam geschiedt, planten zich de invloeden golfvormig door den grond voort en is de invloed in de nabijheid der open wateren het grootst.

Bij snellen was stroomt er steeds water zijdelings af totdat het grondwater voldoende gerezen is en de gewone richting weder gevolgd kan worden; het geschiedt in den grond als in de open zijrivieren.

Het rijzen van den grondwaterspiegel geschiedt onder den invloed der rivieren sneller dan het dalen, omdat de rijzing van twee zijden uit wordt bewerkt en het dalen door het toestroomende grondwater wordt tegengewerkt.

Is het grondwater hooger dan de hoogste rivierstand, dan gaat de golfvormige voortplanting van was en val in den grond spoedig te niet; op lage grondwaterstanden is de invloed grooter.

De helling van den grondwaterspiegel is in onze hoogere gronden in den regel het grootst in de nabijheid der open wateren. Dit werd ook door Hess in het Noordduitsche diluviaal-zand nabij de Aller waargenomen; de top van de waterstandskromme in de rivier plantte zich in den groven zandgrond voort met eene snelheid van 10 à 12 $\frac{1}{2}$ M. per dag over 50 M. lengte en van 28 à 35 M. per dag tot 600 M. lengte; een afstand van een kilometer werd in ongeveer 30 dagen doorloopen.

Indien open waterspiegels van verschillende hoogte in elkanders nabijheid worden gevonden, is de grondwaterspiegel een gebogen vlak tusschen deze beide in.

De invloed van den hooger waterspiegel is in den regel slechts zeer plaatselijk, zoodat in de nabijheid nergens een grondwaterstand wordt aangetroffen, die belangrijk boven het laagste water is verheven; het grondwater vloeit alleen naar de laagste waterloop. Men zegt dan dat dit geschiedt onder den bodem van het hoogere kanaal door, ofschoon dit slechts juist is indien het hoogere kanaal tusschen voor water ondoordringbare wanden is besloten.

Bij de droogmaking van de Haarlemmermeer en bij het graven van het Noordzeekanaal, werden de droogmakerij en het kanaal met water bezwaard van hoogere gronden, waarvan zij door een hooger gelegen ringvaart waren gescheiden. Op de beschreven wijze kan het grondwater van de Veluwe, westelijk van het kanaal van Dieren naar Hattem, onder door dit kanaal de beken en waterleidingen in den polder de Veluwe bezwaren of dwars onder dezen bodem-door, den IJssel bereiken.

Indien de grondwaterspiegel zonder de rivieren lager zou dalen dan deze, volgt het water den omgekeerden weg en dringt het uit de open wateren door de poreuse beddingen of oevers naar den grond; dit water heet kwel zoodra het zich tot

in de nabijheid van de oppervlakte of boven deze verheft.

De doorkwelling is duurzaam in droogmakerijen, langs kanalen in ophooging enz. waar het grondwater uit deze bronnen voortdurend wordt gevoed. Op plaat XXXVII zijn eenige dwarsprofielen over den linker IJsseloever voorgesteld, waaruit de stand der waterspiegels blijkt en waaruit de ondergrondse waterstreaming op de richting dier profielen geprojecteerd, kan worden afgeleid.

De richting van dien stroom is de resultante van verschillende richtingen; het grondwater tracht zich in de eerste plaats volgens den kortsten weg naar een rivierbed te bewegen doch zal daarbij tevens, door het verhang van de rivier eenigszins van deze richting afwijkende, in die van het grootste verhang worden geleid. Het verhang der rivieren is echter te klein om in het algemeen eene belangrijke waterverplaatsing evenwijdig met de rivier in den grond, waar de weerstand aanzienlijk is, te veroorzaken.

Het grondwater wordt door verzamelkanalen, waarvan de bodem niet tot in de waterkeerende laag is ingesneden, voornamelijk door de zijwanden opgenomen; de vertikale opstijging in den bodem is slechts gering. Ondiepe verzamelkanalen oefenen slechts invloed uit op de bovenlaag van het grondwater, terwijl de grondwaterstroom ongestoord doorgaat.

Hoe diep de grondwaterstroom doordringt, hangt van den aard der grondlagen af; bieden de dieper gelegen grondlagen meer weerstand, dan zullen zij betrekkelijk weinig water afvoeren; zijn zij daarentegen van grover korrel, zooals de grintlagen onder onze rivierdistricten, dan zal de grondwaterafvoer voornamelijk door deze lagen geschieden, ook wanneer de bodem van het verzamelkanaal niet tot in deze laag is ingesneden. Op de kennis der minst weerstandbiedende lagen komt het derhalve aan.

De zee oefent op den grondwaterstand invloed uit; in de nabijheid onzer kust veroorzaken de getijgolven periodieke golven in den grondwaterspiegel.

Stroom van water uit zee landwaarts in, is van geene beteekenis; buiten de zeepolders wordt bij de grondboringen overal tot op zekere diepte zoet water gevonden. Te Delft is het water op 22 M. diepte zoo zout als zeewater; te Zoetermeer is het

eerst op 50 M. diepte brak; te Vinkeveen werd in 60 M. diepte geen zeewater gevonden.

Dat het water in vele zeealluviën brak is, mag gedeeltelijk aan het groote zoutgehalte der ondergronden worden toegeschreven en niet alleen aan den toevoer van zeewater; vooral de algemeen voorkomende derrielaag tusschen den kleibodem en het onderliggende zand bevat zeer veel zout.

Rechtstreeksche toevoer van zeewater is slechts in droge zomers of in zeer lage gronden onder omgekeerd verhang mogelijk, doch kan ook door diffusie zoutwater worden aangevoerd.

Tengevolge van verbeterde suatie loogen de bovenste grondlagen zelfs beter uit, zoodat het gemakkelijker wordt goede drinkputten van opgevangen regenwater te verkrijgen.

Bij vele putboringen in de zeealluviën is ook het water beneden de waterkeerende laag niet drinkbaar bevonden, o. a. te Amsterdam op het Bakkerseiland waar een put ter diepte van 40 M. sedert 1849 goed water gaf, dat in 1861 onbruikbaar is geworden. Goed water leveren putten te Westzaan 22 M. diep, in de Wijde Wormer 22 M. diep, in de Schermer, waar zelfs op eene plaats uit 14 M. diepte een waterstand van 2 M. boven den grond werd verkregen; in Drechterland 12 M. diep, in Waard en Groet 14 à 16 M. diep enz.

Mededeelingen omtrent de hoogte van den grondwaterspiegel vindt men behalve in eenige verspreide stukken vooral in het Verslag van 5 October 1868 der Commissie tot onderzoek van drinkwater.

In onze waterrijke zeealluviën en de lage venen is de waterstand in den grond een weinig hooger dan die der omringende waterspiegels; hij rijst en daalt met deze.

In het diluvium, de heuvels uitgezonderd, is de waterstand in den regel 1 à 2 M. onder de oppervlakte en wordt de oppervlakte van den bodem in hare algemeene vormen gevolgd.

In de grintheuvels van het diluvium is het water weinig hooger dan het water aan den voet; in de diepe putten op de hoogten nabij Arnhem geeft de waterspiegel van Waal en Rijn den waterstand aan; in die op de Veluwe de waterspiegel van de Zuiderzee en den IJssel.

Daar de leemlagen in de diluviale grintheuvels in den regel

slechts dun zijn, kunnen de bronnen of sprengen, welke op deze lagen rusten, gemakkelijk verdrogen door doorgraving dezer lagen.

De duinzanden bieden meer weerstand aan de beweging van het water dan de Veluwsche grintheuvels; de grondwaterstand is in de duinstreken golvend met het terrein, doch in zeer verzwakte maat.

In de duinen van Zandvoort is de waterspiegel in de duinwaterleidingkanalen 2 M. verheven boven Rijnlands boezemwater, dat den algemeenen stand van het grondwater aan den voet der duinen regelt.

In de duinen tusschen den Haag en Leiden werd de grondwaterstand zoowel in het natte jaar 1866 als in het droge jaar 1868 gevonden ongeveer op dezelfde hoogte en wel van 1 tot 7 M. onder de golvende oppervlakte en boven Rijnlands boezem van 2 tot 8,50 M., afhankelijk van de hoogte van het terrein en van den afstand. Hoe grooter afstand hoe flauwer het verhang en hoe grooter het verval.

Op een afstand van	100 M. was het verval	2 M., het verhang 1 op 100
" " " "	500 " " " "	2,1 à 2,5 " " " 1 " 200 à 1 op 250
" " " "	1200 " " " "	8,5 " " " 1 " 140
" " " "	1300 " " " "	3,1 à 3,8 " " " 1 " 420 à 1 op 340
" " " "	1400 " " " "	3,5 " " " 1 " 400

Zelfs in de droogste tijden van 1876 b.v. daalde de waterstand in de Haagsche duinwaterleiding niet lager dan 1,00 M. + AP, terwijl Delflands boezempeil toen 40 à 50 centimeter beneden AP was; een verval alzoo van 1,40 à 1,50 M.

De grondwaterstanden zijn aan wisselingen onderhevig doch uit den aard der zaak met kleinere golfhoogte dan de waterhoogten in de rivieren. Staring deelt mede dat in den drogen zomer van 1865 (1864?) de wel in het Zutphensche 1 M. daalde en eerst rees na belangrijken regenval. Er is, vóór de gewone stand weder werd bereikt, bij eene bergruimte van $\frac{1}{3}$ derhalve eene bergruimte beschikbaar geweest van 333 millimeter regenhoogte.

Volgens Staring zouden onze kleine rivieren en beken slechts voeding ontvangen van de bronnen of sprengen en van het over de oppervlakte van den bodem afvloeiende water; het grondwater zou niet tot voeding dienen. Al moge zulks niet geheel juist zijn, de opmerking is van belang, omdat daaruit

zou volgen dat de groote massa van het in den grond dringende water, voor zoover zulks niet weder verdampt, geen waterbezwaar voor de kleine ondiepe rivieren zou kunnen opleveren, doch de hoofdrievieren en de zee opzoekt, zonder van de tuschenkomst der open wateren gebruik te maken.

Grondwaterstanden enz. volgens het verslag der Drinkwatercommissie.

Naam der plaats.	Hoogten van den grondwaterstand betr. A.P. of maaiveld	Samenstelling van den bodem enz.	Aanmerkingen.
Groningen.....	2,91 M. + AP.	Gemengde grond 3 M., leem met zand 0,70 M., leem met kiezel 0,80 M.	Afwisselend niveau met den regen.
Leeuwarden.....	—	Kleilaag 2 M. dik waaronder derrie	Voormalige Middellzee.
Dokkum.....	2,5 à 3,4 M. — mv.	—	
Kampen.....	2,5 M. — mv.	—	
Rijnsburg.....	1½ roede — mv.	Kleigrond	Constant niveau
Leiden.....	= Rijnlands boezem.	Afwisselende lagen klei en veen, waaronder zand.	
Genemuiden.....	3 M. — mv.	Klei 4,8 M., veen 1,5 M., zand 0,7 M.	Met haven op en neer.
Hoogeveen.....	—	Leem en zand.	
Rosendaal.....	1,5 à 2 M. — mv.	Zand.	
Breda.....	2,3 à 5 M. — mv.	Zand.	
Arnhem.....	2 M. en meer — mv.	—	Hooge rivierstanden doen de waterstand rijzen.
Amersfoort.....	—	Bouwaarde en welzand of ook zand met oer en kiezel vermengd.	'Te Amersfoort met beek op en neer.
Utrecht.....	3.8 M. — mv.	Bouwgrond 1,2 M., klei 1,2 M., veen en klei 0,8 M. leemzand 0,8 M., zand 6 M. De bodem bestaat tot op 50 M. diepte uit zandlagen, waarvan de bovenste klei, veen enz. bevatten. Dan eene kleilaag 20 M. dik, voorts weder zand.	
Montfoort.....	2 M. — mv.	Blauwe klei en zand.	
IJsselstein.....	—	15½ voet blauwe klei, dan zand.	
Nijmegen.....	2 M. — mv.	Zand.	Met de Waal op en neer.
Culemborg.....	2 M. à 5 M. — mv.	Klei en dan zand.	Met de Lek op en neer.
Abcoude.....	2 M. — mv.	5,45 M. licht grijze klei.	
Wijk bij Duurstede	2 M. — mv.	—	Met de Lek op en neer.
Edam.....	—	6 à 8 voet veen, klei en daaronder schelpen en zand.	
Haarlem.....	= de grachten	Veen, derrie, katteklei.	
Werkendam.....	2,5 M. — mv.	Zand.	Niveau constant

§ 5. **Vorm en bedekking van den bodem.** Zeer sterke hellingen zijn oorzaak dat het wateropnemend vermogen van den grond bij zware regens onvoldoende is; het water dat niet wordt opgeslorpt en tot verdamping of naar het grondwater wordt ge-

bracht, stroomt dan eerder en sneller langs de oppervlakte af. Met gras bekleede grond biedt aan die afstroming zelfs bij hellingen van $1\frac{1}{2}$ op 1 nog zoo grooten weerstand, dat zich geene goten in den kleibodem vormen en het water derhalve als eene zeer dunne over de oppervlakte verdeelde schijf zou moeten afstroomen voor zoover het niet wordt opgenomen.

Is de oppervlakte niet bekleed, dan stroomt reeds bij kleinere hellingen het water over de oppervlakte langs kleine kanaaltjes gedeeltelijk af.

Hoe meer weerstand de oppervlakte aan de vorming van zulke kanalen aanbiedt door begroeiing en onregelmatige ligging, hoe minder de algemeene helling de snelheid van beweging van het water zal verhaasten.

De hellingen van gering bedrag, zooals die welke in ons land, met uitzondering van de heuvelen en enkele streken in het zuiden van Limburg, voorkomen, oefenen op de snelheid van afvoer van het regenwater geen invloed uit.

Eerst hellingen van 1 op 20 of meer kunnen volgens veler waarneming de afwatering langs de oppervlakte bevorderen; dergelijke hellingen komen in ons land behalve in de duinen, de zandstuivingen, de heuvels in het grintdiluvium enz., niet voor. Men kan veilig aannemen dat in ons land het regenwater slechts op enkele plaatsen over de oppervlakte wordt afgevoerd.

Zoo zal men evenmin veel mistasten door aan te nemen dat de oppervlakkige afstroming vóór de verzadiging van den grond niet plaats heeft bij onbegroeiden bouwgrond, indien de helling niet grooter is dan 20 op 1.

In de tweede plaats oefent de helling van het terrein invloed uit op den vorm van den grondwaterspiegel; hoe betrekkelijk gering de snelheid ook is, zij neemt evenredig met het verhang toe, zoodat de afvoer door den grond bij gelijkheid van de overige omstandigheden ongeveer met de helling van het terrein kan toenemen.

De invloed van de bedekking van het terrein is van drieërlei aard; de plantengroei bevordert de verdamping; de bedekking vermeerderd den weerstand tegen afstroming over de oppervlakte en heeft invloed op de opslorping.

Op een ander indirect gevolg van de begroeiing door wijziging

van de hoeveelheid gevallen regen boven bosschen is reeds ge-
wezen. Enkele cijfers kunnen hieromtrent nog worden mede-
gedeeld. Fantrat plaatste twee regenmeters, de eene boven een
bosch, de andere op een afstand van 200 M. op den grond;
na 8 maanden had de eerste 300 mM., de tweede 275 mM.
opgevangen. Op den bodem in het bosch werden opgevangen
179 mM. of 60% van de boven de kruin der boomen gevallen
hoeveelheid, de overige 40% bleven in de bladeren hangen
en verdampten vóór de bodem werd bereikt. In de winter-
maanden wanneer de bladeren zijn gevallen, zal dit verschil
kleiner zijn.

Volgens proeven van Ebemayer in 1869 en 1870 geno-
men, verdampte van een verzadigden bodem per jaar in het
bosch:

met bladerenafval bedekt	695 mM.
zonder bedekking	1592 „
in het open veld	4086 „

Het bosch vermindert de verdamping van den bodem met
62 % en gezamentlijk met den afval met 85 %. Het water
dat op den bodem van een bosch valt, voedt dientengevolge
de bronnen zeer regelmatig en rijker.

In Beijeren werd in 1868 waargenomen, dat in den zomer
van boschgrond $2\frac{1}{2}$ tot 3 maal meer water tot afvloeiing komt,
dan in het vrije veld; in den winter daarentegen was de afvoer
van het bosch kleiner dan van het vrije veld.

Zooals reeds werd gemeld, werd in Beijeren waargenomen,
dat in het geheele jaar in het bosch $\frac{1}{4}$ minder regen viel dan
op het vrije veld.

Ofschoon de bosschen den bodem voor uitschuring bescher-
men, is zelfs in bergstreken de grasbekleding daarvoor vol-
doende; de weerstand tegen oppervlakkige afstroming over
de berghelling zal in het bosch echter grooter zijn, terwijl
boomen meer dan planten den grond losmaken en voor het
water den weg openen om langs de wortels het grondwater te
bereiken.

De afval in de bosschen vormt met de aarde een boschgrond,
die tot 935 liter water per kubieke meter kan bevatten.

Aan den invloed van het verdwijnen der bosschen worden

vele waterrampen van de laatste jaren toegeschreven. Het is echter volstrekt niet bewezen, dat het karakter der rivier door den algemeenen aanleg van bosschen zou veranderen.

Bosschen toch werken niet onder alle omstandigheden krachtig mede tot eene regelmatige verdeling van het regenwater. In waterdoorlatende terreinen zullen de zomerstanden nog meer dalen, indien de regen door de bosschen en de gevallen bladeren wordt opgenomen en langzamerhand verdampt; daarentegen zullen zomerhoogwaters tot geringere hoogte kunnen stijgen, terwijl de winterhoogwaters slechts weinig verandering ten goede zullen ondergaan, omdat deze eerst na langdurigen regen ontstaan. De verhouding tusschen de kleinste en grootste afvoeren zou derhalve niet belangrijk veranderen.

Op ondoordringbare gronden zal de invloed op de winterhoogwaters gunstig zijn omdat de weerstand tegen oppervlakkige afstroming vermeerderd; de zomerhoogwaters zullen lager worden, omdat de verdampende oppervlakte tengevolge van den aanleg van bosschen zeer toeneemt. Het voordeel van bosschen boven kale berghellingen is derhalve groot, doch kunnen met gras bekleede berghellingen bij boschrijke bergterreinen weinig achterstaan.

In onze vlakke diluviale zandstreken is de invloed der bosschen zonder twijfel groot; de gevallen regen zal in den zomer nagenoeg niet en in den winter, voor zoover het water niet verdampt, zeer regelmatig tot afstroming komen.

De hoogwaters van onze rivieren in de laatste jaren zijn voornamelijk, zoo niet uitsluitend, aan de meteorologische verschijnselen toe te schrijven.

§ 6. Drooglegging van gronden. De landbouw eischt behoorlijke drooglegging van de gronden. Bij hoogen grondwaterstand is de weg naar den grond voor de lucht afgesneden en kan deze derhalve niet medewerken tot ontwikkeling van den plantengroei; de grond behoudt de temperatuur van het koudere grondwater en wordt door de lucht en de zonnestralen onvoldoende verwarmd. Van drooggelegde gronden komt de begroeiing dan ook eerder tot ontwikkeling.

Natte grond verdampt sterker en koelt dus sterker af; volgens J. Kopp kan het verschil in temperatuur van kouden en droog-

gelegden grond 5 à 8° C bedragen; nachtvorsten zijn schadelijker op natten grond.

Het gefiltreerde grondwater sluit ook den toegang tot den grond voor het aan voedingsstoffen rijkere regenwater af.

Natte grond is in ons klimaat voor bewerking minder geschikt; het werk wordt dientengevolge in het voorjaar te lang uitgesteld, in het najaar te vroeg gestaakt.

Sommig onkruid groeit welig op natten grond.

Over het algemeen zijn de oogsten van drooggelegde gronden overvloediger en van beter hoedanigheid.

Als meest gewenschte waterstand voor het grondwater stelt Perels in ronde cijfers 0,50 M. à 0,75 M. onder wei- en hooiland gedurende den groei en 0,75 à 1,25 M. onder bouwland, waarbij een tijdelijke verhooging van waterstand van ongeveer 2 decimeter kan worden toegelaten.

Daling van den waterstand tot meer dan 0,75 M. beneden hooi- of weiland is in elk geval schadelijk; bij bouwland levert een laag peil geen bezwaar op. In vlakke landen moet de laagst toe te laten waterstand door peilsregeling worden gehandhaafd; in heuvelachtig land moet door bevoeiing en in vlak land door waterinlating in het gebrek aan water worden voorzien.

Bij het maken van ontwerpen voor drooglegging in niet volkomen vlakke polderstreken, moet derhalve op den mogelijk laagsten stand na de verbetering worden gelet; het ontbreekt niet aan voorbeelden, dat de verbeteringswerken meer schade hebben gedaan dan nut, omdat deze keerzijde van de zaak uit het oog was verloren. Moerassige zandstreken kunnen door drooglegging tot heide worden vervormd; met de verlaging van den waterstand daalt in doorlatende gronden de grens tot waar gras kan groeien; door den aanleg van bosschen, door zorg dat eene goede grasbegroeiing kan stand houden of door bevoeiing kan de noodige vochtigheid behouden of teruggegeven worden.

Omtrent den gewenschten waterstand buiten den korten tijd van groei, zijn de gevoelens wat de graslanden betreft, zeer verdeeld. Onderwaterzettingen van het weiland zijn nuttig, indien slibhoudend water kan toetreden; volgens sommigen brengt ook onderwaterzetting door het regenwater meer voor-

dan nadeel aan; overstroming door grondwater geeft het land; meer na- dan voordeel.

Zooals uit de vroegere mededeelingen volgt, kan de stand van het grondwater worden geregeld door een goed stelsel van kanalen, waterleidingen en slooten, waarin het water zoodanigen stand wordt gegeven, dat het na grooten regenval in den grond nog een of meer palmen diep beneden het maaiveld blijft; bij de gebruikelijke afstanden van de slooten onderling geschiedt zulks bij de hiervoren aangegeven peilen.

Open slooten beslaan in goede gronden een tiende deel der oppervlakte; om zulk een ruimte gedeeltelijk te besparen wordt dikwijls de drooglegging door draineerbuizen toegepast. Daarbij komt als voorname reden dat sommige weinig doorlatende gronden zooals zware kleigronden moeilijk zijn droog te leggen zonder draineering.

Onnut is echter de aanleg, indien de goede werking der buizen door den hoogen stand in de waterleidingen dikwijls wordt belet.

In ons land wordt de draineering reeds op vrij belangrijke schaal toegepast, vooral in de Groninger zeekleilanden; er zijn gemeenten in welke het bouw- en grasland voor meer dan de helft van de oppervlakte wordt gedraineerd, o. a. in de gemeente Uskwert 80⁰/₀ der oppervlakte, in 't Zand 75⁰/₀, in Uithuizermeeden 62⁰/₀, in Warfum 60⁰/₀, Uithuizen 58⁰/₀, Kanters 56⁰/₀, Bierum 55⁰/₀, Bafloo 54⁰/₀, Ulrum 54⁰/₀ enz.

In 1883 werden gedraineerd:

in Groningen.....	32 310 HA.	in Zuidholland.....	557 HA.
„ Friesland.....	1213 „	„ Zeeland.....	4920 „
„ Drenthe.....	1 „	„ Noordbrabant.....	1224 „
„ Gelderland.....	30 „	„ Limburg.....	302 „
„ Utrecht.....	12 „	en in het geheele land.....	42039 „
„ Noordholland.....	1470 „		

Voor de provinciën Groningen en Zeeland is het belangrijk den invloed op den afloop van het regenwater te onderzoeken.

Zooals bekend is, worden aarden buizen van 26 à 50 mM. middellijn, lang ongeveer 30 cM., tegen elkander gelegd ter diepte van 1,25 M. in den grond, indien een voldoende peil in de waterleidingen aanwezig is en tot 0,60 M. als minste diepte. In

weilanden mogen de buizen niet zoo diep worden gelegd. Het water zakt door de zwaartekracht door den grond naar de buizen, waarin het door de stootvoegen binnendringt en waardoor het langs eene helling van $\frac{1}{250}$ à $\frac{1}{500}$ kan worden afgevoerd. De grond wordt dientengevolge los, doordringbaar voor water en lucht, warmer. Volgens proeven van Parkes bedraagt de verhooging der temperatuur in de bovenlagen 1,6 à 10° C. In den eersten tijd is de werking in zwaren grond gering, doch langzamerhand verbetert de toestand.

De afstand der buizen hangt af van de diepte en van den aard der gronden; men neemt 9,50 à 11,30 M. in zware klei, 18 à 22,5 M. in minder zware klei, 22,5 à 36 M. in zavelgronden, of ook wel ongeveer 12 maal de diepte in onze zwaardere kleigronden tot 25 maal de diepte in doorlatende gronden.

In den Reigersbergschen polder bij Rilland bedraagt de afstand der buizen 10 M. ter diepte van 0,60 à 0,07 M. in de natste gronden en 15 à 18½ M. in minstens 0,70 M. diepte in de drogere gronden.

In 1853 en 1854 werden door Schober dagelijks de gevallen regen en de afvoer der buizen voor goeden kleigrond bepaald.

Maand.	Gevallen regen per HA. in M ³ .	Afgevoerd door de buizen per HA. in M ³ .	Verhouding tusschen drain- en regenwater.
Februari.. 1853	388	182	46 %
Maart..... "	276	480	177 " gevallen sneeuw gesmolten.
April..... "	1041	843	80 %
Mei..... "	619	360	58 "
Juni..... "	1176	473	40 "
Juli..... "	838	275	32 "
Augustus.. "	579	7	1 "
September. "	921	139	15 "
October... "	496	115	23 "
November. "	302	25	8 "
December.. "	114	8	7 "
Januari... 1854	211	72	34 "
Jaar.....	6966	2981	43 "

Jongere waarnemingen zijn die van Lawes, Gilbert en Warrington, in 1870—1879; de gemiddelde uitkomsten zijn de volgende:

Maand.	Gevallen regen in mM.	Drainwater in mM. ter diepte van			Verhouding voor de diepte van 0,508 M.
		0,508 M.	1,016 M.	1,524 M.	
Januari...	71	51	58	51	72 %
Februari...	53	36	39	35	68 "
Maart.....	41	14	17	15	34 "
April.....	61	21	23	22	34 "
Mei.....	56	11	13	11	20 "
Juni.....	67	13	14	12	19 "
Juli.....	83	23	23	20	28 "
Augustus...	68	17	17	16	25 "
September..	79	29	26	23	37 "
October....	80	43	43	36	54 "
November..	79	54	57	51	68 "
December..	59	44	48	43	75 "
Jaar.....	797	356	378	335	45 "

De onregelmatigheid in den gemiddelden afvoer op verschillende diepte bestond in de jaren 1870--1874 niet; toen verminderde zooals natuurlijk is, de afvoer met de diepte; vermoedelijk heeft er later aan de waarneming wat ontbroken.

Vincent geeft als regel op dat de grootste hoeveelheid regenwater, welke in een maand in de buizen wordt afgevoerd, 100 mM. kan bedragen. Daar geen water tot oppervlakkige afstroming komt — er zijn met het oog op stortregens slechts eenige greppels in een uitgestrekt veld noodig — is dit cijfer van praktische waarde. In den Reigersbergschen polder zijn geene greppels doch loopen de drains uit in slooten op onderlingen afstand van 160 à 180 M.

Zijn de kleigronden vlak en niet gedraineerd, dan blijft er veel water op den grond staan, dat langzamerhand verdampt; de afvoer in de slooten is dan veel kleiner.

In vlakke terreinen wordt de grootste hoeveelheid afstroomend water door draineering verhoogd, in hellende terreinen daarentegen verminderd, omdat de afvloeiing over de oppervlakte geheel of bijna geheel ophoudt.

De buizen worden onder zoodanige helling gelegd, dat het water met eene snelheid van 0,10 M. à 0,20 M. door de buizen stroomt, zoodat gedraineerd land veel spoediger het in den grond dringend water naar de slooten brengt dan zelfs goed waterdoorlatende zandgronden.

Hooge veengronden worden door het graven van slooten geheel drooggelegd; deze vangen het water op, dat vóór dien tijd bleef staan en verdampte.

Drooglegging vermeedert derhalve in den regel den afvoer van het regenwater langs de slooten. Toch heeft drooglegging niet altijd vermeerdering van den maximum afvoer langs de hoofdwatleidingen of rivieren ten gevolge. Van overstroemde of drasstaande vlakke terreinen komt toch in het natte jaargetijde alle regenwater, slechts verminderd met de verdampde hoeveelheid, ten volle tot bezwaar der hoofdkanalen; wordt de grond drooggelegd door verlaging van den grondwaterspiegel, dan daalt het regenwater na bevochtiging van den bodem in den grond of verdampt rechtstreeks en door den plantengroei; het in den grond dringende water komt eerst langzamerhand in zeer verminderde hoeveelheid per eenheid van tijd in de slooten.

De grond werkt als een regulator die de oorzaak kan zijn dat het maximum waterbezwaar tengevolge van de drooglegging afneemt in plaats van grooter wordt.

Hoe dieper de drooglegging, hoe krachtiger het bergvermogen van den grond het maximum doet verminderen.

Liggen de gronden hoog en ongelijk of verdampte het water op de velden zonder af te stroomen, dan neemt het maximum waterbezwaar door drooglegging toe.

Waren de gronden in vrij sterke hellingen gelegen, stroomde het water af langs de oppervlakte zonder eene grondlaag van eenige dikte te verzadigen of tot belangrijke hoeveelheid in den bodem te zakken, dan zal ten gevolge der drooglegging het waterbezwaar verminderen, omdat de afvloeiing langs de oppervlakte nagenoeg of geheel zal ophouden.

HOOFDSTUK IX.

Het waterbezwaar.

§ 1. **Kwel.** De hoeveelheid water welke uit een zeker gebied verwijderd moet worden en, wat het meest belangrijk is, het maximum van deze hoeveelheid in de eenheid van tijd, hangen van verschillende omstandigheden af.

Tot dusver is alleen het hemelwater als bron van waterbezwaar beschouwd; het is noodig ook omtrent de kwel en de watervoorziening — het kunstmatig aangevoerde water — het een en ander mede te deelen.

Wanneer het grondwater zich, onder den invloed van nabij gelegen rivieren en open wateren, boven den bodem verheft, wordt het uit den grond opwellende water kwelwater genoemd.

Kwelwater is derhalve door den grond gefiltreerd rivier- of boezemwater indien het grondwater uitsluitend uit deze bronnen wordt gevoed; het is met zuiver regenwater vermengd voor zoover dit rechtstreeks wordt opgenomen en bestaat overigens of uitsluitend uit grondwater, dat tot verheffing en aanvulling van den grondwaterstand door den gevallen regen en door aanvoer uit hoogere streken wordt verschaft.

Van de omstandigheden hangt het derhalve af of kwelwater geheel of gedeeltelijk als vreemd water buiten de grenzen van het beschouwde gebied gevallen, optreedt.

Het kwelwater in den Haarlemmermeerpolder is gedeeltelijk vreemd water dat uit de ringvaart komt, gedeeltelijk vreemd water uit de duinen en hooge gronden bewesten Bennebroek

en Heemstede, dat langs de watervoerende schulplaag onder den polder wordt gebracht.

Al rijst de grondwaterstand niet boven den bodem, is het niettemin gebruikelijk dit vreemde water ter onderscheiding van het binnen de bedijking gevallen regenwater kwelwater te noemen.

In de meeste gevallen is het kwelwater in ons land gedeeltelijk buitenwater en gedeeltelijk grondwater dat in of buiten het gebied door regenwater wordt gevoed. Bij sterken regenval zal er dikwijls minder vreemd water binnen het gebied treden dan bij droogte, omdat in het eerste geval de aanvoer van het buitenwater door den regen wordt verdrongen, terwijl in het andere geval door verlaging van den waterspiegel de aanvoer van buitenwater wordt versneld.

De hoeveelheid vreemd kwelwater, welke het waterbezwaar vergroot, is bij gelijken buitenwaterstand over eene zekere periode zoodanig verdeeld, dat de aanvoer het grootst is bij droogte en het kleinst bij den sterksten regenval.

Overigens hangt de hoeveelheid binnendringend kwelwater af van het verschil in hoogte, van den aard van den grond en van den afstand.

Wat de dijken betreft, welke uit klei bestaan of met eene kleilaag zijn bekleed, kan het buitenwater slechts na langdurigen hoogen waterstand tot eenige belangrijke hoeveelheid door het lichaam van den dijk kwellen.

Zelfs zijn de ondergronden, waar de dijk op rust, het dijkstaal, voor zoover zij uit klei- en veenlagen of uit zee- of diluviaalzand bestaan, zoo goed als waterdicht.

Dit wordt op vele plaatsen in ons land bewezen. Merkwaardig zijn de voorbeelden door Dr. Stieltjes medegedeeld in de Verslagen en mededeelingen der Kon. Akad. v. Wet., Afd. Natuurkunde, 2e Reeks, deel XII. De dichtheid van fijn zeezand, vooral onder zwaren druk van de dijkslichamen, wordt bewezen door het gemis aan kwel in de Zeeuwsche polders en in den Annapaulownapolder; zelfs de betrekkelijk diepe in het zand ingesneden bermsloten brengen weinig of geen kwelwater op. Bij stormvloedden, wanneer de drukhoogte grooter en van langer duur is, wordt evenmin over kwel geklaagd; waarschijnlijk is dit gedeeltelijk aan de derrielingen toe te schrijven, die de opstijging van kwelwater

beletten, doch die bij grooten druk door het kwelwater zouden kunnen worden opgelicht en een weg voor het buitenwater openen. De jonge uit zeezand gevormde en met min of meer dikke kleilagen bekleede dijken laten in zulke omstandigheden dikwijls water door, indien bij minder zorgvuldig onderhoud de door beweiding met vee of door mollen gemaakte openingen in het dijkslichaam of de door ongelijke krimpings en zetting ontstane scheuren tusschen de kleibekleding en het zandlichaam niet voortdurend worden aangevuld en gedicht. De Zeeuwsche poldergeschiedenis levert dan ook menig voorbeeld van doorbraken van de jonge nog niet tot ééne massa ineengezette dijken in de allereerste jaren van hun bestaan, nadat soms reeds hoogere vloedten zonder bezwaar waren gekeerd, terwijl beschadiging door golfslag niet als oorzaak kon worden aangemerkt.

In den sluisput te IJmuiden, waarvan de bodem op de diepste plaatsen gelegen was ter hoogte van 11 M. — A. P., was het water volkomen zoet en voortreffelijk drinkwater; het zee-water drong ondanks het vrij sterke verhang niet door den grond heen.

In de duingronden, waarvan de hoogte bij IJmuiden van 10 tot 20 M. + A. P. bedraagt, was de helling van den grondwater-spiegel 1 op 200. De bodem van het kanaal achter de sluis tot den dam te Velzen werd over eene lengte van 3000 M. tot de diepte van 5 M. — A. P. en meer gegraven en werd gemakkelijk drooggehouden met een stoommachine van 80 paardkrachten, wat onmogelijk zou geweest zijn indien de grond veel water had doorgelaten.

De dichtheid van het fijne zeezand vermindert echter met de toeneming van het gehalte aan schelpzand.

Onder den ringdijk van den Haarlemmermeerpolder wordt eene watervoerende en kwellende schelpzandlaag van \pm 6000 M. lengte van de Cruquius tot Bennebroek ongeveer gevonden, waarvan 3000 M. lengte vooral tot kwel aanleiding geven. De dikte dezer zandschelpplaag bedraagt ongeveer 2,40 M.; bij een waterdruk van 4,30 M. kan de doorgelaten hoeveelheid op 7 M³. per etmaal en per strekkende meter dijk als maximum worden gesteld; over 6000 M. verdeeld is die hoeveelheid

3,5 M³. per M.; in gewone omstandigheden is de hoeveelheid op ruim de helft dezer cijfers te stellen.

Volgens Storm Buysing is in den Haarlemmermeerpolder gedurende de droogmaking 25 mM. kwelwater per jaar gedrongen en bedraagt deze hoeveelheid na de droogmaking het dubbele. Simons en Greve onderstelden eene hoeveelheid kwelwater voor goed bedijkte en niet te ongunstig gelegen polders van 7 mM. per maand; voor de hoeveelheid kwelwater in den Zuidplaspolder wordt 30 mM. per maand, voor die in den Bovenkerkerpolder 10 mM. per maand opgegeven.

Kwel is eerst van belang indien de watervoerende laag uit grof zand en voornamelijk uit grint bestaat, waardoor het water gemakkelijk beweegt en derhalve voortdurend een vrij belangrijke toevoer uit de hoofdbron kan plaats hebben naar de plaatsen waar deze watervoerende laag aan den dag komt of waar de bodem van plassen en waterleidingen in deze waterlaag is ingesneden of er van gescheiden is door andere meer of min waterdoorlatende lagen.

Kwel zou derhalve ook bij betrekkelijk hoogen buitenwaterstand van geene beteekenis zijn in onze klei- en veenstreken, indien deze waterkeerende of moeilijk doordringbare lagen overal den bodem bedekten en de kanalen, waterleidingen en slooten nergens tot in den minder weerstandbiedenden grond waren ingesneden.

De hoeveelheid kwelwater is voor onder volkomen dezelfde omstandigheden verkeerende en gelijksoortig gevormde gronden derhalve afhankelijk van de plaatselijke toestanden.

De diep ingesneden kanalen zijn de voornaamste kwelverzamelers; vergeleken met den rechtstreekschen toevoer door den zijwand der waterleiding is de vertikale strooming naar den bodem van deze en ook elders naar de oppervlakte der gronden van minder belang.

Al is de schade van den hoogen grondwaterstand reeds zeer groot wanneer de bodem dras staat, de aanvoer van kwelwater tot boven den grond is, wat de hoeveelheid betreft, slechts op die plaatsen van beteekenis, waar de waterkeerende laag ontbreekt.

De diluviale zandlagen in Overijssel kwellen evenmin ge-

makkelijk door. Van de Overijsselsche kanalen te zamen lang 97 KM. waarvan 80 KM. in zandgrond en de overige in veen- en kleistreken, zijn 20 KM. in ophooging met den waterspiegel 1 à 2 M. of meer boven den bodem der bermsloten, welke in den zomer droog liggen, terwijl de horizontale afstand van den hoogen waterspiegel tot dien bodem slechts 10 à 20 M. bedraagt en de dijken alleen uit zand bestaan.

Kwelwater als werkelijk waterbezwaar wordt over het algemeen slechts aangetroffen in onze rivierpolders, in wier ondergronden grintlagen worden gevonden en in de droogmakerijen onzer zeeprovincies, waar de klei- en derrielanden ontbreken, doch grove met schelpen vermengde zeezandlagen betrekkelijk geringen weerstand aan het water bieden.

Zijn de wegen, welke het water te doorloopen heeft, echter lang, dan is de weerstand groot, het verhang noodwendig klein en de aanvoer zelfs onder de beschreven omstandigheden niet groot.

Volgens zorgvuldig uitgevoerde berekeningen stelt de Hoofdingenieur Van Diesen de gemiddelde hoeveelheid kwelwater van den Haarlemmermeerpolder op 210000 M³. per etmaal, ongeveer overeenkomende met eene schijf ter dikte van 1,16 mM. per etmaal of 35 mM. per maand. Daar de ringdijk 59½ KM. lang is, komt het cijfer van den heer Van Diesen met eene gemiddelde hoeveelheid van 3½ M³. per etmaal en per strekkenden meter dijk of van 0,04 M³. per Kilometer en per 1' overeen. ¹

¹ De Commissie der Akademie heeft als formule voor de hoeveelheid kwelwater aangenomen $M = k b H t$, waarin k de kwelcoëfficiënt, b de lengte van het doorstrotingsprofiel, den dijk alzo, H de drukhoogte en t het aantal etmalen. In deze formule zijn de diepte van doorstrooming en de lengte van den weg in den coëfficiënt begrepen, waaruit volgt dat de coëfficiënt voor elk geval moet verschillen en geen constante kan zijn. De betrekking van den kwelcoëfficiënt, ter onderscheiding $k t$ te noemen, tot a (zie de eerste noot o. a. bladz. 256) is derhalve $k t = \frac{d}{L} a$, waarin d de diepte van doorstrooming en L de doorstroomde afstand.

Uit verschillende gegevens werd door de Commissie de volgende tabel samenges teld :

Plaats waar in het groot de doorsijpeling werd waargenomen.	Hoeveelheid per etmaal: M voor $t = 1$.	Lengte dijk: b.	Aangenomen H.	Hoeveelheid door- gesijpeld per etm. en per M' dijk.	$k t = \frac{M}{b h}$
Kanaal van Sluis naar Brugge (42 H.A.).	4311 M ³	22608 M.	1,06 M.	0,19 M ³ .	0,18

In sommige gevallen is vooral in den aanvang zoodanige aanvoer van kwelwater te wachten, dat de droogmaking en drooghouding van een plas buitengewoon krachtige middelen vereischt. De geschiedenis van de droogmaking der Maarssenevensche en Tienhovensche plassen levert daarvan een voorbeeld; een ander voorbeeld is de polder Groot Mijdrecht in de Ronde Veenen. Van April 1883 tot November 1884 had de kleinste opvoer per maand plaats in den zomer in Juni 1884, toen in andere polders water werd ingelaten, tot een bedrag van 40 M³. per minuut en 1000 HA, of van 5½ M³. per strekkende meter en per etmaal over den geheelen omtrek of van 11½ M³. per M., indien alleen het meest waterdoorlatende dijkvak in rekening wordt gebracht.

Bij het kwelonderzoek van regeeringswege in de Betuwe ondernomen, zijn geene waarnemingen gedaan van de afgevoerde waterhoeveelheden, den gevallen regen enz. In het verslag over het onderzoek der grondsoorten door Dr. Seelheim is aan de grondboringen groote zorg besteed, doch er ontbreekt een overzicht van de uitgestrektheid, den toestand, de waterleidingen en slooten en den gevallen regen, van en in het stroomgebied boven de beschouwde plaatsen der Linge. De dwarspro-

Plaats waar in het groot de doorsijpeling werd waargenomen.	Hoeveelheid per etmaal: M	Lengte voor t = 1. dijk: b.	Aangenomen van den drukhoogte: H.	Hoeveelheid door- gesijpeld per etmaal en per M' dijk.	k t = $\frac{M}{b \cdot H}$
Afgesloten haven te Vlis-					
singen (4 H.A.)...gem.	261 M ³	719 M.	1,10 M.	0,36 M ³ .	0,32
max.	377 "	719 "	1,14 "	0,52 "	0,46
Haarlemmermeerpolder.					
1 April 1839—1 Juli 1852	136800 "	60000 "	2,14 "	2,28 "	1,065
20 April 1862—4 Mei 1867	200330 "		4,282 "	3,34 "	0,78
26 Mei 1869—26 Mei 1873	207544 "		4,436 "	3,46 "	0,78
10 April 1883—1 Mei 1884	211871 "		4,53 "	3,53 "	0,78
's Hertogenbosch (85 H.A.)					
16 Nov.—19 Dec. 1882..	53927 "	4236 "	0,97 "	12,73 "	13,13
17—28 Dec. 1883.....	43751 "		0,44 "	10,32 "	23,47
Betuwe (70574 H.A.)....	1167545 "	179000 "	2,40 "	6,52 "	2,72
idem boven de Ochtsche					
brug (20686 H.A.)....	576000 "	77600 "	2,98 "	7,42 "	2,49
Vianensche bosch.....	20909 "	1550 "	4,00 "	13,49 "	3,37
Kolf baan.....	7760 "	565 "	4,00 "	13,76 "	3,44
Polder Achthoven (426H.A.)	38040 "	4150 "	3,76 "	9,16 "	2,41

fielen van den bodem zijn echter belangrijk en zijn op plaat XX overgenomen. Men heeft daarbij op te merken, dat de grondwaterstanden en de Lingewaterstanden voornamelijk van den gevallen regen en van de capaciteit van de Linge als hoofdafvoerkanaal afhankelijk zijn; de hoogste standen in de Linge vallen dus niet altijd samen met die van de Waal en den Rijn, doch gaan zelfs dikwijls daaraan vooraf. Er komen tijdelijke verheffingen in den grondwaterspiegel voor, welke met vloedgolven in de Linge samenhangen, terwijl op de Waal en den Rijn slechts zeer geringe was werd waargenomen. Is de invloed van den regen niet overwegend, dan volgen de waterstanden van de Linge die van de Waal, doch met verschil in tijd van eenige dagen.

In de Betuwe zijn de Lingewaterstanden bij voortdoring lager dan de rivieren dwars van de waarnemingsplaatsen; slechts gedurende korten tijd groeit de kwel soms tot zulk een bedrag aan, dat de hoeveelheid kwelwater in de Linge groot kan genoemd worden.

Voor de polders tusschen Maas en Waal boven St. Andries, die op weinig diep ingesneden weteringen afwateren, is de Waal de bron van het kwelwater; gedurende een groot gedeelte van het jaar is de Maas lager dan de waterstanden in deze waterleidingen, zoodat deze rivier in den regel grondwater van de zijde van de Waal ontvangt en de polders van kwelbezwaar bevrijdt.

Beneden St. Andries is de Bommelerwaard tusschen Maas en Waal gelegen; de waterstanden zijn in den regel beneden die der rivieren; is het verschil in waterstand tusschen beide rivieren nu en dan groot, dan kan ook hier aan de bovenzijde van den polder een ondergrondsche stroom in de richting van de Maas ontstaan.

Kwel uit de rivieren doch voornamelijk kwel tengevolge van de gestremde grondwaterafvloeiing van de Veluwe naar den IJssel, wordt door de hooge IJsselstanden in de gronden ter weerszijden zijner bedijkingen veroorzaakt. In normale tijden zal het water dat op de Veluwsche heuvelen valt, voor zoover het geene bronnen vormt, gedeeltelijk op de Zuiderzee en gedeeltelijk op den IJssel afvloeien, doch zoodra de

rivier een te hoogen stand aanneemt, vloeit het laatste in den polder de Veluwe en vermeerderd daar het waterbezwaar.

Kwelwater wordt ook in de polders bezuiden de Maas bij hoogen Maasstand gebracht.

Dat de kwel over zeer kleine oppervlakten, in de onmiddellijke nabijheid der waterkeeringen gelegen en diep in de watervoerende grove grintlagen gesneden, betrekkelijk veel water opbrengt, leert het cijfer, volgens gedane waarnemingen, van de hoeveelheid kwelwater in de kolk aan den Waaldijk in de Betuwe boven Ochten. Bij een verval van 2,04 M. was de aanvoer 67 M³ per 1" en 1000 H.A.: bij een verval van 0,68 M. nog 5 M³. De kolk is slechts \pm 8 H.A. groot en 12 à 21 M. diep; aan de buitenzijde van den dijk grenst onmiddelijk aan den dijk een oud rivierbed. De afvoer is niet evenredig met de drukhoogte, doch hiervan is waarschijnlijk de reden dat de bodem van deze kolken met eenige fijne kleispecie is bedekt, die bij grooten druk geen weerstand biedt.

Het kwelwater is in den regel helder; wanneer het troebel wordt is het een bewijs dat de snelheid groot genoeg is om fijne stoffen mee te nemen. Volgens de proeven van Schöne worden zandkorrels drijvende gehouden door een vertikaal opwaarts stijgenden waterstroom indien de snelheid bedraagt, 0,012 M. en de korrels niet grover zijn dan 0,149 mM. in middellijn.

Onder de voorbeelden dat kwelbezwaar ontstond tengevolge van verlaagden waterstand en drooglegging, kan de droogge maakte Naardermeer dienen, waarvan de bodem uit eene dunne kleilaag, 0,15 à 0,9 M. dik, rustende op diluviaal zand, bestaat; vóór de droogmaking hield deze kleilaag, gesteund door het water, de kwel tegen, het water was zoet; na de droogmaking en het slootenschieten werd het water in de slooten brak.

§ 2. Watervoorziening. Watervoorziening van steden en dorpen blijkt meer en meer eene onmisbare behoefte, nu de gronden en open wateren meer en meer vervuilen en het grondwater dientengevolge voor drinkwater en zelfs voor grachtwater ongeschikt wordt. De waterstaatkundige beteekenis van watervoorziening voor drinkwater en tot waterverversching van steden is echter gering, omdat de hoeveelheid water betrekkelijk gering is.

Van meer belang is de watervoorziening ten behoeve van den landbouw, door inlating van water in de waterleidingen en door bevoeiing. Met de verbeterde middelen tot verlaging van den grondwaterstand neemt niet alleen de behoefte aan water in de droge tijden van het jaar toe, doch vermindert tevens het bezwaar tegen waterinlating op ruime schaal. Met de uitbreiding van de drooglegging der gronden buiten onze eigenlijke polderstreken, in de rivierpolderdistricten en de hoogere streken van ons land, zal de behoefte aan kunstmatige watervoorziening met daarvoor geschikt water steeds toenemen.

Men verbaast zich wel eens over de groote hoeveelheden water, welke de polders opnemen, doch wanneer men niet alleen let op het zichtbare water in de leidingen doch tevens op de hoeveelheid water die aan het oog onttrokken, tot gelijktijdige verhooging van den grondwaterspiegel in den bodem noodig is, vooral in graslanden waar door capillairen opvoer veel water wordt verbruikt, kunnen de cijfers geenszins bevreemden.

Voor Rijnlands boezem wordt van de middelen tot aan- en afvoer van water een ruim gebruik gemaakt. Te Gouda wordt het water uit den IJssel, dus eigenlijk Rijnwater, ingelaten, dat natuurlijk tot elke hoeveelheid beschikbaar is. Daar wegens den lagen grondslag van Gouda het water niet hooger dan tot 0,30 à 0,35 M. — A.P. aldaar kan worden opgezet en de Gouwe niet elders kan afvoeren, kan de daling van den boezem beneden een gewenscht peil niet altijd worden voorkomen. Voor een voldoende stand van het boezemwater tot inlating van water in de verschillende polders en droogmakerijen in Rijnland wordt echter gezorgd.

In het droge jaar 1868 werd $167\frac{1}{4}$ miljoen M³. ingelaten, voornamelijk in de drie zomermaanden Juni, Juli en Augustus of ongeveer 1,7 miljoen M³. gemiddeld per etmaal of bijna 14000 M.³ per etmaal en 1000 H.A. of 0,162 M³. per 1" en 1000 H.A. Het Grootwaterschap Woerden dat vrijelijk op Rijnland loost, kan water inlaten aan de zijde van den afgedamden Holland-schen IJssel door de vier sluizen in den Noorder IJsseldijk. De inlating te Gouda bedroeg in kubieke meters, alleen voor den

boezem, waarbij nog komt voor de waterverversching in de stad Gouda ongeveer 12 à 27 miljoen M³.;

Gemiddeld over 1881—85	101,090,100	M ³ .	per jaar,
„ „ 1876—80	68,439,200	„ „ „	
„ „ 1871—75	71,357,900	„ „ „	

Volgens de opgaven van den heer Van Diesen bedroeg de inlating van water in den Haarlemmermeerpolder van 1861 tot 1867 gemiddeld 10353 M³. per etmaal en van 1867 tot 1873 gemiddeld 8812 M³. per etmaal over den geheelen duur der periode verdeeld. Eene waterinlating van 10000 M³. per etmaal komt overeen met eene waterschijf ter dikte van ongeveer 20 mM. per jaar.

In het jaar 1863 werd in 46 dagen 8,285000 M³. ingelaten, overeenkomende met 10000 M³. per etmaal en 1000 H.A. of 0,115 M³. per 1' en 1000 H.A.

Op Schermerboezem wordt in droge zomers door de sluizen te Nauerna en Zaandam ongeveer 330000 M³. per etmaal ingelaten of 4152 M³. per etmaal en per 1000 H.A. of 0,048 M³. per 1' en 1000 H.A.

Voor de waterverversching van steden zijn ook vrij belangrijke hoeveelheden water noodig. In Amsterdam wordt tot 30 miljoen M³ in de wintermaanden en bijna 49 miljoen M³. in de zomermaanden of 79 miljoen M³. in het geheele jaar te Zeeburg uit de Zuiderzee ingelaten, welk water weder op het Noordzeekanaal wordt geloosd. Door den vorigen directeur der Publieke werken Kalff werd de behoefte aan versch water voor Amsterdam op 1,000,000 M³. per etmaal gesteld.

De polderstad Rotterdam wordt met water uit de Nieuwe Maas ververscht, dat in de polders Rubroek, Cool en Oost- en West-Blommersdijk wordt ingelaten en door twee stoomgemalen, het Ooster- en het Wester-, weder wordt verwijderd en teruggebracht op de Nieuwe Maas.

Het Westergemaal heeft een vermogen van 67 P. K. en heeft een verval te bemalen van 1,4 M. à 4 M. uit de polders Cool en West-Blommersdijk op de Nieuwe Maas; het Oostergemaal bemaalt de polders Rubroek en Oost-Blommersdijk op een tuschenboezem welke door het boven- of het strijkgemaal bij het Kralingsche veer op de Nieuwe Maas wordt afgemalen. Het

vermogen bedraagt 60 à 75 P. K. met een grootste opvoerhoogte van 4 M.

Het waterverbruik van Gouda is hiervoor reeds medegeedeeld; het water wordt weder op den Hollandschen IJssel geloosd.

Voor den Haag is een ontwerp in uitvoering om minstens 200,000 M³. per etmaal aan Delflands boezem te ontleenen en uit te stroomen of af te malen langs een afvoerkanaal op de Noordzee.

De hoeveelheden water welke voor bevoeiing van den bodem worden gebezigd, zijn thans in ons land ncg van geringe beteekenis; tot Limburg, Noordbrabant en Twenthe bepalen zich de streken waar irrigatie wordt toegepast. Het water wordt ontleend aan hoog gelegen kanalen zooals de Zuid-Willemsvaart en het Eindhovensc kanaal of aan de kleine rivieren met veel verval.

Volgens Keelhoff, den ingenieur voor de bevoeiingen in België, heeft men voor de kunstweiden in de Belgische Kempen noodig eene waterhoeveelheid van gemiddeld 30 M³. per 1" en 1000 H.A.; zulk eene groote hoeveelheid is noodig indien men met gronden te doen heeft zooals de vloeuweiden in België en ons land, uit zandgrond bestaande, waarover men gedurende korter of langer tijd het water wil doen stroomen in de onderstelling, dat het water slechts eenmaal wordt gebruikt en de geheele oppervlakte gelijktijdig wordt bevoeid. In het geval van bevoeiing door onderwaterzetting met voldoende aanvulling ten einde in het waterverlies te voorzien door verdamping en door overloop van de waterkeeringen aan de benedenzijde, kan men met kleinere hoeveelheden volstaan. Op Java worden de afvoerkanaalen van de geïrrigeerde sawahs dikwijls ontworpen voor een afvoer van 2,85 M³. per 1" en 1000 H.A. (2 M³. per 1" en 1000 bouws). De benoodigde hoeveelheid wordt kleiner indien het water slechts moet dienen tot het vochtig houden van planten; zoowel op Java als in Italië rekent men voor het vochtig houden van de rijstplanten noodig te hebben 1 M³. per 1" en 1000 H.A.; voor suikerriet kan men op Java met de helft volstaan, terwijl voor de tweede gewassen aldaar eene hoeveelheid van omtrent 0,250 M³. per 1" en 1000 H.A. voldoende wordt geacht. In ons klimaat kan de laatstgenoemde hoeveelheid voor soortgelijke doeleinden kleiner genomen worden.

Uit de cijfers blijkt genoegzaam welken grooten invloed de watervoorziening van gronden op de af te voeren hoeveelheden water kan uitoefenen.

§ 3. **Het waterbezwaar in het algemeen.** Het is gebleken dat het in den regel ondoenlijk is, wegens de velerlei omstandigheden waarop behoort te worden gelet, de verschillende bronnen van het waterbezwaar volledig in rekening te brengen; zelfs met volledige gegevens toegerust, zal het meestal zeer moeielijk zijn het waterbezwaar in cijfers uit te drukken.

De beste weg is door rechtstreeksche waarneming zoo nauwkeurig mogelijk het waterbezwaar onder verschillende omstandigheden te bepalen, doch daarbij wordt voor eenige volledigheid meestal meer tijd gevorderd dan beschikbaar is; men is dan verplicht door nauwgezette vergelijking met de elders verkregen uitkomsten de eigen waarnemingen aan te vullen. Dikwijls ontbreken nagenoeg alle waarnemingen en alle gelegenheid om deze alsnog te verrichten; men behoort zich dan te bepalen tot een onderzoek der bijzondere omstandigheden, waarin het beschouwde gebied verkeert, om daaruit af te leiden, wat men met eenige zekerheid op grond van elders verkregen ervaring mag onderstellen.

Het vraagstuk wordt meermalen nog meer ingewikkeld, doordat van de verbetering van de middelen tot afwatering verandering van den toestand wordt verwacht, en dientengevolge verandering van de cijfers van het waterbezwaar. Zooals uit het voorafgaande is gebleken, eischt dit onderzoek volledige kennis tot in de bijzonderheden van alle omstandigheden, welke op den afloop van het water invloed uitoefenen en kan men met een algemeene stelling dat de verbetering noodwendig vergrooting van het waterbezwaar ten gevolge moet hebben, geenszins volstaan. Hagen zegt in zijn Handbuch der Wasserbaukunst I, bladz. 327. „Demnächst tritt den Meliorations-Anlagen, besonders „wenn sie auf grössere Flächen beziehen, häufig noch die Besorgniss entgegen, dass die *unteren liegenden* dabei *leiden*“: en verder: „Man hört diese Ansicht oft aussprechen, allein es ist keine „Erfahrung nach zu weisen, wodurch sie bestätigt würde. Als „dem Chiana Flusse im Anfange dieses Jahrhunderts een regel- „mässiger Lauf gegeben und die Entwässerung seines berüch-

„tigten Thales vorgenommen wurde, hegte man in Florenz diese „Besorgniss. Es zeigte sich auch wirklich, dass dieses Thal sonst „10 bis 15 Tage lang die höheren Fluthen zurückhielt, während „es dieselben später schon in 2 bis 3 Tagen ablaufen liess, aber „nicht desto weniger haben nach Monetti's und Fossombroni's „Mittheilungen, seit eben dieser Zeit im Arno nie solche hohe „Anschwellungen statt gefunden, wie früher. Der Einfluss der „Entwässerung ist also in diesem Falle nicht nachtheilig ge- „wesen. Dasselbe hat sich auch in vielen ähnlichen Fällen ge- „zeigt, und die Erscheinung erklärt sich dadurch dass in den „gehörig angeordneten und kräftigen Abzugsgräben die Entwäs- „serung weit früher beginnt, und sonach schon vor dem Ein- „tritt der höheren Anschwellung grosse Wassermassen abge- „flossen sind.”¹

Bij de vergelijking van het werkelijk waterbezwaar van verschillende gebieden heeft men te letten op verschillende punten, die hieronder beknopt worden medegedeeld of herhaald.

a. verschil in hoeveelheid gevallen regen in dezelfde tijdperken.
In korte periodes verschillen de hoeveelheden op de verschillende waarnemingsplaatsen onderling zeer veel; over lange tijdper-

¹ Als een merkwaardig voorbeeld van vermindering van waterbezwaar door versterking van afvoer kan nog het volgende dienen.

Vroeger kwam het op de Dedemsvaart in Overijssel dikwijls voor dat gedurende eenige dagen achtereen slechts enkele uren en soms in het geheel niet kon geschut worden, omdat voortdurend met de rinketschuiven moest worden gestroomd. Dit gaf aanleiding tot klachten vooral van de schipperij, maar bovendien van de eigenaren van gronden zoowel boven als beneden de sluisen, welke beiden grooten waterlast ondervonden. De prov. Hoofdingr. Déking Dura maakte toen achtereenvolgens bij alle sluisen afzonderlijke stroomkanalen met flinke duikers 1½ M. wijd. De gevolgen waren verrassend; van stremming der scheepvaart wegens hoogwater is geen kwestie meer, maar ook de landen zoowel boven als beneden de sluis ondervinden veel minder waterbezwaar dan vroeger. Het geheim is dat vroeger met het afstromen in het belang der scheepvaart zoolang mogelijk werd gewacht. Thans echter zet de sluiswachter den stroomduiker open zoodra bij nat weder het bovenpand maar iets boven peil is. Het gevolg is dat thans reeds een zeer groot deel van het water is afgevoerd op het oogenblik dat vroeger met stroomen werd begonnen; en terwijl vroeger dikwijls het water nog waste terwijl met volle kracht werd gestroomd, gebeurt het tegenwoordig uiterst zelden en dan nog gedurende zeer korten tijd dat een der stroomduikers meer dan 30 cM. wordt geopend. De afwatering der landen boven de sluis begint veel vroeger, die beneden de sluis krijgt het water veel geleidelijker en niet meer met zulke groote massa's op eens en de schipperij is volkomen geholpen.

ken worden de verschillen kleiner. Onze hoofdrivieren ontvangen het water van gronden met zeer afwisselende hoeveelheden.

Dit verschil in de verdeling van den regen over het stroomgebied is oorzaak dat voorts gelet moet worden op

b. de grootte van het gebied. Hoe grooter gebied, hoe kleiner de grootste hoeveelheid gevallen regen per eenheid van oppervlakte in eene korte periode.

Bij volkomen gelijkheid en gelijktijdigheid stroomt de gevallen regen niet gelijktijdig langs den hoofdafvoerweg; de tijdstippen toch waarop de maxima van waterbezwaar van de verschillende deelen van het gebied de afvoerwegen op hunne verschillende punten bereiken, verschillen, zoodat het grootste waterbezwaar op elk dezer punten kleiner is dan de som van de maxima der onderdeelen.

In de derde plaats is de grootte van het gebied van invloed door de grootere bergruimte welke in den regel de ruimere en flauwer hellende afvoerwegen aanbieden. Indien het water in den hoofdafvoerweg 1 M. rijst, wordt over 100 M. breedte per kilometer afstand reeds 100,000 M³. water geborgen. De hoeveelheid water, welke bij eene rijzing van 1 en meer centimeters per uur, in het rivierbed en in den grond wordt geborgen, is van grooten invloed op het maximum.

Wanneer langs den Rijn op onze grenzen als maximum werd afgevoerd de som der maxima van de zijrivieren bovenwaarts uitstroomende, dan zouden onze rivieren volstrekt onbekwaam zijn om deze wateimassa binnen de bandijken af te voeren en zoude het betwijfeld moeten worden of wij in staat zouden zijn ze daarvoor ooit geschikt te maken. Hier zij slechts vermeld dat de Po als grootste hoeveelheid 5150 M³. per 1^o. afvoert, terwijl de nevenrivieren boven hetzelfde punt te zamen 14480 M³. als maximum afvoeren.

c. de vorm van het gebied. Hoe langer en smaller het stroomgebied is, hoe meer de zijdelingsche aanvoer van water naar den hoofdweg aan den afvoer van het gelijktijdig gevallen water van de bovenrivier voorafgaat. Daarentegen kan men zich een gebied denken, waarvan de hoofdafvoerweg op een zelfden dag met het grootste waterbezwaar van alle kleinere zijwegen wordt belast.

d. de aard van den bodem, is oorzaak van de meest verschillende uitkomsten, afhankelijk van den graad van door-dringbaarheid van de verschillende gronden welke deel uitmaken van het gebied, hunne uitgestrektheid en ligging.

e. de bedekking van de oppervlakte. Goed bebouwde en drooggelegde gronden laten slechts bij zeer sterke hellingen water over de oppervlakte afvloeien. Goede begroeiing — vooral grasbeksleiding en bosschen — werkt gunstig op het waterbezwaar; draineering van vlakke kleigronden vermeerdert het waterbezwaar; drooglegging van gronden kan dikwijls het bezwaar verminderen.

f. de hellingen van het terrein. In ons land zijn meest alle gronden als vlak te beschouwen; hoe sterker de terreinen hellen, hoe sneller de hoofdwaterleidingen en rivieren door het water worden bereikt. Indien het hoofdkanaal weinig helt, doch de oevers sterk rijzen, is hiervan eerder voordeel dan nadeel te wachten; doorstroomt een sterk hellende waterloop een vlak gebied, dan is de helling een nadeel.

Natuurlijke waterreservoirs verminderen den waterafvoer en zijn oorzaak dat de hooge waterstanden minder vaak worden waargenomen.

g. de hoogte en de wisseling in hoogte van den grondwater-spiegel. Deze staan met den aard der gronden in verband. Een hooge grondwaterstand maakt de gronden meer aan watervlakten en ondoordringbaren grond gelijk — aan een watervlak indien de bodem vlak, aan niet doorlatenden grond indien het terrein helt. Een lage grondwaterstand vermeerdert het verdampingsvermogen van den grond in tijden van waterbezwaar en dwingt het water een langeren weg door den grond te volgen. Indien belangrijke verschillen in hoogte van het grondwater kunnen worden toegelaten, vermindert het waterbezwaar.

h. het klimaat. De verdamping, die van veel belang is, is afhankelijk van de temperatuur, den wind, den zonneschijn, den meer of min bewolkten toestand van de lucht enz.

Een der meest doeltreffende middelen om den aard van het waterbezwaar te doen kennen is, waar het aan gegevens niet ontbreekt, de verdeling over den loop van het jaar, maand

voor maand, in verband met de hoeveelheden gevallen regen voor te stellen.

Bij het gemis van gegevens in ons land kunnen eenige aantekeningen van elders verkregen uitkomsten nut bewijzen.

Bij het onderzoek naar de afgevoerde vaste stoffen langs de Maas te Luik in het jaar November 1882/November 1883 werd dagelijks de waterafvoer bepaald; hieruit en uit de regenhoeveelheden in hetzelfde jaar op een groot aantal stations op het stroomgebied van de Maas boven Luik gevallen, werd voor elke maand de afstromingscoëfficiënt afgeleid.

Deze bedroeg voor:

November 1882.....	66,98	°/o.	Juni 1883.....	14,50	°/o.
December "	48,73	"	Juli "	5,74	"
Januari 1883.....	84,16	"	Augustus "	179,8	"
Februari "	76,82	"	September "	7,13	"
Maart "	75,54	"	October "	65,68	"
April "	74,28	"	November "	43,41	"
Mei "	24,35	.			

Op plaat XLIV zijn de gegevens in teekening gebracht. Er is een korter of langer tijdsverloop noodig vóór de gevallen regen Luik bereikt. Van sterke regens in den zomer is nauwelijks eenige invloed op den afvoer te bespeuren, doch ook in den winter zijn de schommelingen in den afvoer van veel minder beteekenis dan die van den gevallen regen.

In het diagram der dagelijksche hoeveelheden is de afvoer te klein voorgesteld, daar de afvoer slechts op de hoofdrivier en niet op het derivatiekanaal is gemeten, de maandcijfers zijn echter gecorrigeerd. De verhoudingscijfers zijn in het algemeen te klein omdat de afvoer waarschijnlijk te klein is gemeten.

Uit de gegevens blijkt dat uit de regencijfers alleen, de afvoer te Luik niet is te bepalen; op kleine zijrivieren is zulks te doen, doch voor rivieren als de Maas te Luik kan de waarschijnlijke afvoer alleen bepaald worden uit de gegevens van de verschillende zijbassins.

De zijrivieren van de Po hebben geleerd dat de gemiddelde afvoer per jaar $3\frac{1}{2}$ à 5 maal en gemiddeld 4 maal grooter is van bergterreinen, dan van dezelfde oppervlakte vlak terrein.

De gemiddelde afvoer van de Missisippi is $\frac{1}{3}$ van de in het gebied gevallen hoeveelheid regen.

Volgens von Möllendorf bedraagt de gemiddelde afvoer langs de rivieren van Duitschland 47,3 % van den gevallen regen; de uiterste cijfers van een 12 tal cijferreeksen waren 28,1 en 71.6 %.

Op de Ilmenau werd een middelcijfer van 32,5 % gevonden; de afvloeingscoëfficiënten waren in de andere maanden van het jaar begrepen tusschen 21,9 en 49,3 %.

De hoofdingenieur Collin geeft voor de gemiddelde verhoudingscijfers van de Seine 29 %, de Garonne 52 %, de Rhone 63 %, de Po 64 %, de Saone 52 %; volgens Belgrand is de gemiddelde afvloeingscoëfficiënt van het Seinegebied 28 %.

Over de jaargetijden en de maanden van het jaar verdeeld, werd te Freiberg in Saksen voor den afvoer van een gebied van 7800 HA. gevonden: in Januari 55 %, Februari 75 %, Maart 86 %, April 91 %, Mei 30 %, Juni 25 %, Juli 17 %, Augustus 24 %, September 22 %, October 31 %, November 34 % en December 52 %. In den zomer zijn ondanks de grootere hoeveelheid regenwater de verhoudingscijfers gunstiger, omdat de verdamping dan sterk genoeg is om zelfs de grootere massa's grootendeels te verdampen. In April is het cijfer hoog omdat ook een gedeelte van het in Maart gevallen water werd afgevoerd; het is bij het beoordeelen van het waterbezwaar in korte tijdperken van veel belang niet alleen hierop, doch ook op het verschil in waterstand bij het begin en het einde te letten, zoowel met het oog op de hoeveelheid water, welke zichtbaar in de slooten en waterleidingen wordt geborgen of uit deze is verwijderd, als op de hoeveelheid water welke in den grond is gedrongen of daaruit is afgevoeld.

Graeff vond voor een verzamelbazin van het kanaal van de Marne naar den Rijn: winter 0,862 %, lente 0,458 %, zomer 0,323 %, herfst 0,491 % en jaar 0,493 %.

Langs de Furens, de Anzin en de Sornin werden voor de afstromingscoëfficiënten gevonden:

	In granietbodem.	In kalkbodem.
in den winter.....	124 $\frac{1}{2}$ %	86,2 %
in de lente.....	68,1 "	45,8 "
in den zomer.....	27,3 "	32,3 "
in den herfst.....	63,6 "	49,1 "
in het jaar.....	64,6 "	49,3 "

Er is derhalve in den winter op den granietbodem meer water afgevoerd dan gevallen is.

Voor het granietgebergte van Morvan werd gevonden:

in den winter.....	98	‰
in den zomer.....	44	„
per jaar.....	75	„

en voor het liasgebergte van Auxois:

in den winter.....	80	‰
in den zomer.....	26	„
per jaar.....	49	„

Voor doorlatende gebieden in het stroomgebied der Seine werd gemiddeld 14 à 15¹/₂ ‰ gevonden.

De coëfficiënten wisselen zeer; voor het liasgebergte van Auxois was de coëfficiënt in den winter van 1882 0,42 en in den winter van 1866 0,97; in den regel zijn zij bij hooger water hooger.

Te Parijs was de coëfficiënt van het hoogwater in het voorjaar van 1876 ongeveer 0,45, die van November—December 1882 0,36 en die van Januari 1883 0,51 toen het kouder was en de bodem geheel verzadigd.

Door von Möllendorf en Waege werd bij proeven op kleinere schaal gevonden voor kleigrond 28,1 ‰, voor leembodem 41 ‰, voor zandgronden 40,5 ‰.

Bij dergelijke proefnemingen in 1836—1843 genomen, vond Dickinson dat van den regen gevallen op eene een meter dikke zandachtige kleilaag, afstroomde:

in Januari....	70,7	‰	in Augustus..	1,4	‰
„ Februari..	78,5	„	„ September.	13,9	„
„ Maart....	66,6	„	„ October...	49,5	„
„ April.....	21,0	„	„ November.	84,9	„
„ Mei.....	5,8	„	„ December.	100,0	„
„ Juni.....	1,7	„	per jaar.....	42	„
„ Juli.....	1,8	„			

Belgrand vond voor het maximum van waterbezwaar in verband met de grootte der gebieden op niet doorlatende gronden:

	Afvoer in M ³ per 1 ^r	Grootte in HA.	Afvoer per 1000 HA. in M ³ . per 1 ^r
Nevenriviertje der Aire in Lotharingen.....	7	400	17,5
in mergel op twee plaatsen	4	1100	12,7
Nevenrivier der Cheé in krijtmergel.....	8	1600	5,0
niet geheel ondoordringbaar, op 2 plaatsen.....	18	3000	6,0
de Biesme, in krijt, niet geheel ondoordringbaar..	47	10000	4,7
de Serein, in lias.....	300	45000	6,7

§ 4. Waterbezwaar van meren, plassen enz. Waterplassen of in voortdurenden staat van verzadiging verkeerende vlakke gronden met horizontalen waterspiegel worden, behalve met het vreemde water, onmiddellijk bezwaard met al het gevallen regenwater en staan alleen door verdamping water af.

Is de plas zeer groot en wil men het waterbezwaar over korte periodes kennen, dan behooren de cijfers, welke uit waarnemingen op eene enkele plaats gedaan zijn afgeleid, eene zekere reductie te ondergaan of moet men over een voldoende aantal waarnemingspunten kunnen beschikken.

Over langere periodes kunnen de waarnemingen van ééne plaats volstaan omdat de gemiddelde hoeveelheden dan niet al te zeer van de cijfers die voor de verschillende plaatsen gelden, kunnen afwijken.

In elk geval zijn de maxima van ééne plaats te groot voor het geheele gebied en de minima evenzeer te klein.

Door het verschil van de cijfers van regen en verdamping leert men het waterbezwaar rechtstreeks kennen.

De 99jarige waarnemingen te Zwanenburg geven de volgende uitkomsten.

Gemiddeld overtreft de gevallen regen de verdamping met 66,14 mM. per jaar. In 7 maanden van het jaar overtreft de regen de verdamping gemiddeld:

in Januari met..... 29,54 mM.	in October met..... 47,04 mM.
" Feb,ruari. 22,61 "	" November " 52,25 "
" Maart " 1,42 "	" December " 38,15 "
" September " 16,79 "	en in deze natte maanden te zamen met 207,80 mM.

Daarentegen verdampt er gemiddeld meer dan aan regen valt:

in April..... 22,89 mM.	in Augustus..... 7,06 mM.
" Mei..... 44,30 "	en in deze vijf zomermaanden te zamen 141,66 mM.
" Juni..... 41,88 "	
" Juli..... 26,53 "	

Feitelijk kan de verdamping den gevallen regen slechts overtreffen op meren en plassen en op steeds volkomen nat zijnde gronden als moerassen.

De cijfers wisselen binnen vrij ruime grenzen af.

De grootste hoeveelheid, waarmede de regen de verdamping overtreft, werd in de wintermaanden van het jaar 1811—1812 waargenomen en bedroeg 281 mM.

De meest ongunstige maanden in de 99 jaren 1743—1841 voor het waterbezwaar waren:

October	1841	met	196,2	mM.	meer	regen.
November	1755	"	165,7	"	"	"
Januari	1764	"	151,5	"	"	"
October	1760	"	143,9	"	"	"
October	1762	"	134,1	"	"	"
November	1837	"	131	"	"	"
Februari	1823	"	125	"	"	"
December	1747	"	123	"	"	"
en Juli	1763	"	118	"	"	"

enz.

Een cijfer van 200 mM. werd derhalve nooit,

" " " 150 " " 3 maal, 1 maal in October, 1 maal in November en 1 maal in Januari,

" " " 125 " " 7 maal, 3 maal in October, 2 maal in November, 1 maal in Januari en 1 maal in Februari bereikt.

Uit deze cijfers blijkt dat niet alleen de wintermaanden het grootste waterbezwaar brengen; in onze waterrijke lage en natte streken, spant October de kroon.

De absolute maxima in elke maand zijn de volgende.

Januari	1764	met	151,5	mM.	meer	regen.
Februari	1823	"	125,3	"	"	"
Maart	1821	"	74,1	"	"	"
April	1780	"	54,5	"	"	"
Mei	1760	"	36,0	"	"	"
Juni	1830	"	58,9	"	"	"
Juli	1763	"	117,7	"	"	"
Augustus	1771	"	93,7	"	"	"
September	1781	"	109,0	"	"	"
October	1841	"	196,2	mM.	meer	regen.
November	1755	"	165,7	"	"	"
December	1747	"	123,2	"	"	"

In de jaren 1851—1884 overtrof de verdamping de hoeveelheid gevallen regen te Helder met gemiddeld 19,1 mM. per

jaar; het natste jaar was volgens de jaarcijfers 1866 met 334,6 mM. meer regen dan verdamping, het droogste jaar was 1868 met 340,6 mM. meer verdamping dan regen.

Te Utrecht werd in de natte jaren 1878—1882 voor het grootste waterbezwaar per maand waargenomen:

108,7 mM. in December 1880. en 81,3 mM. in December 1882.
94,8 " " " " 1881.

In den zeer natten winter 1866—1867 waren de meest bezwarende cijfers aldaar:

99,8 mM. in November en 73,6 mM. in December 1866.

Men kan op grond der medegedeelde cijfers voor kleinere plassen en moerassen als grootste waterbezwaar aannemen, waarbij de hoogste zeldzame gevallen worden uitgezonderd:

gedurende zeer lange periodes 25 mM. per jaar overeenkomende met 0,5 M³ per 1000

					HA. en perminuut.
"	een jaar	335 mM.	overeenkomende met 6,0 M ³ per 1000	"	" " " "
"	een maand	150	" " " " 35,0	"	" " " "
"	15 dagen	100	" " " " 46,0	"	" " " "
"	5 "	65	" " " " 80,0	"	" " " "
"	2 "	45	" " " " 155,0	"	" " " "
"	1 dag	35	" " " " 240,0	"	" " " "

Wil men ook de zeldzaam voorkomende gevallen in aanmerking nemen, dan zou men moeten aannemen voor 2 dagen 55 mM., voor 5 dagen 90 mM. enz.

Voor grootere plassen en meren of een uitgestreken boezem, kunnen de cijfers, welke tijdperken korter dan een maand betreffen; meer of minder worden verlaagd.

§ 5. Waterbezwaar van polders, droogmakerijen en boezems.
In een land als het onze, waar reeds sedert eeuwen het werkelijk waterbezwaar vrij nauwkeurig kan worden gekend, moest een cijfer bekend zijn, zou men meenen, dat als het werkelijk waterbezwaar, in eene door den landbouw geëischte periode van terugkeer tot het normaal peil, voor onze Hollandsche en Utrechtsche polders en droogmakerijen algemeen als zoodanig kan worden aangenomen. De omstandigheden verschillen echter, zelfs binnen de grenzen van ons polderland, daartoe te zeer, vooral ten aanzien van de hoeveelheid vreemd water dat binnen de polders dringt en de door den landbouw gestelde eischen om-

trent de grenzen tusschen welke de waterstanden mogen schommelen en den toe te laten duur der schommelingen.

In de laatste jaren wordt echter vrij algemeen 54 M³. per minuut of 0,9 M³. per 1" gesteld, overeenkomende met eene werkelijke opbrengst van 12 paardekrachten van 75 kilogrammeter voor elken meter opvoerhoogte en per 1000 HA., waarbij men zich dan voorstelt het peil te kunnen beheerschen met rijingen gedurende hoogstens 4 à 5 achtereenvolgende dagen.

Als zoodanig is dit cijfer van groote waarde en op grond van de vroeger gegeven cijfers nog als volkomen voldoende aan te merken voor polders in veengronden, voor droogmakerijen in oude zeeleigonden en droogmakerijen, wier bodem uit veen bestaande, eene langdurige zetting heeft ondergaan. Ten onrechte wordt het cijfer wel eens zonder correctie van toepassing verklaard op polders, welke in geheel andere omstandigheden verkeerden, als de bedijkte zeeleipolders in Holland. Zeeland en Groningen, de rivierpolders enz. Zijn deze toch behoorlijk drooggelegd, dan is de bergruimte, die de bodem aanbiedt, geheel verschillend van die der koepolders met hun betrekkelijk hoog peil, de vele slooten en waterleidingen en de hooge boezems in de nabijheid. Rivierpolders kunnen daarbij in zoodanigen toestand verkeerden, dat in sommige tijden van het jaar een groote hoeveelheid moet worden verwijderd, omdat het kwelwater een voorname bron van het waterbezwaar vormt. In den regel ondervinden in ons vlakke land de diep gelegen polders den grootsten waterlast, doch kunnen sommige rivierpolders nog zwaarder worden getroffen.

Ook jonge droogmakerijen in veengrond ontvangen te veel kwelwater om met de opgegeven hoeveelheid winter en zomer te kunnen worden drooggehouden; de omstandigheden moeten beslissen op welk cijfer men in den aanvang zal moeten rekenen.

Vlakke zeer lage waterrijke polders en droogmakerijen, zeer weinig boven de zomerpeilen verheven, verkeerden in omstandigheden, welke niet veel van die van plassen verschillen; eenerzijds zal de grasbekleding de verdamping bevorderen, daartegenover staat dat het lage peil den aanvoer van vreemd water vrij groot kan doen zijn.

Als een voorbeeld kan gewezen worden op den Haarlemmer-

meerpolder, groot 18100 HA. met 3 stoomgemalen, de Leeghwater, die in staat is 4,6 M³. per pomp en per slag, de Cruquius en de Lijnden, die elk 6,4 M³. per pomp en per slag kunnen opbrengen bij eene normale snelheid van 6 slagen per minuut. Alle pompen te zamen kunnen opbrengen $11 \times 4,6 \times 6 + 2 \times 8 \times 6,4 \times 6 = 918$ M³. per minuut of 51 M³. per 1' en 1000 HA. In zijne Stoombemaling stelt de heer Huet de werkelijke opbrengst op 46 M³. en deelt daarbij mede, dat feitelijk de gemiddelde opbrengst per etmaal naar verhouding kleiner is wegens de onvermijdelijke uren van stilstand. Neemt men nu verder in aanmerking dat de hoeveelheid kwelwater, welke in den polder dringt, ongeveer 210000 M³. gemiddeld per etmaal bedraagt, wat gelijk staat met gemiddeld 146 M³. per minuut of met 8 M³. per 1' en 1000 HA., dan is het werkelijke vermogen van de stoomgemalen in het etmaal gemiddeld te stellen op 45 M³. à 50 M³. per 1' en 1000 HA. terwijl het waterbezwaar dat overwonnen wordt zonder kwel ongeveer 40 M³ per 1' en 1000 HA. zou bedragen.

Wel voldoet de Haarlemmermeerpolder niet aan alle eischen, omdat de waterstanden nog eenige decimeters boven het peil kunnen rijzen, doch het blijkt dan ook dat op verre na geen opbrengst van 54 M³. 1' en per 1000 HA. als gemiddelde over 4 à 5 etmalen wordt verkregen. In enkele opzichten verkeert de Haarlemmermeerpolder in gunstiger omstandigheden dan vele andere polders; de hoogte der gronden is gemiddeld ongeveer 1 M. boven het werkelijk peil, terwijl deze bij de koe-polders ongeveer 30 cM. bedraagt; in de tweede plaats is de uitgebreidheid van het net waterleidingen en slooten minder ongunstig dan bij de Hollandsche polders.

Men is algemeen van meening dat de uitgebreidheid der oppervlakte van waterleidingen en slooten, van de binnenboezemwateren, in alle opzichten een voordeel is, voornamelijk met het oog op de grootere bergruimte voor het water. Wat het laatste betreft, wordt te dikwijls vergeten dat de bergruimte niet in de open wateren alleen doch ook in den grond aanwezig is en dat de laatste afneemt voor gelijke verschillen in waterstand met de verkleining van den afstand der open wateren, terwijl het voordeel geheel ophoudt, wanneer men de eischen

van de drooghouding zeer hoog stelt en eene beheersching van het peil binnen één of enkele dagen eischt.

In de vorige paragraaf is toch aangetoond, dat terwijl plassen nauwelijks behoefte hebben aan afwatering, indien zij binnen ruime grenzen kunnen op- en neergaan, de eischen daarentegen zeer hoog zijn indien men overschrijding van het peil slechts binnen weinig dagen of weken wenscht toe te laten.

Het voordeel van ruime en vooral diepe hoofdwaterleidingen kan daarentegen moeielijk te hoog worden geschat; daardoor wordt ruime afvoer zonder groot verhang en met geringen neerslag bij de gemalen en sluizen verkregen; in het laatste bestaat het eenige middel om de werktuigen en kunstwerken hunne volle werking te verzekeren; in het eerste wordt een middel verkregen om door een rationeel stelsel van nevenleidingen en slooten ook bij sterken wateraanvoer een voldoende waterstand in den geheelen polder te behouden.

In de hoggere gedeelten van een polder behooren betrekkelijk minder slooten dan in de lagere gedeelten te worden gemaakt, opdat de afvoer van het in den grond dringende water naar de slooten niet onnoodig worde verhaast.

Wanneer men van de hoeveelheden gevallen regen uitgaat en aanneemt dat de geheele hoeveelheid welke in eene zekere periode valt volledig moet worden afgevoerd, doch dat zij met een vast bedrag van slechts 20 mM. kan worden verminderd, dan kunnen bij verwaarloozing overigens van de kwel voor de af te voeren maximahoeveelheden, de hoogst zeldzame gevallen uitgezonderd, worden aangenomen:

in eene periode van 5 dagen	65—20	=	45	mM. of	9mM. per dag.
" " " " 4 "	55 à 60—20	=	35 à 40	" "	9 à 10 " " "
" " " " 3 "	50 à 55—20	=	30 à 35	" "	11 à 12 " " "
" " " " 2 "	45—20	=	25	" "	12 ¹ / ₂ " " "
" " " " 1 dag	35—20	=	15	" "	15 " " "

Wenscht men derhalve de in één dag gevallen hoeveelheid ook in één etmaal af te voeren, dan behoort het gemiddeld vermogen der afvoermiddelen per minaut — met inbegrip van alle oponthoud — te bedragen 100 M³. per 1000 H.A. Met de opgegeven hoeveelheid van 54 M³, welke met 7.8 mM. per dag overeenkomt, kan men aannemen dat de regen van ongeveer

7 dagen in 7 dagen wordt afgevoerd. Onderstelt men dat voor de bevochtiging van den grond meer dan 20 mM. in de periode noodig is, wat meest altijd het geval zal zijn, dan vermindert het aantal dagen tot 4 en 5 zooals de ervaring leert.

Bestaat een polder voor een goed deel uit water, dan is 54 M³. te weinig en dient een middelcijfer gekozen te worden gelegen tusschen 54 en 80 M³., dat voor een plas zou gelden. Verkleining van de binnenboezems, zoo noodig gepaard aan verdieping der toevoerkanalen, is in het belang van den waterstand van zulke polders, daargelaten nog de schaden welke uit den golfslag voor den polder kunnen voortvloeien.

Het cijfer van 54 M³. is daarentegen te groot onder gelijke omstandigheden, indien de polder voor een goed deel hoog is gelegen zoodat het regenwater den weg door den grond moet nemen langs wegen van eenigszins grootere lengte alvorens in de slooten en waterleidingen te geraken.

Het cijfer blijkt nog voldoende te zijn voor polders die gedeeltelijk uit vrij hoogen grond bestaan doch overigens een vrij belangrijk bedrag aan kwelwater ontvangen.

De voornaamste invloed op de keuze van het cijfer wordt derhalve uitgeoefend door den te stellen eisch; de hoogste eisch om zelfs van dag tot dag het gevallen water af te voeren werd reeds lang geleden gesteld; in een noot voorkomende op bladz. 57 van de verhandeling over de stoombemaling van polders en droogmakerijen van Simons en Greve leest men: „Aan het einde van dit hoofdstuk moeten wij nog eene aanmerking beantwoorden door sommigen gemaakt, die meenen dat het aan te wenden stoomvermogen voor de drooghouding, krachtig genoeg moet zijn om dag voor dag het gevallen en ingedrongen water uit de polders te kunnen wegschaffen. Deze vordering is overdreven. Het water mag wel in de slooten rijzen indien de rijzing slechts niet zoo hoog is dat zij de gewassen schaadt. Zoo hierbij nog in aanmerking wordt genomen dat de natste maanden ontstaan door aanhoudende regens, maar niet door zware regens op enkele dagen, dan mogen wij verwachten dat het vermogen door ons opgegeven, enz.” Door de heeren Simons en Greve werd voor dat vermogen 31½ M³. per minuut en 1000 H.A. aangenomen.

Uit de mededeelingen van Dr. Stieltjes in de Verslagen en Mededeelingen der Kon. Ak. v. W. Afd. N. 2^e reeks, deel VII, volgt ook hoe het werkelijk waterbezwaar van polders als de Haarlemmermeer onder den invloed is van den grond, die als een regulator werkende, de groote hoeveelheden vermindert en daarna bij geringer regenval de kleinere hoeveelheden vermeerdert.

De hoeveelheid regenwater, die geborgen kan worden wanneer men slechts eene verhooging van waterstand van 20 cM. toelaat, bedraagt gemiddeld in millimeters, wanneer men voor de oppervlakte van de slooten en waterleidingen $\frac{1}{20}$ van de geheele oppervlakte aanneemt, $\frac{1}{20} \times 200 + \frac{19}{20} \times \frac{200}{3} = 73$ mM.; elke rijzing van 10 cM. komt overeen met $36\frac{1}{2}$ mM. regen wanneer de grondwaterspiegel overal tot een gelijk bedrag rijst, en bij sterke regens met meer, daar de rijzing op eenigen afstand van de slooten grooter zal zijn. Daar in vele polders tijdelijke verschillen van een 3 à 4 tal palmen geene schade aanbrengen, is zelfs bij aanneming van een kleiner coëfficiënt dan $\frac{1}{3}$ voor de holtten, een maximumafvoer van 4 mM. per etmaal zeer voldoende. In 5 dagen wordt dan verwijderd 20 mM. en blijft er ten laste van den polder 45 mM., waarvan eene rijzing van den waterstand van hoogstens 12 cM. het gevolg kan zijn.

De sterkste regenval in den Haarlemmermeerpolder in één dag waargenomen, bedroeg den 15^{den} October 1872: 46 mM.; de waterstand rees 360 mM.; de oppervlakte van de waterleidingen, slooten enz. kan op 1000 H.A. worden gesteld; er werd 721000 M³. uitgemaal.

Indien ook in zulk een geval geene verhooging van waterstand zou mogen ontstaan, zou men, om feitelijk denzelfden waterstand ook in den bodem te behouden, een nitgebreider net van waterleidingen en slooten noodig hebben, en aannemende dat 20 mM. zouden zijn opgenomen door den grond om eerst later te verdampen of af te vloeien, over een vermogen tot afvoer van 26 mM. of 180 M³. per 1' en 1000 H.A. zonder kwel moeten kunnen beschikken.

De afvoer bedroeg	721000 M ³ .
waaronder begrepen is aan kwelwater ±.....	210000 "
	blijft 511000 M ³ .
Aan regenwater viel eene hoeveelheid van.....	8326000 "
waarvan in den polder bleef of verdampte.....	7815000 M ³ .
hiervan kwam in de slooten enz.....	3600000 "
zoodat in den grond werd opgenomen of verdampt	4215000 "

zijnde eene schijf van 23 m.M. welke met de onderstelde hoeveelheid van 20 m.M. fraai overeenstemt.

Eene hoeveelheid van 4,201,000 M³ kan bij holten tot $\frac{1}{3}$ van den inhoud eene ruimte vullen van 12,603,000 M³. overeenkomende met eene gemiddelde hoogte van niet minder dan 69 m.M. van welk cijfer de verdampte hoeveelheid moet worden afgetrokken; de bodem die gemiddeld 1 M. boven peil is gelegen, was derhalve na dien dag nog niet geheel met water doortrokken.

De hooge eisch van waterafvoer, beheersching van den grootsten regenval in één dag, zou medebrengen eene verviervoudiging van het tegenwoordig werkelijk vermogen der stoomgemalen van den Haarlemmermeerpolder.

Behalve op onze Nederlandsche polders kan ook gewezen worden op het Bremer Blokland groot 9800 H.A. dat zeer aan kwel blootstaat. De bemalingswerktuigen zijn in staat 33 M. per 1' en 1000 H.A. uit te werpen; in het jaar 1867 was $\frac{2}{3}$ van het uitgemalen water kwelwater. In de jaren 1867—1871 werden 59 $\frac{1}{2}$ miljoen M³ water per jaar verwijderd of ongeveer 6100000 M³ per 1000 H.A. en per jaar, wat neerkomt op 127 etmalen tegen den vollen afvoer.

De polder en droogmakerij van Gallare in de provincie Ferrara in Italie omvat 20,000 H.A. waarvan ongeveer 7500 H.A. vrij hoog zijn gelegen; de drooghouding geschiedt op geheel voldoende wijze door een stoomgemaal te Marozzo, dat als maximum 6 M³ per 1" doch feitelijk gemiddeld 270 M³ per 1' kan opbrengen of 13 $\frac{1}{2}$ M³ per 1' en 1000 H.A. De bodem bestaat voornamelijk uit zware klei, die in het midden bedekt is met eene veenlaag, dik 0,80 M., terwijl langs de randen der vroegere lagunen in den regel duinzand wordt aangetroffen.

Het oostelijk deel der moerassen van Fondi is in de laatste jaren drooggelegd; de werktuigen hebben een vermogen van

19 M³ per l' en 1000 H.A., terwijl in het zeer laag gelegen land veel vreemd water van hoogere gronden wordt opgenomen; de regenhoeveelheid bedraagt hier 800 m.M. per jaar, derhalve niet meer dan in ons land.

Voor boezems zooals de boezem van Rijnland, Schermerboezem enz. gelden gansch andere regelen; zij verkeerden in een gemengden toestand. Zij worden bezwaard in de eerste plaats met het regenwater op den boezem vallende, verminderd met de verdamping; in de tweede plaats met het water van de boezemlanden, de hoge gronden, duinen enz. die rechtstreeks op den boezem uitwateren; ten derde met het waterbezwaar van de polders zonder bemaling; eindelijk met het door de bemalen polders en droogmakerijen opgebrachte water.

Dit laatste kan gemakkelijk in rekening worden gebracht; bezitten zij stoombemaling, dan brengt men de werkelijke grootste opbrengst der stoomgemalen in rekening; worden zij door wind bemalen, dan kan bij gebreke van rechtstreeksche waarnemingen omtrent het vermogen der windwatermolens, worden aangenomen, dat bij goeden molenwind door den polder 90 M³. per minuut en 1000 H.A. op den boezem wordt gebracht. Dit cijfer is in den regel zoo groot omdat er zoo weinig maaldagen zijn in een jaar. Is de boezem niet vrij, dan is het vermogen der windbemaling gewoonlijk nog grooter. Kent men de hoogte van opvoer, dan kan men aannemen, dat een groote molen opbrengt 60 M³. per minuut 1 M. hoog.

Volgens de Bleiswijksche proeven van Douwes in 1775—1776 en die van Bolstra in den Vierambachtspolder, in 1821, 1822 en 1824 te zamen 945 proeven, medegedeeld door Simons en Greve, in de meergenoemde verhandeling over stoombemaling, was de gemiddelde vlucht der molens 26,8 M., terwijl zij gemiddeld 54,7 M³. water per minuut 1 M. hoog opbrachten. Bij zeer sterken wind werden opbrengsten van 100 M³. en meer, zelfs van 145,7 M³. per minuut waargenomen. Van alle molens in Amstelland bedroeg de grootste uitwerking per etmaal slechts 27 M³. per molen. Door een molen wordt in één jaar zooveel mogelijk malende, ruim 5 millioen M³. water opgebracht, 1 M. hoog.

Bij het vergelijken van het aantal molens in hunne opbrengst

met de grootte van de oppervlakte van 815 polders werden buitensporige verschillen gevonden.

In Rijnland werden 395 H.A. door één molen 1 M. hoog bemalen; de droogmakerijen in Rijnland gemiddeld 718 H.A. per molen 1 M. hoog; over eene groote reeks molens werd gevonden 538 H.A. bij besloten en 646 H.A. bij vrijen boezem per molen, 1 M. hoog malende.

De kleine polders uitgezonderd, kan daarom volgens Simons en Greve op 675 H.A. bij vrijen boezem en op 575 H.A. bij besloten boezem per molen worden gerekend. Tegen 60 M³. per molen en per minuut stelt dit een vermogen in ronde cijfers voor van 90 à 100 M³. per minuut en 1000 H.A., waarmede men zich voorstelt per jaar eene waterschijf te kunnen opbrengen ter dikte van 750 mM. of slechts een negende deel van hetgeen zou kunnen worden opgebracht wanneer gedurende het geheele jaar onafgebroken een voldoende molenwind beschikbaar ware.

Hieruit volgt dat het waterbezwaar van boezems, die het water van door wind bemalen polders ontvangen, zeer groot is, vooral wanneer de verhouding van de oppervlakte van den boezem tot die der boezemlanden, zooals in den regel het geval is, groot is en slechts eene geringe speling in den waterstand wordt toegelaten.

Zoo werd op Rijnlands boezem in één etmaal, bij sterken molenwind uit ééne richting, den 10^{den} Februari 1881, gebracht 11346300 M³. water, wat overeenkomt met ongeveer 56½ M³ per 1' en 1000 H.A. Over 4 etmalen verdeeld, bedroeg het werkelijk waterbezwaar slechts 39 M³. per 1' en 1000 H.A.

In het ééne etmaal bedroeg de regenval na aftrek der verdamping 18,2 mM.; in 4 etmalen 32,9 mM. of 8,2 mM. per etmaal.

De boezem is groot 3640 H.A.; het boezemland zonder de duinen 14000 H.A.; de duinen 11000 H.A.; de polders 76500 H.A.; de polders van Woerden op Rijnland uitwaterende 17000 H.A.; het geheele waterschap 122000 H.A.

Boezems worden gewoonlijk niet met kwel bezwaard; meestal heeft er aftapping van water uit de boezemwateren door de kaden naar de polderwateren plaats, waarvan het gevolg is dat het waterbezwaar iets minder groot kan worden aangenomen.

Deze hoogere ligging van de boezemwateren heeft tevens als gevolg dat het vroeger opgemerkte omtrent de voordeelen die de waterberging in den bodem aanbiedt, van geene toepassing is voor boezems, voor zoover de waterspiegel hooger gelegen is dan de omliggende gronden.

Verkleining van de oppervlakte van boezems, wier waterbergruimte voornamelijk tot de boezemwateren zelve is beperkt, brengt derhalve groote nadeelen mede.

Voor elken boezem behoort dus een cijfer voor het maximum van waterbezwaar te worden bepaald, dat in verband met de te stellen eischen, uit de meetbare bronnen van waterbezwaar vrij nauwkeurig rechtstreeks kan worden bepaald.¹

§ 6. Waterbezwaar van rivierpolders. De rivierpolders onderscheiden zich van de gewone polders in het Hollandsche en

¹ De Commissie der Akademie van wetenschappen geeft eene proeve eener berekening van de ongunstigste cijfers die men redelijkerwijs kan aannemen voor het waterbezwaar van een toekomstigen Zuiderzeepolder. Zie het dwarsprofiel van dijk en boezemkanaal op Plaat XXXVIII.

Voor kwel in den polder neemt zij aan bij uitvoering van het ontwerp Beijerinck eene hoeveelheid van 4,128,280 M³ per etmaal bij stormvloed en 3,832,000 M³ per etmaal in gewone omstandigheden, zijnde achtereenvolgens 14,7 M³ en 13,6 M³ per 1^l en 1000 HA. Bij uitvoering van het plan volgens het wetsontwerp van 1877 zou deze hoeveelheid zoowel bij storm als in gewone omstandigheden slechts bedragen 7,7 M³ per etmaal en 1000 HA.

De Commissie neemt voorts aan voor het waterbezwaar tengevolge van den gevallen regen, verminderd met de verdampde hoeveelheid, 1,91 M³ per HA. en per etmaal, overeenkomende met 1,3 M³ per 1^l en 1000 HA., zoodat de boezem slechts bezwaard zou worden achtereenvolgens met 16 M³, 15 M³ en 9 M³ per 1^l en 1000 HA. voor de 3 genoemde gevallen, hoeveelheden welke slechts ongeveer $\frac{1}{6}$ tot $\frac{1}{3}$ bedragen van de 54 M³ per 1^l en 1000 HA., welke voor gewone polders en droogmakerijen in ons polderland in den regel als waterbezwaar worden aangewezen.

De boezem zou volgens de berekening der Commissie bezwaard worden bij het plan Beijerinck met 2,152,000 M³ kwelwater per etmaal bij een stormvloed van 3,00 M. + AP. en een boezempeil van 0,50 M — AP. Deze hoeveelheid blijft verre beneden de reeds genoemde hoeveelheid die uit den boezem per etmaal zou doorkwellen naar den polder. Voor het plan volgens het wetsontwerp wordt de hoeveelheid kwelwater op den boezem berekend op 686,000 M³ per etmaal, terwijl door den binnendijk zou kwellen 1,920,000 M³ per etmaal, zoodat evenzeer meer verloren zou gaan naar binnen dan van buiten er in zou komen.

Het waterbezwaar van den Zuiderzeeboezem zou waarschijnlijk nog iets kleiner zijn dan de hoeveelheid water door de poldergemalen als maximum in een zelfde tijdsverloop aangebracht; het waterbezwaar van den polder zelf zou door de kwel met 8 M³ per 1^l en 1000 HA. voor het meest voordeelige ontwerp en met hoogstens 15 M³ per 1^l en 1000 HA. voor het minst voordeelige worden bezwaard.

Utrechtsche polderland in verschillende opzichten. In den regel bezitten zij een doorgaanden kleibodem, die slechts hier en daar wordt gemist; in dit opzicht gelijken zij derhalve mee op de Zeeuwsche polders.

In de tweede plaats helt het terrein zoowel in de richting der rivieren als van de rivier of de rivieren, tusschen welke het gelegen is, naar binnen.

Eindelijk is de oppervlakte gelegen beneden den hoogsten waterstand in de rivieren.

De aard van het waterbezwaar is uit deze eigenschappen in algemeene trekken af te leiden.

In den regel wanneer de rivieren niet hoog zijn, zoodat het grondwater op de rivieren kan afvloeien, verkeerden deze polders in zeer gunstige omstandigheden, veel gunstiger dan de Hollandsche lage polders en droogmakerijen, welke zonder bemaling langzamerhand onder water zouden geraken daar het grondwater trachten zou zich te verheffen tot gelijke hoogte als het buitenwater, gunstiger ook dan de zeekleipolders omdat zij niet vlak doch hellende op de rivier voortdurend kunnen afwateren en in staat zijn veel regenwater zonder bezwaar op te nemen.

Het bezwaar van den toestand ontstaat bij hoogen rivierstand; elke streek verkeert daarbij in bijzondere omstandigheden.

De ligging der polders bezuiden de Maas, besloten tusschen deze rivier en de hoogere diluviale gronden met hunne vrij talrijke rivieren en beken, welke nog uit een strook gronds in België worden gevoed, is, afgezien van de werking van de Beersche Maas, van geheel anderen aard als die der gronden tusschen Maas en Waal, die beklemd zijn tusschen deze twee bronnen van kwel tot aan hunne samenvloeiing aan het benedeneinde der landstreek, terwijl de wateren die zich bezuiden de Maas verzamelen, bij hoogen waterstand nog over den Baardwijkschen overlaat een uitweg vinden.

Verschillend weder van de polders tusschen Maas en Waal is de toestand der Lingestrecken die door twee armen eener zelfde rivier worden omvat.

De strook langs den rechteroever van Rijn en IJssel is aan de oostzijde door hoogere gronden met vele rivieren en beken begrensd; die aan den linkeroever van den IJssel ligt aan den voet der Veluwsche heuvelen.

Het waterbezwaar wordt door de hellingen van het terrein in de rivierpolders niet in beteekenende mate vergroot. De helling in de richting van de rivier is daarvoor te klein doch ook de sterkere helling van de dijken naar binnen is niet groot genoeg om het waterbezwaar zeer merkbaar grooter te maken, vooral omdat die helling met eene hoogere ligging gepaard gaat, welke op zich zelve voordeelen aanbiedt.

Het voornaame verschil van de rivierpolders met andere polders bestaat in de kwel, waarvan de invloed afhangt van plaatselijke omstandigheden, van drukhoogte en afstand, van den aard van den ondergrond en van de oppervlakte van den bodem en is derhalve niet in algemeen geldende cijfers uit te drukken.

De hoegrootheid van het waterbezwaar zonder kwel behoort derhalve in elk geval met eene zekere hoeveelheid met het oog op de kwel vermeerderd te worden.

De oorzaak van zeer sterke kwel is in den regel van korten duur, omdat de hooge vlooden op de rivieren spoedig voorbijgaan; er zijn echter uitzonderingen, die een middel aan de hand zouden geven om den invloed te bepalen, indien men over de noodige gegevens kon beschikken.

Gemiddelden over langen duur en groote districten omvatende, zouden gemakkelijker te geven zijn.

Door de Staatscommissie voor de Nieuwe Merwede is voor het geheele Lingegebied het werkelijk waterbezwaar berekend in den natten winter van 1866—1867; voor het meest ongunstige cijfer per maand werd gevonden in Maart 127,3 m M. in 31 dagen of ruim 4 m M. per etmaal, derhalve niet afwijkende van het aan te nemen waterbezwaar voor gunstiger gelegen zeekleipolders.

Het cijfer zou nog kleiner geweest zijn indien men de waterberging van den grond en van de wateren in rekening had gebracht, daar de waterstand in de Linge aan het einde der maand lager was dan aan het begin; daarentegen zou het cijfer eenige verhooging moeten ondergaan indien men de berekeningen omtrent den afvoer der sluizen eene correctie wilde doen ondergaan.

De hoogste waterstand in 1866—67 werd in Februari bereikt en bedroeg 9,06 M. + A. P. te Tiel, alwaar de hoogst bekende waterstand bij open rivier 9,87 M. + A. P. doch de gemiddelde der 20 hoogste standen in de jaren 1851—1870

slechts 8,28 M. + A. P. bedroeg. De hoeveelheid gevallen regen, die in November buitengewoon groot was, werd later kleiner en werd in de maand Maart reeds gemiddeld door de verdamping overtroffen. Bij samenvalling van zeer hoogen rivierstand en zeer sterke regens zouden hoogere cijfers zijn verkregen, doch zulk een geval zal hoogst zeldzaam zijn, omdat de zware regens aan den invloed van den hoogen rivierstand op de hoeveelheid kwelwater vooraf zullen gaan.

Voor een zeer klein gebied van $\pm 3\frac{1}{2}$ H.A., den zoogenaamden Moienpolder aan het westelijk benedeneinde van het land tusschen Maas en Waal, in de onmiddellijke nabijheid van de rivieren, kan uit de onderstelde opbrengst van het Dreumelsche stoomgemaal en de waterstanden in den polder globaal worden afgeleid, hoe groot de hoeveelheid water is, waarmede deze polder werd bezwaard. Voor de grootste hoeveelheid is gevonden 55 M³. per 1' en per 1000 H.A. Hoe kleiner gebied en hoe ongunstiger omstandigheden, hoe meer dit cijfer behoort vermeerderd te worden; hoe grooter gebied en hoe gunstiger toestand, hoe minder invloed het kwelwater op de verhooging van het maximum waterbezwaar uitoefent.

§ 7. Waterbezwaar der kleine rivieren. Het is uit het vroeger aangevoerde voldoende gebleken dat zelfs met behulp van vrij volledige waarnemingen het verband tusschen den afvoer van eene rivier, de hoeveelheid gevallen regen enz. niet gemakkelijk kan worden bepaald. Daar het evenwel nuttig is te trachten dit verband te zoeken om daarbij tot eenige schatting te geraken van de maximahoeveelheden welke kunnen worden afgevoerd, en het, wat onze kleine rivieren betreft, tot dusver evenzeer ontbreekt aan gegevens omtrent de betrekking tusschen den waterstand en den afvoer, wordt hieronder beproefd het werkelijk waterbezwaar onzer kleine rivieren uit afvoerbepalingen en hoeveelheden gevallen regen enigszins toe te lichten. Daarbij moet steeds worden in het oog gehouden dat voor elk riviertje op elk punt eigen betrekkingen bestaan en dat het vergelijken van cijfers slechts met inachtneming van het verschil in toestand mag geschieden. Zoo ontspringen de Noordbrabantsche rivieren en beken in de Belgische Kempen en doorstromen zij de weinig hellende diluviaalvlakten tot in ons polderland, ter-

wijl sommige daarbij, hier en daar, afgewerkt bevoeiingswater opnemen, dat uit vreemde bronnen is ontleend; van de Limburgsche rivieren strekken de Roer en de Niers haar gebied tot in vrij aanzienlijke hoogte boven de zee uit; zij doorstromen gronden van oudere formatie, in den aanvang met vrij sterke hellingen doch eindigen in ons land in een vlakkere streek. De oostelijke streken van ons land benoorden den Rijn worden door kleine rivieren doorsneden, wier karakter eenigermate met haar oorsprong in het buitenland samenhangt; de Berkel en de Schipbeek b. v. ontspringen in en nabij de kom van Munster, die uit oudere grondsoorten bestaat.

Van geen dezer rivieren is het karakter nauwkeurig bekend; eene voorstelling van de verdeling van den waterafvoer over de verschillende tijden van het jaar kan niet gegeven worden.

Mark en Dintel. Deze rivier ontstaat door samenvloeiing van de Boven-Mark en de Aa of Weerij's, loopt beneden Breda tot Dintelsas onverdeeld door, waar de mond door sluizen van het Volkerak is afgesloten.

Op beide takken worden boven Breda molenstuwen gevonden; beneden Breda wordt polderland doorstroomd; boven Breda vindt men zacht hellende diluviale zandgronden, waarin langs de rivier de bekende groengronden worden aangetroffen. Het stroomgebied boven Breda is ongeveer 73000 H. A. groot waarvan \pm 37000 H. A. op Nederlandsch grondgebied.

Bij den hoogsten waterstand in de jaren 1869—1873, die echter in December 1882 nog eenigszins werd overschreden, werd den 21 December 1869, de afvoer nabij Breda bepaald op $43\frac{1}{2}$ M³ per 1". De gemeten grootste afvoer komt overeen met 36 M³ per 1' en 1000 H. A. maar zou bij den hoogst bekenden stand van December 1882 nog iets grooter zijn bevonden.

De grootste hoeveelheid regen in één etmaal bedroeg toen te Breda, 2 etmalen te voren, 32 mM., en in 2 etmalen 36,5 mM. of 18,2 mM. per etmaal in de beide voorafgaande etmalen, terwijl gevallen is, indien men het voorafgaande etmaal niet medetelt, per etmaal

in één etmaal 32 mM.
 „ 2 etmalen 17,2 „

in 3 etmalen 15,6 mM.
 „ 4 „ 13,3 „

De Hoofdingenieur Déking Dura heeft medegedeeld dat een der hoogste waterstanden op de Vecht te Emblicheim nabij onze grenzen bereikt is in Maart 1881; toen was de grootste regenval per etmaal te Enschede 16,2 mM. in één etmaal, 11,2 mM. in 2 etmalen, 10,4 mM. in 3 etmalen, 7.9 mM. en 4 etmalen en 9,5 mM. in 5 etmalen.

Deze cijfers waren op een zeer groot gebied van toepassing, want zij werden overtroffen door de gemiddelden van de waargenomen hoeveelheden regen op alle waarnemingsplaatsen van een kwartier te zamen, als:

in het N.O. deel van ons land is gemiddeld in één etmaal gevallen		17,1 mM. p. etmaal.
en	" " 2 etmalen	11,5 " " "
	" " 3 "	12,3 " " " ,
	" " 4 "	10,6 " " "
	" " 5 "	9,6 " " "
en in het Oostelijk deel van ons land	" " 3 "	10,6 " " "
	" " 4 "	9,7 " " "
en	" " 5 "	10,3 " " "

terwijl op dezelfde dagen de grootste hoeveelheid in één etmaal gemiddeld op alle waarnemingsplaatsen van het zuidoostelijk kwartier te zamen gevallen, niet minder dan 22,5 mM. bedroeg.

Terwijl men voor een meer beperkt gebied, af te leiden uit hoofdstuk VI § 5, als maximumcijfers voor de hoeveelheden regen per etmaal kan aannemen:

gevallen in één etmaal	35 mM.	gevallen in 4 etmalen	21 mM.
" in 2 etmalen	28 "	" in 5 "	19 "
" in 3 "	23 "		

zijn voor een grooter gebied de volgende cijfers waarschijnlijk meer in overeenstemming met den toestand:

als voor de hoeveelheid gevallen regen in	één etmaal	25 mM. per etmaal.
"	2 etmalen	20 " " "
"	3 "	18 " " "
"	4 "	15 " " "
"	5 "	14 " " "
"	6 "	13 " " "
"	7 "	12 " " "
en	10 "	10 " " "

Volgens de boven opgegeven cijfers van de hoeveelheid regen die de waarneming van den afvoer voorafging, zou het

maximum van den afvoer langs de Mark kunnen bedragen :

volgens 2 etmalen gerekend	2,8/17,2	meer of te zamen	42	M ³ .	per 1' en 1000 HA.
" 3	" "	2,4/15,6	" " " "	41 ¹ / ₂	" " " " " "
" 4	" "	1,7/13,3	" " " "	40 ¹ / ₂	" " " " " "

waarbij is ondersteld dat de waarnemingen te Breda een gemiddelde van het geheele gebied voorstellen en de afvoer evenredig met den regen aangroeit.

De grootste afvoer is derhalve op 42 M.³ per 1' en 1000 H.A. te stellen.

Dommel. Op de Dommel en hare zijrivieren en beken worden een tal van stuwen gevonden. Van 10—14 Maart 1869 werd na matigen regenval in Februari en het begin van Maart en bij de gewone werking der vloeiveiden, die uit het Kempenkanaal worden gevoed, de afvoer op verschillende punten bepaald. Hierdoor werden cijfers verkregen, die men meende dat ten grondslag konden strekken voor de verbetering der rivier, waarmede eene voldoende drooglegging van 15 Maart tot 15 October werd beoogd, welke drooglegging sedert werd uitgevoerd en thans nagenoeg is voltooid. De uitvoering heeft — de kosten daargelaten — volkomen aan de verwachting voldaan; de rivieren voeren de meermalen voorkomende hoogwaters af zonder overstroming, zonder dat eenige molenstuw werd opgeruimd of onteigend; deze inrichtingen zijn door de verbetering integendeel zeer gebaat, en zou er alleen sprake van kunnen zijn om hier of daar stuwen in het bovengedeelte te maken ten einde eene verdere verlaging van den rivierwaterstand tegen te gaan. Als cijfers welke aan uitgevoerde en doelmatig bevonden werken ten grondslag hebben gestrekt, zijn deze metingen derhalve van eenige waarde. Zij kunnen ook dienen tot het belangrijk onderzoek of de verbeteringswerken bij gelijkheid van meteorologische toestanden eenige belangrijke vergrooting van de afstroomende hoeveelheden tengevolge hebben gehad.

Boven Boxtel is het stroomgebied ongeveer 100,000 H.A. groot; daar werd gemeten in Maart 1869 23,7 M³. of 14 M³ per 1' en per 1000 H.A.;

boven Wolfswinkel werd gemeten 21 M.³, overeenkomende,

voor een stroomgebied van 90,000 H.A., met 14 M.³ per 1' en per 1000 H.A.

De rivier was in dit gedeelte der Dommelvallei nog niet binnen de oevers teruggekeerd.

Hoeveelheid gevallen regen in millimeters.

Dagen.	Aantal etmalen.	Totaal.			Per etmaal.		
		Helmond.	Breda.	Roermond.	Helmond.	Breda.	Roermond.
6 Maart	1	5,2	8,0	8,8	5,2	8,0	8,8
5—6 "	2	8,3	11,0	9,8	4,1	5,5	4,9
4—6 "	9	9,6	—	12,8	3,2	—	4,3
3—6 "	4	10,4	18,2	15,0	2,6	4,5	3,7
2—5 "	5	14,8	26,7	20,0	3,0	5,3	4,0

De grootste hoeveelheden regen per etmaal gevallen op een der drie genoemde plaatsen bedroegen van de hiervoor gestelde maximumcijfers slechts ongeveer $\frac{1}{3}$ gedeelte; daar er echter ook irrigatiewater werd afgevoerd, is de grootste afvoer niet te schatten; zij heeft als grens 40 M.³ per 1' en 1000 H.A.

Na de uitvoering der rivierverbetering werden de waterstanden van 15 Maart tot 15 October waargenomen en werd de hoogste stand den 30^{sten} September 1881 bereikt; door toepassing der formule van Darcy en Bazin op genormaliseerde vakken en door berekening van den afvoer door de molensluizen uit het bekend verval en de bekende afmetingen kon met vrij groote nauwkeurigheid de afvoer bepaald worden op 26 M.³ per 1" boven Boxtel en op 23 $\frac{1}{2}$ M.³ per 1" boven Wolfswinkel, beide overeenkomende met 14,5 M.³ per minuut en 1000 H.A.; voorts op 19,3 M.³ boven Hooidonk van een gebied ter grootte van 79,000 H.A. overeenkomende met 14,5 M.³ per minuut en 1000 H.A.

De hoeveelheid afgevoerd water was bijna geheel aan regenwater toe te schrijven.

Te 's Bosch was de hoeveelheid gevallen regen op	28 Sept.	4,2 m.M. of 4,2 m.M.	p. etm.
"	27/28 "	7,9 " "	3,9 " " "
"	26-28 "	22,0 " "	7,3 " " "
"	22-28 "	55,3 " "	7,9 " " "

Te Helmond en Tilburg was de hoeveelheid gevallen regen op 22—28 September resp. 41,6 m.M. of 6 en 7,9 m.M. per etmaal in 7 etmalen.

Men kan derhalve aannemen dat de regenhoeveelheid in 7 dagen overeenkomt met nauwelijks $\frac{2}{3}$ van de grootste hoeveelheid hierboven ondersteld, zoodat de grootste afvoer in een rond cijfer te stellen is op 25 M³. per 1' en 1000 H.A.

Dat de afvoer ten gevolge der rivierverbetering niet is toenomen, doet ook de meting in December 1884 beneden Boxtel onderstellen; den 22^{en} December werd de afvoer op 27,8 M³. bepaald, overeenkomende met 16 M³. per 1' en 1000 H.A.

De gevallen regen bedroeg te 's Bosch	21 Dec.	13,8 mM.	of 13,8 mM.	per etmaal.
	20—21	17,3	" "	8,6 " " "
	19—21	31,2	" "	10,4 " " "
	18—21	32,4	" "	8,1 " " "

zoodat de afvoer behoorende bij den grootsten regenval, gerekend kan worden iets minder dan het dubbele te zullen bedragen of 30 M³. per 1' en 1000 H.A.

Dat de laatste dagen van September van het jaar 1881 in deze streken rijk waren aan water, wordt ook bewezen door de Maas, die te Maastricht eene hoogte bereikte van 46,00 M. + A.P. of slechts 10 c.M. lager dan de hoogst bekende stand uit het geheele tienjarig tijdvak 1851—1860; daarentegen was de waterstand van 7 Maart 1869 te Maastricht slechts 44,68 M. + A.P. of ruim 2 M. hooger dan de gemiddelde zomerstand van 1861—1870.

Van toeneming van de hoegrootheid van het waterbezwaar tengevolge der verbetering is dus niet gebleken.

Oude IJssel. Voor den afvoer van het stroomgebied van den Ouden IJssel en de Aa boven Ulft werd bij den hoogst bereikten waterstand in den beruchten winter 1882—1883 den 5^{en} Januari 1883 gevonden 45,8 M³. per 1' van ongeveer 84,000 H.A., overeenkomende met 33 M³. per 1000 H.A. en per 1'.

De hoeveelheid gevallen regen bedroeg te Winterswijk:

den 3 ^{en} Januari.....	6,0 mM.	of 6,0 mM.	per etmaal in 1 etmaal.
2—3 "	10,0	" "	5,0 " " " " 2 etmalen.
1—3 "	15,5	" "	5,2 " " " " 3 " "
31 December—3 Januari	34,5	" "	8,6 " " " " 4 " "
30 " —3 "	43,0	" "	8,6 " " " " 5 " "
29 " —3 "	47,5	" "	7,9 " " " " 6 " "
28 " —3 "	59,5	" "	8,5 " " " " 7 " "
27 " —3 "	68,0	" "	8,5 " " " " 8 " "
16 " —3 "	77,5	" "	8,6 " " " " 9 " "

De gemeten hoeveelheid houdt dernalve verband met eene hoeveelheid gevallen regen die in 9 dagen niet heel veel verschilt van het onderstelde maximum, dat vermoedelijk bijna $\frac{1}{4}$ grooter zou kunnen zijn en in een rond cijfer derhalve op 40 M³. per 1' en 1000 H.A. is te schatten.

Schipbeek. Zeer belangrijk zijn de door den ingenieur Lely bepaalde afvoercijfers van de Schipbeek, omdat zij eenigermate in staat stellen eene afvoerkromme te construeeren.

In Januari 1884 werd het maximum van den winter 1883-84 onder Buurse voor een stroomgebied van 14000 H. A. bepaald op 16 M³ per 1" of ongeveer 68 M³ per 1' en per 1000 H. A.

Te Enschede bedroeg de hoeveelheid gevallen regen:

den	27 Januari	11,1 mM.	of per	etmaal	11,1 mM.
"	26—27	" 20,0	"	"	10,0 "
"	25—27	" 24,5	"	"	8,2 "
"	24—27	" 45,4	"	"	11,3 "
"	23—27	" 55,5	"	"	11,1 "

zoodat de gemeten hoeveelheid op de wijze als hiervoren is gedaan, beschouwd kan worden het gevolg te zijn van een regenval van 11,1 à 11,3 mM. per etmaal, gedurende 4 à 5 dagen.

De grootste hoeveelheid is volgens de vroeger gegeven cijfers van den grootsten regenval op 90 M³ per 1' en 1000 H.A. te schatten.

Op de Beneden-Schipbeek bedroeg de maximum-afvoer te Bathmen ruim 13 M³ per 1", derhalve minder dan bovenwaarts, zooals ook elders wordt waargenomen, en overeenkomende met 27 M³. per 1' en per 1000 H. A.; bleef de afvloeiingscoëfficiënt dezelfde dan zou de grootste afvoer hier ter plaatse op 36 M³ per 1' en 1000 H. A. zijn te stellen.

Het karakter der Schipbeek is tusschen beide genoemde plaatsen geheel veranderd; op plaat XXXVII vindt men de beide kromme lijnen, welke de betrekking tusschen de gemeten hoeveelheid en den waterstand doen kennen, zooals deze door den ingenieur Lely zijn geconstrueerd; de kromme der bovenrivier gaat benedenwaarts nagenoeg in eene rechte lijn over.

De teekening toont verder aan dat de vermindering van den maximum-afvoer benedenwaarts gepaard gaat met eene wijziging in den vorm der vloedgolf en van de snelheid van voortplan-

ting van deze; de hoeveelheden regen te Deventer en te Enschede zijn beide voorgesteld.

Een voorbeeld van eene kleine rivier die het zelfde verschijnsel als de Schipbeek in sterke mate oplevert, is de Dender in België, die in den bovenloop weinig doordringbare en hooge terreinen doorstroomt, doch in den benedenloop in het zanddiluvium is ingesneden. Bij de hooge waterstanden van December 1880 werd de afvoer door de Rijkssingenieurs op 3 punten bepaald en werden de volgende uitkomsten verkregen:

Plaats v. waarneming.	Grootte van het stroomgebied.	Afvoer	
		per 1".	per 1' en 1000 HA.
Grammont.....	80,000 HA.	114,5	86
Aalst.....	120,000 "	96,5	48
Wieze.....	125,000 "	80,0	38

Derhalve sterke vermindering van de absolute cijfers ondanks de belangrijke aangroeiing van het stroomgebied. Slechts één zijriviertje, de Bellebeek, vereenigt zich boven Aalst met de Dender.

Het kleine riviertje de Alb, dat in het Schwarzwald ontstaat, heeft volgens den Regeeringsbouwmeester Klett niet ver van Ettlingen een maximumafvoer van 120 à 150 M³ per 1", welke hoeveelheid in de Rijnvlakte over een afstand van 10 K. M. vermindert tot 50 M³.

Als voorbeeld van eene groote rivier kan op de Loire gewezen worden, die te Briare 5384 M³ per 1" afvoerde, toen het overeenkomstig cijfer op het lager gelegen Tours 4813 M³ bedroeg, en op de Elbe, waarvan de maximumafvoer bij Hämerten 5700 M³. en beneden de uitmonding van de Havel slechts 4000 M³. per 1" bedraagt.

Vecht. Op de overige Overijsselsche wateren werden sedert eene reeks van jaren met eenige tusschenpoozen waarnemingen gedaan onder de leiding van Dr. Stieltjes; zij worden thans door den Provinciaal Waterstaat voortgezet.

Den 7^{en} Maart 1854 werd de afvoer van de Vecht beneden de Kleine Vecht bij lagen wintervloed bepaald op 37,7 M³ per 1" overeenkomende met ± 9 M³ per 1' en 1000 H. A. Over gegevens ter vergelijking met de hoeveelheid gevallen regen kan niet worden beschikt.

Den 5^{en} Februari 1886 werd bij den hoogsten waterstand

de afvoer gemeten van de Vecht boven onze grenzen te Emblicheim; de afvoer van een stroomgebied van ongeveer 190,000 H. A. bedroeg 79,4 M³ per 1", overeenkomende met 25 M³ per 1' en 1000 H. A.

Daar de afvoer gedeeltelijk uit gesmolten sneeuwwater bestond, kan de afvoer niet met de hoeveelheid gevallen regen vergeleken worden.

Deze bedroeg te Enschede:

Op 2 Februari.....	2,6	mM.	of	2,6	mM.	per	etmaal.
" 1—2 "	10,8	"	"	5,4	"	"	"
" 31 Januari—2 Februari	13,2	"	"	4,4	"	"	"
" 30 " —2 "	14,7	"	"	3,7	"	"	"

Uit deze cijfers zou zonder sneeuwwater moeten worden afgeleid dat de grootste afvoer ruim 100 M³ per 1' en 1000 H. A. zou kunnen bedragen; dit cijfer is als een nooit te bereiken maximum te beschouwen.

De heer Déking Dura leidde uit de meting en de waargenomen waterstanden in Maart 1881 af, dat de afvoer toen tot $\pm 145^3$ per 1" is geklommen, overeenkomende met een hoeveelheid van 46 M³ per 1' en 1000 H. A. Dit aannemende is uit de hiervoren medegedeelde hoeveelheden gevallen regen in Maart 1881 af te leiden, dat het absolute maximum aldaar tot 60 M³ per 1' en 1000 H. A. zou kunnen klimmen, welk cijfer als eene betere benadering kan worden aangenomen. Het behoeft niet gezegd te worden, dat dit cijfer naar den mond aan het Zwarte water zeer belangrijk zal dalen.

De Eem. In Februari 1867 werd bij de bekende zware regens en gelijktijdigen afvoer van gesmolten sneeuwwater een afvoer gevonden van ongeveer $17\frac{1}{2}$ M³ per 1", overeenkomende met eene gelijke hoeveelheid per 1' en 1000 H. A. daar het gebied 60000 H. A. groot is. De Eem zal wegens den aard van haar gebied een kleiner maximum opleveren dan de reeds beschouwde riviertjes.

Wanneer de hiervoren opgegeven cijfers als de afgevoerde hoeveelheden behorende bij de mede opgegeven hoeveelheden gevallen regen kunnen worden beschouwd, zouden de afvloeings-coëfficiënten van de bijbehorende gebieden ongeveer zijn:

Rivier.	Gem. hoeveelheid per l' en 1000 HA.		Gevallen regen.		Duur van den regen in etmalen.	Afvoelings-coëfficient.	Oppervlakte.
			p. etmaal.	p. l' en 1000 HA.			
Mark en Dintel.	36	M ³ .	11,2	77,7	2	46 0/0	73000 HA.
Dommel (1869).	14	"	5	35	4	40 "	100000 "
" (1881).	15 1/2	"	7,9	54,8	7	28 0/0	id. "
" (1884).	16	"	10,4	72,2	3	22 "	id. "
Oude IJssel.	33	"	8,6	59,7	9	55 "	84000 "
Schipbeek (Boven)	68	"	11,1	77,0	5	88 "	14000 "
idem (Beneden)	27	"	11,1	77,0	5	35 "	28000 "
Vecht.	25	"	4,4	30	3	83 "	190000 "
Lunterensche beek ¹ (boven Amersfoort)	27	"	10,5	72,9	2	36 0/0	32275 "

Deze cijfers doen, ten minste oppervlakkig, zien dat de verschillende toestanden waarop is gewezen op de waargenomen cijfers hun invloed doen gelden.

§ 8. **Waterbezwaar der hoofdrivieren.** De afvoer van onze hoofdrivieren is vrij goed bekend; voor elken waterstand, alleen de hoogste uitgezonderd, is met voldoende nauwkeurigheid aan te geven, welke hoeveelheid water wordt afgevoerd. Toch is het niet mogelijk voor de groote rivieren binnen onze grenzen het verband aan te geven tusschen regenval en afvoer; de gebieden zijn daartoe te groot, zij zouden daartoe weder in onderdeelen, de zijrivieren voorstellende, verdeeld moeten worden. Het is veel gemakkelijker en nauwkeuriger voor de voorname zijrivieren de afvoerkrommen in betrekking tot de waterstanden te bepalen, om daarna voor de hoofdrivier te zoeken naar het verband tusschen den waterafvoer of de waterstanden van deze en die der zijrivieren.

¹ Onder het afdrukken werd kennis genomen van de nota van de Hoofdingenieurs van den Prov. Waterstaat in Gelderland en Utrecht, van Idsinga en van Rijn, betreffende de ontwerpen tot verbetering van de afwatering der *Geldersche vallei*. In dit stuk worden de volgende bepalingen van den afvoer vermeld:

1^o. Als gevolgen van regen en sneeuw in Januari 1886.

Plaats van waarneming.	Afvoer per l' in M ³ .	Stroomgebied in HA.	Afvoer per l' en 1000 HA.	Aanmerkingen.
1. Broekersloot beneden de Roode Haan.	6,135 (21 Jan.)	12430	29 1/2	Afvoer van de Exonoreerende landen.

Doch ook daartoe ontbreken thans nog vele gegevens; eerst van een goed ingericht hydrographisch bureel, waarvoor de grondslagen in ons land sedert jaren zijn gelegd, dat over voldoende gegevens beschikt en krachtig wordt gesteund, is zulk een arbeid te verwachten.

Voor ons land zou de vergelijking met de hoeveelheid gevallen regen en met de vermoedelijke hoeveelheid gesmolten sneeuw eerst dan nut hebben wanneer het de vraag gold of de hydrographische toestanden langs onze rivieren verergerd zijn en eene algemeene oplossing het geheele stroomgebied betreffende, werd gezocht.

Terwijl omtrent den waterafvoer bij elk der rivieren voor zoo ver noodig nadere mededeelingen zullen worden gedaan, volgen hieronder de maximumcijfers voor ons geheele stroomgebied, waaruit de aard der rivieren reeds eenigszins kan blijken.

Plaats van waarneming.	Afvoer per 1' in M ³ .	Stroomgebied in HA.	Afvoer per 1' en 1000 HA.	Aanmerkingen.
2. Broekersloot beneden den Scheele duiker	6,810 (20 Jan.)	13915	29	
3. Lunterensche beek beneden de Lambalgenbrug	11,356 (20 Jan.)	21180	32	
5. Lunterensche beek boven Amersfoort. . .	14,535 (21 Jan.)	32275	27	
7. Barneveldsche beek boven de Modderbeek	10,781 (20 Jan.)	32460	20	
8. Modderbeek	2,539 (12 Jan.)	4325	35	

20. Na den regenval van 31 Januari—2 Februari 1886.

In de hiervoren opgegeven vakken werd achtereenvolgens gevonden 24 M³. en 25 M³. op 3 Feb., 26 M³. op 2 Feb., 27 M³. op 3 Feb. en 31 M³. op 4 Feb. De regenval verminderd met de verdamping, te Barneveld bedroeg in 2 voorafgaande etmalen (31 Jan. en 1 Feb.) 8,7 mM. per etmaal, terwijl de regenval te Utrecht gemiddeld 10,5 mM. per etmaal bedroeg.

Aannemende dat het maximum van den regenval kan bedragen in 2 etmalen 28 mM. per etmaal, zou de maximum hoeveelheid bij gelijkheid van afvloeiingscoëfficiënt 2½ à 3 maal grooter kunnen worden en derhalve aangroeien tot 50 M³. à 90 M³. per 1' en 1000 HA.

Volgens de waarnemingen van de waterhoogte in het 3e vak en door bepaling eener afvoerkromme voor deze plaats uit gedane afvoermetingen, werd voor den grootsten afvoer in dit vak van 1877 tot 1886 gevonden 12,7 M³. per 1' of 36 M³. per 1' en per 1000 HA. Niet ver boven dit vak voeren eenige heulen eene hoeveelheid water aan, welke afzonderlijk werd gemeten. Boven de heulen bedroeg de grootste afvoer van 8750 HA. 9,4 M³. per 1' of 64½ M³. per 1' en 1000 HA., den 11 Februari 1881 na een voorafgaanden regenval te Utrecht van 19,6 mM. per etmaal in 3 etmalen, zoodat het absolute maximum vermoedelijk tot 76 M³. per 1' en 1000 HA. zou kunnen klimmen boven de heulen en tot 42 M³. beneden deze. Slechts 6 maal in de genoemde natte periode, waarvan alleen 3 maal in 1882, werd een afvoer van 7 M³. boven de heulen waargenomen, welk meermalen doch zelden voorkomend maximum overeenkomt met 48 M³. per 1' en 1000 HA. In vak 3 is hiervoor 25 M³. aan te nemen.

Plaats.	Grootte van het gebied in HA.	Grootste afvoer		Opmerkingen.
		in M ³ per 1"	in M ³ per 1' en 1000 HA.	
MAXIMUMAFVOER VAN DEN RIJN.				
Voorrijn te Reichenau...	150000	1074	429	
Achterrijn.....	169500	1100 à 1341	493 à 594	7050 HA. gletschers.
Rijn bij de Tardisbrug...	422600	3000	430	19400 HA. gletschers.
Rijn boven den mond van het meer van Constanz	662200	2100	192	26600 H.A. gletschers. Het gemiddelde der jaarlijksche maxima is 1300 M ³ per 1" of 119 M ³ per 1' en 1000 HA.
Rijn bij de brug te Constanz	1090800	1100	54 ¹ / ₂	Bij den gemiddelde der hoogste waterstanden wordt 37 M ³ per 1' en 1000 HA. afgevoerd.
Rijn beneden het meer te Stein.....	1156400			
de Wutach (rechts) .	113775	1000	530	
de Thur (links).....	174520			
de Aare (links).....	1761500	3400	115	48400 HA. gletschers.
de Reuss.....	341100			
de Limmat.....	241300			
Rijn bij Waldshut.....	3363600			75000 HA. gletschers.
Rijn bij Bazel.....	3590700	5000	71	
de Wiese (rechts)...	45393			
de Elz (rechts).....	133089	558	783	
Rijn bij Kehl.....	3904500	4681	71	
de Kinzig (rechts) ..	142196			
de Ill (links).....	462500	900	117	
de Rench (rechts)...	21749			
de Murg (rechts)...	63744			
Rijn beneden de Murg...	4978400			
Rijn boven Mannheim...	5413600	6800	76	
de Neckar.....	1396560	4800	199	
Rijn beneden de Neckar..	6810200	7728	68	
de Main bij Wertheim	1884400			
de Main aan den mond	2415000	3800	94	
Rijn bij Mainz.....	9990000	7000	42	
de Lahn.....	581000			
de Moezel.....	2891000			Max.afv.2000 M ³ bij Metz.
Rijn beneden Coblentz...	13570000	7000	31	Max.afvoer minstens 6200 M ³ volgens Nobiling.
Rijn bij Keulen.....	14500000			
de Erf.....	175000			
de Ruhr.....	475000	1714	216	Max.afvoer in April 1808 1711 M ³ en 1165 M ³ in Nov. 1841.
de Lippe.....	450000			
Rijn aan de Duitsch-Ned. grens.....	5675000 ¹	10500	40	Ondersteld max. in Jan. 1883.

¹ Met den planimeter gemeten; de stroombaadirecteur Berring geeft op 1604000 HA.

Plaats.	Grootte van het gebied in HA.	Grootste afvoer		Opmerkingen.
		in M ³ per 1 ^r	in M ³ per 1' en 1000 HA.	
MAXIMUMAFVOER VAN DE MAAS.				
Maas boven de Semois	750000	600	48	Max.afvoer 700 M ³ volgens Malézieux.
de Semois	132000			
Maas aan de Fransch-Belgische grens	928000			
de Lesse	130000			
Maas te Tailfer boven				
Namen	1139000			
de Sambre	270000			
de Ourthe	356000	460	78	
de Vesdre	64800			
de Amblève	105000			
Maas te Luik	1900000	1450	45	Max.afvoer volgens Spring en Post.
Maas aan de Belg.-Ned. grens	2000000	2200	66	
de Roer	250000			
Maas te Venlo	±2500000	2650	63	
de Niers	163000			
Maas boven de Beersche Maas	±2750000	2700	60	

MAXIMUMAFVOER VAN DE SCHELDE.

de Haine	107000			
Schelde boven de Scarpe.	330000			
" " Doornik . .	480000	140	17 ¹ / ₂	
" " Gent	683000	172	15	
" " de Lijs	367000	243	45	Max. afvoer te Vire St.Eloy.
Schelde beneden Gent . . .	1050000	400	23	
" " de Dender	140000	80	35	
Schelde beneden de Dender	1230000			
" " de Durne	77000			
Schelde beneden de Durne.	1336000			
" " de Rupel	652000			Max. afvoer van de Senne boven Brussel 96 M ³ per 1' en 1000 H.A. Ondersteld maximum door Verstraeten.
Schelde beneden de Rupel.	2084000	1200	34 ¹ / ₂	
" " aan de Belg. Ned. grens	2122000			

De maximumafvoer langs verschillende wegen binnen onze grenzen is aangeduid op de volgende tabel.

GROOTSTE WATERAFVOER LANGS DE RIVIEREN IN NEDERLAND, ZONDER DOORBRAAK.

Bovenrijn aan de grenzen		Maas aan de grenzen	
10500 M ³ .		2200 M ³ .	
Oude Rijnmond		Maas boven de Beernsche Maas	
1150 M ³ .		2700 M ³ .	
Bijlandsch kanaal		Maas te Oyen	
9300 M ³ .		1600 M ³ .	
Pannerdensch kanaal		Beersche Maas	
3100 M ³ .		1000 M ³ .	
Waal			
6200 M ³ .			
Nederrijn beneden Candia		Overlaten Heetewaarden	
4100 M ³ .		1550 M ³ .	
4400 M ³ .		Maas, beneden den Overlaat	
		3150 M ³ .	
Geldersche IJssel te Westervoort		Overlaat van Bokhoven	
Nederrijn te Arnhem		900 M ³ .	
2350 M ³ .			
1700 M ³ .			
IJssel beneden Doesborgh		Baardwijsche Overlaat	
1850 M ³ .		1650 M ³ .	
2150 M ³ .			
IJssel beneden Kampen		Boven-Merwede	
1750 M ³ .		6600 M ³ .	
Nieuwe Maas Noord			
1950 M ³ .		Oude Merwede Nieuwe Merwede	
200 M ³ .		1600 M ³ .	
4500 M ³ .			
Doorgraving Noordgeul		Hollandsch diep beneden den Amer	
1750 M ³ .		1700 M ³ .	
150 M ³ .		5800 M ³ .	
IJssel beneden het Ganzediep		Mallegat	
1250 M ³ .		Oude Maas beneden het Mallegat	
1100 M ³ .		600 M ³ .	
Regtediep Ketel		Hollandsch diep beneden de Kil	
300 M ³ .		6250 M ³ .	
950 M ³ .			
1200 M ³ .			

Het cijfer voor den Rijn aan onze grenzen opgegeven, steunt niet op nauwkeurige metingen, doch wordt op de volgende gronden als benaderde waarde beschouwd.

a. Als hoogst bekende waterstand bij open rivier geldt die van Januari 1883. De afvoer van den Ouden Rijnmond werd den 5^{en} Januari 1883 bepaald, toen het water sedert den vorigen dag eenige centimeters vallende was, wat op den afvoer langs dezen zijweg nauwelijks invloed zal hebben uitgeoefend; het maximum der beide metingen bedroeg 1150 M.³. Dit cijfer schijnt niet te klein; den 16 Febr. 1867 werd bij een waterstand van 15,67 M. + A.P. te Lobith 582 M.³. gevonden; den 2^{en} Nov. 1880 bij een waterstand van 15,45 M. + A.P. aldaar 479 M.³; de waterstand was thans 16,64 M. + A.P. terwijl de werking bij ongeveer 14,00 M. + A.P. begint.

b. de afvoer van het Pannerdensch kanaal werd den 5^{en} Jan. 1883 op 2975 M.³. bepaald bij een waterstand van 14,80 M. + A.P. aan de peilschaal aldaar, terwijl de hoogst bereikte stand 3 c.M. hooger was. Den 13^{en} Febr. 1867 werd gevonden 2903 M.³. bij een waterstand van 14,41 M. + A.P. De afvoer werd thans betrekkelijk kleiner gevonden, doch daar de waarneming onder gunstige omstandigheden met zorg is geschied, kan de grootste afvoer hier veilig op 3100 M.³. worden gesteld.

c. de afvoer van de Waal aan den bovenmond is niet rechtstreeks gemeten; hooge waargenomen cijfers zijn 3965 M.³. te Hulhuizen bij een waterstand van 13,90 M. + A.P. aan de peilschaal aldaar en 45,80 M.³. den 5^{en} November 1880 bij een stand van 14,07 M. + A.P. De afvoer bij den hoogsten waterstand van 5 Januari 1883 of 15,41 M. + A.P. wordt in de Nota over het slibgehalte in 1883 op 6490 M.³. aangenomen; op grond van de waarnemingen op de benedenrivieren wordt evenwel 6200 M.³. als een maximum aangehouden. Bij een waterstand van 9 c.M. lager dan de hoogst bereikte in Januari 1883, werd den 2^{en} December 1882 voor den afvoer van de Boven-Merwede gevonden 5898 M.³. waarbij de snelheid alleen door drijvers aan de oppervlakte werd bepaald en tot herleiding van den coëfficiënt 0,81 werd gebruik gemaakt, welke coëfficiënt wel wat klein is gekozen; meer dan 6600 M.³. zal in Januari 1883 vermoedelijk niet zijn afgevoerd. De afvoer van de Maas

bedroeg den 5^{en} Januari 1883 beneden den Bokhovenschen overlaat 2220 M³. volgens de gedrukte regeerings-bescheiden; de afvoer van de beneden-Waal zou op dien dag derhalve op een maximum van 4400 M³. zijn te stellen.

Langs de Heerewaardensche overlaten werd den 5^{en} Januari hoogstens 1550 M³. afgevoerd; de afvoer van de Maas boven deze overlaten bedroeg den 1^{en} Januari 1500 M³. en kan den 5^{en} Januari iets minder bedragen hebben, omdat het wassen van de Maas boven St. Andries van 1—5 Januari niet aan vermeerderden afvoer langs de Maas doch aan toenemenden aanvoer van water van de Waal is toe te schrijven, daar de Maas boven Cuyk reeds den 31^{en} December 1882 haar hoogsten stand had bereikt. Beneden de overlaten voerde de Maas den 5^{en} Januari af 3010 M³.; uit het verschil der beide cijfers of 1510 M³. is derhalve af te leiden dat de afleiding van de Waal den 5^{en} Jan. niet meer kan bedragen hebben dan 1550 M³.

De afvoer van de Waal boven de Heerewaardensche overlaten is derhalve te stellen op iets meer dan $4400 + 1550$ M³ = 5950 M³, stel 6000 M³.

Voor de vermindering van het maximum van den afvoer van de Waal benedenwaarts wordt vermoedelijk voldoende in rekening gebracht wanneer een maximum van 6200 M³ aan den bovenmond wordt aangenomen.

Voor den afvoer van den Rijn aan onze grenzen kan derhalve worden aangenomen een maximum van 1150 M³ + 3100 M³ + 6200 M³ = 10450 M³, behalve de vermindering tengevolge van de waterberging tusschen de grenzen en Lobith en den Pannerdenschendam, waarvoor een cijfer van 50 M³ wel voldoende zal zijn. De grootste afvoer is daarom op 10500 M³ per 1' gesteld.

Volgens den Hoofdingenieur Van Diesen, moet op grond van de metingen van de ingenieurs van Dissel en de Savornin Lohman te Bislich op 7 en 8 Februari 1863 een hooger cijfer aldaar worden aangenomen. Daar echter deze waarnemingen zijn geschied dwars van Xanten onder ongunstige omstandigheden bij groote diepte en snelheid op een ongeschikt riviervak bij vallende rivier en voor de herleiding van de snelheid aan de oppervlakte tot die in het geheele profiel vermoedelijk een

te groot cijfer namelijk 0,915 is aangenomen, wordt aan het bovengenoemde cijfer de voorkeur gegeven. Wenschelijk ware het indien zoowel de waterafvoer als de waterverdeling langs den Rijn en takken bij zeer hooge waterstanden waren bepaald geworden. De grootste afvoeren langs het Bijlandsch kanaal in de laatste jaren gemeten, bedragen 6417 M³ bij een waterstand te Lobith van 15,33 M., 5542 M³ bij een waterstand van 14,62 M. + A. P. en 4443 M³ bij een waterstand van 13,63 M. + A. P. aldaar. Volgens deze gegevens zou bij den hoogsten stand van 16,68 M. + A. P. te Lobith op een afvoer van ongeveer 8250 M³ langs het Bijlandschkanaal zijn te rekenen, of op 9500 M³ ongeveer langs den Bovenrijn. Ook deze becijfering versterkt het vermoeden dat 10500 M³ een maximum aan de grenzen voorstelt.

Tot toelichting van de op bladz. 322 afgedrukte tabel kan nog het volgende worden opgemerkt.

Voor den afvoer van den IJssel in den bovenmond werden als grootste hoeveelheden gevonden 676 M³ bij een waterstand van 12,25 M. + A. P. aan de brug te Westervoort en 663 M³ bij een waterstand van 12,15 M + A. P. Daar de hoogste waterstand in Januari 1883 was 13,56 M. + AP., is de maximum-afvoer uit deze cijfers niet voldoende nauwkeurig af te leiden. Beter zal men slagen door van de grootste gemeten hoeveelheid nabij Kampen in December 1882 uittegaan; het maximum in Januari 1883 is op 1750 M³ aldaar te stellen; nu neemt de IJssel behalve andere nevenrivieren van minderen rang te Doesborgh den Ouden IJssel op, waarvan de afvoer bij buitengewoon hooge waterstanden te Keppel door de ingenieurs Van Hasselt en de Koning op 219 M³ werd bepaald.

Neemt men nu in aanmerking dat de IJssel de rivier is in ons land, waarop tengevolge van de groote breedte van het zoogenaamde winterbed vooral in het bovengedeelte het maximum naar verhouding de sterkste vermindering moet ondergaan, wat ook bevestigd wordt door de betrekkelijk langzame verplaatsing van het tijdstip van den hoogsten waterstand van Westervoort tot Kampen — dan is met vrij groote zekerheid een cijfer van 1700 M³ te Westervoort aan te nemen.

Uit de waarnemingen van de ingenieurs Van Hasselt en de

Koning kan ten ruwe worden afgeleid dat bij zeer hooge waterstanden ruim 100 M³ uit den Ouden Rijnmond hun weg vinden langs het bed van de Wildt, in tegengestelde richting van den gewonen loop van dit riviertje, naar den Ouden IJssel. Het maximum is op 125 M³ gesteld.

De grootste afvoer langs den IJssel kan bij doorbraken belangrijk boven de opgegeven cijfers stijgen; er is geen cijfer hieromtrent bekend geworden; de inspecteur-generaal A. F. Goudriaan bepaalde den afvoer in 1814 uit de profielen en het verhang, op 2400 à 2500 M³.

De afvoer in het voorjaar van 1784 is veel grooter geweest dan die van 1814 en is het ook om die reden waarschijnlijk dat de berekening van Goudriaan een te groot cijfer zal hebben opgeleverd. Een afvoer van 2500 M³ te Zutphen is vermoedelijk als maximum aan te houden.

De grootste hoeveelheden langs den Nederrijn beneden den IJssel afgevoerd, werden op 1249 M³ bij een waterstand van 11,84 M. + A. P. te Arnhem en op 1204 M³ bij een waterstand van 12,00 M. + A. P. aldaar bepaald; de hoogste waterstand in Januari 1883 was 13,28 M. + A. P.; volgens deze afvoercijfers zou de grootste afvoer weinig meer dan 1800 M³ kunnen bedragen; uit de waarnemingen in December 1882 op de Lek te Vianen is echter ten ruwe af te leiden, dat de afvoer aldaar bij den hoogsten waterstand in Januari 1883 tot 2200 M³ kan zijn geklommen; daar tusschen Arnhem en Vianen geene groote hoeveelheid water wordt geborgen, is de grootste afvoer te Arnhem op hoogstens 2350 M³ te stellen.

Er is in de tabel ondersteld dat de Noord opperwater afvoert van de Lek naar Dordrecht; in gewone omstandigheden heeft het omgekeerde plaats, doch bij de hoogste waterstanden verheft zich de waterspiegel te Krimpen bovendien te Dordt. Den 5^{en} Januari 1883 was de hoogte van halftij te Krimpen 2,10 M. + A. P., te Dordrecht 1,73 M. + A. P. gevende een verschil van 37 c. M.; daar de peilschaal te Krimpen nog boven den mond van de Noord is gelegen, is het werkelijk verschil enkele centimeters kleiner terwijl verder het cijfer met ongeveer 16 c. M. verminderd moet worden wegens een verschil in peil van de beide peilschalen. De zijdelingsche afleiding van Lekwater kan

echter niet zeer groot zijn geweest en wordt op 200 M³ geschat.

Langs de doorgraving door den Hoek van Holland werden in December 1882 gedurende den ebstream, die met de kentering 10 uur 40 minuten duurde, afgevoerd gemiddeld 2090 M³ per 1" of in het geheel ruim 80 miljoen M³. Door te onderstellen dat met den vloedstream gemiddeld slechts 500 M³ per 1" werd verplaatst, is de totale afvoer per getijde op hoogstens 77 miljoen M³ te stellen of gemiddeld op 1700 M³ per 1". De grootste hoeveelheid in Januari 1883 is op hoogstens 1750 M³ per 1" te stellen.

Bij den hoogen waterstand in December 1882 werd voor de waterverdeling tusschen Nieuwe- en Oude Merwede ongeveer gevonden $73\frac{1}{2}$ en $26\frac{1}{2}$ % van de onverdeelde Merwede.

Voor den waterafvoer langs de Oude Maas en het Mallegat werd gedurende den ebstream in Januari 1883 gevonden 62 en 38 % van de Oude Maas te Dordrecht. Door aan te nemen dat deze cijfers voor de verdeling van al het opperwater gelden, werden de gestelde cijfers verkregen.

De afvoercijfers langs de overlaten de Beersche Maas en te Bokhoven stemmen met de vroeger rechtstreeks gemeten cijfers overeen en zijn in deze lijst afgeleid uit de maximacijfers voor den afvoer langs de Maas. De afvoer langs de Baardwijkstraal is op 1650 M³ gesteld; men vindt in de stukken betreffende het wetsontwerp tot verlegging van de uitmonding der rivier de Maas naar den Amer voor den afvoer in December 1880 1500 M³ opgegeven, toen de hoogte van overstorting 0.72 M bedroeg; in 1883 steeg de hoogte van overstorting tot 0.80 M.

Van de kleine rivieren is in het voorafgaande geene melding gemaakt; haar afvoer draagt er toe bij dat de vermindering van het maximum kleiner is dan zij zonder dezen toevoer bij de voortschrijding van de vloedgolven over onzen bodem zou hebben bedragen.

Uit de tabel zou volgen dat gelijktijdig in zee kan worden gestort: $500 + 300 + 950 + 1750 + 1200 + 6250 = 10950$ M³ terwijl langs Rijn en Maas binnenstreamen 12700 M³; er is dus gerekend dat eene vermindering van het maximum plaats heeft met 1750 M³, vermeerderd met den afvoer van de kleine rivieren.

HOOFDSTUK X.

Afvoer van ijs langs de rivieren.

§ 1. **Vorming van ijs.** In stilstaande wateren vormt zich bij vorst eene ijslaag aan de oppervlakte zoodra de geheele watermassa in die mate is afgekoeld, dat de verdere afkoeling der bovenste waterlaag geen voldoende verschil in dichtheid meer veroorzaakt om een waterstroom van het warmere water van den bodem ter vervanging van het koudere water aan de oppervlakte te onderhouden. Zoodra de geheele massa tot 4° C., waarbij de grootste dichtheid wordt bereikt, is afgekoeld, blijft het koudere en minst zware water in elk geval aan de oppervlakte, en gaat dan bij de minste vorst in eene ijslaag over, welke met het aanhouden van de vorst in dikte toeneemt.

In stroomende wateren kan de geleidelijke overgang van soortelijk lichtere tot zwaardere lagen niet plaats hebben; de waterdeeltjes vermengen zich ten gevolge van de beweging zoodanig, dat al het water tot het vriespunt moet zijn afgekoeld, vóór zich ijs kan vormen; deze vorming kan slechts plaats hebben in beschermde hoeken, langs den bodem en de wanden, aan waterplanten, aan ruwe stukjes grint enz., overal waar de snelheid van het water te gering is om de vorming en vasthechting der ijskristallen te beletten.

Verkrijgen deze ijsdeeltjes voldoende drijfvermogen om zich van den bodem of de planten los te breken, dan vormen zij drijvende ijsstukjes, die langzamerhand in omvang en dikte toenemen, en ijsschollen of ijsschotsen worden genoemd. Dikwijls worden bij het losraken van het ijs zand en slibdeeltjes van

den bodem medegenomen; zulk ijs wordt grondijs genoemd.

Behalve de ijsdeeltjes, welke zich door aanvriezing tot hard drijfijis vormen, blijven ook vele ijsdeeltjes in stroomend water meer op zichzelf en vormen door opeenhooping poreuse ijsmassa's van zoogenaamd heuschijis, dat voornamelijk wordt aangetroffen beneden de vaste ijsbedekking, waartegen het wegens de geringe snelheid van den stroom blijft aangedrukt.

Is de vorst niet streng, dan vertoont zich geen drijfijis, omdat de beweging de vorming van ijsdeeltjes belet. Bij aanhoudende strenge vorst kan daarentegen de ijsvorming op veel grooter schaal dan in stilstaand water geschieden; in stilstaand water plant zich de ijsvorming slechts zeer langzaam van de oppervlakte naar de diepte voort; in stroomend water kan na zeer sterke afkoeling van het water beneden het vriespunt bij steeds afnemende stroomsnelheid, welke dan in den regel wordt waargenomen, eene schielijke ijsvorming in de geheele watermassa ontstaan. De vorming van groote ijsmassa's in het reeds sterk afgekoelde water wordt in hooge mate bevorderd door het vallen van sneeuw.

Aanvankelijk beweegt zich het drijfijis met dezelfde snelheid als het stroomende water, later nog iets sneller evenals andere groote drijvende lichamen. Bij het toenemen van de hoeveelheid drijfijis begint de snelheid te verminderen, zoodra de schotten tegen en in elkander schuiven. Hoe sterker de onderlinge aanraking wordt, hoe langzamer de massa zich beweegt, totdat eindelijk de drijvende ijslaag ophoudt te bewegen en door het opstuwende water en het opdringende ijs niet meer in beweging kan worden gebracht; de vorst voltooit dan verder de versperring, welke zich door aandrijving en aanvriezing rivieropwaarts met meer of minder groote snelheid uitbreidt, doch benedenwaarts voornamelijk slechts door aanvriezing in omvang toeneemt.

Het ijs gaat zitten of zet zich, daar waar de omstandigheden er het gunstigst voor zijn, dat is waar de snelheid het kleinst en de ijsmassa betrekkelijk het grootst is; bij voorkeur derhalve in de benedenrivieren op de plaatsen van stroomkentering van eb- tot vloedstroom alwaar de eb en vloed beide het ijs aanvoeren. In den regel ruimt deze versperring weder spoedig

op omdat de daaropvolgende stroomingen, vooral vóór en na het tijdstip van de kentering van vloed- tot ebstroom gunstig zijn voor het weder in beweging brengen van het ijs; de waterstand is dan weder hooger en de samenhang met de oevers en de droogten in het rivierbed verbroken, terwijl de vertragende vloedstroom en de daarna intredende eb het ijs uit elkander trachten te werken. Eerst bij strenge vorst neemt na korten tijd de samenhang der bij de kentering van eb- tot vloedstroom samendrijvende ijsmassa's zoodanig toe dat de stroom de ijskorst niet meer kan verbreken en deze met den waterstand rijst en daalt. Een beeld van den toestand der ijsbezetting op breede stroomen geeft de teekening op plaat XXXIX.

In het benedendeel der benedenrivier wordt zulk eene gunstige gelegenheid tot vorming van vast ijs niet gevonden. De sterke beweging van de getijden en van de golven op de breede en diepe stroomen, waarin het zoute water heen en weer stroomt, verzet zich daar meer of minder tegen elken blijvenden toestand. Eerst bij lang aanhoudende sterke vorst wordt ook de kracht dezer stroomen overwonnen en een vast ijsdek gevormd.

Op een goed gevormde rivier zet zich het ijs, een gelijkmatig verspreide koude ondersteld, het eerst tusschen de zoutwatergrens en de plaats waar de getijgolving ophoudt.

Daar de rivieren niet regelmatig zijn, worden er èn op de benedenrivieren èn hooger op plaatsen gevonden waar de versperring bij voorkeur een aanvang neemt.

Bruggen, wier stroompijlers de ijsvorming op evenvele plaatsen van de oppervlakte bevorderen, zijn slechts zonder nadeel wanneer de onderlinge afstand der pijlers betrekkelijk groot, het rivierbed regelmatig is dan elders en de stroomsnelheid eerder grooter dan kleiner is dan op de bovengelegen riviervakken. De vaste bruggen over onze bovenrivieren, de stadsbrug te Maastricht welke in anderen toestand verkeert uitgezonderd, oefenen op de ijsbeweging geen schadelijken invloed uit. Sedert de bruggen over de Nieuwe Maas te Rotterdam zijn gebouwd, is de ijszetting in deze benedenrivier echter steeds van hier uit begonnen. Het verschil in toestand verklaart het verschil in uitwerking.

Brede, ondiepe vakken zijn de aangewezen plaatsen voor

ijszetting; de diepe geulen welke hier en daar langs de zandplaten worden aangetroffen, kunnen de rivier niet open houden; soms komen zij daarvoor te plaatselijk voor, een ander maal is de invloed grooter, zoodat de geul openblijft, terwijl het grootste gedeelte der breedte met vast ijs wordt bezet dat bij voldoende uitgebreidheid tot geheele versperring aanleiding geeft.

Zulk eene gedeeltelijke ijsbezetting wordt bij herhaling van de Boven-Merwede gemeld op welke breede rivier ook de meest uitgestrekte velden blank gevoren ijs als in stil water gevormd in het eigenlijke rivierbed worden aangetroffen.

De smallere plaatsen der rivier geven weinig aanleiding tot ijszetting; behalve de grootere snelheid is de plasticiteit van het ijs vermoedelijk mede oorzaak hiervan.

Scherpe bochten zijn, behalve wegens de onregelmatigheid der rivierprofielen, uit den aard der zaak niet bevorderlijk aan eene geleidelijke beweging van het ijs.

De Maas zet zich meestal eerder dan de Boven-Merwede, niet alleen wegens de bochten, de onregelmatigheid harer profielen en de ondiepten, doch vooral wegens de geringe snelheid in de ruime profielen in het benedengedeelte der rivier bij oeffeningen waterafvoer.

Het samenstromen van twee rivieren werkt op zichzelf niet ongunstig op den geregelden afvoer van het ijs. Bij het losgaan van het ijs kunnen zoowel gunstige als ongunstige omstandigheden voor den ijsafvoer plaats hebben; zij verschillen met de toestanden in beide rivieren. Voor de Maas zal de nieuwe Maasmond een groot voordeel opleveren, omdat men een nieuw riviervak schept met een normaal zomer- en een normaal winterbed, besloten tusschen onverbreekbare boven elke mogelijke opstuwung verheven dijken en met een uit een rivierkundig oogpunt onnatuurlijk sterk verhang in verhouding tot de bovenwaarts en benedenwaarts gelegen riviervakken.

De verdeeling der rivieren in takken, is daarentegen in hoogen graad bevorderlijk aan eene spoedige ijszetting, zoowel in de boven- als in de benedenrivieren. Het drijfijis beweegt zich bij voorkeur in de nabijheid van den stroomdraad rechts of links uitwijkende in overeenstemming met de richting van den wind; het drijfijis aan de oppervlakte verdeelt zich derhalve bij de separatiepunten op geheel andere wijze tusschen de beide rivier-

takken als de watermassa, zoodat meestal een der takken met buitengewoon veel ijs betrekkelijk den waterafvoer wordt belast. Gewoonlijk, ten minste bij ons te lande, zij de ligging en de toestand der kleinste van de beide rivieren van dien aard dat deze aanvankelijk met het meeste ijs wordt bezwaard, en dat de snelheid van beweging op eenigen afstand beneden het verdeelpunt afneemt; diensgevolge zet zich het in te grootte hoeveelheid afkomende ijs spoedig vast en drijft het daarna tot aan het verdeelpunt geregeld aan. Dan worden de rollen verwisseld en de grootere rivierarm ontvangt al het drijfijis dat door de versperring in den bovenmond der kleinere rivier belet wordt naar deze af te drijven.

Zijdelingsche afleidingen, zoogenaamde overlaten, doen op zichzelf weinig kwaad, in den regel niet meer dan zijdelingsche afleidingen binnensdijks over uiterwaarden, langs oude rivierarmen, enz; zoodra zij met ijs bezet zijn, voeren zij ook weinig water af; is de zijdelingsche afvoer daarentegen groot, dan gaat er nu eens minder doch even vaak meer dan de evenredige hoeveelheid ijs met het water langs den overlaat; o. a. voerde de Beersche Maas in het begin van Januari 1861 veel ijs af, daarentegen was de overlaat in den Ouden Rijnmond dicht met ijs bezet; in de laatste dagen van Januari bij de zeer hooge rivierstanden voerde deze overlaat zeer veel water en ijs af; de hoogte van overstorting was 29 Januari 8u. Mm. 2,71n.; de overlaat bleef ijs en water afvoeren terwijl het ijs in de rivier zowel boven- als benedenwaarts vast was.

Wel wordt er melding gemaakt van vele schadelijke ijsophooping in de nabijheid van de overlaten in ons land, doch er is reden aan te nemen dat vele dezer ijsbezettingen het gevolg geweest zijn van den toestand van het riviervak. In het algemeen zal de werking van een overlaat de vorming van ijsbezettingen benedenwaarts bevorderen; daarentegen zal de sluiting van een overlaat, evenals bij belemmerde werking door ijsophooping op de kruin, de ijsbezetting bovenwaarts bevorderen, totdat de opstuwung van den waterspiegel zal zijn verdwenen.

Zijdelingsche afleidingen binnensdijks zijn altijd nadeelig omdat zij tot de vorming van ijsstoppingen in de hoofdgeul aanleiding geven.

De vorming van ijsbezettingen wordt zeer bevorderd door ijsschotsen welke met grond zijn bezwaard en weinig in soortelijk gewicht van het water verschillen; deze volgen, zoodra de beweging langs den waterspiegel wordt belet, bij voorkeur de lijn van de grootste snelheid en worden dientengevolge als het ware naar de diepte getrokken.

Indien het ijs door den voortdurenden aanvoer en tengevolge van den steeds meer belemmerden afvoer opeenpakt, zoodat de afvoer van ijs langzamerhand geheel ophoudt en het water slechts hier en daar op onregelmatige wijze door de versperring kan heenstromen, wordt een zoogenaamde ijssdam gevormd.

Daar de eerste ijsgang bij het begin van de vorst gewoonlijk gepaard gaat met dalenden waterstand en eene geleidelijk aangroeiende hoeveelheid drijfijis, vormt het ijsdek zich in den regel zonder ernstige bezwaren. Uitzonderingen op dien regel vormden de ijsgang van 1811 en die van Januari 1861. Bij den laatsten viel tijdens het zetten van het ijs op den 5^{en} Januari een doorbraak in den Waaldijk van den Bommelerwaard beneden den Meidijk te Brakel. De waterstanden op de Waal waren toen voornamelijk onder den invloed van de Moezel, die tengevolge van menigvuldig gevallen sneeuw sterk was gewassen; de rivieren waren sterk wassende in plaats van vallende zooals de regel onderstelt. Zonder dezen buitengewonen aanvoer van opperwater zou het ijs geregeld zijn aangedreven, daar het zich in den benedenmond van de Waal reeds enkele dagen na het begin van den ijsgang, den 29^{en} December 1860 had vastgezet; de Rijn wies te Keulen van 37.94 M. + A. P. den 27^{en} December 1860 tot 42.16 M. + A. P. den 4^{en} Januari 1861, zonder sterken ijsgang.

In de benedenrivieren, dat wil zeggen in het gebied der heen- en weergaande stroomen, kunnen bij goed geregelde toestanden de ijssdammen niet dezelfde dichtheid bereiken als op de bovenrivieren; een dichte dam toch zou de werking van eben vloed beneden den dam versterken, waarvan eene groote drukking tegen den dam van de opgestuwde en tot een afstrooimende bovenrivier vervormde benedenrivier, bij laagwater beneden den dam, het gevolg zou zijn.

§ 2. **Opruiming van het ijs.** De vaste ijsbezetting, hetzij ge-

vormd door eene vaste ijslaag van aaneengevroren ijsschotsen, hetzij uit ijsmassa's op onregelmatige wijze in elkander geschoven en waarvan sommige stukken soms als palen loodrecht in den grond staan, ruimt door twee oorzaken op, die te zamen of afzonderlijk kunnen werken, namelijk de dooi en de stroom, waarbij zich dan gewoonlijk een derde voegt, de rijzing van den waterstand, waardoor het ijs wordt opgelicht en verbroken.

Daar deze oorzaken in kracht en uitwerking op de verschillende plaatsen der rivieren zeer verschillen, geschiedt de ijsopruiming in den regel zeer onregelmatig, zoodat het ijs zich, ook zonder vorst, hier en daar opnieuw zet en, wegens de onregelmatigheid van het proces vergeleken met dat van den afvoer van drijfijis in den aanvang van de vorst, dikwijls in plaats van een dun ijsdek, meer of min dicht ineengeschoven massa's, de ijssdammen vormt, die soms ware ijsstuwten worden. De meest gevaarlijke toestand is, wanneer langs de bovenrivieren veel water en ijs worden afgevoerd, die hier te lande tegen nog vaste sterke ijsbezettingen stuiten, welke door den aandrang van het water dikwijls wel in beweging komen, doch slechts om op een lager punt tot dichtere meer waterkeerende ijsmassa's ineen te schuiven.

Pogingen om ijsbezettingen kunstmatig op te ruimen zijn tot dusver met weinig goeden uitslag bekroond; de middelen zijn uit den aard der zaak zwak tegenover de groote massa's, welke verplaatst moeten worden; kunstmatige opruiming van werkelijk gevaarlijke ijsbezettingen heeft bij ons te lande nooit plaats gehad. Toch worden nog steeds middelen tot ijsopruiming toegepast; men stelt daarbij pogingen in het werk om de rivieren open te houden, zoodat al het ijs, dat wordt aangevoerd en gevormd, als drijfijis op onschadelijke wijze wordt afgevoerd, doch naar de ervaring in weinig strenge winters schijnt te leeren, met weinig hoop op goeden uitslag. Het is bijna zeker dat de poging vruchteloos zal blijken, zoodra de ijsmassa's een grooten omvang aannemen. De proef is toegepast op Hollandsch diep, Nieuwe Merwede, Boven Merwede, enz., rivieren met eb- en vloedstroomden, die het ijs telkens enkele oogenblikken in rust laten en oopenhooping

van ijs bevorderen, doch waar, indien de stroomen zelf het zetten van het ijs niet kunnen beletten, slechts van zeer krachtige aanhoudend werkende middelen nuttige werking is te verwachten. Nu met de verbetering van den toestand, waarin de benedenmond van de Nieuwe Merwede en het noordoostelijk deel van het Hollandsch diep verkeerden, is begonnen, zijn de voorwaarden voor het gelukken dezer pogingen onder weinig ernstige omstandigheden gunstiger geworden. Volgens het verslag van den inspecteur Caland over de ijsopruiming in het voorjaar van 1880, leerde reeds toen de ervaring dat ijsopruiming in benedenrivieren met eb- en vloedstroom bij vriezende weder genoegzaam onmogelijk is, omdat alsdan het losgemaakte ijs met den vloed teruggedrijft, dadelijk vastvriest en een harde ijsmassa vormt.

Het natuurlijke middel van ijsopruiming is de dooi; na den strengsten winter; de ervaring leert het, ruimt het ijs zonder schade op, indien de bovenrivieren buiten onze grenzen slechts langzaam den waterafvoer vermeerderen.

Het ijs is gevaarlijk zoowel wanneer het bij lagen als bij hoogen stand der rivieren is gevormd; de gang van de dooi en de meer of minder regelmatige vermeerdering van opperwater en drijfijis oefenen een overwegenden invloed uit.

De vorming van ijssdammen is bij hoogen waterstand slechts dan mogelijk, wanneer binnen een bedijkt profiel van niet aanzienlijke breedte een zeer sterke aanvoer van ijs bij sterken stroom plaats heeft en de ijsbezetting op die plaats te veel weerstand biedt om te wijken. Het ijs schuift dan ineens, daar elke ruime opening, wegens de groote snelheid van het doorstromende water, het ijs tot zich trekt en door de groote stukken verder wordt versperd.

§ 3. **De dikte en sterkte van het ijs.** De dikte van het ijssdek hangt af van den duur en de sterkte van de vorst; zoolang de thermometer beneden het vriespunt blijft, neemt in stilstaand water de dikte toe; zoodra het dooit, verzwakt het ijs door afnemings in dikte en door verandering van toestand. In stroomend water neemt de dikte reeds af terwijl het nog vriest, omdat de wrijving van het stroomende water het ijs doet afslijten; waar de snelheid van den stroom het grootst

is, verzwakt het ijs het meest, zoodat de zoogenaamde dooigaten in het begin den loop van den stroomdraad volgen. Het vallen van den regen bevordert evenzeer de afslijting van het ijs.

Volgens de proeven van K. R. Koch nam de hoogte van een centimeter hoogen ijscylander van 1 c.M. straal onder 15 K.G. belasting bij $5^{\circ} 7$, per uur 0,0009 m.M. af en bij vorst 0,126 m.M.; het ijs is bij hoogere temperatuur brozer en meer plastisch bij het nulpunt. A Frühling bepaalde de elasticiteitsmodulus van ijs tusschen 4300 K.G. en 12600 K.G. per v.k. c.M. bij dooi en tusschen 12900 en 25600 K.G. bij vorst.

De sterkte van gezond ijs is groot; volgens Frühling is de vastheid tegen uitrekking 10 à 15,7 K.G. of gemiddeld 13,3 K.G. per v.k. c.M. en de vastheid tegen druk 4,3 à 14,4 K.G. of gemiddeld 10,4 K.G., wanneer het ijs begint te scheuren; de plasticiteit verhindert toch dat het ijs evenals andere lichamen bij vermeerderden druk in stukken valt.

Een ijsdek van 15 à 20 c.M. dikte kan door allerlei soort voertuigen bereden worden; de politie te Breslau eischt eene dikte van 13 c.M. gezond gevoren ijs tot 20 c.M. bij minder gezond ijs, vóór het vrije verkeer over het ijs wordt toegestaan.

Op plaat XXXIX zijn de waarnemingen van C. L. Brunings, beschreven in zijn Vertoog nopens de ijswording enz., omtrent het verband tusschen de dikte van het ijs en de temperatuur, voorgesteld. De ijsdikte wordt grooter zoolang de vorst aanhoudt en kleiner terwijl het dooit; er is eenige tijd noodig vóór ijs van zekere dikte de uitwerking ondervindt; de lijnen der ijsdikte volgen de golvingen van de temperatuur op kleinen afstand; voorts blijkt, zooals te verwachten was, dat de dikte van het ijs grooter is in het met rivierwater in gemeenschap staande water van de haven dan in het binnenwater van de gracht.

Door Duijn wordt als regel opgegeven, dat het bij 24 à 26° F. een Rijnl- duim dik vriest per etmaal, bij 12 à 14° F 2 duim, bij 4 à 5° F 3 duim en bij 0 à -1° F $3\frac{1}{2}$ duim. Deze laatste maat komt overeen met den ouden regel, dat het in een etmaal bij harde vorst een staande hand dik kan vriezen. Den 11^{den} Januari 1840 werd te Oostzaan bij nauwkeurige waarneming

eene gevrozen ijsdikte per etmaal gevonden van 4 duim $4\frac{1}{10}$ lijn Rijlandsch.

In hoofdstuk VI § 1 is het een en ander omtrent de temperatuur medegedeeld; eene korte opsomming van eenige feiten is hier op hare plaats, waaruit de kansen op langdurige sterke ijsbezetting bij ons te lande eenigszins kunnen worden afgeleid. Men mag echter aan de vroegere geschiedenis geene volstreckte waarde voor den tegenwoordigen tijd toekennen, omdat de toestand onzer rivieren, in verband met den afvoer van ijs en de vorming van ijsbezettingen, gewijzigd is.

Volgens Herring is de Rijn in 1608 tot boven Keulen vast geweest.

In den winter van 1708 op 1709 waren er 8 vriesdagen in December, 21 in Januari, 18 in Februari, 14 in Maart, te zamen 61. De Maas was tot Brielle vast. In den winter van 1739 op 1740 was het ijs op de Waal voor Nijmegen 3 à $3\frac{1}{2}$ voet dik.

In stilstaande wateren was het ijs in Januari 1764 $1\frac{1}{2}$ à 2 voet dik.

In den winter van 1767 werd de Rijn te Coblenz door rijtuigen en vrachtwagens gepasseerd.

De winter van 1783 op 1784, die aan ons land ontzettende massa's water en ijs en dientengevolge vele jammeren bracht, was vooral noodlottig door de groote hoeveelheid gevallen sneeuw. Volgens Mohr waren er op 102 dagen 94 sneeuwdagen; te Mannheim viel van 28 December tot 24 Januari 3 voet 6 duim sneeuw. De vorst deed reeds in December het kwik dalen tot beneden de nul van Fahrenheit te Rotterdam en hield tot Februari aan. De dooi bracht nog in dezelfde maand schrikbarenden watersnood langs den Duitschen Rijn; te Nijmegen wies daarop het water den 1en Maart in weinig uren van 12 tot 24 voet. De bezwaren van den ijsafvoer gingen met die van buitengewoon veel opperwater gepaard, zoodat er zonder verbreking van de dijken geen voldoende ruimte voor den afvoer van het water was. Het gezonde ijs was op vele plaatsen 2 voet dik.

J. Cantzelaar deelt mede dat de Nieuwe Maas te Rotterdam van 25/26 December 1798 tot 21/22 Februari 1799 of 58 dagen was vastgevroren; de grootste dikte van het ijs bedroeg $12\frac{1}{4}$ Rijnl. duim, terwijl in 48 dagen uit open water van den vorigen dag achtereenvolgens werd gehakt $43\frac{1}{2}$ Rijnl. duim.

Den 26 Feb. 1855 was de dikte van het blank gevrozen ijs te Lobith van 36 tot 40 cM., te Hulhuizen van 34 tot 39 cM., te Nijmegen 37 cM., te Tiel 30 cM., te St. Andries 40 à 50 cM., te Bommel van 32 tot 50 cM., te Gorinchem en in de Killen van 18 tot 37 cM., te Pannerden van 24 tot 27 cM., te Arnhem van 31 tot 34 cM., te Eck en Wiel 38 cM., te Vreeswijk 36 cM., te Westervoort 35 tot 40 cM., te Doesborgh 24 tot 27 cM., te Zutphen 23 cM., te Katerveer en Kampen 32 cM., in de Zuiderzee 39 cM.

In Januari 1861 was de ijsdikte, op de Maas te Dordrecht 25 cM., op de Merwede te Hardinxveld 40 cM., op de Nieuwe Merwede bij het Steurgat 55 à 60 cM., te Vianen in de haven 27 cM., op de Maas te Woudrichem 40 cM., te Heusden in de Doode Maas 45 cM.

Het blanke ijs is dikwijls ter dikte van 1 à 2 M. met los

ijs en heuschij's ondersteopt dat dikwijls tot den bodem door-gaat; bij aandrang van wassend water heeft het heuschij's te weinig samenhang om op zichzelf weerstand aan den stroom te bieden, doch maakt het de bestaande ijssdammen dichter.

De dikte van het ijs is op verschillende punten eener rivier in de onmiddellijke nabijheid van elkander zeer ongelijk; zoo deelde de hoofdingenieur Van der Toorn mede dat de totale ijssdikte op de Waal nabij Zaltbommel bedroeg als volgt:

	linker oever.	midden rivier.	rechter oever.
Boven den stadsdijk.....	1,20 M.	1,50 M.	1,50 M.
Tusschen den stadsdijk en de spoorwegbrug	1,20 "	3,30 "	0,75 "
60 M. beneden de brug.....	0,40 "	4,50 "	0,60 "
60 M. boven de brug.....	1,50 "	1,75 "	1,90 "

De groote sterkte van het ijs is oorzaak dat de rivierdijken niet alleen als waterkeering moeten dienen doch tevens behooren gewapend te zijn om den aanval der toestroomende ijs-massa's te weerstaan.

Dijken, die evenwijdig loopen met de richting van den loop van water en ijs bij hoogen waterstand, staan aan geringen aanval bloot, doch behooren de op deze richting inspringende dijkshoeken, vooral op plaatsen waar sterke stroomen gaan zooals bij schaar-dijken gewoonlijk het geval is, goed verdedigd te worden. Tot dijksverlegging gaat men niet spoedig over, terwijl afsnijding van rivierbochten slechts zelden ontzet kan geven, zoodat er menig dijkvak is aan te wijzen dat meer dan andere aan sterken aanval zal blijven bloot staan. Gelukkig wordt met de toepassing van de als afdoende erkende mid-delen van verdediging der dijksbeloopen steeds voortgegaan.

§ 4. Invloed van het ijs op den waterstand. Zoodra de hoe-veelheid drijfsijs zoo groot is geworden dat het niet meer uit losse stukken bestaat en de snelheid van beweging kleiner is dan de snelheid van het water, wordt de stroom vertraagd, waarvan bij gelijken afvoer vergrooting van het verhang en derhalve verhooging van waterstand het gevolg is.

Het stroomende water heeft langs samenhangend drijfsijs doch vooral langs een vast ijssdek een grooteren weerstand te overwinnen dan aan de open lucht. Terwijl in gewone

omstandigheden de grootste snelheid gevonden wordt even beneden den waterspiegel en de kleinste langs den bodem en de wanden der rivier, wordt bij zwaren ijsgang of bij ijsbezetting de grootste snelheid op groote diepte of zeer nabij den bodem aangetroffen en de kleinste snelheid nabij den onderkant van het ijs.

In December 1879 werden op de Waal boven Nijmegen met het molentje van Breithaupt met holle wiekjes eenige afvoerbepalingen verricht bij vastzittende rivier. Nadat den 3^{en} December drijfijis was waargenomen over de geheele lengte der rivier, zette het ijs zich den 11^{en} te St. Andries en Dreumel, den 13^{en} te Druten en Deest, den 14^{en} dreef het aan tot Loenen, den 15^{en} zette het zich te Slijk-Ewijk, den 16^{en} te Nijmegen en den 17^{en} te Millingen; er was derhalve geene ijsstopping doch slechts eene gewone ijsbezetting aan de oppervlakte.

Terwijl de waterstand te Keulen tot den 15^{en} bleef dalen, werd reeds den 9^{en} de laagste stand te Nijmegen waargenomen, doch minder tengevolge van het drijfijis, dat tot den 16^{en} tot Nijmegen bleef drijven, dan wegens het vastraken van het ijs in het Pannerdensch kanaal van het Looveer tot aan den separatedam, waarvan eene gewijzigde waterverdeeling het onmiddellijk gevolg moest zijn.

Te oordeelen naar den waterstand te Keulen zou den 16^{en} December, zonder ijs in de rivieren, te Nijmegen een laagste waterstand zijn waargenomen van ongeveer 7.55 M. + A. P. met een waterafvoer van ongeveer 800 M³ per 1" aldaar; bij de ijsbezetting rees het water dien dag tot 10,79 M. + A. P. of 3,24 M. hooger.

Bij weinig veranderlijken waterstand te Keulen en na het zetten van het ijs tot op den Bovenrijn te Lobith op den 18^{en}, werd den 20^{en} te Nijmegen bij een waterstand van 9.76 M. + A. P. een afvoer gemeten van 451 M³ per 1", derhalve slechts 56% van de hoeveelheid welke zonder ijsbezetting bij denzelfden waterstand te Keulen zou zijn aangevoerd en slechts 22% van de hoeveelheid welke zonder ijsbezetting bij denzelfden waterstand te Nijmegen wordt afgevoerd. Bij waterstanden van 9.60 M. + en 9.58 M. + A. P. bedroeg de afvoer op den 22^{en} en 24^{en} December resp. 421 en 477 M³.

Zelfs bij de laagste waterstanden wordt bij open rivier eene dergelijke kleine hoeveelheid nooit waargenomen; de laagst bekende stand is die van 14/17 November 1874 of 8.43 M. + A. P. te Hulhuizen, alwaar de afgevoerde hoeveelheid bij een stand van 8.73 M. + A. P. op 605 M³ werd bepaald, zoodat de kleinste hoeveelheid bij den laagsten waterstand met vrij groote zekerheid op 485 M³ kan worden gesteld.

Hoewel de kleine afvoercijfers in December 1879 wellicht gedeeltelijk aan de ongunstige omstandigheden, waaronder de meting moest geschieden, moeten worden toegeschreven, zal de hoofdoorzaak van de vermindering van den afvoer benedenwaarts wel gelegen zijn in den invloed van het ijs, die zich niet alleen rechtstreeks door sterkeren weerstand bij de beweging van het water, doch zich ook indirect doet gevoelen door wijziging in de waterverdeeling en door een betrekkelijk groote hoeveelheid van het water, dat langs Keulen werd afgevoerd, te bestemmen tot vulling van de ruimte welke door de verhooging van den waterspiegel werd gevormd.

Nog grooteren weerstand tegen de beweging van het water wordt door het ijs geboden, wanneer een ijssdam wordt gevormd, die den waterspiegel plaatselijk tot zoodanige hoogte, gewoonlijk een meter en meer, opstuwt, dat de hydrostatische druk vermeerderd met den druk behorende bij de snelheid van het van boven komende water, voldoende is om al het water door te laten dat wordt aangevoerd, tenzij de ijssdam den toenemenden druk niet kan weerstaan en ruimte maakt voor doorlating van het water.

De invloed van het ijs op den waterstand kan blijken uit de teekeningen op plaat XXXVIII die den toestand in het voorjaar van 1861 op Bovenrijn, Waal en Merwede en op de Maas tot Venlo in den winter van 1879—1880 voorstellen. Ter opheldering kan nog het volgende dienen.

Het drijfijis bewoog zich aanvankelijk zeer regelmatig en bracht weinig opstuwning voort, zooals uit de volgende waterhoogten in M. + A.P. volgt:

	Keulen	Emmerik	Hulhuizen	Nijmegen	Tiel	St. Andries	Bommel	Gorinchem
28 Dec. 1860	37,96	11,99	10,00	8,37	5,29	4,04	3,15	1,50
27 Feb. 1861	37,81	11,86	9,89	8,30	5,10	3,74	2,95	1,70
Vershil in cM.	15	13	11	7	19	30	20	—20

Er waren den 27^{en} reeds eenige vakken vast ijs te Gorinchem ; den 29^{en} zette het ijs zich in den benedenmond van de Waal zonder belangrijke wijziging in den vorm van den waterspiegel.

De waterstanden op 30 December verschilden met die van den 28^{en} slechts weinig; de grootere wateraanvoer was binnen onze grenzen nauwelijks merkbaar en slechts plaatselijk werd betrekkelijk geringe verhooging van waterstand waargenomen.

	Keulen	Emmerik	Hulhuizen	Nijmegen	Tiel	St. Andries	Bommel	Gorinchem
30 Dec. 1860	39,36	12,17	10,16	8,56	5,44	4,11	3,35	1,86
Vershil met								
28 Dec. in cM.	+ 140	+ 18	+ 14	+ 19	+ 15	+ 7	+ 20	+ 36

Dat het drijfijis meer opstuwung kan teweeg brengen, heeft het hiervoren opgemerkte omtrent de waterstanden en den afvoer te Nijmegen in December 1879 reeds geleerd. Dit werd ook in den winter van 1880/81 opgemerkt zooals uit de lijst op blz. 342 blijkt; de vorst was den 10^{en} Januari ingevallen en hield tot den 27^{en} aan.

Toen in de eerste dagen van Januari 1861 de benedengedeelten der rivieren ook grootere hoeveelheden water hadden af te voeren, werd de rustige aandrijving vervangen door onregelmatige ineenschuiving van ijs; op de beneden-Waal veroorzaakte dit zulk eene verhooging van waterstand, dat den 5^{en} Januari de dijk te Brakel doorbrak, nadat het ijs zich tusschen Loevestein en Vuren had gezet.

De waterstanden waren:

	Keulen.	Emmer. Lob.	Hulh. Nijm.	Tiel	St. Andr.	Bom.	Gorinch.
4 Jan. 1861	42,16	15,52	14,52	13,45	11,68	8,02	7,16 6,78 4,06
	(hoogste stand)						
5 " "		15,94	14,94	14,02	12,09	8,56	7,43 6,85 4,00
6 " "		16,07	15,17	14,30	12,41	8,79	7,66 7,20 4,66
5/7 April 1860							
(hoogste standen)	42,44	16,33	15,22	14,05	12,10	8,44	7,09 6,23 3,65
Vershil in cM. 4 Jan.							
1861—5/7 April 1860	—28	—81	—70	—60	—42	—42	7 55 41
Vershil in cM. 5 Jan.							
1861—5/7 April 1860	—	—39	—28	—3	—1	12	34 62 35
Vershil in cM. 6 Jan.							
1861—5/7 April 1860	—	—26	—5	25	31	35	57 97 101

De was plantte zich derhalve geregeld van boven naar beneden, de opstuwung door het ijs van beneden naar boven voort;

Dag.	Ijstoestand.	Keulen	Emm.	Lob.	Hulh.	Nijm.	Dodew.	Tiel	St. Andr.	Bomm.	Herrw.	Gor.	Hardinxv.
21 Jan. 1881	drijfijz sedert den 14en	38,36	12,51	11,53	10,64	8,92	7,25	5,97	4,60	3,81	3,09	2,16	1,98
25 "	Oude Merwede ijs vast	37,92	12,27	11,54	10,82	9,24	7,55	6,27	4,90	4,17	3,41	2,86	2,12
26 "	idem												
27 "	strooken vast ijs op Boven- en Nieuwe Merwede.	37,76	12,19	11,43	10,70	9,19	7,49	6,20	4,86	4,17	3,42	3,27	2,75
27 "	ijs vast te Hardinxveld sedert 26 Jan. 3—30 nam.; te Gorinchem sedert den nacht.	37,84	12,11	11,37	10,67	9,15	7,45	6,18	4,90	4,37	3,61	max.	2,81
28 "	ijs vast den 27en om 8 à 9 uur nam. te Zuullichem.	37,75	12,11	11,33	10,64	9,18	7,52	6,37	5,52	5,28	4,40		2,86
27 Juni "	open water.	38,44	11,99	10,96	10,15	8,37	6,70	5,50	4,26	3,18	2,40	1,55	1,43
7 Aug. "	" "	37,93	11,55	10,54	9,73	7,97	6,32	5,14	3,87	2,82	2,07	1,27	1,25
10 "	" "	37,79	11,39	10,41	9,60	7,85	6,19	5,01	3,75	2,87	2,39	2,01	1,95
11 "	" "	36,78	11,35	10,37	9,54	7,85	6,15	4,95	3,72				
Vershil 21 Jan. — 27 Juni		—8	+52	+57	+49	+55	+55	+47	+34	+68	+69	+61	+50
" 25 " — 7 Aug.		—1	+72	+100	+109	+127	+123	+113	+103	+135	+134	+109	+87
" 26 " — 10 "		—3	+80	+102	+110	+134	+133	+119	+111	+130	+103	+126	+80
" 27 " — 10 "		5	+72	+96	+107	+130	+126	+117	+115	+150	+122	+126	+86
" 28 " — 11 "		2	+76	+96	+110	+133	+137	+142	+180	+241	+201	—	+91

stormvloed

de doorbraken te Brakel, Zuilichem en Nieuwaal waren voornamelijk het gevolg van de plaatselijke ijsverstoppingen bij het ineenschuiven van het ijs op dit riviervak. Nadat zich de rivier had gezet tot bij Urdingen, boven Ruhrort ten oosten van Crefeld gelegen, en de waterstand te Keulen bleef dalen was de toestand vergeleken met dien bij open water bij nagenoeg gelijken afvoer van water aldus:

	Keulen	Emmer.	Lob.	Hulh.	Nijm.	Tiel	St. Andr.	Bom.	Gorinch
20/26 Jan. 1861	37,71	15,39	14,35	12,90	11,67	8,40	6,65	6,09	3,10
26/27 Feb. 1860	37,81	11,86	10,86 ¹	9,89	8,26	5,10	3,74	2,95	1,44
Vershil in cM.	—10	353	349	301	341	330	291	314	166

De waterstanden zijn de waargenomen minima; de dooi had het ijs reeds sterk verzwakt.

Toen de dooi aanhield en de afvoer van opperwater toenam, had de opruiming van het ijs van boven naar beneden plaats, doch wegens de groote hoeveelheid ijs in de rivier niet voor dat door groote verheffingen van den waterspiegel de noodige ruimte was verkregen. De dijk van de Ooy en de linker-Waaldijk te Leeuwen bezweken daarbij.

	Keulen	Emmer.	Lob.	Hulh.	Nijm.	Tiel	St. Andr.	Bom.	Gorinch.
30 Jan./1 Feb. 1861	40,64	18,06	16,80	15,00	13,34	10,26	7,57	6,76	3,52
	(30Jan.)	(30Jan.)	(30Jan.)	(1 Feb.)					
8/10 Sept 1860 (max.)	40,48	14,19	13,19 ^g	12,10	10,48	7,02	5,74	4,86	2,44
Vershil in cM.	16	387	361	290	286	324	183	190	108

Het ijs was den 1^{en} Februari nog vast tot beneden Tiel, waar het om 3¹/₂ uur v. m. ging drijven; de doorbraak te Leeuwen had 1¹/₂ uur later plaats.

De groote beteekenis van de doorbraak te Leeuwen volgt uit de teekeningen der waterstanden; te Tiel, te St. Andries en te Bommel ving het water aan te vallen om alleen in de beide laatste plaatsen weder te rijzen nadat de afvoer van water naar de doorbraak was verminderd.

Wat de rivier de Maas betreft is het niet onbelangrijk de waterstanden van den langdurigen winter in 1879—80 te beschouwen:

¹ g beteekent gegiste waterstand.

TOESTAND GEDURENDE DE IJSBEZETTING VÓÓR DE INGEVALLEN DOOI HET WATER
DEED WASSEN.

	Maastr. brug	Roerm.	Venlo	Boxmeer	Gennep	Mook	Grave	Ravest.	Megen
Minima einde									
Dec. 1879	42,70	15,38	10,68	8,53	8,09	7,73	7,15	6,18	5,73
Minima									
Sept./Oct. 1879	47,65	14,93	9,61	7,13	6,61	6,06	5,51	4,51	4,11
Vershil in cM.	5	90	107	140	148	167	164	167	162

	Oijen	Lith	St. Andr.	Bl. sluis	Crevec.	Hedikhuiz.	Heusd.	Veen	Woudrich.
Minima einde									
Dec. 1879.	5,18	4,41	3,78	3,47	2,92	2,77	2,49	2,39	2,22
Minima									
Sept./Oct. 1879	3,78	3,03	2,53	2,11	1,87	1,76	1,59	1,55	1,42
Vershil in cM.	140	138	125	136	105	101	90	84	80

De opstuwing van den waterspiegel bereikt haar maximum tusschen Megen en Mook doch wordt over de geheele lengte van de rivier gevonden.

De ingevallen dooi en het wassende water brachten het ijs van boven af in beweging. De toestand was den 4^{en} Januari, nadat den vorigen dag de hoogste stand te Maastricht was bereikt, aldus:

	Maastr. brug	Roerm.	Venlo	Boxm.	Gennep	Mook	Grave	Ravest.	Megen
4 Jan. 1880	46,42 (3 Jan.)	19,72	16,83	12,94	12,30	11,35	10,57	9,60	9,05
		(max.)	(max.)					(max.)	(max.)
7 Mrt. 1880	46,05 (5 Mrt.)	19,34 (6 Mrt.)	16,30	12,77	12,13	11,27	10,50	9,43	8,50
24 Dec. 1880	46,95 (22/23)	21,06	18,33	13,90	13,07	11,86	11,04	9,90	9,10
		(max.)	(max.)						
4 Jan.—7 Mrt.	37	38	53	17	17	8	7	17	55
4 Jan.—24 Dec.	—53	—134	—150	—96	—77	—51	—47	—30	—5

	Oijen	Lith	St. Andr.	Bl. sluis	Crevec.	Hedikh.	Heusden	Veen	Woudrich.
4 Jan. 1880	8,80	8,67	8,09	7,11	5,94	5,56	5,33	5,28	3,36
	(max.)	(max.)	(max.)	(max.)					
7 Mrt. 1880	7,69	6,69	5,94	5,21	4,71	4,40	4,02	3,81	3,48
24 Dec. 1880	8,66	8,24	7,76	6,98	6,13	5,71	5,39	5,22	4,79
4 Jan.—7 Mrt.	111	198	215	190	123	116	131	147	—12
4 Jan.—24 Dec.	14	43	33	13	—19	—15	—6	6	—143

Het ijs was sedert 1 Jan. boven Venlo, sedert 2 Jan. boven Grave, sedert 3 Jan. boven Heusden drijvende. Den 4^{en} Jan. geraakte het ijs beneden Heusden even in beweging en was er blank water boven de Heerewaardensche overlaten.

Te Andel vormt zich een ijdsdam, waarvan de invloed duidelijk merkbaar is. Tusschen Veen en Andel, plaatsen welke

ruim 4 K.M. van elkander verwijderd zijn, krom het verval de volgende dagen tot 1,78 M.

De hooge waterstand tusschen Ravestein en Crevecoeur was voorts het gevolg van de werking der Heerewaardensche overlaten daar de waterspiegel van de Waal door de ijsverstopping aan de Heesseltsche plaat ongeveer 1 M. was opgestuwd. De afvoer van opperwater langs de Waal was niet buitengewoon groot, zooals uit de volgende waterstanden blijkt:

Waterstand te Nijmegen op:

3 Jan.	4 Jan.	6 Mrt.	7 Mrt.	23 Dec.	24 Dec.
11,56	12,12	10,70	11,34	12,70	12,94.

Terwijl de waterstanden te Nijmegen 82 c.M. lager waren, was de waterstand op de Waal te St. Andries den 4^{en} Jan. 21 c.M. hooger dan den 24^{en} December 1880. Er werd dientengevolge in den morgen van den 4^{en} veel water en ijs van de Waal op de Maas gebracht; de Maas die aldaar den 3^{en} Januari nog 48 c.M. lager was dan de Waal, werd den 4^{en} 12 c.M. hooger.

Voorafgegaan door eene verzakking in den dijk brak de Maasdijk nabij Driehuizen onder Lithoijen en Oijen nabij den Ouden Wiel te 1 uur nam. door. Het water stortte met een verval van ongeveer 2,55 M. naar binnen in zulk eene hoeveelheid dat de waterspiegel van de Maas, en zelfs die van de Waal, ofschoon de doorbraak boven de overlaten is gelegen, spoedig daalde. Op de Waal was de invloed merkbaar tot boven Tiel; terwijl het water te Nijmegen van 4 tot 7 Jan. 0,48 M. waste, rees de waterspiegel te Dodewaard slechts 6 c.M. en bedroeg de daling te Tiel 0,65 M. en te St. Andries 0,81 M. Op de Maas bleef het water te Grave tot den 6^{en} Jan. wassen; van Ravestein tot Blauwe sluis was de waterstand van den 4^{en} Januari de hoogste.

Den 6^{en} Januari namiddags brak de ijdsdam te Andel op; dien morgen te 8 uur toen de Maasdijk (de zoogenaamde Vleugeldijk) boven Poederloijen doorbrak, was de toestand aldus:

	Venlo	Boxmeer	Grave	Ravest.	Megen	Oijen	Lith
6 Jan.	16,83 (4 Jan.) (max.)	13,13 (5 Jan.) (max.)	10,65 (max.)	9,56	8,69	8,14	7,89
8 Maart	16,30 (7 Mrt.) (max.)	12,77 (7 Mrt.) (max.)	10,55 (max.)	9,47 (max.)	8,57 (max.)	7,82 (max.)	6,84 (max.)
6 Jan.—8 Mrt.	53	36	10	9	12	32	105

	St. Andr.	Bl. sluis	Crevec.	Hedikh.	Heusden	Veen	Woudrich.
6 Jan.	7,56	6,87	6,29	6,23	6,11	5,93	3,49
			(max.)	(max.)	(max.)		
8 Maart	6,14	5,43	4,89	4,56	4,23	4,02	3,66
6 Jan.—8 Mrt.	142	144	140	167	165	172	—19

De opstuwing van den ijdsdam te Andel was derhalve boven Lith tot aan de doorbraak duidelijk merkbaar. De waterstand op de Waal was te St. Andries 12 cM. lager dan op de Maas aldaar; den vorigen dag was de ijdsdam te Heesselt gedeeltelijk opgeruimd zoodat er meer water langs Bommel werd afgevoerd.

Het verhang tusschen Veen en Woudrichem bedroeg den 6^{en} Jan. v. m. 8 uur 2,44 M. over 9,3 K.M. of 26 cM. per K.M. Tusschen Crevecœur en Veen bedroeg het verhang slechts 36 c.M. over 15,2 K.M. of 2,4 c.M. per K.M.

De hoogste waterstanden in het dertigjarig tijdvak 1851—80 waren onder den invloed van den afvoer van ijs, te Emmerik in Januari in 1880 en 1871, in Januari en Februari in 1861 en in Maart in 1855; te Venlo in Januari 1861 en in Maart 1855. Deze waterstanden worden daarom ten voorbeeld gekozen, waarbij van de gewone waarnemingen te 8 v. m. gebruik is gemaakt.

De hoogste waterstanden met ijs op Rijn en takken in December 1879 en Januari en Februari 1880 verschillen met die bij open water in December 1880 aldus:

Keulen.....	21 cM. lager in 1879/80		
Emmerik....	46	" "	
Lobith.....	55	" "	
Hulhuizen....	39	" "	Pannerden... 28 cM. lager.
Nijmegen....	34	" "	Arnhem..... 27 " "
Dodewaard... 25	" "	Leksensveer. 23	" "
Tiel.....	18	" hooger	Grebbe..... 36 " "
St. Andries... 17	" "	Remmerden... 23	" "
Bommel.....	58	" lager	Eck en Wiel.. 16 " "
Herwijnen... 7	" "	Wijk b. Duurst. 37	" "
Gorinchem... —	" "	Culemborg... 35	" "
Hardinxveld.. 5	" "	Vreeswijk... 45	" "
		Jaarsveld... 52	" "
		Schoonhoven. 61	" "
		Lekkerkerk... 74	" "
		Krimpen..... 77	" "
			Westervoort.. 25 cM. lager.
			de Steeg..... 20 " "
			Doesborgh... 28 " "
			Dieren..... 33 " "
			Zutphen..... 44 " "
			Deventer.... 43 " "
			Olst..... 48 " "
			Wijhe..... 51 " "
			Katerveer... 51 " "
			Kampen..... 41 " "

De hoogste waterstanden werden derhalve slechts weinig verhoogd behalve te St. Andries en bovenwaarts tengevolge van eene ijstopping tusschen Tiel en Bommel. De hoogste waterstand te Keulen was bij het open water van December 1880 44,11 M. + A. P. en in den winter van 1879—80 43,90 M. + A. P.

De hoogste waterstanden met ijs in Januari 1871 verschillen van die bij open water in Maart 1871 aldus te:

Keulen	29 cM. lager.		
Emmerik	325 " hooger.		
Lobith	210 " "		
Hulhuizen	160 " "	Pannerden	152 cM. hooger.
Nijmegen	181 " "	Arnhem	155 " "
Tiel	156 " "	Westervoort	135 cM. hooger
St. Andrië	158 " "	Lekskensveer	155 " "
Bommel	143 " "	Grebbe	168 " "
Gorinchem	132 " "	Dieren	149 " "
		Wijk b. Duurst.	79 " "
		Zutphen	134 " "
		Deventer	151 " "
		Culemborg	106 " "
		Vreeswijk	122 " "
		Wijhe	183 " "
		Jaarsveld	158 " "
		Katerveer	158 " "
		Schoonhoven	164 " "
		Krimpen	17 " "

De hoogste waterstand te Keulen was in Maart 1871 39.23 M. + A. P. en in Januari 1871 38.94 M. + A. P. Bij deze lagere waterstanden was de opstuwing belangrijk. Opmerking verdient de aangroeiing van het bedrag der opstuwing op de Lek.

De hoogste waterstanden met ijs op Rijn en takken aan het einde van Januari en in Februari 1861 verschillen van die van September 1860, te:

Keulen	16 cM. hooger.		
Emmerik	405 " "		
Lobith	± 372 " "		
Hulhuizen	307 " "	Pannerden	328 cM. hooger.
Nijmegen	395 " "	Arnhem	310 " "
Tiel	378 " "	Westervoort	328 cM. hooger
St. Andrië	195 " "	Grebbé	317 " "
Bommel	259 " "	Remmerden	252 " "
Gorinchem	211 " "	Zutphen	203 " "
Hardinxveld	87 " "	Deventer	187 " "
		Wijk b. Duurst.	199 " "
		Deventer	187 " "
		Culemborg	219 " "
		Wijhe	196 " "
		Vreeswijk	184 " "
		Katerveer	187 " "
		Jaarsveld	196 " "
		Kampen	149 " "
		Schoonhoven	140 " "
		Krimpen	50 " "

Den 30 Januari 1861 was de hoogste stand te Keulen 40,64 M. + A. P. en den 8 September 1860 40,48 M. + A. P.

Op plaat XXXIX wordt aangetoond op welke wijze de waterstanden op de verschillende plaatsen met elkander samenhangen gedurende het voorjaar van 1861.

De hoogste waterstand bij ijs in Maart 1855 verschilde van den hoogsten stand in December 1854 te:

Keulen	91 cM. hooger.		
Emmerik	152 " "		
Lobith	133 " "		
Hulhuizen	132 " "	Pannerden	140 c.M. hooger.
Nijmegen	104 " "	Arnhem	149 " "
Tiel	204 " "	Westervoort	160 cM. hooger
St. Andrië	114 " "	Grebbe	174 " "
Bommel	88 " "	Remmerden	179 " "
		Zutphen	91 " "
		Deventer	115 " "
		Wijk b. Duurst.	117 " "

Gorinchem..	138 c.M. hooger	Culemborg..	151 c.M. hooger	Wijhe.....	134 c.M. hooger
Hardinxveld.	109 " "	Vreeswijk...	96 " "	Katerveer..	169 " "
		Jaarsveld...	104 " "	Kampen....	81 " "
		Schoonhoven	89 " "		
		Krimpen....	— " lager.		

Voor den invloed op de Maaswaterstanden kunnen de volgende voorbeelden dienen:

De hoogste waterstand in de 2e helft van Januari en in het begin van Februari 1861 verschilde van dien van December 1861 te:

Maastricht..	72 c.M. hooger.	Lith.....	236 c.M. hooger.
Roermond...	114 " "	St. Andries...	250 " "
Venlo.....	220 " "	Blauwe sluis..	241 " "
Boxmeer....	155 " "	Crevecoeur...	157 " "
Gennep.....	135 " "	Heusden.....	213 " "
Grave.....	100 " "	Woudrichem.	220 " "
Megen.....	119 " "		

De hoogste waterstand werd te Maastricht bij het zetten van het ijs den 16en Januari 1861 waargenomen, toen het water van den 15en tot den 16en van 43,61 M. + A.P. tot 45,05 M. + A.P. was gezegen.

Belangrijk is de vergelijking van den hoogsten waterstand in het begin van Januari 1861 toen de Maas tot beneden Venlo vrij was van ijs met een hoogten stand zonder ijs in April 1860. De waterstand te Maastricht was in Januari 1861 46,10 M. + A.P. en in April 1860 45,85 M. + A.P.

De hoogste waterstanden waren in Januari 1861 hooger te:

Maastricht 25 c.M., te Roermond 35 c.M., te Venlo 89 c.M., te Boxmeer 118 c.M., te Gennep 50 c.M., te Grave 14 c.M., te Megen 19 c.M., te Lith 115 c.M. te St. Andries 119 c.M., te Blaauwe sluis 88 c.M., te Crevecoeur 62 c.M., te Heusden 87 c.M. en te Woudrichem 93 c.M.

De hoogste waterstanden bij ijs in Maart 1855, toen de Maas die boven en beneden onze grenzen met ijs was bezet te Maastricht, sluis, den hoogsten stand van 45,10 M. + A.P. bereikte, verschilden van die van December 1854 bij open water, te:

Maastricht..	47 c.M. lager.	Grave.....	13 c.M. hooger.
Roermond...	2 " hooger.	Blaauwe sluis..	45 " "
Venlo.....	20 " lager.	Heusden.....	116 " "
Gennep....	13 " "	Woudrichem..	119 " "

De werking van de ijsverstoppingen op de waterstanden van onze benedenrivieren o. a. van onzen voornaamsten waterafvoerweg de Nieuwe Merwede kan o. a. blijken uit de teekening op plaat XL, die de verhanglijn van den waterspiegel voorstelt even vóór de opruiming van de ijsbezetting. Er was toen een verhang tusschen de Ottersluis en de Deeneplaat van meer dan 31 centimeter per K.M. terwijl den volgenden dag het verschil in gemiddelde hoogte op beide plaatsen ongeveer tot 17 c.M. per K.M. was verminderd, terwijl het gemiddeld

verschil in hoogte van den waterspiegel op beide plaatsen ongeveer 3 c.M. per K.M. bedraagt.

Op plaat XLI zal men eenige voorstellingen aantreffen van de opstuwingen door ijsbezettingen, waarbij zich ijssdammen vormden, voortgebracht. De toestand waarin de rivier verkeerde kan uit de waterstandskrommen en eenige bijgevoegde aantekeningen ongeveer blijken. De grootte der opstuwung wordt uit de krommen van het verval bekend.

De grootste opstuwung door een ijssdam op deze teekeningen voorgesteld werd veroorzaakt door den ijssdam boven Brakel in de beneden-Waal; zij bedroeg op 28 December 1859 $3\frac{1}{2}$ à 4 M. Zulk eene opstuwung is eene zeer zeldzame uitzondering; in grootte volgt dan de opstuwung door den ijssdam te Andel in de beneden-Maas in Januari 1880, waarvan in de vorige bladzijden reeds sprake was.

§ 5. Hoogste waterstanden en noodpeilen. De hoogste standen welke door onze hoofdrievieren kunnen worden bereikt, zijn voor een belangrijk deel harer lengte niet alleen afhankelijk van de grootste hoeveelheid water welke wordt aan- en afgevoerd doch ook van den toestand der waterkeeringen. Verkeeren deze door ligging, hoogte, afmetingen en toestand in een staat, dat zij niet kunnen bezwijken, dan moet de benedengelegene rivier noodwendig al het water kunnen afvoeren ook onder de ongunstigste omstandigheden van ijsbezwaar en behooren de waterkeeringen berekend te zijn op den waterstand die in zulke buitengewone gevallen kan worden bereikt. Door onafgebroken doelmatige voortzetting van dijksverhooging en dijksversterking, waarbij telkens van de jongste ervaring gebruik wordt gemaakt, nadert de toestand tot dien van volledige waterkeering meer en meer. Het gevaar voor rampen wordt onder gelijke omstandigheden steeds minder. Uit de geschiedenis der vlooden van vroegere eeuwen buiten onze grenzen is menig bewijs te putten voor de stelling, dat de waterhoeveelheden, die als maxima het vlakkere gedeelte van den Rijn boven onze grenzen kunnen toestroomen, niet aan voortdurende vermeerdering zijn onderworpen; niettemin zijn in ons lage land de toestanden tusschen de dijken ongunstiger geworden, omdat het vroeger als regel kon gelden, zonder uitzondering, dat de dij-

ken werden overstroomd en verbroken, waarvan eene zeer sterke vermindering van het maximum van waterafvoer stroomafwaarts het gevolg was. Hoe meer de dijken bovenwaarts werden verhoogd en verzaaid en tegen doorbraak beveiligd, hoe meer de benedenliggende dijken ten einde bandijken te blijven tevens verhoogd moesten worden. Een Lekdijk bovendams volgens de teekening op plaat XXVI zou in zijn voormaligen vorm thans nauwelijks meer dan den naam van zomerdijk verdienen, niet omdat langs den Rijn en de Lek meer water uit het bovengelegen stroomgebied wordt afgezonden dan vroeger, doch voornamelijk omdat al het water thans tusschendijks wordt afgevoerd en gedeeltelijk ook omdat de zee haren invloed binnengaats minder ver uitstrekt dan vroeger.

Verhooging van de hoogste standen langs de rivieren in ons land beteekent dus niet dat de watermassa's, welke over de geheele rivier gekeerd moeten worden, zooveel grooter zijn dan vroeger, doch dat binnen onze grenzen en vooral langs de benedendistricten bij volledigen afvoer van het water tusschendijks bij afvoer van de zelfde hoeveelheid hoogere waterstanden moeten worden gekeerd.

Uit deze onderlinge afhankelijkheid van elkanders weermiddelen is een strijd ontstaan, dien men in ons land gewoon is den waterkrijg te noemen; zooals uit het bovenstaande volgt, is die strijd niet alleen, zooals men gewoonlijk denkt, een strijd tusschen tegenover elkander gelegen districten langs eene zelfde rivier, doch bestaat er ook verband tusschen de daden van boven elkander gelegen districten, daar de versterking der bovendistricten de benedendistricten dwingt tot nog intensiever verdediging. Voor de dijken langs den IJssel beneden Doesborgh kan dit niet gelden; wanneer de rechter Rijn dijken boven onze grenzen niet meer zullen doorbreken en de IJssel niet meer met overstroomingswater wordt bezwaard, kan de bedoelde verhooging daar achterwege blijven.

Uit het vorige volgt tevens dat, ofschoon de aanvallen tegen onze lage benedenlanden krachtiger en veelvuldiger moesten worden, de toestand van algemeene voldoende waterkeering meer en meer wordt genaderd, zoodat men zeggen kan, dat de strijd omtrent het stelsel van bedijking langzamerhand zal

zijn uitgestreden en eindigen zal met aanneming en uitvoering van het eenvoudige, thans in de toepassing eenig mogelijke middel van waterkeering tot boven de hoogste waterstanden, door algemeene voortdurende versterking en verhooging van de dijken. Wel heeft men hierbij op zijn buurman te letten. zelfs behoort het Algemeen bestuur meer dan vroeger waar te nemen en te overwegen wat over het gansche stroomgebied onzer hoofdrievieren geschiedt, doch geen Regeering zal in het vervolg de betrokken dijksbesturen beletten hunne bandijken te verhoogen of te versterken, al zou zulks ook geschieden met het overigens loffelijke doel, de veiligheid van andere in 's lands lusten en lasten hooger aangeslagen districten te verhoogen. De krijg wordt derhalve een wedijver wie op de meest deugdelyke wijze, zonder meer te doen dan noodig is, doch steeds op de teekenen des tijds lettende, zijne bedijkingen tot werkelijke waterkeeringen onder alle omstandigheden weet in te richten en als zoodanig te behouden.

De hoogste bekende waterstand bij open rivier, waarbij de waterafvoer zonder dijkbreuk heeft plaats gehad, was langs den Rijn en takken, die van Januari 1883. Langs de Maas was de waterstand van December 1880 de hoogst bekende zonder dijkbreuk; in het eigenlijk bedijkte gedeelte der rivier beneden Cuijk werd toch het water binnen de gestelde grenzen gehouden, daar de doorbraak, waardoor de landen van Heusden en Altena overstromden, is gevallen, niet aan de rivierzijde doch in den Heidijk, die het naar den Baardwijkschen overlaat afstroomende binnenwater en overlaatswater keert. Boven Cuijk verbrak het Maaswater vele gestelde grenzen; men kan dan ook aannemen, dat de districten langs de Maas beneden Cuijk een toekomst van voortdurende verhooging en verzwaring van dijken te gemoet gaan, daar men uit hetgeen nu en dan openbaar wordt, kan afleiden dat de toestand van het bed der Maas bij de hoogste waterstanden belangrijke verandering te gemoet gaat. door beperking van de ruimte waarover het water zich kan verspreiden en beknelling van het afstroomende water tusschen op betrekkelijk korten afstand van elkander gelegen waterkeerende dijken boven Cuijk en door opheffing of krachtige beteugeling van de zijdelingsche afleiding, de Beersche Maas, beneden Cuijk.

De afvoer van ijs heeft op enkele plaatsen hoogere waterstanden doen ontstaan dan de zoeven bedoelde.

Hieronder volgt eene opgave van de plaatsen waar de hoogst bekende waterstand met ijs de hoogste waterstanden bij open water heeft overtroffen.

Namen der plaatsen.	Hoogste waterstand bij open rivier in M. + A. P.	Hoogst bekende waterstand met ijs.	Vershil
Emmerik.....	17,69 Jan. 1883.	18,24 29 Jan. 1861.	55 cM.
Lobith.....	16,69 " "	16,91 31 Jan. 1861.	22 "
Millingen.....	15,84 " "	15,90 " "	6 "
Hulhuizen.....	15,42 " "	15,71 24 Jan. 1820.	29 "
Nijmegen.....	13,50 " "	14,86 23 " "	136 "
Tiel.....	9,89 " "	10,80 1 Feb. 1861.	91 "
St. Andries.....	8,13 " "	8,50 8 Jan. 1861.	37 "
Zalt-Bommel.....	7,25 " "	7,99 " "	74 "
Gorinchem.....	4,86 " "	5,22 27 Jan. 1820.	36 "
Hardinxveld.....	3,78 Maart 1876.	4,74 18 Jan. 1849.	96 "
Werkendam.....	3,65 " "	4,50 " "	85 "
Pannerden.....	14,91 Jan. 1883.	15,70 16 Jan. 1809.	79 "
Oud-Zevenaar.....	14,89 " "	15,31 31 Jan. 1861.	42 "
Arnhem.....	13,30 " "	13,86 5 Mrt. 1855.	56 "
Leksensveer.....	11,14 " "	12,49 " "	135 "
Grebbe.....	10,71 " "	11,21 " "	50 "
Remmerden.....	9,70 " "	10,60 " "	90 "
Eck en Wiel.....	8,94 " "	9,34 27 Mrt. 1845.	40 "
Culemborg.....	7,25 " "	7,48 6 Mrt. 1855.	23 "
Westervoort, brug.....	13,57 " "	14,33 4 Mrt. 1855.	76 "
Doesborgh.....	10,60 " "	11,16 17 Jan. 1809.	56 "
Zutphen.....	8,83 " "	9,61 4 Mrt. 1784.	78 "
Deventer.....	7,36 " "	8,28 17 Feb. 1814.	92 "
Grave.....	11,26 Dec. 1880.	11,47 24 Jan. 1820.	21 "
Lith.....	8,66 Jan. 1883.	8,77 12 Feb. 1871.	11 "
St. Andries.....	8,16 " "	8,42 13 " "	26 "
Blauwe sluis.....	7,41 " "	7,64 " "	23 "
Veen.....	5,82 " "	5,93 6 Jan. 1880.	11 "
Woudrichem.....	5,23 " "	5,54 7 Jan. 1861.	31 "

Tot welke hoogte de dijken zijn gebracht blijkt uit de graphische voorstellingen op de platen XLII en XLIII van de noodpeilen ten opzichte van den waterspiegel bij open water in zijn hoogsten stand. De noodpeilen stellen niet voor de door

de Regeering vastgestelde cijfers, doch de waterstanden aan de peilschalen waarbij het laagst gelegen punt in het bijbehorend dijkvak zou beginnen over te loopen.

Daar de opnemingen voor deze noodpeilen in de jaren 1880-82 hebben plaats gehad en steeds wordt voortgegaan gebreken in de dijkshoogten weg te nemen, welke o. a. bij de hooge waterstanden van de jaren 1880-82 duidelijk konden blijken, zijn deze cijfers thans reeds eenigszins verouderd. Zij geven den toestand in de genoemde jaren echter vrij nauwkeurig aan, en kunnen ter algemeene kenschetsing van den toestand nog dienen.

Zoo kan uit de gegevens afgeleid worden dat de toestand betrekkelijk daar het slechtst was waar de omstandigheden tijdelijk ongunstiger kunnen worden, zooals langs de Beneden-Waal wanneer de watervrije bedijking van het land van Maas en Waal aan die van den Bommelerwaard zal zijn aangesloten en vooral langs de Maas tusschen den mond van de Beersche Maas en St. Andries, waar zich de nadeelige invloed van sluiting of beteugeling van de Beersche Maas zal doen gevoelen, overal waar de nieuwe mond van de Maas niet in staat is dien invloed weg te nemen, dat zooals wordt vermoed slechts tot Lith, waar de sterke kronkelingen beginnen, het geval zal zijn.

De noodpeilen zijn in teekening gebracht ten opzichte van den hoogst bekenden waterstand bij open rivier, waarvoor is aangenomen de hoogste stand in Januari 1883 voor den Rijn en takken en voor de Maas beneden Megen en die in December 1880 voor de Maas boven Megen met de volgende uitzonderingen:

Van Hardinxveld (Bout) tot Sliedrecht (middenveer) is de stormvloedhoogte bij hoog opperwater in Maart 1876, tot Dordrecht is de stormvloedhoogte van 30/31 Januari 1877, beneden Streefkerk de stormvloedhoogte van 12/13 December 1883, beneden Kamperveen de stormvloedhoogte van 30/31 Januari 1877 aangenomen.

De cijfers vóór of achter de plaatsnamen geven den aangenomen waterstand aan de peilschaal aldaar aan in meters ten opzichte van A. P. De cijfers bij de lijnen zijn de noodpeilen langs den rechter- en linkeroever der rivieren, beide in meters + A. P. aan de bijbehorende peilschalen.

§ 6. **Laagste waterstanden.** Er is in § 3 reeds gewezen op de sterke vermindering van den afvoer der rivieren bij vriezend weder en ijsbezetting. De zijdelingsche aanvoer langs de zijrivieren wordt over eene groote lengte der rivier bijna gelijktijdig zeer verminderd; bij aanhoudende vorst en oostewind houdt toch alle aanvoer van water naar de waterleidingen op; vele waterloopen in de vlakke streken, die niet uit groote diepe grondwaterresevoirs worden gevoed, drogen op terwijl andere vooral in de bergstreken geen water afvoeren omdat het in den vorm van ijs verstijft.

Het is derhalve niet te verwonderen dat tengevolge van de buitengewoon sterke vermindering van den afvoer, ondanks den weerstand dien het water bij ijsbezetting ontmoet, de laagste standen in den winter worden waargenomen.

De laagst bekende waterstanden met ijs op onze rivieren, die bijna zonder uitzondering in het voorjaar van 1858 werden waargenomen, zijn dan ook lager dan de laagst bekende met open water in November 1874.

Uit de volgende lijst blijkt hoeveel het verschil bedraagt:

Plaats van waarneming.	Met ijs.	Minimawaterstanden in M. + A.P.		
		bij open water in November 1874.	Lager-of hooger + met ijs in cM.	Lager bekende minima bij open water vóór 1874.
Emmerik.....	9,92 1 Jan. 1865	10,21	—29	
Hulhuizen.....	8,20 9 Jan. 1858	8,43	—23	
Nijmegen.....	6,85 31 Jan. 1858	6,72	+13	
Tiel.....	3,71 1 Feb. 1858	3,78	—7	
St. Andries.....	2,35 1 Feb. 1858	2,45	—10	
Bommel.....	1,50 29 Jan. 1885	1,56	—6	1,33 10 Oct. 1834
Pannerden.....	7,48 1 Jan. 1865	8,35	—87	
Arnhem.....	6,26 4 Feb. 1813	7,26	—100	7,04 1/2 Nov. 1832
Grebbe.....	3,84 { 11 Feb. 1855 1 Feb. 1858	4,77	—93	4,62 2 Jan. 1866
Remmerden.....	3,25 1 Feb. 1858	4,13	—88	4,12 2 Jan. 1866
Wijk bij Duurstede..	2,19 3 Jan. 1865	2,77	—58	2,76 4 Jan. 1866
Culemborg.....	1,06 1 Feb. 1858	1,68	—62	
Vreeswijk.....	0,42 3 Jan. 1865	0,90	—48	
Jaarsveld.....	0,00 3 Jan. 1865	0,48	—48	
Schoonhoven.....	—0,46 24 Dec. 1864	—0,04	—42	—0,10 5 Jan. 1866
Westervoort.....	7,00 31 Jan. 1858	7,48	—48	7,37 24 Dec. 1857
Doesborgh.....	4,59 2 Feb. 1858	5,26	—67	
Zutphen.....	2,20 3 Feb. 1858	2,66	—46	
Deventer.....	0,95 1 Feb. 1858	1,42	—47	

De storm van $\frac{1}{2}$ Feb. 1858 zette den waterspiegel te Deventer den 2^{en} Feb. tot 1,89 M. + A. P. op.

Uit de cijfers blijkt dat de gewijzigde waterverdeeling, ten gevolge van de ijsbezetting in den mond van het Pannerdensch kanaal, tot verlaging van den waterstand op de riviertakken beneden den Nederrijn en IJssel heeft medegewerkt.

Langs de Maas welke rivier niet als de Rijn wordt gevoed uit hooge bergstreken, die juist bij de grootste hitte het meeste water afvoeren, of uit meren, zooals de groote Zwitsersche die sterke dalingen van den waterafvoer verhinderen, doch uit betrekkelijk laag gelegen gebergten, zijn de laagste bekende waterstanden bij open rivier tevens de laagst bekende van allen.

Slechts op enkele dagen in Februari en Maart werd voor den laagsten stand in het tijdvak 1851—80 een stand met ijs gevonden, welke waterstanden echter nog vrij veel verheven zijn, zooals uit de platen LVI en LVII blijkt, boven de laagste standen bij open rivier van dit tijdvak, die in Augustus en September werden waargenomen.

Daarentegen waren, blijkens plaat LV, alle laagste standen van 10 tot 17 December en van 26 December tot 18 Maart in 1851—80 te Emmerik, standen met ijs.

HOOFDSTUK XI.

Afvoer van vaste stoffen langs de rivieren.

§ 1. De vaste stoffen in het algemeen. Behalve water in den vorm van water en ijs, voeren onze rivieren vaste stoffen af welke gedeeltelijk in het water zijn opgelost, gedeeltelijk over den bodem van het rivierbed worden voortgeschoven en voortgerold en voor het overige buiten voortdurende aanraking met bodem en oevers in zwevenden staat door en met het water worden bewogen.

Aan elk dezer drie vormen is voor sommige doeleinden bijzondere waarde toe te kennen. De aard en de hoeveelheid van de opgeloste stoffen zijn vooral van belang indien het water wordt gebruikt voor drinkwater, voor waterinlating of voor bevoeiing; de aard en de hoeveelheid der zwevende stoffen kunnen verklaren welke voordeelen het rivierwater kan aanbrengeu indien het in de gelegenheid wordt gesteld de fijne vette slib af te zetten; voor den toestand van de rivieren zijn de zwaardere stoffen, die over den bodem bewegen; van het meeste belang. Volgens de beste getuigenissen van vroegere en latere jaren zonden deze stoffen onze lage landen met een groot en zelfs onoverkomelijk gevaar bedreigen, daar werd ondersteld dat zij de rivierbedden noodwendig moeten verhoogeu en dientengevolge de waterstanden ook de hoogste doen rijzen.

Dit gevaar wordt in den tegenwoordigen tijd minder gevreesd; nog steeds stroomen de Waal bij Nijmegen en de Maas o. a. bij Boxmeer over een bed van diluviaal grint en is derhalve

de verhooging niet zoo algemeen geweest dat de rivierbedden in ons land over hunne volle lengte door in het alluviale tijdperk aangevoerde gronden worden gevormd.

Wel kan men als regel aannemen dat onze rivieren zich een bed hebben geschuurd in de eigen alluviën en dientengevolge de kenmerken dragen van rivieren van veranderlijken vorm. Doch op geen onzer rivieren is van toepassing, wat van de beneden-Po wordt gezegd, dat zij over de kruin van een langen dijk door de Lombardische vlakke stroomt.

De bodem van Bovenrijn en Waal is, volgens Bijlage XVII behorende bij het Verslag over de Openbare werken in 1884, sedert het begin dezer eeuw zelfs gemiddeld 1 à 1,5 M. verdiept en wordt volgens ditzelfde stuk op eene diepte gebracht van 7,50 M. + A. P. aan het Spijk, 6,15 M. + A. P. te Hulhuizen, 4,60 M. + A. P. te Nijmegen, 1,40 M. + A. P. te Tiel en 0,80 M. + A. P. te Bommel, terwijl de gronden binnendijsks ongeveer gelegen zijn op 11 M. + A. P. te Hulhuizen, 10 M. + A. P. te Nijmegen, 5 M. + A. P. te Tiel en 3 M. + A. P. te Bommel derhalve resp. 4,85 M., 5,40 M., 3,60 M. of gemiddeld 4 à 5 M. hooger dan de bodem der rivier.

Volgens het Verslag over de Openbare werken in 1885 zijn de hoogste ruggen in het vaarwater volgens de verhanglijn van de rivier gemeten, gelegen ter hoogte van 7,28 M. + AP. aan de peilschaal te Hulhuizen, 5,56 M. + AP. aan die te Nijmegen, 2,63 M. + AP. aan die te Tiel, 0,91 M. + AP. aan die te St. Andries, 0,05 M. + AP. aan die te Zaltbommel dus ongeveer 3 à 4 M. lager dan de binnendijsche gronden. Sedert het jaar 1873 waren de hoogste ruggen op de Waal verlaagd 8 cM. nabij Nijmegen, 5 cM. nabij Tiel, 65 cM. in de nabijheid van St. Andries en 56 cM. in de nabijheid van Zaltbommel. Op het benedengedeelte van de Waal heeft dus in de laatste jaren uitschuring van den bodem plaats gehad.

De hoogste ruggen op den Nederrijn en Lek waren in 1885 gelegen ter hoogte van 4,48 M. + AP. aan de peilschaal te Lekskensveer, 3,54 M. + AP. aan die te Remmerden, 2,10 M. + AP. aan die te Wijk bij Duurstede, 0,64 M. + AP. aan die te Culemborg, 0,12 M. — AP. aan die te Vreeswijk en 1,83 M. — AP. aan die te Schoonhoven.

Sedert 1873 werd eene verlaging van de hoogte der hoogste ruggen waargenomen van 3 cM. in de nabijheid van Remmerden, van 11 cM. nabij Wijk bij Duurstede en van 42 cM. nabij Culemborg. Ook hier schijnt de benedenrivier te zijn uitgeschuurd. De hoogste ruggen in het rivierbed zijn $1\frac{1}{2}$ à 3 M. beneden de binnendijksche gronden gelegen.

De hoogste ruggen op den Gelderschen IJssel waren in 1885 gelegen ter hoogte van 7,03 M. + AP. aan de peilschaal te Westervoort (schipbrug), van 4,80 M. + AP. aan die te Doesborgh, van 2,10 M. + AP. aan die te Zutphen, van 0,82 M. + AP. aan die te Deventer, van 0,02 M. + AP. aan die te Olst, van 0,72 M. — AP. aan die te Wijhe en van 1,65 M. — AP. aan die te Katerveer. Vergeleken met 1873 wordt eene verlaging waargenomen van 31 cM. in de nabijheid van Westervoort en van 36 cM. nabij Zutphen. De hoogste ruggen in het rivierbed zijn van 3 M. tot $5\frac{1}{2}$ M. beneden de binnendijksche gronden gelegen.

De hoogste ruggen op de Maas waren in 1885 gelegen ter hoogte van 43,42 M. + AP. aan de peilschaal te St. Pieter, 41,89 M. + AP. aan die te Maastricht (brug) 32,19 M. + AP. aan die te Maasband, 27,89 M. + AP. aan die te Grevenbicht, 19,16 M. + AP. aan die te Maasbracht, 14,07 M. + AP. aan die te Roermond, 8,05 M. + AP. aan die te Venlo, 5,80 M. + AP. aan die te Boxmeer, 4,93 M. + AP. aan die te Gennep, 4,15 M. + AP. aan die te Grave, 2,49 M. + AP. aan die te Alphen, 1,54 M. + AP. aan die te Lithoyen, 1,14 M. + AP. aan die te St. Andries, 0,54 M. + AP. aan die te Blauwe sluis, 0,58 M. — AP. aan die te Hedikhuizen en 0,77 M. — AP. aan die te Veen.

Vergelijking met de gegevens van het Verslag over 1873 wijst ook hier weder op uitschuring in het benedengedeelte der rivier. In de nabijheid van Boxmeer was de hoogste rug sedert 16 cM. hooger geworden, nabij Gennep werd eene gelijke hoogte gevonden, nabij Grave had eveneens eene verhooging van 1 à 6 cM. plaats gevonden. Ten opzichte van de peilschaal te Megen was de hoogste rug 30 cM. verlaagd, van die te Lith noch verhoogd noch verlaagd, van die te St. Andries 5 cM. verlaagd van die te Blauwe Sluis 32 cM. en van die te Hedikhuizen 80 cM.

Beneden Gennep zijn de hoogste ruggen in het rivierbed van 2 tot 8 M. beneden de binnendijsche gronden gelegen.

Er bestaat tusschen de drie wijzen waarop de vaste stoffen worden afgevoerd geene vaste grens. Stoffen welke op de eene plaats fijn genoeg zijn om in zwevenden staat te worden gehouden, worden elders waar het verhang en de stroomsnelheid kleiner zijn, over den bodem bewogen, geschoven of gerold. De stoffen welke over den bodem bewegen, worden door de schuring en botsing langzamerhand fijner of in kleinere deeltjes verdeeld waarvan het gevolg kan zijn dat zij den steun van den bodem niet langer behoeven en door het water zwevende worden gehouden. Door werking op elkander, invloed van de lucht, aanraking met de wanden van het rivierbed, opneming van nevenrivieren en grondwateren, ondergaan de opgeloste en zwevende stoffen veranderingen, die op den aard der stoffen en hare hoeveelheid niet zonder invloed zijn.

Het is derhalve noodzakelijk voor de kennis van onzen waterstaat de drie vormen van vaste stoffen, ook in hunne onderlinge betrekking, nader te beschouwen.

De snelheid van het water vervult bij de beweging van de vaste stoffen een voorname rol. Het stroomende water toch tracht de op den bodem liggende stoffen mede te voeren met dezelfde kracht waarmede de bodem weerstand biedt tegen de beweging van het water. Beide krachten zijn gelijk en tegengesteld. Is de kracht van samenhang tusschen de deelen waaruit de bodem bestaat kleiner dan de stroomkracht van het water, dan zal de bodem in beweging geraken. Men moet zich deze stroomkracht van het water niet als bijzondere kracht voorstellen, welke het vermogen bezit specifiek zwaardere stoffen in water zwevende te houden; alle stoffen die zwaarder zijn dan water, trachten den bodem te bereiken, des te sneller naarmate zij zwaarder en kleiner zijn en de stroomsnelheid kleiner is, des te langzamer naarmate hare oppervlakte meer weerstand ondervindt en zij door kleiner verschil van soortelijk gewicht, minder sterk naar den bodem worden getrokken en door grooter snelheid van het water meer van de loodrechte richting worden afgeleid. Had men derhalve te doen met waterloopen, zooals men die zich wel voorstelt doch zooals zij er niet zijn, waarin

de waterdeeltjes onderling volkomen evenwijdige banen beschrijven, dan zouden alle stoffen hoe fijn ook verdeeld, mits zwaarder dan water zijnde, langzamerhand den bodem moeten bereiken en langs dezen worden voortbewogen. Zij verlaten den bodem bij de minste afwijking van de horizontale richting van den stroom om weder langs een boogvormigen weg den bodem te bereiken. Het is dezelfde oorzaak welke de deeltjes zwevende houdt: de verticale opwaarts gerichte ontbondene der werkelijke snelheid draagt de vaste stoffen; vermindert deze dan daalt het deeltje, neemt zij toe dan rijst het. Dit verklaart ook de groote afwisseling welke in het gehalte aan zwevende stoffen van het stroomende water steeds en overal wordt gevonden; van plaats tot plaats, van uur tot uur is de hoeveelheid verschillend en slechts een tal van waarnemingen kunnen de gemiddelde en de waarschijnlijke maxima- en minimacijfers doen kennen.

Hoe zwak de verticale stroom slechts behoeft te zijn om de fijne slibdeeltjes zwevende te houden, leeren de proeven van Schöne; zand wordt door een waterstroom gedragen indien de snelheid bedraagt $\sqrt[7]{\frac{d}{0,0134}}$ waarin $d =$ de middellijn der korrel.

In het volgende lijstje zijn de uitkomsten der proeven en der berekening opgenomen.

Verticale snelheid opwaarts in M.	Gemeten middellijn in mM.	Berekende middellijn $d = 0,0314 v^{7/11}$ mM.
0,0002	0,0106	0,0110
0,0004	0,0162	0,0175
0,00102	0,0325	0,0319
0,00210	0,0514	0,0503
0,00303	0,0628	0,0635
0,004	0,071	0,076
0,008	0,123	0,118
0,010	0,137	0,136
0,011	0,150	0,144
0,012	0,149	0,152

Volgens het onderzoek van Prof. A. C. Oudemans Jr. zijn de bestanddeelen der in zoutzuur onontleedbare vergruisde minerale stoffen van de Rijnslib te Pannerden zoo fijn en onregelmatig dat de afmetingen onder het mikroskoop moeielijk waren te bepalen; enkele stukjes uitgezonderd, waren de af-

metingen begrepen tusschen de grenzen 4 en 40 mikrons of 0,004 en 0,040 millimeter; met het omhulsel van koolzure kalk zouden zij als slibdeeltjes gedragen worden door verticale stroommen van ongeveer 1 à 2 millimeter per 1".

Bij eene werkelijke snelheid van 1 M. wordt door eene afwijking van de richting van 1 minuut reeds eene verticale ontbondene van ongeveer 3 millimeter verkregen, zoodat het geenszins behoeft te verwonderen, dat slibdeeltjes den bodem slechts nu en dan naderen of aanraken en niet over den bodem kunnen voortbewegen doch zwevende blijven.

Dr. Seelheim deed proeven op knikkers in verticale buizen, waardoor hij van beneden een waterstroom leidde; hij vond een vrij standvastige betrekking tusschen de middellijn van de kei en de stroomsnelheid waarbij zij zwevende blijft, namelijk $\frac{v}{d} = 20$.

Toen hij daarop overging tot het onderzoek bij welke stroomsnelheid fijne met 26 vlakken geslepen zandsteen over een horizontalen door fijn vast zand gevormden bodem worden bewogen, werd voor die verhouding nog minder en wel 18 gevonden.

Proeven door Blackwell in 1857 genomen (zie Min. of Proc. Inst. of Civ. Eng. vol. LXXXII p. 48) hebben daarentegen de theorie bevestigd, dat de inhouden en gewichten der stoffen evenredig zijn met de zesde machten of de lineaire afmeting en met de vierkanten der snelheden noodig om ze in beweging te brengen. Volgens Leslie is $a = 10,43 v^2$ waarin a de zijde eener kubus en v de snelheid.

In de werkelijkheid beweegt zich het zand echter minder gemakkelijk over zand zoowel wegens de wrijving als wegens de vereischte kracht om de zanddeeltjes die zich gezet hebben uit hun verband te rukken. Zoo bewegen zich de grintstukjes over de zandbodems onzer rivieren onder gansch andere omstandigheden als in bovengenoemde proef, omdat zij in den bewegelijken zandbodem zakken, terwijl de proeven genomen werden met een vasten bodem.

Het slibonderzoek in ons land leerde dat eigenlijk zand, afzonderlijke korrels van eenigszins aanzienlijke grootte, langs onze rivieren niet in zwevendend staat worden afgevoerd. Slechts plaatselijk, waar goede reden daarvoor kon bestaan, werden

zandkorrels gevonden. Bij een afzonderlijk onderzoek door den hoogleeraar Oudemans omtrent de samenstelling van de slib ingesteld, werden slechts in een der monsters afkomstig van het Pannerdensch kanaal, bij een waterstand van 13,35 M. + A.P. of 2,83 M. boven het zoogenaamde M.R. geschept, eenige zandkorrels gevonden en wel in de midden verticaal waar de grootste diepte is, doch niet nabij den bodem maar aan de oppervlakte, zoodat het zelfs zeer wel mogelijk is dat de korrels toevallig in den bak zijn geraakt.

Volgens de proeven van Du Buat worden stoffen over den bodem voortbewogen bij de volgende snelheden van het water op den bodem, als:

klei.....	bij 0,11 M. per 1"
fijn zand.....	" 0,19 " "
grof zand.....	" 0,33 " "
grint, fijne.....	" 0,16 " "
" kleiner dan erwten.....	" 0,22 " "
" als noten.....	" 0,47 " "
keien, kleiner dan 1 Par. duim.....	" 0,97 " "
hoekige steenen van de grootte van een kippenei.....	" 1,22 " "

Volgens Telford zijn deze snelheden:

voor vochtige slib 0,076 M.	voor kiezel 0,61 M.
" zachte klei.. 0,152 "	" keien 0,914 "
" zand..... 0,305 "	

Bij de bepaling van de vereischte snelheid van het water in aanvoerkanalen ter bevoeiing, ten einde het bezinken van zwevende stoffen te beletten, kan worden gelet op de volgende opgaven van Du Buat: Klei beweegt bij eene snelheid van 0,08 M., fijn zand bezinkt bij eene snelheid van 0,16 M., grof zand bij eene snelheid van 0,19 M. en is bij eene snelheid van 0,22 M. nog juist in rust.

De voorname vraag is echter welke de snelheid is langs de wanden; terwijl in den regel wordt aangenomen, dat de snelheid langs den bodem ongeveer 0,7 bedraagt van de gemiddelde of ongeveer 0,6 van de snelheid aan de oppervlakte, meende Lavale volgens Rapp, Unsere natürlichen Wasserläufe — dat de vermindering van snelheid zeer sterk is in de onmiddellijke nabijheid van den bodem, zoodat, indien de snelheid op 8 mM. afstand nog 0,67 M. bedraagt, deze op 4 mM. afstand slechts

0,60 M., op 2 mM. 0,53 M. en op 1 mM. slechts 0,37 M. is.

De gemiddelde snelheid, waarmede het zand in den regel golfsgewijze over den bodem beweegt, werd door Du Buat op 2 à 13 K.M. per jaar gesteld; Partiot vond op de Loire 2,24 M. per etmaal in de zomermaanden en 9 M. in de wintermaanden van 1858; Sainjon vond 2,62 M. à 10,28 M. per etmaal bij snelheden van 0,59 M. tot 1,015 M. Lechalas neemt aan, dat fijn zand geen grooter afstand dan 100 M. per etmaal aflegt. Sainjon stelt voor de snelheid van verplaatsing van het zand van de Loire $0,00013 (V^2 - 0,11)$ waarin V de snelheid van het water aan de oppervlakte; zij geldt alleen, indien V niet grooter is dan 1 M. Voor de hoeveelheid afgevoerd zand stelde hij $d = 0,00037 (W^2 - 0,25^2)$ waarin W de stroomsnelheid nabij den bodem, d de zandafvoer per M. bodembreedte; de formule geldt alleen voor $W < 0,55$ M., omdat het zand dan den bodem verlaat en voor $W > 0,25$ in welk geval de bodem in rust is.

Bij de grootste snelheid van het water waarbij de formule van toepassing is, zou de hoeveelheid per M. en per jaar bedragen 2838 M.³ Neemt men aan, dat deze hoeveelheid 0,0009 M.³ per 1" in beweging is, dan zou bij toepassing van de formule voor eene snelheid van $V = 1$ M., het zand zich met eene snelheid bewegen van 0,0001157 M. en zou er eene laag in beweging zijn ter dikte van 0,75 M. Daar dit cijfer zeer hoog is, bestaat er eerder kans dat de formule van Sainjon voor den afvoer te groote dan te kleine waarden geeft, omdat de formule voor de snelheid eene grootste waarde van 10 M. per etmaal oplevert, welke niet te ver blijft beneden de opgaven van anderen. Bij eene snelheid van 25 M. per etmaal zou er nog eene zandschijf ter dikte van ongeveer 3 d.M. in beweging zijn. De dikte van de bewegende zandlaag van den bodem is elders meermalen bepaald en wisselt volgens Hübbe af tusschen $2\frac{1}{2}$ en 6 c.M.

De beweging van zand over den bodem wordt nog toegelicht door de beweging van de zandplaat in den Amer bij den mond van het oude Maasje, die bij werking van den Baardwixschen overlaat zich ongeveer 500 à 700 M. benedenwaarts verplaatst om in het volgende jaar weder tot de oorspronkelijke plaats

terug te keeren. De snelheid van verplaatsing door het water van den Baardwijkschen overlaat is op ruim 20 M. per etnaal te stellen; voor den terugkeer door de getijden, waarvan de vloedstroom de sterkste is, daar in korten tijd ongeveer dezelfde massa water wordt verplaatst als met den ebstroom van langen duur terugkeert, is ongeveer het geheele jaar noodig; de gemiddelde verplaatsing per getijde bedraagt ongeveer 1 M.

Plaatselijk en tijdelijk zullen er grootere hoeveelheden in beweging zijn, kan ook zand den bodem verlaten en dientengevolge met grootere snelheid worden afgevoerd, doch kan het meerdere slechts ontleend worden aan het rivierbed zelf, om ergens benedenwaarts, waar de oorzaak van de uitschuring ophoudt, weder tot den bodem terug te keeren. In het algemeen kan men aannemen, dat de onregelmatige beweging van het water, die de verticaal ontbondene der snelheid het meest doet afwisselen en dus plaatselijk den afvoer van vaste zwevende stoffen doet aangroeien, met de snelheid van het water toeneemt, grooter is bij hooge dan bij lage waterstanden, grooter is bij wassende dan bij vallende rivier en het grootst is nog vóór de snelheid haar maximum bereikt.

Is de beweging van het water zeer regelmatig, dan zal de snelheid van de zwevende waterdeeltjes weinig van de snelheid van het water verschillen; bij onregelmatige beweging zullen de snelheden van de vaste stoffen en van het omringende water voldoende kunnen verschillen om de onderstelling dat beide gelijk zijn ter berekening van den totalen afvoer van vaste stoffen minder juist te doen zijn.

§ 2. **Opgeloste stoffen.** De hoeveelheid opgeloste stoffen bedraagt volgens Jhr. Mr. van Riemsdijk:

in regenwater, in den regel.....	10 mgr. per L. soms slechts sporen
in het water van het Zwartewater....	155 " " "
" " " " den Krommen Rijn..	200 " " "
" " " " den Vaartschen Rijn.	230 " " "

Volgens Verstraeten bevat regenwater dikwijls tot $\frac{1}{40}$ van zijn volume aan gassen, aan organische stoffen 10 à 25 mgr. en aan zouten van 10 tot 30 mgr. te zamen ongeveer 30 à 40 mgr. vaste stoffen per liter. Spring en Prost vonden in het Maaswater te Luik in het jaar 1882—1883, gemiddeld 163 mgr.

per liter opgelost; het maximum werd bij lagen waterstand bereikt en bedroeg den 18 Juli aldaar 279 mgr.; het minimum werd bij de sterkste was den 28 December 1882 waargenomen en bedroeg 86,2 mgr. per liter. Dit verschijnsel is gemakkelijk te verklaren, daar bij sterke was de regenwateren langs den kortsten en snelsten weg de hoofdrivier bereiken, terwijl bij langdurige droogte het rivierwater geheel uit bron- en grondwater bestaat dat slechts zeer langzaam de rivier bereikt, na veel stoffen uit den bodem te hebben opgelost.

Bij het bewegen in een open water neemt de hoeveelheid opgeloste stoffen af; Chandelon toonde aan hoe de hoeveelheid verminderde in het water van het Kempenkanaal; het bevatte:

220	mgr.	aan den voedingsduiker te Hocht.
202	"	te Bocholt, 39 KM. verder.
104	"	te Pierre bleue, 30 " "
65 $\frac{1}{2}$	"	te Arendonck 15 " "

Volgens mededeeling van Prof. Oudemans is voor de hoeveelheid opgeloste stoffen gevonden:

in de Aar.....	216 mgr.	in den Rijn bij Emmerik	289 mgr.
" den Rijn bij Basel....	166 "	" " " " Arnhem.	159 "
" " " " Straatsburg	232 "	" de Maas " Grave...	127 "

In het Elbewater wordt bij Lobovitz gemiddeld per jaar afgevoerd, 104 mgr. per L. opgeloste stoffen. Het gehalte wisselde van gemiddeld 129 mgr. per maand als maximum in Augustus tot 82 mgr. als minimum in Januari en December.

In het Donauwater bij Greifenstein werden gemiddeld 172 mgr. opgeloste stoffen per liter gevonden, waarvan 210 mgr. per maand als maximum in Februari en 139 mgr. per maand als minimum in Juli.

In het bij den lagen waterstand van 19 Januari 1882 geschepte water werd door Dr. Seelheim gevonden:

210,3	mgr.	in het water van de Lek..	te Culemborg.
206	"	" " " " " " " " " " " "	Waal. " Zaltbommel.
en 312	"	" " " " " " " " " " " "	Linge " Geldermalsen.

Het water van de Linge is grondwater dat een langeren weg door den bodem heeft afgelegd en dat derhalve meer opgeloste stoffen moet bevatten dan het Rijnwater bij lagen waterstand.

Door de heeren Spring en Prost werd voorts onderzocht

welke hoeveelheid zuurstof het rivierwater te Luik bevat; zij vonden eene volmaakte overeenstemming tusschen zuurstofgehalte en waterstand. In de hooge oppervateren van November en December 1882 werd resp. 15,140 en 15,720 L. per M³. gevonden en bij den lageren stand tusschen beide in, den 22 December 1882, 7,720 L.; het minimumgehalte werd den 19 Aug. 1883 gevonden en bedroeg 3,780 L.; het gemiddeld gehalte was 8,94 L. per M³. Het water is verzadigd met 41 L. per M³. bij 0°, 30 L. per M³. bij 10° en 20 L. bij 20° C. Bij hoog oppervater verzadigen zich de regendroppels met de zuurstof der lucht en maken het rivierwater derhalve rijker aan zuurstof, dat bij lageren waterstand wordt verbruikt om de organische stoffen te verteren.

In de Maas te Luik werd voor de hoeveelheid organische stoffen een gehalte gevonden van 13,392 mgr. per liter als maximum in November 1882 bij hoogen waterstand en van 0,338 mgr. per liter als minimum in Mei 1883. Beide opgeloste en organische stoffen wisselden van den eenen dag tot den anderen sterk doch in het algemeen volgt het gehalte den waterstand. De hoeveelheid opgeloste stoffen wisselt, afgezien van de dagelijksche veranderingen, echter minder dan het gehalte aan zwevende stoffen.

De dagelijksche veranderingen toonen aan dat het water der rivier niet homogeen is; vermoedelijk vermengen de verschillende wateren die den afvoer vormen — van de rivier zelve, de nevenrivieren, het regenwater en het grondwater — zich zeer langzaam. Bij het inlaten van water zal men ook uret het oog op de organische stoffen trachten een dag te kiezen waarop het wassen der rivier het snelst plaats heeft vóór de snelheid der rijzing gaat verminderen; zulk eene keuze is in ons land gemakkelijk omdat uit de waarnemingen welke in de dagbladen openbaar gemaakt worden het geschikte oogenblik tijdig bepaald kan worden.

De opgeloste stoffen bestaan voornamelijk uit koolzure kalk met een merkbaar gehalte aan chloorverbindingen. De samenstelling is zeer constant; volgens Spring en Prost maken de silicaten, welke trouwens slechts in geringe hoeveelheid aanwezig zijn, hierop eene uitzondering; zij zijn in den winter in

6 maal sterkere hoeveelheid vertegenwoordigd dan in den zomer; (7,2 en 1,2 % gebonden kiezel), daarentegen bedroeg de hoeveelheid chloor 4,300 m.gr. per liter bij hoogwater in Dec. 1882 en 7,800 m.gr. in Aug. 1883 bij laag water; de magnesium-verbindingen zijn 2 à 3 maal talrijker in den zomer; Mg.O. maakte in Juni en Juli 7,32 en 7,90 % en in November 1882 en 1883 slechts 2,43 of 3,52 % uit.

Zooals bekend is, neemt het zoutgehalte van het zeewater door verdamping toe; in de rivieren is zulks onmogelijk omdat de hoeveelheid opgeloste stoffen te klein is; zeer sterke verdamping zou daartoe zelfs niet in staat zijn. Wel zou de hoeveelheid plaatselijk kunnen toenemen waar afval van steden en van bewoonde plaatsen wordt aangevoerd, doch in den regel zal de hoeveelheid verminderen. Volgens Prof. Oudemans zullen sommige opgeloste stoffen zich door vermindering van het koolzuurgehalte van het water hieruit kunnen afscheiden.

Eenige analyses van de in Rijn- en Maaswateren opgeloste stoffen volgen hieronder:

Analyse van Dr. Seelheim in m.gr. per L

	Lek te Culemborg.	Waal te Zaltbommel.
Koolzure kalk.....	92	87
Koolzure magnesia.....	38	37
Zwavelzure kalk.....	42	45
Aluinaarde en ijzeroxyde.....	5	5
Natrium.....	6	6
Kalium.....	0,3	—
Chloor.....	10	10
Kiezelzuur.....	7	7
Organische stof.....	10	9

Totaal 210,3 206

Waterstand (water vallend)..... 2,85 M. + A. P. 3,14 M. + A. P.

BEPALINGEN DOOR SPRING EN PROST VAN HET MAASWATER TE LUIK 1882/1883.

Gemiddeld gehalte in procenten van het totaal.

Kiezel (van de silicaten).....	2,67	%
Zwavel (van de sulfaten).....	4,13	"
Chloor (van de chloorverbindingen).....	3,62	"
Koolzuur, vrij en gebonden.....	26,02	"
IJzer (van de silicaten) {.....	0,95	"
Aluminium (idem).....		
Calcium (van Ca C O ³ enz.).....	27,3	"
Magnesium (van Mg C O ³ enz.).....	2,54	"
Potassium (van de zouten).....	0,82	"
Sodium (van Na Cl).....	2,09	"
Lithium.....	0,05	"
Stikstof (uit de salpeterzure verbindingen).....	0,61	"

§ 3. **Zwevende stoffen.** De door de Nederlandsche rivieren meegevoerde slib is geen mechanisch mengsel van de hoofdbestanddeelen die er in voorkomen, namelijk van koolzure kalk, kiezelzure aluinaarde, onontleed mineraal en organische stof, doch bestaat, wat de hoofdmassa betreft, uit eene innige vereeniging dier stoffen. De aard dier stoffen kan men zich, volgens Prof. Oudemans, aldus voorstellen:

Aanvankelijk zweefden in het water deeltjes onontleed mineraal (kiezelzuur in vergruisden toestand) en verweerd mineraal (kiezelzure aluinaarde) van ongeveer gelijk soortelijk gewicht; het water, dat betrekkelijk rijk was aan vrij koolzuur, hield koolzure kalk opgelost, die zich bij verlies van koolzuur aan de vaste zwevende korreltjes afzette; daarbij vonden organische stoffen gelegenheid zich uit het water af te zetten, zoodat kleine aggregaten ontstonden, waarvan de kern uit kiezelzure zouten bestaat en de omtrek meer uit koolzure kalk is samengesteld. Door slibben zijn deze bestanddeelen niet te scheiden.

Het soortelijk gewicht, dat weinig uiteenloopt, kan gemiddeld op 2,34 gesteld worden, indien het slib luchtdroog is, in welken toestand het nog ongeveer 2^o/_o water bevat; volgens het onderzoek van Hübbe¹ (zie Erbkamm's Z. f. d. B 1864 blz. 309) is het soortelijk gewicht van volkomen droog Elbeslib 2,43. De rivierslib, zooals zij in de werkelijkheid voorkomt met 50 gewichtsprocenten water vermengd, heeft een soortelijk ge-

¹ Door Prof. Oudemans is het soortelijk gewicht van meer of min versehe slib, zooals zij zich langs de rivieren bij hoogwater heeft afgezet, nader onderzocht, waarbij werd bevonden:

Rivier.	Aard der slib.	Watergehalte in volume procenten.	soortelijk gewicht.
Waal.....	boterachtige massa	49,6	1,47
Afgedamd Scheur	min of meer elastisch	47,4	1,52
IJssel.....	idem	43,7	1,57
Nieuwe Maas...	idem	35,1	1,71
Doorgraving....	idem	29,5	1,78
terwijl na indroging bij zeer zachte warmte werd bevonden:			
IJssel.....	inmengselen van plantaardigen aard en tusschenruimten.	?	1,43
Afgedamd Scheur	idem	?	1,53
Waal.....	zuiver. samenhangend	?	1,62

Op grond van de laatste waarnemingen meent Prof. Oudemans dat voor slib, tot eene samenhangende massa opgedroogd, 1,60 als soortelijk gewicht kan worden aangenomen.*

wicht van 1,417; is de slib tot dikke slib vervormd, die zich echter nog niet in bepaalde vormen laat kneden, dan is het watergehalte 47 0/0, het soortelijk gewicht 1,453;

van natte klei.....	is het watergehalte 38 0/0, het soortelijk gewicht 1,575
" vette klei.....	" " " 33,7 " " " " 1,64
" taai klei.....	" " " 31,0 " " " " 1,684
" stijve klei, zeer moeilijk te bewerken.....	" " " 29,0 " " " " 1,717
" harde klei, voor vormen onbruikbaar.....	" " " 21,6 " " " " 1,878

Grooter soortelijk gewicht wordt niet verkregen. Wordt de slib dunner met meer dan 54 0/0 water vermengd, dan scheidt zich de slib in den toestand van rust van het water af.

Volkomen droge slib heeft in fijngewreven toestand 57 0/0 tusschenruimten; het soortelijk gewicht is dan 1,045.

Met een kunstmatig mengsel van slib en water kon Hübbe geen grooter soortelijk gewicht dan 1,86, gelijk staande met dat van harde klei, verkrijgen.

Zooals vroeger is medegedeeld, worden afzonderlijke zandkorrels in de slib niet gevonden, en slechts bij uitzondering in onze rivieren zwevend afgevoerd. Volgens de onderzoekingen van Prof. Oudemans bestond de Rijnslib te Pannerden op 6 verschillende dagen telkens op 17 verschillende punten van het profiel, procentisch uit de volgende bestanddeelen; de waterstanden aan de peilschaal te Pannerden zijn bijgevoegd.

Waterstanden in M. + AP.....	9,61	9,76	9,80	11,26	12,06	13,35
	min. 33,0	30,3	27,6	17,3	12,0	13,6
Koolzure kalk en ijzeroxyde.	gem. 36,6	38,5	37,8	22,3	16,1	15,5
	max. 39,6	45,0	53,8	32,1	18,5	17,5
	min. 5,8	4,6	4,3	7,6	7,4	6,8
Organische stof.....	gem. 8,3	8,0	7,9	8,7	9,0	7,6
	max. 14,0	11,7	15,6	10,3	13,1	8,6
IJzerhoudende kiezelzure aluinaarde.....	} min. 50,3 } gem. 55,0 } max. 60,2	} min. 46,8 } gem. 50,6 } max. 63,6	min. 11,4	} min. 65,8 } gem. 69,3 } max. 73,9	min. 14,8	min. 18,3
			gem. 20,1		gem. 29,1	gem. 27,9
			max. 35,0		max. 36,2	max. 33,2
Onontleed mineraal.....	} min. 21,4 } gem. 34,1 } max. 46,0	} min. 35,8 } gem. 45,3 } max. 60,3	min. 21,4	} min. 35,8 } gem. 45,3 } max. 60,3	min. 40,6	min. 48,4
			gem. 34,1		gem. 48,4	
			max. 46,0		max. 57,4	
Zandkorrels.....	geene	geene	geene	geene	geene	in één van de 17 punten 3 0/0.

Uit dezen staat blijkt, dat de samenstelling der slib op hetzelfde oogenblik in eenzelfde dwarsprofiel zeer verschillend is en dat dit verschil het kleinst is bij de hoogste waterstanden. Deze uitkomst is niet te verwonderen, omdat de oorzaken die de stoffen zwevende houden, elk deeltje een eigen baan doen beschrijven, waarvan de richting afhangt, niet alleen van de in eenzelfde profiel afwisselende omstandigheden, doch bovendien van vorm en gewicht van het deeltje. Eene gelijke samenstelling der zwevende stoffen kou niet verwacht worden.

Te Pannerden werd beproefd tevens de snelheid van het water te bepalen en te onderzoeken of er verband bestaat tusschen de samenstelling van en het gehalte aan slib met de snelheid. Zulk verband werd niet gevonden, wat weder niet te verwonderen is, omdat de onregelmatigheid der beweging, welke aan de waarneming ontsnaapt, van grooten invloed is.

De cijfers leerden dat het gehalte aan koolzure kalk en ijzeroxyde bij hoogere waterstanden kleiner is dan bij lagere en dat omgekeerd het gezamenlijk gehalte aan ijzerhoudende kiezelzure aluinaarde en onontleed mineraal met het verhoogen van den waterstand toeneemt. Ook deze uitkomst is in overeenstemming met de onderstelde samenstelling der slibdeeltjes.

Door de heeren Spring en Prost werd te Luik eveneens gevonden, dat de chemische samenstelling der Maasslib zeer merkbaar met den waterstand verandert; terwijl het zandgehalte kleiner is bij hoogen waterstand dan bij laagwater, vermeerdert de hoeveelheid kiezelzure aluinaarde bij het rijzen van den waterstand. Onder zand moeten hier de fijne samenstellende deeltjes van de slib worden verstaan.

Bij den vloed van November 1882 werd in de slib 25% zand en 20% ijzeroxyde en aluinaarde gevonden; in de laagwaterperiode van Juli tot September 1883 was het gehalte aan zand 32%, aan ijzeroxyde en aluinaarde 16%; de sommen bedroegen 45 en 48%. Vormde het zand fijne afzonderlijke korreltjes in plaats van bestanddeelen der boven omschreven innige verbinding, dan zou het zandgehalte bij hooge oppervlakten grooter gevonden zijn.

Het meest wisselde het kalkgehalte met den waterstand; het minimum bedroeg 1,77% bij zeer hoogen waterstand in De-

cember 1882; het maximum 9,66 ‰ aan het einde der lage zomerstanden in 1883. De heeren Spring en Prost schrijven dit daaraan toe, dat de kalk fijner verdeeld is en derhalve bij de lagere waterstanden in betrekkelijk grooter hoeveelheid zwevende kan blijven.

GEMIDDELDE SAMENSTELLING DER ZWEVENDE STOFFEN IN HET MAASWATER
TE LUIK IN 1882/83.

Zand	29,5 ‰	(niet als afzonderlijke zandkorrel voor te stellen).
Gebonden kiezel. 11,5 "		Aluminium 6,9 ‰.
Zwavel 1,0 "		Mangaan 0,2 "
IJzer 4,5 "		Calcium 4,0 "
		Magnesium 0,6 "

Van 13 November 1882 — 13 November 1883 werd door onderzoek van het dagelijks te Luik geschepte water gevonden, dat door het Maaswater in dat jaar werden meegevoerd 238 miljoen K. G. zwevende, 1082 miljoen K. G. opgeloste en 22 miljoen K. G. organische stoffen, te zamen 1320 miljoen K. G. vaste stoffen.

De uitkomsten zijn op plaat XLIV voorgesteld.

De meest waarschijnlijke samenstelling dezer stoffen is aldus:

Silicaten	189	miljoen KG.	of 14,3 ‰.
Gyps	201	" " "	15,2 "
Chloorsodium	58	" " "	4,4 "
Chloormagnesium	109	" " "	8,2 "
Koolzure magnesia	10	" " "	0,8 "
Kalkverbindingen	614	" " "	46,5 "
Zand	70	" " "	5,3 "
Mangaan-peroxyde	$\frac{1}{2}$	" " "	0,05 "
Verschillende stoffen	46	" " "	3,5 "
Organische stoffen	21	" " "	1,7 "
		1320 miljoen KG.	100,0

Aan de absolute cijfers kan slechts zeer geringe waarde worden toegekend, omdat aan de afvoerbepalingen vermoedelijk te weinig zorg is besteed en de uitkomsten te zeer verschillen van die van de waarnemingen binnen onze grenzen met meer zorg gedaan.

De verandering van de samenstelling van de slib met den waterstand deed de vraag rijzen of de slib gedurende de beweging langs de rivieren binnen onze grenzen van aard ver-

andert; eenige monsters tot dezelfde watermassa behoorende, op achtereenvolgende dagen op verschillende punten der rivieren geschept, werden verzameld en onderzocht.

Het onderzoek leerde hieromtrent niet veel; het kan echter niet als afdoende beschouwd worden omdat het op te kleine schaal onder te weinig verschillende omstandigheden heeft plaats gehad en voor zoo ver de Maasslib betreft geheel is mislukt. De veranderingen in samenstelling van de slib schijnen met den afstand der plaatsen van waarneming onderling niet toe te nemen. De uitkomsten der analyses van Prof. Oudemans zijn in procenten de volgende:

Rijn en Lek.

Lobith. Pannerden. Arnhem. Wijk bij Drst. Schoonh.

a. Waterstand te Pannerden 11,66 M. + AP.

In verdund zoutzuur oplosbaar	Water	2,0	27,4	1,9	23,7	2,3	29,6	2,0	23,0	2,0	21,0
	Koolzure kalk	21,1		17,8		22,3		17,6		16,8	
	Koolzure magnesia	0,8		1,2		2,4		1,6		0,8	
	IJzeroxyde en sporen aluinaarde	3,5		2,8		2,6		1,8		1,4	
in verdund zoutzuur onoplosb.	Organische stof	8,4	73,4	8,0	77,7	10,1	70,6	7,9	71,8	9,0	77,3
	IJzerhoudende kiezelzure aluinaarde (klei)	13,3		13,9		15,2		13,9		15,0	
	Onontleed mineraal	51,7		55,8		45,3		50,0		53,3	

b. Waterstand te Pannerden 11,85 M. + AP.

in verdund zoutzuur oplosbaar	Water	1,8	30,2	2,0	37,2	2,3	34,4	1,8	27,5	2,3	16,9
	Koolzure kalk	28,4		26,4		29,2		22,6		13,8	
	Koolzure magnesia	sporen		sporen		sporen		1,8		0,8	
	IJzerox. en sporen aluinaarde	"		8,8		2,9		1,3			
in verdund zoutzuur onoplosb.	Organische stof	7,4	68,7	8,1	63,8	8,4	67,6	10,6	71,0	8,1	82,3
	IJzerhoudende kiezelzure aluinaarde	14,9		9,3		14,4		16,4		14,2	
	Onontleed mineraal	46,4		46,4		44,8		44,0		60,0	

M a a s.

Venlo.

Alem.

Waterstanden te Venlo: 11,18 M. + AP. 12,63 M. + AP. 12,26 M. + AP. (dag vóór de schepping)

in verdund zoutzuur oplosbaar	Water	1,8	29,6	2,0	16,2	2,2	19,8
	Koolzure kalk	27,8		14,2		17,6	
	Koolzure magnesia	sporen		sporen		sporen	
	IJzerox. en sporen aluinaarde	sporen		sporen		sporen	
in verdund zoutzuur onoplosb.	Organische stof	16,0	70,4	11,2	81,9	8,0	77,4
	IJzerhoudende kiezelz. aluinaarde (klei)	54,4		14,8		15,4	
	Onontleed mineraal			55,9		54,0	

De waterschepping te Alem geschiedde toen de waterstand aldaar even onder den invloed was van de ingetreden was op de bovenrivier.

Wanneer men uit deze analyses de samenstelling van de Rijn en de Maasslib onderling vergelijkt, dan schijnt het voornaamste verschil gelegen te zijn in een grooter gehalte aan koolzure kalk en magnesia van de Rijnslib, behalve bij lagen waterstand op de Maas, terwijl de Maasslib daarentegen meer organische stof en ontleed mineraal bevat.

De samenstelling der rivierklei verschilt van die der rivierslib vrij belangrijk. Volgens de analyse van Dr. Seelheim is de vette klei van de Betuwe te Echteld, 2 M. onder de oppervlakte na droging bij 100° C., aldus samengesteld:

	} door zoutzuur ontleedbaar gedeelte.	Kieselzuur	10,70	%.	
		Aluinaarde.....	6,73	"	
		IJzeroxyde.....	spoor.		
		IJzeroxydul.....	2,68	"	
		Mangaan.....	spoor.		
		Kalk.....	0,84	"	
		Koolzure kalk.....	0		
		Magnesia.....	0,09	"	
		Kali.....	0,33	"	
		Natron.....	0,14	"	
		Zwavelzuur.....	0,02	"	
		Phosphorzuur.....	0,16	"	
				21,69	%.
		} door kalium-bisulphaat ontleedbaar gedeelte	Kiezeldure aluinaarde.....	44,63	"
	Kwartzsand met onoplosbaar gesteentegruis.....		23,39	"	
	Organische stof en water.....	10,29	"		

De koolzure kalk en ijzeroxyde van de Rijnslib worden ter nauwernood gevonden; de hoeveelheid van het ontleed mineraal, het kwartzsand enz., is eveneens sterk verminderd; daarentegen is het gehalte aan kiezelzure aluinaarde zeer veel grooter dan in de Rijn- of Maasslib.

Merkwaardig ter vergelijking is de analyse van Dr. Seelheim van het op eene diepte van 11 M. te Papendrecht aanwezige donkergrijze alluviaalzand. Voor de totale hoeveelheid van de door zoutzuur ontlede kiezelzuur en aluinaarde (waarvan 17,43 % in de Betuweklei) wordt 2,75 % gevonden; in plaats van 0,84 % aan kalk en koolzure kalk in de Betuweklei wordt

5,61 % aan deze stoffen gevonden; in plaats van 44,63 % wordt slechts 3,52 % gevonden aan de niet door zoutzuur ontlede kiezelzure aluinaarde; eindelijk bevat het alluviale zand 72,34 % aan kwartzand met onoplosbaar gesteentegruis, terwijl de alluviale klei hiervan slechts 23,39 % bevat en is het gehalte aan organische stoffen van 10,29 % in de klei tot 14,78 % in het zand toegenomen. De Pannerdensche rivierslib is wat het gehalte aan kiezelzure aluinaarde en onontleedbaar mineraal betreft, tusschen de beide alluviale bezinksels gelegen.

Het is na het nauwgezet onderzoek van den hoogleraar Oudemans niet aan te nemen dat de rivierslib zich door bezinking gedurende de beweging langs onze rivieren in alluviaal zand en klei laat scheiden; waarschijnlijk is het eerder dat de slijting en verdere verbrijzeling der slibdeeltjes ook op ons grondgebied voortgaat en dat zulks vooral in vroegere eeuwen het geval is geweest, toen de benedenrivieren nog in gansch andere omstandigheden verkeerden en dat het alluviale zand voorts een mengsel is van slib en zand. Uit het gebleken verschil in samenstelling van de rivierslib op de verschillende punten van een zelfde profiel onder gelijke omstandigheden, van de slib op eene zelfde plaats op verschillende tijdstippen bij hoogere en lagere waterstanden, is af te leiden dat de rivierslib geene vaste samenstelling bezit en derhalve alluviën van veranderlijke samenstelling zal vormen. Bovendien zal de rivierslib bij den overgang van slib tot begroeiide rivierklei groote veranderingen ondergaan, waarvan de kennis de moeite en kosten aan het onderzoek verbonden wel waard zou zijn. ¹

¹ Eenige monsters min of meer versche slib door het rivierwater bij hooger stand afgezet, werden door Prof. Oudemans onderzocht en leverden de volgende uitkomsten op:

Slib verzameld langs	Oplosbaar in zoutzuur hoofdzakelijk koolzure kalk	Organische stoffen	Silicaten en fijn zand
de Waal.....	30,45 %	4,87 %	64,86 %
het afgedamd Scheer.....	31,90 "	7,51 "	60,59 "
den IJssel.....	25,92 "	7,02 "	67,06 "
de Nieuwe Maas.....	15,57 "	4,12 "	79,31 "
de Doorgraving.....	16,97 "	3,71 "	79,32 "

Het gehalte aan zand was langs de Waal ongeveer gelijk 0, de slib aan den IJssel bevatte er betrekkelijk weinig van, terwijl de monsters van de Nieuwe Maas en Doorgraving betrekkelijk het rijkst daaraan waren. Opmerkelijk was het dat dit zand uitermate fijn was, veel fijner dan het bij de bepalingen van zwevende slib was waargenomen.

De waarnemingen te Luik leeren de verschillende samenstelling van de Maasslib aldaar gedurende de verschillende tijdperken van het jaar zeer goed kennen.

Procentische samenstelling der zwevende slib na droging tot 110°.

	13 Nov. 82.	3-23 Dec. 82.	24 Dec. 82.	14 Jan.	24 Feb.	1 Juli.	25 Sept.	30 Oct.
	2 Dec. 82.	82.	13 Jan. 83.	23 Feb.	30 Juni.	24 Sept.	29 Oct.	12 Nov. 83.
Gemid. waterstand.	61,74	60,41	61,33	59,76	59,45	59,41	59,83	59,78
Gebonden kiezel...	32,04	27,33	27,05	22,55	17,70	11,09	15,41	29,12
Kwarts	25,28	19,20	35,73	27,53	27,88	31,70	34,24	26,80
IJzeroxide.....	6,64	7,51	6,53	6,63	4,37	5,44	6,66	6,23
Aluinaarde.....	13,57	11,32	14,03	13,58	8,94	10,61	10,34	11,43
Mangaan peroxyde..	0,32	0,44	0,19	0,46	0,41	0,41	0,26	0,19
Kalk.....	3,40	9,33	1,97	4,41	6,38	9,25	9,66	6,35
Magnesia.....	0,93	0,82	1,42	1,00	1,02	1,07	0,95	1,01
Zwavelzuur (anhydride snlfurique).	2,76	6,86	1,72	2,96	3,82	2,85	2,20	1,94
Verlies.....	14,74	—	11,18	20,48	28,99	27,24	20,08	16,65

§ 4. Hoeveelheid zwevende vaste stoffen. Het rivierwater, dat niet tot eene homogene massa vermengd langs onze rivieren afstroomt, voert ook geene slib van homogene samenstelling met zich; in elk punt van het dwarsprofiel, op elke plaats langs de rivier en op elk tijdstip wordt voor elke scheping eene bijzondere samenstelling van de meegevoerde stoffen gevonden.

Het is derhalve niet te verwonderen, in verband met de vroegere mededeelingen dat ook de hoeveelheid per eenheid van volume van het afgevoerde water, overal en altijd verschilt. Toch bevestigden de waarnemingen het bekende verband tusschen het slibgehalte en den waterstand.

Uit de Nederlandsche waarnemingen en de waarnemingen in 1882/83 te Luik gedaan, zijn de volgende staten getrokken.

Gemiddeld slibgehalte per jaar in milligrammen per liter.

	1879.	1880.	1881.	1882.	1883.	1884.	1885.	Gem.
Waal te Nijmegen.....	75	85	88	115	123	80 ¹ / ₂	—	98
" " St. Andries.....	75	75	60	67	56	41	—	62
Pannerdensch kanaal.....	62	71	49	60	49	37.	49	54 ¹ / ₂
IJssel te Westervoort.....	—	63.	46	72	54	38	—	56
Nederrijn te Arnhem.....	—	—	—	—	53 ¹ / ₂	36	—	—
Maas te Luik..... (13 Nov. 1882—12 Nov. 1883)					43			
" " Maastricht.....	—	—	61	137	94	100	85	99

¹ Over de jaren 1880—1885 was het gemiddeld slibgehalte 54,5 mgr. per L.

Kleinste slibgehalte in milligrammen per liter.

	1879.	1880.	1881.	1882.	1883.	1884.	1885.
Waal te Nijmegen.....	6,5	12,5	10,5	15,2	37,2	16,7	—
„ „ St. Andries.....	10,2	15,8	7,9	5,8	12,7	10,9	—
Merwede te Gorinchem.....	10,8	20,9	10,1	14,6	—	—	—
„ „ Dordrecht.....	4,9	7,0	8,0	1,5	—	—	—
Pannerdensch kanaal.....	2,5	4,3	8,3	7,7	7,3	7,0	9,5* *drijf
Nederrijn te Arnhem.....	—	—	—	—	8,4	9,2	— ijs.
Lek te Krimpen.....	28,4	17,3	15,4	16,7	—	—	—
Nieuwe Maas te Hoek v. Holl.	16,9	20,3	10,3	12,6	—	—	—
IJssel te Westervoort.....	17,2	8,4	8,3	6,7	14,5	13,5	—
„ „ Kampen.....	9,8	10,1	6,0	10,1	8,9	9,1	—
Maas te Luik.....	—	—	—	1,56	—	—	—
„ „ Maastricht.....	5,2	3,5	5,5	6,4	8,1	6,6	9,1
„ „ St. Andries.....	13,7	13,7	12,0	10,3	8,8	10,5	—
Zijpe.....	26,2	15,2	16,9	11,9	—	—	—

Grootste slibgehalte in milligrammen per liter.

	1879.	1880.	1881.	1882.	1883.	1884.	1885.
Waal te Nijmegen.....	317,7	255,7	411,8	290,0	510,6	259,1	—
„ „ St. Andries.....	193,2	259,6	336,8	334,0	180,4	97,9	—
Merwede te Gorinchem..... ¹	1174,1	1933,2	950,2	376,2	—	—	—
„ „ Dordrecht.....	346,9	227,4	194,1	381,9	—	—	—
Pannerdensch kanaal ²	219,5	280,4	319,6	248,8	168,5	116,3	249,2
Nederrijn te Arnhem.....	—	—	—	—	190,5	110,7	—
Lek te Krimpen.....	254,8	176,8	167,7	152,5	—	—	—
Nieuwe Maas te Hoek v. Holl. ³	194,8	794,0	633,3	792,5	—	—	—
IJssel te Westervoort.....	140,6	207,0	289,2	260,4	150,0	108,1	—
„ „ Kampen.....	92,3	349,1	135,9	455,9	94,6	85,1	—
Maas te Luik.....	—	—	—	417,0	—	—	—
„ „ Maastricht.....	163,2	255,0	192,1	598,0	302,1	345,7	265,1
„ „ St. Andries.....	97,4	275,0	286,4	215,7	96,3	66,6	—
Zijpe.....	646,0	1198,0	862,4	556,7	—	—	—

Het onderzoek van den ingenieur Lely leerde dat de invloed van den waterstand op het slibgehalte door de volgende betrekkingen is aan te geven; waarin S het slibgehalte en h de waterstand aan de peilschaal voorstellen.

Voor het Pannerdensch kanaal door $S_p = -129,2 + 16,2 h_p$ bij waterstanden tot ongeveer 13 M. + A.P. te Pannerden.

Voor de Waal te Nijmegen door $S_n = -95,2 + 19,3 h_n$ bij waterstanden tot ± 12 M. + A.P. te Nijmegen.

¹ Te Gorinchem eenig zand en grintzand.

² Grootste slibgehalte in 1874 331,8.

³ Er werd gebaggerd.

⁴ Opvolgend cijfer 313,3.

Voor de Waal te St. Andries. door $S_{st.a} = -16,9 + 13,7 h_{st.a}$ bij waterstanden tot $\pm 6,50 M. + A.P.$ te St. Andries.

Voor den IJssel te Westervoort door $S_w = -117,3 + 16,7 h_w$ bij waterstanden tot $\pm 13 M. + A.P.$ te Westervoort.

Voor den IJssel te Kampen door $S_k = -73,0 + 11,6 h_w$ bij waterstanden tot $\pm 13 M. + A.P.$ te Westervoort.

Voor de Maas te Maastricht... door $S_m = -24,4 + 14,7 (h_m - 42,24)^2$ bij alle waterstanden te Maastricht.

De waarnemingen langs de Rijutakken zijn door den waterstand tot een zelfde peilschaal te herleiden, waarvoor die te Pannerden gekozen is, onderling vergelijkbaar te maken; de formules worden dan:

Voor Pannerden.....	$S_p = -1292 + 162 h_p.$
„ Nijmegen.....	$S_n = -1660 + 229 h_p.$
„ St. Andries (Waal).....	$S_{st.a} = -1010 + 137 h_p.$
„ Westervoort.....	$S_w = -1218 + 156 h_p.$
„ Kampen.....	$S_k = -762 + 101 h_p.$

welke betrekkingen op plaat XLIV door lijnen zijn voorgesteld.

De slibgehalten blijken voor Pannerden, St. Andries (Waal) en Westervoort ongeveer gelijk te zijn; te Kampen is het gehalte bij hoogere standen kleiner dan te Westervoort; te St. Andries op de Waal is het gehalte veel kleiner dan te Nijmegen, dat evenzeer grooter is dan dat te Pannerden.

Te Arnhem gaven 61% der waarnemingen een grooter gehalte dan te Westervoort; het verschil tusschen Rijn en IJssel is echter klein, vooral in verhouding tot het verschil tusschen de Waal te Nijmegen en het Pannerdensch kanaal te Pannerden.

De waarnemingen te Krimpen gaven bij waterstanden van $12 \text{ à } 13 M. + A.P.$ te Pannerden weinig verschil in slibgehalte met Pannerden; bij lageren waterstand is het slibgehalte te Krimpen grooter, bij hoogere standen kleiner. Dit laatste is het gevolg van de werking der getijstroomen, die bij lagen waterstand op de bovenrivier het slibgehalte op de benedenrivier doen toenemen en bij afvoer van opperwater sterk in kracht verminderen.

Te Dordrecht zou ten opzichte van St. Andries het omgekeerde verschijnsel doch met minder zekerheid zijn af te leiden.

Te Gorinchem werden bij vergelijking met St. Andries zeer hooge slibgehalten waargenomen. In overeenstemming met de

vorige beschouwingen is aan te nemen dat op de beide plaatsen met aanzienlijk slibgehalte, Nijmegen en Gorinchem, lokale vermeerdering ten gevolge van den bijzonderen toestand der riviervakken nabij en onmiddellijk boven die plaatsen plaats vindt.

De waarnemingen van 12/13 October en 3/4 November 1885 op Nederrijn en Lek schijnen, wat niet in strijd zou zijn met de overige waarnemingen, eene afneming van het slibgehalte benedenwaarts tot aan de benedenrivier aan te toonen.

	12/13 Oct.		3/4 Nov.	
	Waterstand + A.P. mgr. per L.		Waterstand + A.P. mgr. per L.	
Lobith.....	12,62	103,1	12,83	68,0
Pannerden.....	11,50	71,8	11,76	63,7
Arnhem.....	10,06	77,8	10,25	58,5
Wijk bij Duurstede	5,37	81,8	5,44	62,9
Schoonhoven } HW.	2,23	64,6	} 1,72	90,8
} LW.	1,66			

Terwijl de vermindering van het gehalte benedenwaarts in overeenstemming is met de vermindering van de snelheid en het fijner worden der deeltjes, is de aanzienlijke toeneming van het gehalte op de benedenrivieren het gevolg van de heen- en weergaande stroomen, van de onregelmatige beweging van den vloedstroom en van de sterke was bij het begin van den vloedstroom. In de benedenrivieren zijn de stoffen nu eens in rust dan weder in beweging, nu eens in de richting naar zee dan weder rivieropwaarts. Al had het rivierwater bij het betreden van het gebied der heen- en weergaande stroomen alle zwevende stoffen verloren, dan zou de benedenrivier nog rijk blijven aan slib omdat daar de voorwaarden aanwezig zijn om, vooral met den vloedstroom, steeds stoffen van den bodem op te nemen. Schijnbaar is dit in strijd met de stelling dat in den regel de geulen in de benedenrivieren door de ebstroomen diep worden gehouden. De vloedstroom ontleent die stoffen niet voornamelijk aan de diepe geulen; hij maakt ook stoffen los van het gebied dat boven laag water is gelegen, welke stoffen bij de vermindering van de stroomsnelheid en de kentering worden afgezet. Waar een krachtige ebstroom wordt gevonden, voert deze de stoffen verder naar zee terug dan de vloedstroom ze opwerkte. Daar heeft dan uitschuring plaats totdat de evenwichtstoestand tusschen aan- en afvoer is verkregen.

De ongelijke verdeling ook quantitatief van de slib in het profiel der rivier is door afzonderlijk onderzoek te Pannerden aangetoond. Zes reeksen van waarnemingen werden gedaan, elk bestaande uit 17 afzonderlijke scheppingen over het profiel der rivier verdeeld en uit eene gewone schepping in het geheele profiel door verzameling van water op de 17 punten. Het gehalte in milligrammen per liter was als volgt:

Waterstand in M. + A.P.	Min. gehalte.	Gem. gehalte.	Grootste gehalte.	Grootste ver- schil met het gemiddelde.	Verschil in percenten.	Gehalte van het wa'er uit het geheele profiel.	Verschil met het gemiddelde uit 17 waarnemingen
9,61	11,2	15,8	20,9	5,1	32	20,5	+ 4,7
9,76	15,2	26,6	38,1	11,5	43	24,3	- 2,3
9,80	25,1	38,1	57,7	19,6	51	32,5	- 5,6
11,26	35,6	43,4	52,4	9,0	21	40,6	- 2,8
12,06	97,4	110,8	123,0	13,4	12	114,6	+ 3,8
13,35	109,4	131,3	155,2	23,9	18	149,3	+ 18,0

Uit deze waarnemingen blijkt de aangroeiing van het slibgehalte bij hooger waterstand; zij bewijzen dat het onvermijdelijk is het water te scheppen op een groot aantal punten over het profiel verdeeld en dat de bepaling van het gehalte niet voor elk punt afzonderlijk noodig is, doch uit de in de verschillende punten geschepte hoeveelheid water met vrij groote nauwkeurigheid kan geschieden.

Dat het slibgehalte voortdurend afwisselt en voor elk waarnemingspunt van uur tot uur verschilt, is door een afzonderlijk onderzoek te Pannerden ingesteld, eveneens aangetoond.

De waterscheppingen werden ongeveer gelijktijdig gedaan in drie raaien op onderlinge afstanden van 225 en 275 M. In de middenraai werd tweemaal waargenomen onmiddellijk na elkander; de uitkomsten van deze beide waarnemingen verschilden onderling tot 9 %.

De meest afwijkende waarneming van het gehalte in eene der raaien verschildte van het gemiddelde uit de drie raaien 8 % bij een waterstand aan de peilschaal te Pannerden van 12,19 M. + AP., 18 % bij een waterstand van 11,83 M. + AP., 14 % bij een waterstand van 11,67 M. + AP. Bij lagere waterstanden, wanneer de verdeling van de slib het minst gelijkmatig is, zouden deze verschillen vermoedelijk grooter zijn.

Daarna werden waterscheppingen gedaan op verschillende dagen uit booten, die slechts ongeveer 1 M. van elkander verwijderd waren. Telkens werden 5 monsters water geschept uit de bovenste waterlaag op punten, niet meer dan 1,5 M van elkander gelegen. De resultaten zijn de volgende:

Datum.	Waterstand in M. + A.P.	Gemiddeld in mgr. per L*	Grootste verschil met het gemiddelde.	Vershil in percenten.
10 Maart 1886.....	12,86	245,4	51,2	21
17 " "	12,03	49,8	7,4	15
24 " "	10,66	20,9	3,0	14
31 " "	10,07	15,3	2,8	18
7 April "	9,74	13,3	2,8	21
14 " "	9,12	14,6	1,9	13
21 " "	9,42	15,3	1,9	12
28 " "	9,24	14,8	1,6	11
5 Mei "	9,53	18,0	1,9	11

Deze waarnemingen aan de oppervlakte verschillen onderling minder dan de hiervoren vermelde waarnemingen op 17 verschillende punten van het profiel; de hoeveelheden zijn bij de hogere standen vooral bij den hoogsten stand aanmerkelijk grooter dan bij de lagere waterstanden.

Merkwaardig is ook de invloed van den tijd van het jaar bij gelijkheid van waterstand zooals de becijferingen van den heer Lely dien deden kennen en welke blijkt uit den volgenden staat.

Rivierstanden te Pannerden in M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten in mgr. per L. gedurende de maanden		
	Januari/April.	Juni/Augustus.	October/December.
9,01—10,00	14,9	35,3	21,5
10,01—11,00	23,8	50,6	37,6
11,01—12,00	34,5	61,4	43,3

Hieruit blijkt dat het slibgehalte in de maanden Juni tot Augustus gemiddeld ruim tweemaal grooter is dan in de maanden Januari tot April en ongeveer 1½ maal grooter dan in de maanden October tot December. Daar deze verhouding kleiner wordt bij de hogere waterstanden en de waarnemingen op de Maas een dergelijken invloed niet deden kennen, is de oorzaak van het verschijnsel wellicht toe te schrijven aan den invloed van het Alpenwater, dat betrekkelijk hoge zomerwaterstanden op den Rijn veroorzaakt.

Nog hebben de waarnemingen geleerd dat de grootste slibgehalten voornamelijk worden waargenomen bij wassende rivier en dat het slibgehalte te Pannerden in de waterrijke periode van den winter 1882—1883 met uitzondering van enkele zeer hooge cijfers vrij juist kan worden voorgesteld door $S p = 1350 + 414 h p - 265 h p^4$ waarin $h p$ de waterstand op denzelfden dag en $h p^4$ op den vierden voorafgaanden dag.

Op plaat XLIV zijn de werkelijke uitkomsten en die volgens deze betrekking voor genoemde periode voorgesteld.

De totale hoeveelheid slib door onze rivieren afgevoerd is, daar de waterhoeveelheden vrij nauwkeurig bekend zijn, uit de waarnemingen voldoende nauwkeurig af te leiden.

Onderstellende dat het slibgehalte te Pannerden gelijk is aan dat van den Bovenrijn zou deze rivier gemiddeld per jaar in de jaren 1870—1885 afgevoerd hebben aan onze grenzen: 74,000,000,000 M.³ water met een gemiddeld gehalte aan slib van $54\frac{1}{2}$ mgr. per L. of 4,025,000 ton slib, overeenkomende met ongeveer $2\frac{1}{2}$ miljoen M.³ tot op een soortelijk gewicht van ongeveer 1,6 ingedroogd.

Deze cijfers komen wat het gehalte betreft fraai overeen met de bekende door Horner voor den Rijn te Bonn aangenomen cijfers, of gemiddeld 60 mgr. per L.

De Maas zou te Maastricht in de jaren 1881—85 gemiddeld per jaar hebben afgevoerd 9,900,000,000 M.³ water met een gemiddeld gehalte aan slib van 99 mgr. per L. of 980,000 ton slib, overeenkomende met ongeveer 610.000 M.³ tot op een soortelijk gewicht van 1,6 ingedroogd, waaruit volgt dat het Maaswater gemiddeld bijna 2 maal rijker is aan slib dan het Rijnwater, wat met den toestand van de rivieren op de beide plaatsen der waarneming in overeenstemming is.

Langs de Waal werd te Nijmegen bij onderstelde gelijkheid van waterafvoer meer slib afgevoerd dan te St. Andries; in 1879 2^e helft gelijke hoeveelheid, in 1880 1,14 maal, in 1881 1,48 maal, in 1882 1,71 maal, in 1883 2,19 maal en in 1884 1,94 maal en kan derhalve niet gezegd worden welk gedeelte van den onderstelden slibafvoer langs den Bovenrijn den weg langs Hulhuizen is gevolgd.

In de jaren 1880—1884 werd langs den IJssel te Wester-

voort gemiddeld per jaar afgevoerd 8400,000,000 M.³ water met een gemiddeld gehalte aan slib van 56 mgr. per L. of 470,000 ton slib overeenkomende met ongeveer 300.000 M³, tot op een soortelijk gewicht van ongeveer 1,6 ingedroogd.¹

De Nederlandsche waarnemingen lijden aan het gebrek dat zij slechts tweemaal per week werden gedaan en dat alleen in de laatste periode eenige aandacht aan den aard van de slib en andere verschijnselen werd geschonken.

De Luiksche waarnemingen kunnen wel veel aanvullen doch zou de mededeeling van cijfers te veel ruimte vorderen. Genoeg zij het te verwijzen naar de graphische voorstellingen op plaat XLIV van het gehalte aan zwevende en opgeloste stoffen behalve de organische, van maand tot maand in verband met den waterstand samengesteld uit de gegevens in de verhandeling der heeren Spring en Prost meegedeeld.

§ 5. Beweging van stoffen over den bodem. Onze rivieren die door een alluviaal bed stroomen van eigen vorming doen dit voortdurend van vorm veranderen. De bodem en, waar deze niet kunstmatig bevestigd zijn, ook de oevers zijn in beweging. Ontvangt het bed meer stoffen dan worden afgevoerd in een zeker vak, dan wordt de bodem verhoogd; worden er meer stoffen afgevoerd dan aangevoerd, dan schuurt hij uit of neemt de oever af. Indien een rivierbed den meest natuurlijke en geschikten vorm bezit, is het lengteprofiel eene holle met de opening naar boven gekeerde lijn, tot in het gebied van de getijstroomen; het verhang neemt van de bronnen steeds af; de waterspiegel gaat nabij de zee in eene horizontale lijn over. In verband hiermede kunnen de zwaardere stukken een zekere grens niet overschrijden, omdat de noodige snelheid gaat ontbreken om ze verder voort te rollen of voort te schuiven; langzamerhand kunnen de afmetingen door slijting of door verbrijzeling verminderen, waardoor de grens van volstreekte rust zeewaarts wordt verplaatst.

¹ Op bladz. 53 is voor de gemiddelde jaarlijksche slibafvoer langs den IJssel 200,000 M³ per jaar opgegeven. bij de bepaling waarvan gebruik was gemaakt van het door Prof. Oudemans opgegeven soortelijk gewicht van luchtdroge slib 2,34. De waarnemingen van Hübbe (zie bladz. 369) later door het onderzoek van Prof. Oudemans bevestigd, leerden dat ingedroogde slib geen grooter soortelijk gewicht heeft dan 1,6.

De plaats, waar voor elke kei, grintbrokje of zandkorrel de grens der volstreckte rust wordt gevonden, hangt af van de grootste stroomkracht, die in den regel voorkomt bij den grootsten waterafvoer bij open rivier. Plaatselijk en tijdelijk kunnen bij de opruiming van ijsverstoppingen grootere watermassa's zich verplaatsen, zoodat buitengewone veranderingen van het rivierbed daarbij geene zeldzaamheid zijn. Daar de zeer zware vloedden slechts zelden voorkomen, nemen de zwaarste stoffen dikwijls jaren lang eene vaste plaats in, om niet eerder weder in beweging te komen voor een nieuwe sterke was de stroomkracht buitengewoon doet aangroeien.

Bij zulk een was kunnen stoffen van den bodem door den stroom worden opgenomen en gedragen en derhalve bij de zwevende stoffen worden gevoegd. Zoodra de was vermindert of in daling overgaat, vindt een deel der in beweging zijnde stoffen rust en zoekt een ander deel den bodem op.

Het gevolg van sterken was is in den regel voor plaatsen die ten opzichte van de boven- en benedenliggende vakken nauw kunnen genoemd worden dat de bodem uitschuurt; rivier-
vakken die regelmatig benedenwaarts verwijden, waarin het verhang en de snelheid afnemen, verondiepen daarentegen.

Zooals bekend is beweegt het zand over den bodem in den vorm van kleine golfjes waarvan de hoogte zich tot de lengte verhoudt als 1: 8 à 11; op dezelfde wijze worden de bewegelijke zanden aan de oppervlakte van den grond door den wind verplaatst voor zoover zij te zwaar zijn om door den wind zwevende te worden gehouden.

Dat langzamerhand de zanden die de rivier afglijden en afrollen behalve van grootte ook van vorm veranderen, is op vele rivieren waargenomen; de grootere keien en grintstukjes zijn tengevolge van de schuring over en door de zanddeeltjes allen afgerond; het fijnere zand, dat in de bovenrivier zich zwevend beweegt, blijft lang scherp van vorm totdat het langzamerhand in het fijne en ronde zeezand overgaat.

Door Hübbe is onderzocht hoe het zand van de Elbe langzamerhand fijner wordt.

ZAND VAN VERSCHILLENDE GROOTTE IN HET ZAND VAN DE ELBE IN PERCENTEN
VOOR ELKE SOORT.

1^o. nabij den hoofdstroom bij lagen waterstand verzameld.

Korrelgrootte	Lauen- burg.	Geest- hocht.	Biepen- burg.	Wor- wink.	Ort- kathen.	Bullen- husen.	Pente.	Köhl- brandt
2,0 mM.	1,93	1,40	2,77	2,67	1,47	0	0	0
1,52 "	1,86	1,15	1,65	1,55	1,21	0	0,04	0
0,87 "	36,39	17,56	25,28	31,36	21,44	0,45	6,31	0,47
0,43 "	47,82	30,69	36,98	44,62	39,79	10,69	42,86	1,63
0,29 "	9,89	17,70	17,31	13,47	23,59	32,67	32,92	9,56
0,18 "	1,96	28,72	14,80	5,55	12,04	51,68	16,63	67,90
0,08 "	0,15	2,78	1,21	0,78	0,46	4,51	1,24	20,44

Korrelgrootte	Nien- stedten.	Blanke- nesse Nord.	Blanke- nesse Süd.	Hunskulk zand.	Bojen- zand.	Juels- zand	Bank van Glückstadt.
2,0 mM.	0	0,09	0	0,02	1,56	0	0
1,52 "	0	0,01	0	0,14		0	0
0,87 "	0,18	0,35	0,75	1,79	0,19	0,23	0,50
0,43 "	2,00	0,45	3,11	6,33		2,32	
0,29 "	16,48	0,65	13,87	16,85			3,96
0,18 "	78,44	64,05	77,38	35,29	15,64	3,20	46,29
0,08 "	2,90	34,40	4,89	39,58	82,61	96,57	46,93

2^o. van den bodem in de stroomgeul.

Korrelgrootte	Biepenburg.	Pente.	Vergeleken met de cijfers van de vorige lijst blijkt het zand grover in de diepte dan langs den oever.
2,0 mM.	4,91	1,78	
1,52 "	4,09	1,62	
0,87 "	44,70	32,70	
0,43 "	38,27	44,92	
0,39 "	2,17	14,83	
0,18 "	5,49	3,92	
0,08 "	0,37	0,23	

Gegevens omtrent de beweging van vaste stoffen langs den bodem onzer rivieren zijn niet beschikbaar; door nauwkeurige opnemingen van het rivierbed zouden de vormveranderingen en derhalve ook de gevolgen van de beweging der stoffen over den bodem bepaald kunnen worden. De nauwkeurigheid van de peilingen is daarvoor te gering terwijl de bezwaren aan het telkens herhalen van peilingen verbonden zeer groot zijn. Waarnemingen van dezen aard hebben er plaats op onze benedenrivieren, doch meer met het doel om aan te geven of bij de nitvoering van riviervverbeteringen de kunstmatige verdiepingen versterkt of verzwakt werden door de natuur, dan om den gang van zaken in een in normalen toestand verkeerend riviervak aan te toonen.

Bij Bazel neemt de Rijn slechts weinig steenen en gruis noord-

waarts mede; boven Mannheim verplaatsen de grintbanken zich regelmatig met eene snelheid van gemiddeld 278 M. per jaar of ongeveer 0,000,009 M. per 1" terwijl de snelheid van het water aldaar gemid. 2 M. bedraagt, naar beneden; beneden Mannheim bestaat het door den Rijn over den bodem meegevoerde slechts uit zand. De Main met haar aanzienlijk verhang brengt meer grove stoffen aan dan de Rijn aldaar; het Mainwater is troebel in vergelijking met het Rijnwater dat groen ziet; in de rotsen beneden Bingen neemt de Rijn weder stoffen op en verder grint van de roode Nahe. De Moezel, de Ahr, de Lahn, de Wied en de Siegen voeren rotsgruis aan, zoodat men beneden Wezel nog het vulcanische grint kan vinden dat de Ahr uit den Eifel naar beneden voerde. Op onze grenzen wordt in hoofdzaak slechts grof zand en fijn grint medegevoerd; het grove grint dat o. a. bij Nijmegen wordt gebaggerd, wordt thans niet meer aangevoerd, doch is van diluvialen oorsprong. Beneden St. Andries wordt alleen zand gevonden. Ook langs de Maas wordt ons grint en zand toegevoerd.

De heeren Spring en Prost komen tot de slotsom dat Nederland de vruchtbare slib van de Belgische rivieren ontvangt, terwijl België de keien en het grove zand behoudt; de eerste sterke was na den zomer neemt de meeste stoffen mede, later is het terrein reeds schoongewasschen. De stuw te Visé, boven onze grens waar de kiezel aan de bovenzijde tot aan de kruin van den stortmuur ligt opeengehoopt, bewijst echter dat er grint wordt afgevoerd; in de zwevende slib te Maastricht werd echter, zelfs bij zeer hooge waterstanden, alleen bij zeer zeldzame uitzondering, zand in afzonderlijke korrels aangetroffen.

Waar de Regeering in de memorie van Toelichting bij de Staatsbegrooting voor het dienstjaar 1886 mededeelt, dat de Boven-Maas in Limburg door de groote snelheid van den stroom bij was veel kiezelsteen en daaronder grove stukken afvoert, die zich neerzetten in de gedeelten waar de rivier gelegenheid heeft zich te verbreden door inscharing van den oever bij gebreke aan tijdige voorziening, moet zulk een kiezelafvoer voornamelijk als van plaatselijken aard worden beschouwd. Op de breede plaatsen wordt neergezet, wat op de engere plaatsen en langs de hooge oevers in de nabijheid kan

worden uitgeschuurd. Van een voornamen factor, de snelheid waarmede de vorming van dergelijke kiezelbanken geschiedt, wordt nergens melding gemaakt; uit de betrekkelijk zeer geringe verandering van de plaats en de hoogte van de drempels in den bodem en van de waterstanden aan verschillende peilschalen in hunne betrekking onderling, is af te leiden dat de bedoelde uitschuring slechts langs de schaar-oevers geschiedt en dat de neerzetting tot geene algemeene verhooging van den bodem aanleiding geeft.

Tot bestrijding van eene te gunstige meening omtrent de beteekenis der zandbeweging langs onze rivieren zou gewezen kunnen worden op de hoogst belangrijke baggerwerken in het bed der Oude-Merwede ten behoeve van den aanleg van den spoorweg Dordrecht—Gorinchem; in de jaren 1882—84 werden niet minder dan 4 millioen M³. uit de rivier verwijderd, terwijl de rivier wel belangrijk verdiepte doch slechts met een inhoud van ongeveer 1,7 millioen M³. zoodat er bijna 2½ millioen M³ van elders of van de kanten is aangevoerd. De rivier is namelijk besloten tusschen dwarskribben zoodat er op de verdiepte plaatsen veel zand kan zijn bijgezakt uit de gedeelten tusschen de kribben welke niet in de peilingen begrepen waren; de aanvoer van elders is zonder twijfel zeer groot geweest, omdat het werk samenviel met den buitengewoon grooten waterafvoer in den winter van 1882—83 en volgde op de zeer krachtige vernauwing van het stroombed van de Waal, terwijl tengevolge van den toestand waarin de Boven-Merwede bij hoogen waterstand verkeert vermoedelijk slechts weinig minder zand te Hardinxveld zal zijn afgevoerd dan bij Woudrichem in de Boven-Merwede werd aangevoerd. Als bewijs van een belangrijken zandafvoer langs onze rivieren over hare geheele uitgestrektheid in gewone omstandigheden kan het aangevoerde niet gelden.

De sterke toeneming van de beweging van zand tengevolge van de verbeteringswerken doet integendeel onderstellen, dat de zoozeer gevreesde oorzaak van het verderf onzer rivieren, de verhooging van den bodem, na voltooiing der normaliseering geheel kan worden weggenomen door slechts nu en dan na hooge waterstanden plaatselijk eenig baggerwerk van betrekkelijk geringen omvang op de daarvoor meest geschikte punten te verrichten.

De gewenschte toestand zal echter zelfs bij aanhoudende onverminderde krachtsinspanning niet spoedig bereikt worden; de massa's, welke in de rivierbedden nog verplaatst moeten worden, zijn groot, daar de baggermachine nog een zeer ondergeschikte rol bij de verbetering van de bovenrivieren heeft vervuld, terwijl aan het bevorderen van de verzandingen buiten het rivierbed en het behouden van de verkregen uitkomsten nog weinig aandacht werd geschonken.¹

Dat aanzienlijke grondverplaatsingen geschieden in riviervakken die voornamelijk door kunst worden gevormd, leeren de peilingen in de Nieuwe-Merwede. Van 1882—1885 verminderde de inhoud van het bovenste vak, raai 1—7, met $18\frac{1}{2}\%$; de inhoud van het benedenste vak, boven den mond, raai 63—71 verminderde in 1883—1885 met 5% . Vergelijkt men peilraai voor peilraai, die op onderlinge afstanden van ongeveer 250 M. zijn gelegen, dan vindt men in één jaar verruiming en verondiepingen van 8 à 11 $\%$ in vakken waar geen baggerwerk is uitgevoerd.

In de Boven-Merwede zijn de veranderingen nog grooter.

De Hoofdingenieur Leemans heeft in de Vergadering van het Kon. Inst. v. In. van 13 Sept. 1887 eene berekening medegedeeld tot bepaling van de uiterste grens voor de hoeveelheid door den Gelderschen IJssel afgevoerd zand en afgezet als zanddelta in de Zuiderzee onder den naam van Kamperzand. Deze max. hoeveelheid bedroeg in 5 eeuwen gemiddeld 200,000 M³. per jaar. Op grond van verminderden waterafvoer werd opgemerkt dat de hoeveelheid in den aanvang het gemiddelde evenveel heeft overtroffen als zij thans daar beneden blijft; dat de hoeveelheid thans, nu de oevers over eene groote uitgestrektheid bevestigd zijn, slechts een betrekkelijk klein gedeelte van dit cijfer bedraagt, kan veilig worden aangenomen, indien men den zandafvoer als gevolg van de uitvoering van sommige werken uitzondert. Tot zulke uitzonderingen moet ook de zandafvoer gerekend worden bij de uitschuring van den bodem in de nauwe IJsselmonden in Dec.

¹ Thans kan gewezen worden op het reglement vastgesteld bij Kon. Besl. van 31 Maart 1887 (Stsbl. N^o. 46.) waarbij o. a. het baggeren landwaarts van de koppen der kribben en over een strook van 20 M. breedte rivierwaarts wordt verboden.

en Januari 1883. Wanneer de afvoer van zand en grint door den Rijn aan onze grenzen bij Lobith jaarlijks op 200,000 M³. wordt gesteld, zal men een cijfer aannemen dat voorloopig, zoolang geene nadere gegevens bekend worden, voor eene in het belang van de rivier jaarlijks te verwijderen hoeveelheid zou kunnen worden aangenomen.

Voor de Maas zou een met de maxima-afvoeren evenredig cijfer van $\pm 50,000$ M³. kunnen worden aangehouden. Wordt jaarlijks het onderhoud met de verwijdering van deze hoeveelheden als maximum belast, voor zoover de opruiming niet langs anderen weg geschiedt, dan is de meest gevreesde bron van achteruitgang der rivieren weggenomen en zal er in het vervolg slechts weinig zand tot in zee worden afgevoerd.

HOOFDSTUK XII.

De Rijn en zijne takken.

§ 1. **De Rijn boven onze grenzen.** De Rijn ontspringt in de Alpen in het Zwitsersche kanton Graubunderland uit een groot aantal bronnen, welke door een honderdvijftigtal gletschers worden gevoed. Deze bronnen vormen drie hoofdtakken, die zich bij Reichenau op eene hoogte van 586 M. boven den zeespiegel tot één stroom vereenigen. Van deze drie takken is de Achterrijn de meest beteekenende; deze ontstaat uit den op 2534 M. boven de zee gelegen Rheinwaldgletscher en stroomt met een sterk verval, een aantal watervallen vormende, naar Reichenau.

Tot aan het meer van Constanz of de Bodensee is de Rijn een Alpenstroom, met zeer sterke snelverlopende vloed, die wegens zijnen oorsprong boven de sneeuwrens tijdens de grootste zomerwarmte veel water afvoert. In den winter daarentegen wordt de rivier slechts schraal gevoed en is de waterafvoer het kleinst. De atmosferische neerslagen zijn namelijk in de Alpen in den winter van minder beteekenis dan in den zomer en hebben dan meest plaats in den vorm van sneeuw; zoodat er weinig water naar de rivier afvloeit. In het voorjaar vallen overvloedige regens en begint tegelijkertijd de sneeuw in het lagere Alpengebied te smelten, zoodat de Rijn dan krachtig wordt gevoed. Naarmate de warmte vermeerderd, smelt de sneeuw in het hooggebergte en neemt de toevoer toe. De ontthooing der groote sneeuwvelden begint in Mei en eindigt in Augustus; zij is het sterkst in de tweede helft van

Juni, zoodat de waterstand in het einde dier maand gewoonlijk het hoogst is. Daarna begint de waterspiegel te dalen en is de waterstand in het einde van Augustus weder vrij laag.

Buitengewone weersgesteldheid brengt dikwijls verandering in den aangegeven regel. Hevige regens in het voor- of najaar soms gepaard met vrij sterke sneeuwsmelting in de Alpen veroorzaken dikwijls ook in die jaargetijden hooge vloed. De meeste hoogwaters vallen echter in de maanden Mei, Juni en Juli.

Het verval van den Rijn bedraagt bij de grenzen van Graubunderland 300 cM per KM. en vermindert nabij de uitmonding in de Bodensee tot 15 cM per KM. Bij lagen waterstand bedraagt de afvoer nabij den mond 50 M³ per seconde; bij den gewoonlijk voorkomenden hoogsten waterstand is hij aldaar 1300 M³, terwijl bij buitengewoon hoog water ongeveer 2100 M³ wordt afgevoerd.

Terwijl het rivierbed nabij de grenzen van Graubunderland uit zware rolsteenen bestaat worden nabij de uitmonding in het meer, in overeenstemming met de sterke vermindering van verhang en snelheid, slechts grind, zand en slib aangetroffen. Het meer van Constanz ontvangt met het Rijnwater slechts zand en slib, doch in zulk eene betrekkelijk geringe hoeveelheid dat de toestand van het meer nabij den Rijnmond in de laatste duizend jaar niet belangrijk is veranderd.

Het zand zet zich in de onmiddellijke nabijheid van den mond af en wordt door den golfslag eenigszins verspreid. Bij hooge vloed is het slibrijke rivierwater nog op 3 à 4 kilometer uit den mond van het heldere meerwater te onderscheiden.

De hoeveelheid der afgevoerde vaste stoffen wordt door Honsell op hoogstens 170000 M³ per jaar geschat. Al deze stoffen blijven in het meer achter, maar zijn ontoereikend om eene beteekenende vormverandering teweeg te brengen. De Bodensee heeft met inbegrip van de Ueberlinger en Unterseeën eene oppervlakte van \pm 52800 HA. bij gewonen en van \pm 54000 HA. bij hoogen waterstand, terwijl de diepte ongeveer 275 M bedraagt.

De waterspiegel van het meer gaat jaarlijks gemiddeld

2.12 M op en neder; in het jaar 1821 was dat verschil het grootst namelijk 3.30 M, in 1870 het kleinst en wel 1.24 M. Het verschil der uiterste standen bedraagt 3.90 M.

De hooge standen komen voor in den zomer en zijn aan meer afwisseling onderhevig dan de lage standen van den winter.

De gemiddelde der hoogste standen bedroeg in de zestig jaren 1817—1876 1.26 M. boven, de gemiddelde der laagste standen 0.86 M. onder de gemiddelde meerhoogte, welke overeenkomt met 395.20 M + AP.

Behalve van het stroomgebied van den Rijn ontvangt het meer het water van eene oppervlakte van ongeveer 434200 HA; bij een grootsten regenval van 110 mM. per etmaal en een afvloeiingscoëfficiënt van 70% brengt deze oppervlakte eene hoeveelheid water van $\pm 3500 M^3$ per secunde op het meer, of veel meer dan de maximum afvoer van den Rijn. Op het meer zelf valt bij den genoemden grootsten regenval een hoeveelheid van $687 M^3$ per secunde; bij het gemiddeld maximum van regen ten bedrage van 60 mM. per etmaal valt op het meer zelf $375 M^3$ per secunde.

De drie bronnen van waterbezwaar: de Rijn, de regen die op het meer zelf valt, en de afvoer van het stroomgebied van het meer behalve de Rijn, werken niet gelijktijdig of ten minste niet gelijktijdig met haar maximum vermogen; bovendien vormt het meer een grooten bergboezem waarin bij eenigszins belangrijke rijzing van den waterstand eene zeer groote hoeveelheid water tijdelijk wordt geborgen. De grootste afvoer uit het meer bedraagt dientengevolge niet meer dan $\pm 1000 M^3$ per secunde. Bij den gemiddelden der hoogste standen kan hij worden gesteld op $665 M^3$, bij gemiddelden waterstand op $275 M^3$, bij den gemiddelden der laagste standen op $60 M^3$ en bij den laagsten stand op $60 M^3$.

Uit de Bodenzee stroomt de Rijn naar Schaffhausen met een verval afwisselend van 140 tot 10 cM. per KM. en gemiddeld 26 à 28 cM. per KM. bedragend. Bij Schaffhausen doorbreekt hij het Juragebergte en vormt hij den bekenden waterval. Van Schaffhausen af blijft de Rijn eerst nog in westelijke richting loopen langs den zuidelijken rand van het

Schwarzwald. Hij is diep in het dal ingesneden; de bodem bestaat geheel uit rots, die hier en daar trappen vormt, waardoor stroomversnellingen ontstaan. Wegens den zeer weinig aantastbaren aard van den bodem is het lengteprofiel op dit riviervak ook aan zeer weinig verandering onderhevig.

Langzamerhand begint zich de invloed der zijrivieren te doen gevoelen; vooral wanneer de Rijn zich met de Aare heeft vereenigd bij Waldshut. Het karakter van de Aare en van hare voornaamste zijtakken de Reuss en de Limmat is in hoofdzaak gelijk aan dat van den Rijn. Zij ontspringen in het met eeuwige sneeuw bedekte hooggebergte; worden in eenige meren, die als verzamelkommen werken, geklaard en hebben evenals de Rijn hare hoogste vloed in den zomer. Dit laatste is in nog sterker mate het geval wegens de veel grootere oppervlakte der gletschers, welke de Aare en hare zijtakken voeden namelijk 48500 HA. tegen 2660 M. bij den Rijn. Bij de samenkomst ter hoogte van 315 Meter boven de zee is het vermogen van de Aare grooter dan dat van den Rijn.

Her karakter van Alpenrivier blijft overwegend tot op zekeren afstand beneden Bazel; langzamerhand gaat dit echter verloren door den invloed der grootere en kleinere zijrivieren, die beneden de sneeuwgrens ontspringend in den zomer meestal laag water hebben, maar aan sterke voor- en najaarswassen, vooral aan de eersten onderhevig zijn. De invloed der kleinere zijrivieren, die van de Jura, het Schwarzwald en de Vogezen afdalen, is echter nog gering en eerst de groote zijtakken de Neckar en de Main, die te zamen het water afvoeren van stroomgebieden, welke eene grootere oppervlakte beslaan dan dat van den Rijn bij Landshut, zijn in staat om het régime van den Rijn zoodanig te veranderen dat de hoogste standen van Juni naar de wintermaanden worden verplaatst. Bij Bazel maakt de Rijn eene scherpe ombuiging in noordelijke richting en betreedt hij de Bovenrijnsche vlakte, een breed, vruchtbaar dichtbevolkt dal, dat zich uitstrekt tot aan de monding van den Main en ter zijde wordt begrensd door het Schwarzwald en het Odenwald aan den oostkant en door de Vogezen aan den westkant. Zoover de Rijn door deze vlakte stroomt draagt hij den naam van Bovenrijn, van het riviervak van

dien naam binnen onze grenzen het best te onderscheiden door te spreken van „Duitschen Bovenrijn.”

Vóór dat de groote rivierverbetering volgens de denkbeelden van Tulla een aanvang nam, bestond het bovendeel van den Duitschen Bovenrijn uit eene aaneenschakeling van rivierarmen, eilanden, grintbanken en geulen, ter breedte van een à twee kilometer; verder benedenwaarts vormde de rivier lange, scherp gebogen kronkelingen, terwijl in het benedengedeelte, waar het verhang geringer werd, wederom eilanden, nu meest lang en smal van vorm, werden aangetroffen.

Thans is de toestand van den Bovenrijn, door de uitvoering van een aantal afsnijdingen en andere verbeteringswerken, een geheel andere en betere geworden. De verkorting van de as der rivier tusschen Bazel en den mond van de Lauter bedraagt 31.710 KM. of 14 % der lengte; van daar tot de grens tusschen Baden en Hessen 50,100 M. of 37 % der oorspronkelijke lengte; de totale lengte is van 335,5 tot 272,75 KM. verminderd. De kleinste straal der bogen bedraagt ongeveer 1000 M. De afstand tusschen de oevers is 200 M. in het bovendeel, neemt van het Leopoldskanaal tot aan de Lauter geleidelijk toe tot 250 M., behoudt die breedte tot aan den Neckarmond bij Mannheim en bedraagt 300 M. van daar tot aan den mond van den Main.

Het verval bedraagt bij den gemiddelden der laagste standen 90 cM. per KM. boven Alt Breisach, 77 cM. daar beneden en vermindert tot 50 cM. bij Kehl, tot 8 cM. tusschen Philipsburg en Mannheim en wordt een minimum ten bedrage van 4 cM. per KM. boven Oppenheim. Daarna vermeerderd het verval weder tot 10 cM. per KM. beneden die plaats en tot 12 cM. bij Mainz.

In het algemeen keert het lengteprofiel eener rivier de holle zijde naar boven, waar zij door een gemakkelijk aantastbaar bed van aangevoerde alluviën stroomt; doch de kromme wordt weder bol wanneer benedenwaarts de bodem een voldoende weerstand tegen uitschuring aanbiedt. Dit nu gebeurt bij den Rijn.

Nabij de Zwitsersche grenzen belet de steenachtige geaardheid van den bodem elke verdieping; benedenwaarts vermin-

dert het verval naarmate de bodem gemakkelijker aantastbaar wordt; het neemt weder toe beneden Oppenheim waar de bodem meer rotsachtig wordt. Het gedeelte van Oppenheim tot Bingen kan beschouwd worden als een overgangsvak tusschen den Duitschen Bovenrijn en den Middenrijn. Merkwaardig is de regelmatige verplaatsing van de stroomovergangen op den Bovenrijn in benedenwaartsche richting; zij bedraagt 300 à 600 M. per jaar en geschiedt hoofdzakelijk gedurende de hooge vloed.

Het hoog waterbed heeft zijn vroegeren onregelmatigen vorm behouden en is betrekkelijk weinig veranderd; de door de afsnijdingen gevormde eilanden zijn niet bedijkt, zoodat zij bij hoog water onderloopen en de breedte van den waterspiegel bij hoog water onveranderd is gebleven.

In het jaar 1883 zijn de Beijersche en Badensche waterbouwkundigen overeengekomen om de verlaten Rijnarmen niet af te sluiten, omdat zij bij hoog water nuttige diensten bewijzen voor den waterafvoer. Bij het ontwerpen en uitvoeren van werken, die op den afvoer van het hooge opperwater van invloed kunnen zijn, wordt terecht eene hooge mate van omzichtigheid in acht genomen. In het algemeen is bepaald dat boven den Neckar een afstand der hoogwater keerende dijken van 540 M. voldoende is, terwijl beneden die rivier 600 M. noodig wordt geoordeeld. Slechts plaatselijk waar bruggen of vestingwerken verruiming ondoenlijk maken, zal een mindere afstand worden toegelaten: o.a. 270 M. bij Maxau en \pm 330 M. bij Germersheim en Mannheim. Daarentegen bedraagt de breedte bij hoog water in sommige afsnijdingen ongeveer vier kilometer.

Tegen de uitvoering van de verbeteringswerken op den Duitschen Bovenrijn verzetten zich aanvankelijk Pruisen en Nederland.

Bij de eerste stroombevaring in 1849 bleek dat de tegenstand van Pruissische zijde had opgehouden; de Nederlandsche commissaris bracht wel de bezwaren van de lage streken ernstig ter sprake, maar werd door de meerderheid, thans versterkt door den Pruissischen commissaris Hagen, overstemd. Thans is van Deutsche zijde een onderzoek aangevangen, waarbij dit vraagstuk opnieuw van alle kanten zal worden gezien.

Waarschijnlijk zal daarbij blijken, dat al is de afvoer van het water eenigszins versneld, de daarvan gevreesde nadeelen zich slechts in geringe mate hebben vertoond. Daarentegen heeft de verbetering vooral voor de betrokken landstreek zelve groote voordeelen opgeleverd.

De laagste waterstanden zijn gedaald tot een maximum van 2.22 M.; de verhanglijnen zijn regelmatig geworden door vermeerdering van het kleine verhang op het benedendeel. De middelbare standen daalden eveneens maar in minder sterke mate dan de laagwaterstanden; de hoogwaterstanden veranderden zeer weinig. In den winter van 1882/83 kwamen zij de hoogst bekende standen nabij of overtroffen die zelfs. Terwijl Tulla van de uitvoering van zijn ontwerp (die echter niet volledig heeft plaats gehad) juist verwachtte, dat de hoogste waterstand op het bovendeel van den Bovenrijn aanmerkelijk zou dalen, is dit niet het geval geweest; daarentegen is de door anderen gevreesde verhooging der waterstanden meer benedenwaarts eveneens uitgebleven.

Daar de zijrivieren tegelijkertijd verbeterd werden, is hare verhouding ten opzichte van de hoofdrivier weinig veranderd.

Terwijl Tulla den grootsten afvoer van den Bovenrijn te Mannheim per seconde stelde op vier vijfden van den maximum afvoer te Bazel (200000 à 250000 kub. voet) zijn er geen gegevens bekend of gronden aan te voeren, die de gevolgtrekking zouden wettigen dat dit verhoudingscijfer ten gevolge van de riviervverbetering beteekenend is veranderd. Het bewijs dat de maximum afvoer is vermeerderd en de minimum afvoer is verminderd, is niet geleverd, hoewel eene geringe wijziging in dezen zin, maar van veel minder beteekenis dan dikwijls zonder tegenspraak wordt aangenomen, niet onwaarschijnlijk is.

Beneden Mainz stroomt de Rijn weder over eene rotsbedding en bij Bingen en Rudesheim doorbreekt hij het Rijnleisteengebergte tusschen Hondsrug en Taunus. Bovenwaarts in den Rijn gau wordt de rivier opgestuwd, benedenwaarts bestaat een sterk verhang.

Volgens mededeeling van den Pruissischen commissaris in de stroombevaringscommissie van 1885 moet het Bingerloch nog met 0.75 M worden verdiept om de vastgestelde diepte

van 2.00 bij gemiddeld laag water te verkrijgen, maar wordt dit voorloopig nagelaten gedeeltelijk ook omdat de bewoners van de Rijngau zich er tegen verzetten. Ook tusschen Bingen en St. Goar moeten op sommige plaatsen nog rotsen uit den Rijn worden verwijderd. Beneden St. Goar wordt het rivierbed ruimer; de bodem bestaat niet meer uit vaste rots maar is met rolsteenen bedekt; maar eerst tusschen Koningswinter en Bonn begint de Rijn het karakter van eene rivier in de vlakke aan te nemen.

Aanvankelijk is het rivierbed nog diep in het dal ingesnedden. Beneden Coblenz, waar de Moezel in den Rijn valt, bestaan de oevers voornamelijk uit grove grint en zand waarop eene kleilaag rust. Beneden Andernach wordt het rivierdal weder nauwer, maar beneden den Drachenfels verlaat de rivier het gebergte voor goed. Hier zijn de oevers zoo hoog dat zij slechts bij de hoogste standen worden overstroomd en daar de oude rivierbedden zijn afgedamd, beweegt zich bijna al het water door het rivierbed zelf.

Beneden Keulen zijn de oevers lager en wordt een hoogwaterbed gevonden, dat als bergboezem voor een deel van het van boven komende water voor de beneden gelegen streken van groote beteekenis is. Beneden Dusseldorf worden de oevers lager en spoedig beginnen de geregelde bedijkingen, aan den linkeroever beneden Uerdingen, aan den rechteroever eerst beneden Ruhrort. Bij den aanleg dezer bedijkingen is evenmin als bij ons te lande rekening gehouden met den eisch van een voldoende ruim hoogwaterbed.

Beneden Bingen bedraagt het verval bij gemiddelden waterstand 60 cM. per KM.; het gemiddelde verval tusschen Bingen en Bacharach bedraagt 49 cM., van hier tot St. Goar 35 cM., van St. Goar tot Boppard 25 cM., van Boppard tot Coblenz 21 cM., van Coblenz tot Linz $25\frac{1}{2}$ cM., van Linz tot Bonn 19 cM., van Bonn tot Keulen $22\frac{1}{2}$ cM., van Keulen tot Dusseldorf 17 cM., van Dusseldorf tot Ruhrort en van Ruhrort tot Wezel eveneens 17 cM., van Wezel tot Rees 14 cM., van Rees tot Emmerik 12 cM.

De normaalbreedte der rivier bedraagt tusschen Coblenz en Keulen 320 M., van daar tot Dusseldorf 350 M. en van Dus-

sellorp tot onze grenzen 360 M. Voor het gemeenschappelijk riviervak langs de Duitsch-Nederlandsche grens is de rivierbreedte op 340 M. bepaald. De normaalbreedte groeit dus tusschen Keulen en de grens niet noemenswaardig aan, niettegenstaande dit bij de vermindering van het gemiddeld verval van 17 tot 12 cM. per kilometer in vrij sterke mate het geval behoorde te zijn. Bij de conventie van 7 October 1816 was de rivierbreedte bij de grens op niet minder dan 565 M. gesteld.

Bij lagen waterstand krijgen de golvingen van den bodem meer invloed op den vorm van het lengteprofiel, waardoor plaatselijke versnellingen meer te voorschijn komen. Tusschen Bingen en St. Goar, waar de vaste rots nu eens diep en dan weder hoog ligt, wisselen de plaatselijke verhangen dan zeer sterk af. In het Bingerloch worden bij lagen waterstand vier stroomversnellingen aangetroffen, die eenige juren geleden een verval verbruikten van 1,13 tot 2,7 voet over afstanden van 125 tot 350 roeden.

In het belang van de scheepvaart streeft men er naar om bij den gemiddelden der laagste standen, dat is dus de jaarlijks terugkerende lage rivierstanden, waarvoor te Keulen 1,50 M. boven de nul der peilschaal is aangenomen, eene vaardiepte te verkrijgen van 2,00 M. tusschen Bingen en St. Goar, 2,50 M. tusschen St. Goar en Keulen en 3 M. beneden Keulen tot aan zee.

De verandering in karakter van den Rijn onder den invloed der zijrivieren, blijkt uit de kromme lijnen der gemiddelde waterstanden op plaat XLVI in teekening gebracht. Te Mainz is de top der kromme lijn nog in Juni, maar er is reeds een tweede hoewel lagere top in Februari ontstaan en de laagste stand is reeds naar November verplaatst. Onder den krachtigen invloed van den Moezel wordt beneden Coblenz de verandering grooter. Te Keulen heeft de voorjaarstop in Maart nagenoeg dezelfde hoogte als de zomertop in Juni; de laagste waterstand komt in October voor. Te Emmerik is de voorjaarstop, die in Februari valt, de hoogste en is de zomertop van weinig beteekenis. Nog veel sterker spreekt de verandering wanneer men de lijnen van de gemiddelden der hoogste maandstanden beschouwt.

Beneden Bingen houdt de nuttige regelende invloed van de Zwitsersche meren op de hooge waterstanden nagenoeg op; de gunstige invloed op den waterafvoer in den zomer blijft echter aanmerkelijk. Het zomerhoogwater van den Rijn, veroorzaakt door het smelten der sneeuw in de Alpen, ontstaat geleidelijk, duurt weken en maanden en vertoont dientengevolge geen sterke plotselinge verheffing; het doet slechts zelden en dan nog betrekkelijk weinig schade, maar is daarentegen de hoofdoorzaak van de goede bevaarbaarheid van den Rijn in den zomer.

De wintervloeden van den Rijn worden voornamelijk door de zijrivieren veroorzaakt en ontstaan door sterke regens en door het smelten van de sneeuw; zij treden meer plotseling op; verlopen sneller en rijzen tot eene belangrijke hoogte.

Bij ons te lande worden de buitengewoon hooge standen meestal veroorzaakt door hoog opperwater samenvallende met ijsgang.

De gegeven regels lijden talrijke uitzonderingen. In alle maanden van het jaar komen op den Rijn hoogwaterstanden voor, gelijk duidelijk te zien is uit de graphische voorstelling op de platen LV *a* en *b*, waarop in teekening zijn gebracht de hoogste, de gemiddelde en de laagste waterstand voor elken dag van het jaar gedurende het tijdvak 1851—1880 aan de peilschaal te Emmerik. Sommigen van deze hoogste waterstanden werden waargenomen zonder gelijktijdig hoogen stand op de Zwitsersche meren en alleen door plotselinge sneeuwsmelting en zware regens in Noordelijk Zwitserland, het Schwarzwald en de Vogezen veroorzaakt. Zomerhoogwaters behooren bij onze grenzen reeds tot de uitzonderingen.

De snelheid, waarmede de toppen der vloedgolven zich langs de rivier voortplanten, wordt door Hagen geschat op $5\frac{1}{2}$ voet per secunde boven Coblenz en op $2\frac{1}{2}$ voet per secunde boven Emmerik. Nauwkeurige waarnemingen leerden Honsell dat deze snelheid boven Bazel op 10.33 KM. per uur, beneden Bazel op 6.55 KM. per uur en boven Mannheim op 1.38 KM. per uur kan worden gesteld. De vertraging bij Mannheim is het gevolg van de vloeden op den Neckar, die den Rijn zoodanig opstuwen dat de peilschaal aldaar voornamelijk onder den invloed der Neckarvloeden verkeert, zoodat de hoogste stand te Mannheim

dikwijls eerder wordt bereikt dan verder bovenwaarts. Een gelijksoortig verschijnsel wordt te Coblenz waargenomen door den invloed van de Moezel. De aanzienlijkste rijzingen van den waterspiegel te Mannheim zijn aan was van den Neckar toe te schrijven. In het jaar 1824 werd een was van 3.33 M. in een etmaal en in December 1882 van 3.53 M. waargenomen.

De snelheid van voortplanting van de toppen der vloedgolven beneden Mannheim kan niet worden opgegeven; bij herhaling wordt de hoogste stand te Coblenz eerder bereikt dan te Mannheim; beneden Keulen bedraagt de bedoelde snelheid ongeveer $2\frac{3}{4}$ KM. per uur, wat ongeveer gelijk staat met de snelheid van voortplanting op onze rivieren.

De hoogste stand te Coblenz wordt gemiddeld $1\frac{3}{4}$ etmaal later waargenomen dan die te Trier.

Tusschen de hoogte der vloedgolven bestaat ten gevolge van het verschil in afvoer der zijrivieren geen vast verband: In het algemeen kan men aannemen dat eene verhooging van den waterstand te Mannheim met 1 Meter ongeveer gevolgd wordt door verhoogingen van 0.75 M. te Mainz, 0.70 M. te Bingen, 0.85 M. te Caub en 0.95 M. te Coblenz. Een meter was te Trier geeft in den regel 0.90 was te Coblenz. Een meter was te Coblenz wordt gewoonlijk gevolgd door 1.25 M. was te Andernach, 1.20 M. te Keulen, 1.10 M. te Dusseldorp, 1.35 M. te Ruhrort, 1.30 M. te Wezel en 1.25 M. te Emmerik.

De hoogste, laagste en gemiddelde standen alsmede de hoogte van de nulpunten der peilschalen ten opzichte van het AP. zijn opgenomen in den staat op bladz. 400.

Wegens de groote beteekenis van de zijrivieren van den Rijn wordt omtrent de voornaamsten het een en ander medegedeeld.

Omtrent de grootste hoeveelheden water, welke zij aan den Rijn toevoeren, kan hoofdstuk IX § 8 worden geraadpleegd.

De invloed van de kleinere zijrivieren boven Mannheim blijkt uit de volgende opgave.

	In Juni 1876 bij lagen stand van Kinzig en Murg.	In December 1882 bij hoogen stand van Kinzig en Murg	Vershil
Waterstand te Waldshut	6.67	5.60	— 1.07
„ „ Kehl	6.70	6.70	0
„ „ Maxau	7.95	8.25	+ 0.30

Waterstanden.	Constanz.	Bazel.	Kehl.	Maxau.	Mannheim.	Mainz.	Bingen.	Canb.	Coblentz.	Andernach.	Kulen.	Dusseldorp.	Ruhrort.	Wesel.	Emmerik.	Lobith.	Trier.
Hoogste in 1882 83.....	—	5,60	6,70	8,25	9,17	6,08	—	—	—	—	9,52	—	—	—	—	—	—
Hoogste in 1885.....	4,11	3,10	4,28	6,22	6,95	3,55	4,00	4,78	5,57	6,45	6,16	5,78	5,78	5,19	5,33	14,56	4,40
Laagste in 1885.....	2,51	0,14	1,61	2,31	1,89	0,10	0,83	0,84	—	1,17	1,10	1,02	—	0,34	0,32	9,51	0,04
Gemiddelde.....	3,32	1,31	2,56	3,77	3,78	1,24	1,88	2,11	2,54	2,85	2,63	2,50	—	1,50	1,88	11,11	1,18
Vershil tusschen laagste en hoogste.....	1,57	2,96	2,67	3,91	5,06	3,45	3,17	3,94	—	5,28	5,06	4,76	5,44	5,23	5,01	5,05	4,36
Gemiddelde der laagste.....	—	—	—	3,20	3,33	0,72	1,26	1,32	1,71	—	1,50	1,36	0,98	—	0,90	—	—
Nul der peilschaal + AP..	391,74	243,56	133,12	97,72	85,12	80,43	76,11	67,61	57,60	51,40	35,94	26,52	20,20	15,25	10,05	0	124,00

Te Mannheim bevindt zich de Rijnpeilschaal ongeveer 3 KM. boven den mond van den Neckar, waarvan de vloedden Mannheim vroeger bereiken en sneller verloopden dan die van den Bovenrijn. Dientengevolge wordt de hoogste waterstand te Mannheim meestal vroeger waargenomen dan meer bovenwaarts. Sterke rijzing van den waterstand te Mannheim is steeds het gevolg van was op den Neckar; de rijzing, welke door den Bovenrijn veroorzaakt wordt, is altijd vrij langzaam. De Neckar doorstroomt een dal dat over eene groote lengte de grens vormt tusschen het Schwarzwald links en de Schwabische Jura en het Odenwald rechts en ontvangt het water van een gebied met sterke hellingen, langs beken die het karakter van bergstroomen in sterke mate vertoonen. De bronnen bevinden zich op ongeveer 707 M, de mond op 90 Meter boven de zee. Het stroomgebied van den Neckar is 13960. KM² groot.

De Main ontspringt in het Fichtelgebirge te hoogte van 575 Meter en mondt in den Rijn uit te hoogte van 82 Meter. Het vermogen van den Main bedraagt bij gewonen waterstand de helft van dat van den Rijn boven den Mainmond; bij gemiddel-

den laagwaterstand wordt $\pm 70 \text{ M}^3$ per secunde afgevoerd. Het stroomgebied heeft eene oppervlakte van 27800 KM^2 .

Sommige van de vele en belangrijke zijrivieren van de Main ontspringen op aanzienlijk grooter hoogte dan de Main zelf, zooals de Rodach in het Frankenwald op 698 en de Ilz in het Thuringerwald op 873 M. Bij Aschaffenburg, ter hoogte van ongeveer 107 M. boven de zee breekt de Main de vlakte van den Beneden-Main. Ten behoeve van de scheepvaart van Frankfort is de Main beneden die stad in de laatste jaren over 36 KM. lengte gekanaliseerd, door middel van vijf naaldstuw-
wen, waarnaast zich aan de eene zijde der rivier eene schutsluis en aan de andere eene door middel van een trommelstuw sluitbare opening voor houtvloten bevindt. Elke stuw keert 1.80 à 2.70 M. watersverschil. De vaardiepte is door deze kanalisatie van 0.90 M. tot 2.00 M. verhoogd.

De Lahn ontspringt op het Westerwald in de nabijheid van de bronnen van de Sieg op eene hoogte van 602 M. en vormt lager uit de scheiding tusschen het Westerwald en de Taunus. De monding in den Rijn bij Niederlahnstein ligt op 64 M. boven de zee. Het Lahndal is eng, rotsachtig en wild. Een groot aantal zijrivieren worden opgenomen die ontspringen op de hoogste gedeelten van den Taunus en van het Westerwald. Beneden Giessen is de Lahn gekanaliseerd. De kleinste afvoer beneden Wetslar bedraagt 6 M^3 .

De Moezel ontspringt in de zuidwestelijke Vogezen ter hoogte van 735 M. boven den zeespiegel en valt na een loop ter lengte van 525 KM. op eene hoogte van 60 M. bij Coblenz in den Rijn. Haar stroomgebied heeft eene oppervlakte van 28280 vierkante kilometers. Zij is bevaarbaar van af Metz, maar op zeer gebrekkige wijze. De vaardiepte bedraagt tusschen Trier en Trarbach 0.70 M., tusschen Trarbach en Coblenz 0.90 M., maar daalt bij lage waterstanden en kleine afvoeren van $\pm 40 \text{ M}^3$ tot 0.60 M. en nog minder. In droge zomers ligt de scheepvaart soms geruimen tijd geheel stil. De kleinste afvoer bedraagt 31 à 37 M^3 per secunde. Wegens het sterke onregelmatige verval en den geringen afvoer in den zomer is het

niet wel uitvoerbaar om de rivier alleen door normaliseering behoorlijk bevaarbaar te maken en zal men daartoe tot kanaliseering moeten overgaan. Vooral sedert de uitnemende resultaten door de Main-kanalisatie verkregen, is hiervan dan ook ernstig sprake.

De voornaamste zijrivier is de Saar, welke beneden Saarbrücken bevaarbaar is en daar slechts het geringe verval van $7\frac{1}{2}$ cM. per kilometer heeft. Links ontvangt zij even boven den mond van de Saar de Sauer, die op de Ardennen ontspringt en het water van het grootste deel van Luxemburg afvoert.

De Ruhr ontspringt bij Winterberg ter hoogte van 665 M. treedt bij Muhlheim ter hoogte van 35 M. in het Rijndal en valt bij Ruhrort op eene hoogte van 22 M. in den Rijn. Zij is beneden Witten gekanaliseerd. De kleinste afvoer bedraagt 8 à 9 M_3 per seconde. Beneden Muhlheim is het verval ongeveer 7 cM. per KM.

De Lippe ontspringt bij Lippspringe op eene hoogte van 139 M. niet ver van de bron van de Eems en valt bij Wezel ter hoogte van 16 M. in den Rijn. Ook van deze rivier is het benedendeel gekanaliseerd.

§ 2. **Loop van het Rijnwater door ons land.** De gewone uitdrukking, dat de Rijn bij Lobith op Nederlandsch grondgebied komt, is niet geheel juist. De rechteroever wordt reeds Nederlandsch bij het Boven Spijk op ongeveer 5 KM. boven Lobith, terwijl de linkeroever Duitsch blijft tot beneden Bimmen, zoodat over eene lengte van 8 KM. de rechteroever Nederlandsch en de linkeroever Duitsch is. Het gemeenschappelijk riviervak met het slechts $2\frac{1}{2}$ KM. lange gedeelte begrepen tusschen de Rijksgrens bij Bimmen en het punt waar zich de Rijn boven Pannerden in twee takken splitst, wordt gewoonlijk de Bovenrijn of juist de Nederlandsche Bovenrijn genoemd.

De loop der rivier heeft op dit gedeelte in de laatste eeuwen zeer groote veranderingen ondergaan, welke het hier niet de plaats is om te behandelen. Genoeg zij het te herinneren, dat de splitsing in twee takken vroeger reeds plaats had bij Schenkenschans, dat thans op eenigen afstand ten zuiden van de rivier ligt; dat het deel van den tegenwoordigen Bovenrijn,

bekend onder den naam van het Bijlandsch kanaal, in het laatst der vorige eeuw kunstmatig is gegraven tot afsnijding van eene sterk inscharende bocht, waarvan de overblijfsels den naam dragen van „de Oude Waal,” en dat wat thans als de „Oude Rijn” bekend is, toen de splitsing nog bij Schenkenschans plaats had, het bovendeel was van den Nederrijn.

Thans heeft de splitsing in twee takken plaats tusschen Millingen en Panterden. De noordelijke tak van het punt van separatie tot den benedenmond van den Ouden Rijn bij Candia heet gewoonlijk het Panterdensch kanaal en is in de jaren 1701—1706, gedeeltelijk door graving, gedeeltelijk door stroomschuring gevormd. De zuidelijke tak heet de Waal, voert ongeveer $\frac{2}{3}$ van het water van den Bovenrijn af en bezit het dubbele vermogen van het Panterdensch kanaal.

Na bij Candia den naam van Nederrijn te hebben aangenomen deelt zich de noordelijke Rijnarm bij Westervoort wederom in tweeën. De noordelijke tak, die wederom slechts het halve vermogen van den westelijken heeft, is de Geldersche IJssel. De westelijke arm behoudt den naam van Nederrijn en voert twee derden van het water van het Panterdensch kanaal af. De Geldersche IJssel wordt tusschen Westervoort en Doesburgh, waar de Oude IJssel wordt opgenomen, ook wel de Drususgracht genoemd, naar aanleiding van de overlevering dat de gemeenschap tusschen Nederrijn en Oude IJssel op kunstmatige wijze door de Romeinen onder Drusus zou zijn tot stand gebracht. Een bepaalde historische grond hiervoor ontbreekt echter en wanneer de overlevering niet bestond zoude men niet licht op het denkbeeld komen, dat dit zeer kronkelend riviergedeelte zijn ontstaan aan menschenhanden te danken kon hebben.

De IJssel neemt verscheiden zijrivieren op. In de eerste plaats, zooals reeds boven is gezegd, bij Doesburg de Oude IJssel, verder te Zutphen de Berkel, boven Deventer de Dortherbeek en de Schipbeek en eindelijk bij Hattem de Griff.

Beneden Kampen verdeelt de IJssel zich weder in twee takken, waarvan de rechter den naam draagt van het Ganzediep, terwijl de linker den naam van IJssel behoudt. Tusschen beiden ligt het Kampereiland, dat zijn ontstaan te danken heeft

aan de door den IJssel afgevoerde slibmassa's. Zoowel het Ganzediep als de IJssel zelf splitsen zich nogmaals. Het Ganzediep zendt links „de Goot” uit, terwijl de IJssel zelf zich splitst in Rechterdiep en Keteldiep. Het laatste, tevens de algemeene scheepvaartweg, voert verreweg het grootste deel van het bovenwater af.

In vroeger tijd was het aantal mondingen van den IJssel nog grooter dan thans; het Noorderdiep, dat het tegenwoordige Kampereiland in tweeën verdeelde, en het Zuiderdiep dat in westelijke richting stroomde, zijn achtereenvolgens verland en afgesloten. De Nederrijn behoudt dien naam tot Wijk bij Duurstede, waar vroeger een deel van het Rijnwater in noordelijke richting afvloeide, zooals thans nog aan de aanwezige rivierkleibeddingen te zien is. Van Wijk bij Duurstede tot Krimpen draagt de rivier den naam van Lek. Bij Krimpen verandert zij wederom van naam en verkrijgt dien van Nieuwe Maas. Deze neemt tegenover IJsselmonde den Hollandschen IJssel op, stroomt langs Rotterdam, Schiedam, Vlaardingen en Maassluis en stort zich, langs den Nieuwen Maasmond of Rotterdamschen waterweg, benoorden den Hoek van Holland in de Noordzee.

Voor ongeveer twintig jaren was de toestand geheel anders. Even boven Maassluis splitste zich toen de Nieuwe Maas in twee armen die het eiland Rozenburg omsloten; de noordelijke heette het Scheur, de zuidelijke, die den naam van Nieuwe Maas behield, nam de van Dordrecht komende Oude Maas op, stroomde langs Brielle en mondde — na zich weder met het Scheur vereenigd te hebben — ten zuiden van den Hoek van Holland in de Noordzee. De tegenwoordige toestand is ontstaan door doorgraving van den Hoek van Holland en aansluiting van Rozenburg aan het afgegraven deel door middel van eene watervrije afdamming. Het vroeger zeer ruime gedeelte der Nieuwe Maas tusschen de bovenpunt van Rozenburg en de Oude Maas, is achtereenvolgens vernauwd, tot dat eene slechts 70 Meter breede geul is overgebleven welke „de Noordgeul” heet, aan den waterafvoer weinig deel heeft en hoofdzakelijk dient tot behoud der scheepvaartverbinding van Rotterdam met Brielle en de dorpen aan de oude Maas. Het deel

der Nieuwe Maas tusschen de bovenpunt van Rozenburg en het begin der doorgraving van den Hoek van Holland wordt nog dikwijls het Scheur genoemd. De Nieuwe Maas en de Lek zijn onder den invloed der getijden. In gewone tijden doen deze zich gevoelen tot Kuilenburg. Te Schoonhoven wordt zelfs in den regel vloedstroom waargenomen; terwijl het water bij vloed gewoonlijk tot Maassluis zout of brak wordt.

De bovenmond van den Ouden Rijn onmiddellijk boven de Tolkamer bij Lobith is niet watervrij afgesloten. Bij waterstanden hooger dan 13.91 M.+AP. aan de peilschaal te Lobith vloeit een deel van het water van den Bovenrijn langs den Ouden Rijn en komt bij Candia in het Pannerdensch kanaal terecht. Bij zeer hooge waterstanden stroomt zelfs een gedeelte van dit water langs het riviertje de Wildt ten oosten van de hoogten van Elten en van het Monferland naar het stroomgebied van den Ouden IJssel en komt bij Doesburg op den Gelderschen IJssel terecht.

Deze zijdelingsche afleiding van het water van den Bovenrijn is bekend als de overlaat van den Ouden Rijnmond.

De Waal loopt onverdeeld door tot Woudrichem. Alleen bij hooge standen stroomt een deel van het Waalwater over het onbedijkte deel van den linkeroever tusschen Dreumel en Rossum naar de Maas. Het onbedijkte vak is bekend als de Heerewaardsche Overlaat. Vroeger bestond de gemeenschap tusschen Waal en Maas ook bij gewone standen door middel van het kanaal van St. Andries, dat in 1856 door middel van een watervrijen dijk, waarin eene schutsluis, is afgesloten.

Te Woudrichem vereenigt zich de Waal met de Maas, waarvan het vermogen gewoonlijk een negende van dat van de Waal bedraagt en vormt aldus de Boven-Merwede, die zich tusschen Werkendam en Hardinxveld weder splitst in de Nieuwe Merwede, die door het Bergsche veld naar het Hollandsch diep stroomt en de Oude of Beneden Merwede, die zich op Dordrecht richt.

Tusschen de Merwede te Dordrecht en de Lek te Krimpen bestaat eene verbinding welke voor de scheepvaart van zeer groot belang is en den naam draagt van „de Noord.” Bij gewone standen beweegt zich het water in de Noord in noor-

delijke richting, zoodat bij eb een deel van het water der Oude Merwede en bij vloed een deel van het van beneden komende vloedwater op de Nieuwe Maas wordt gebracht. Bij hoog opperwater echter wordt de waterspiegel te Krimpen meer verhoogd dan die te Dordrecht en vloeit soms een deel van het Lekwater naar de Merwede.

Beneden Dordrecht heeft opnieuw splitsing plaats, en wel in de Dordtsche Kil, die bij Willemsdorp in het Hollandsch diep valt en de Oude Maas. Het bovendeel der Kil tusschen het punt van scheiding en 's Gravendeel heet het Mallegat en is oorspronkelijk kunstmatig gegraven.

Een tweede verbinding tusschen de Oude Maas en de Kil, de Krabbe genaamd, voor de graving van het Mallegat de bovenmond der Dordsche Kil, is voor eenige jaren afgedamd.

Het is moeielijk te zeggen welke der beide takken, Dordtsche Kil of Oude Maas, het grootste aandeel heeft in den afvoer van het Rijnwater; tengevolge van den invloed van eb en vloed is de waterbeweging in deze rivierarmen zeer samengesteld en wegens onvoldoende waarnemingen is daaromtrent weinig bekend. De Oude Maas is met het Haringvliet verbonden door het Spui, een smalle riviertak die het eiland Beijerland scheidt van Voorne en Putten. Bij Spijkenisse staat zij door middel van de Noordgeul in verbinding met de Nieuwe Maas.

Vroeger vereenigde zij zich aldaar met den zuidelijken arm der Nieuwe Maas en behield dezen laatsten naam tot in zee. Tegenwoordig is het beter den naam van Oude Maas op de geheele rivier tot in zee toe te passen, of het deel der Oude Maas beneden Spijkenisse „de Brielsche Maas” te noemen.

De Nieuwe Merwede in haren tegenwoordigen vorm is eene schepping der laatste jaren. Sedert 1850 is het warnet van killen, ontstaan door de achtereenvolgende aanslibbing van den grooten waterplas in 1421 door den St. Elisabethsvloed gevormd, vervangen door een enkelen machtigen riviertak, zich uitstrekkende van Werkendam tot in het Hollandsch diep en verre het grootste deel van het Rijnwater afvoerende. De nieuwe rivier is langs den zuidelijken oever watervrij bedijkt. Aan de noordzijde zijn wel de killen, die vroeger een deel van het water van de Oude Merwede afzogen, afgesloten,

maar de tusschen de beide rivieren gelegen gronden zijn niet watervrij bedijkt, zoodat bij zeer hoog opperwater over den zoogenaamden overlaat van Cruqius water uit de Oude Merwede naar de Nieuwe kan stroomen.

Beneden de Deneplaat vereenigt zich de Nieuwe Merwede met den Amer en neemt den naam aan van Hollandsch diep. De Amer is thans de hoofdgeul, waardoor het getijwater, dat tweemaal in elk etmaal de afgedamde killen ten zuiden van de Nieuwe Merwede vult, heen en weder stroomt. Bij zeer hooge waterstanden ontvangt de Amer ook het deel van het water van Waal en Maas, dat na over de Heerenwaardsche en Bokhovensche overlaten en langs de Beersche Maas te zijn gestroomd, vermeerderd met het water van Dommel en Aa een groot deel van Noord-Brabant onder water zet en eindelijk over den Baardwijkschen overlaat vloeit.

Wanneer na eenige jaren de in uitvoering zijnde verlegging van den Maasmond zal zijn voltooid, wordt de Amer de mond van de rivier de Maas.

Het Hollandsch Diep, dat bij Willemsdorp de Dordtsche Kil opneemt, behoudt dezen naam tot beneden Willemstad. Van hier af draagt het den naam van Haringvliet, dat het eiland „de Tiengemeten” omspoelt, het Spui opneemt en beneden Hellevoetsluis door verschillende zeegaten, waarvan het Noordergat, het Bokkegat en het Slijkgat de voornaamsten zijn, in gemeenschap staat met de Noordzee. Even beneden Willemstad stroomt een deel van het water door het Hellegat en het Ventjagergaatje tusschen den Noord-Brabantschen wal en het eiland Flakkee eerst zuid- en dan westwaarts, heet eerst „het Volkerak”, beneden de Steenbergsche Sas „het Krammer” en vervolgens tusschen de eilanden Schouwen en Duiveland links, en Flakkee en Goedereede rechts „de Grevelingen”, die door het Springersgat en het Brouwershavensche gat uitmonden in de Noordzee. Het Volkerak staat door het Zijpe en het Mastgat in gemeenschap met de Ooster-Schelde.

In de laatst beschreven riviertakken is de invloed van het door den Rijn aangevoerde water van geringe beteekenis in vergelijking met de groote watermassa's die hier door de getijden worden in beweging gezet.

Bij vloed wordt het zoete water door het zeewater teruggedrongen tot boven Willemstad en beneden Ooltgensplaat is het water ook bij eb brak. Vloedstroom wordt waargenomen tot Werkendam en bij laag opperwater zelfs boven Gorinchem, terwijl de periodieke rijzing van den waterspiegel zich doet gevoelen tot St. Andries op de Waal en tot Hedel op de Maas.

§ 3. **Waterstanden.** Een overzicht van de meest belangrijke waterhoogten aan de voornaamste plaatsen van waarneming wordt gevonden in de staten op de volgende bladzijden, terwijl omtrent de volstrekt hoogste en laagste standen kan worden verwezen naar de §§ 5 en 6 van Hoofdstuk X.

No. I.
Gemiddelde waterstanden in de jaren 1851—1880.

a. RIJN, WAAL, MERWEDE ENZ.

Plaats van waarneming	Jaren.	Jan.	Febr.	Maart.	April	Mei	Junij	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Keulen.....	1851—60	38,58	38,53	38,62	39,01	38,95	39,25	38,90	38,81	38,55	38,33	38,02	38,41	38,66
	1861—70	38,89	39,22	38,91	38,79	38,57	38,58	38,42	38,27	38,06	37,82	38,25	38,74	38,54
	1871—80	38,98	39,53	38,98	39,53	38,98	39,31	39,35	38,81	38,27	38,24	38,67	38,85	38,89
	1851—80	38,79	38,91	39,02	38,89	38,83	39,05	38,89	38,63	38,29	38,13	38,31	38,67	38,70
Emmerik.....	1851—60	12,72	12,75	12,61	12,96	12,80	13,07	12,72	12,60	12,38	12,20	11,92	12,43	12,60
	1861—70	13,15	13,39	12,89	12,70	12,38	12,34	12,20	12,01	11,86	11,59	12,12	12,70	12,44
	1871—80	13,16	12,92	13,41	12,67	12,69	12,99	13,06	12,51	11,93	11,87	12,42	12,88	12,70
	1851—80	13,01	13,02	12,97	12,78	13,63	12,80	12,66	12,37	12,05	11,89	12,15	12,65	12,58
Hulhuizen.....	1851—60	11,78	10,80	10,63	10,94	10,81	11,05	10,71	10,61	10,39	10,22	9,93	10,41	10,61
	1861—70	11,12	11,33	10,85	10,68	10,38	10,33	10,21	10,03	9,88	9,63	10,11	10,68	10,44
	1871—80	11,09	10,92	11,41	10,71	10,75	11,02	11,08	10,56	10,03	10,00	10,51	10,90	10,83
	1851—80	11,00	11,01	10,96	10,78	10,65	10,80	10,67	10,40	10,10	9,95	10,18	10,66	10,60
Nijmegen.....	1851—60	9,15	9,06	9,00	9,25	9,15	9,40	9,07	8,96	8,73	8,57	8,28	8,78	8,95
	1861—70	9,54	9,62	9,23	9,05	8,77	8,72	8,61	8,42	8,27	8,02	8,47	9,02	8,81
	1871—80	9,38	9,19	9,68	8,99	9,03	9,30	9,37	8,85	8,32	8,27	8,77	9,22	9,03
	1851—80	9,36	9,29	9,30	9,10	8,98	9,14	9,02	8,74	8,44	8,28	8,51	9,01	8,92
Tiel.....	1851—60	5,83	5,80	5,66	5,86	5,76	5,95	5,68	5,59	5,41	5,29	5,06	5,54	5,62
	1861—70	6,42	6,43	6,00	5,84	5,59	5,55	5,44	5,27	5,14	4,91	5,32	5,84	5,65
	1871—80	6,26	6,09	6,52	5,91	5,95	6,19	6,28	5,82	5,33	5,27	5,70	6,20	5,96
	1851—80	6,17	6,10	6,06	5,87	5,77	5,90	5,80	5,56	5,29	5,16	5,06	5,86	5,74
Zalt-Bommel.....	1851—60	3,61	3,55	3,40	3,62	3,49	3,66	3,33	3,22	3,05	2,97	2,75	3,35	3,33
	1861—70	4,31	4,23	3,78	3,58	3,31	3,26	3,17	3,00	2,87	2,67	3,12	3,69	3,42
	1871—80	4,04	3,88	4,28	3,67	3,69	3,93	4,02	3,55	3,09	3,07	3,51	3,91	3,64
	1851—80	3,99	3,89	3,82	3,62	3,50	3,62	3,50	3,26	3,01	2,90	3,13	3,65	3,49

De hoogste standen zijn aangeduid met groote vette letter.

" laagste " " " kleine " "

Plaats van waarneming	Jaren.	Jan.	Febr.	Maart.	April	Mei	Juni	Juli	Aug	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Gorinchem H. W.	1851-60	1,98	2,00	1,86	1,95	1,81	1,88	1,73	1,68	1,62	1,65	1,50	1,82	1,79
	1861-70	2,49	2,50	2,19	1,99	1,78	1,71	1,67	1,60	1,57	1,50	1,82	2,18	1,92
	1871-80	2,42	2,27	2,53	2,04	1,95	2,05	2,06	1,81	1,63	1,63	2,02	2,28	2,06
	1851-80	2,30	2,26	2,19	1,99	1,85	1,88	1,82	1,70	1,61	1,60	1,78	2,09	1,92
Gorinchem L. W.	1851-60	1,76	1,78	1,59	1,68	1,51	1,60	1,41	1,36	1,30	1,32	1,20	1,59	1,51
	1861-70	2,37	2,37	1,99	1,73	1,46	1,37	1,32	1,23	1,21	1,13	1,53	2,00	1,64
	1871-80	2,20	1,99	2,30	1,67	1,56	1,69	1,74	1,41	1,16	1,16	1,66	2,08	1,71
	1851-80	2,11	2,05	1,96	1,70	1,51	1,55	1,49	1,33	1,22	1,20	1,46	1,87	1,62
Werkendam H. W.	1851-60	1,73	1,75	1,64	1,73	1,64	1,70	1,58	1,53	1,48	1,51	1,39	1,62	1,61
	1861-70	2,11	2,10	1,90	1,75	1,61	1,56	1,53	1,49	1,45	1,40	1,64	1,91	1,70
	1871-80	1,98	1,90	2,06	1,73	1,68	1,75	1,75	1,58	1,49	1,46	1,70	1,87	1,75
	1851-80	1,94	1,92	1,87	1,74	1,64	1,67	1,62	1,54	1,47	1,46	1,58	1,80	1,69
Werkendam L. W.	1851-60	1,44	1,44	1,27	1,34	1,22	1,30	1,13	1,11	1,07	1,08	0,98	1,32	1,22
	1861-70	1,92	1,89	1,59	1,36	1,14	1,06	1,02	0,95	0,95	0,89	1,24	1,64	1,30
	1871-80	1,53	1,35	1,58	1,03	0,93	1,03	1,08	0,81	0,62	0,63	1,05	1,35	1,08
	1851-80	1,63	1,56	1,48	1,24	1,10	1,13	1,07	0,96	0,88	0,87	1,09	1,43	1,20
Hardinxveld H. W.	1851-60	1,77	1,75	1,65	1,73	1,62	1,68	1,55	1,51	1,47	1,49	1,38	1,62	1,60
	1861-70	2,17	2,16	1,95	1,80	1,65	1,60	1,57	1,51	1,48	1,42	1,68	1,95	1,75
	1871-80	2,00	1,92	2,09	1,75	1,68	1,76	1,76	1,58	1,48	1,44	1,71	1,89	1,78
	1851-80	1,99	1,94	1,90	1,76	1,65	1,68	1,63	1,54	1,47	1,45	1,59	1,82	1,70
Hardinxveld L. W.	1851-60	1,46	1,94	1,26	1,34	1,21	1,30	1,12	1,11	1,07	1,09	0,99	1,31	1,42
	1861-70	1,97	1,95	1,64	1,40	1,18	1,10	1,07	0,99	0,98	0,92	1,27	1,67	1,35
	1871-80	1,39	1,39	1,62	1,07	0,97	1,07	1,12	0,85	0,65	0,68	1,08	1,38	1,12
	1851-80	1,68	1,59	1,51	1,27	1,12	1,16	1,10	0,98	0,90	0,90	1,11	1,46	1,23
Steenenhoek H. W.	1851-60	1,69	1,70	1,60	1,47	1,60	1,65	1,54	1,49	1,45	1,47	1,36	1,57	1,57
	1861-70	2,02	2,03	1,84	1,70	1,56	1,51	1,49	1,46	1,40	1,35	1,58	1,84	1,65
	1871-80	1,90	1,83	1,99	1,68	1,62	1,69	1,69	1,53	1,43	1,41	1,64	1,78	1,67
	1851-80	1,87	1,85	1,81	1,68	1,59	1,62	1,57	1,49	1,43	1,41	1,53	1,73	1,63

Plaats van waarneming.	Jaren.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Steenhoek L. W.	1851-60	1,36	1,37	1,19	1,27	1,15	4,23	1,07	1,05	1,02	1,03	0,94	1,26	1,16
	1861-70	1,80	1,80	1,49	1,26	1,03	0,95	0,92	0,85	0,86	0,79	1,13	1,52	1,20
	1871-80	1,42	1,23	1,45	0,89	0,78	0,89	0,95	0,70	0,52	0,54	0,94	1,23	0,96
	1851-80	1,53	1,47	1,38	1,14	1,99	1,03	0,98	0,87	0,80	0,78	1,00	1,33	1,11
Dordrecht H. W.	1851-60	1,21	1,25	1,25	1,31	1,29	1,33	1,28	1,26	1,21	1,23	1,14	1,21	1,25
	1861-70	1,42	1,52	1,44	1,38	1,33	1,34	1,33	1,31	1,27	1,24	1,36	1,43	1,36
	1871-80	1,35	1,36	1,47	1,36	1,35	1,40	1,43	1,31	1,27	1,22	1,31	1,35	1,35
	1851-80	1,33	1,38	1,39	1,35	1,33	1,16	1,35	1,30	1,25	1,23	1,27	1,33	1,32
Dordrecht L. W.	1851-60	-0,07	-0,06	-0,17	-0,15	-0,22	-0,12	-0,15	-0,12	-0,12	-0,05	-0,18	-0,02	-0,12
	1861-70	0,52	0,56	0,30	0,18	0,07	0,07	0,10	0,09	0,07	0,08	0,25	0,42	0,23
	1871-80	0,35	0,20	0,31	-0,01	-0,04	0,03	0,10	0,03	0,00	-0,03	0,17	0,26	0,11
	1851-80	0,26	0,23	0,15	0,01	- 0,06	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,08	0,22	0,07
Brielle H. W.	1851-60	0,89	0,89	0,83	0,86	0,85	0,86	0,82	0,80	0,78	0,84	0,78	0,84	0,84
	1861-70	0,94	1,01	0,95	0,90	0,89	0,89	0,90	0,90	0,87	0,88	0,97	0,95	0,92
	1871-80	1,02	0,96	1,01	0,96	0,93	0,96	0,94	0,91	0,93	0,91	0,98	1,00	0,96
	1851-80	0,95	0,95	0,93	0,91	0,89	0,90	0,89	0,87	0,86	0,88	0,91	0,93	0,91
Brielle L. W.	1851-60	-0,60	-0,64	-0,69	-0,66	-0,64	-0,56	-0,50	-0,45	-0,45	-0,44	-0,54	-0,56	-0,56
	1861-70	-0,54	-0,49	-0,56	-0,59	-0,58	-0,51	-0,44	-0,40	-0,41	-0,42	-0,40	-0,45	-0,48
	1871-80	-0,58	-0,60	-0,54	-0,62	-0,60	-0,51	-0,42	-0,40	-0,37	-0,44	-0,42	-0,49	-0,50
	1851-80	-0,57	-0,58	-0,60	- 0,63	-0,61	-0,52	-0,46	-0,42	- 0,41	-0,43	-0,45	-0,50	-0,51
Moerdijk H. W.	1851-60	1,27	1,31	1,29	1,33	1,32	1,32	1,30	1,27	1,22	1,25	1,17	1,26	1,28
	1861-70	1,35	1,44	1,39	1,37	1,35	1,37	1,34	1,34	1,30	1,30	1,36	1,37	1,34
	1871-80	1,32	1,37	1,44	1,41	1,40	1,43	1,42	1,35	1,34	1,30	1,35	1,36	1,37
	1851-80	1,32	1,37	1,38	1,37	1,36	1,37	1,35	1,32	1,29	1,28	1,29	1,33	1,34
Moerdijk L. W.	1851-60	-0,77	-0,86	-0,89	-0,79	-0,73	-0,73	-0,74	-0,66	-0,65	-0,62	-0,77	-0,80	-0,76
	1861-70	-0,87	-0,80	-0,90	-0,90	-0,83	-0,83	-0,83	-0,75	-0,68	-0,72	-0,73	-0,79	-0,80
	1871-80	-0,82	-0,80	-0,82	-0,82	-0,79	-0,70	-0,62	-0,59	-0,57	-0,62	-0,62	-0,68	-0,70
	1851-80	-0,82	-0,82	-0,84	-0,84	- 0,85	-0,76	-0,70	- 0,64	-0,65	-0,66	-0,70	-0,76	-0,75

b. NEDERRIJN EN LEK.

Plaats van waarneming	Jaren.	Jan.	Febr.	Maart.	April	Mei	Junii	Julii	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
West-Pannerden.....	1851-60	10,59	10,62	10,50	10,80	10,70	10,93	10,63	10,52	10,29	10,13	9,85	10,25	10,48
	1861-70	10,94	11,11	10,71	10,55	10,26	10,21	10,09	9,91	9,76	9,52	9,98	10,50	10,29
	1871-80	10,88	10,73	11,22	10,55	10,58	10,83	10,89	10,40	9,89	9,84	10,32	10,69	10,59
	1851-80	10,80	10,82	10,81	10,63	10,52	10,66	10,54	10,28	9,98	9,83	10,05	10,48	10,45
Arnhem.....	1851-60	9,09	9,04	8,93	9,26	9,13	9,39	9,08	8,98	8,75	8,57	8,27	8,74	8,93
	1861-70	9,49	9,66	9,21	9,08	8,80	8,76	8,67	8,49	8,36	8,14	8,55	9,05	8,85
	1871-80	9,38	9,38	9,81	9,16	9,18	9,42	9,49	9,03	8,57	8,53	8,98	9,30	9,20
	1851-80	9,37	9,36	9,32	9,17	9,03	9,19	9,08	8,83	8,56	8,41	8,60	9,03	8,99
Vreeswijk.....	1851-60	2,41	2,52	2,30	2,54	2,43	2,62	2,39	2,30	2,14	2,04	1,83	2,23	2,31
	1861-70	2,91	3,11	2,67	2,51	2,29	2,25	2,18	2,04	1,96	1,80	2,18	2,59	2,37
	1871-80	3,03	2,78	3,13	2,55	2,59	2,79	2,85	2,45	2,08	2,05	2,45	2,79	2,62
	1851-80	2,78	2,80	2,70	2,53	2,44	2,55	2,48	2,26	2,06	1,96	2,15	2,54	2,44
Vlaardingen H. W.....	1851-60	0,94	0,92	0,89	0,92	0,91	0,92	0,90	0,93	0,87	0,92	0,84	0,90	0,90
	1861-70	0,98	1,06	0,99	0,95	0,92	0,91	0,93	0,93	0,89	0,89	0,99	1,00	0,95
	1871-80	0,88	0,91	0,99	0,92	0,90	0,93	0,92	0,87	0,86	0,84	0,93	0,94	0,91
	1851-80	0,93	0,96	0,96	0,93	0,91	0,92	0,92	0,90	0,88	0,89	0,92	0,94	0,92
Vlaardingen L. W.....	1851-60	-0,43	-0,43	-0,52	-0,46	-0,48	-0,39	-0,37	-0,31	-0,32	-0,31	-0,40	-0,38	-0,40
	1861-70	-0,30	-0,24	-0,36	-0,41	-0,43	-0,38	-0,31	-0,27	-0,28	-0,29	-0,22	-0,23	-0,33
	1871-80	-0,37	-0,41	-0,35	-0,47	-0,46	-0,37	-0,28	-0,27	-0,26	-0,28	-0,26	-0,31	-0,34
	1851-80	-0,37	-0,36	-0,41	-0,44	-0,46	-0,38	-0,32	-0,29	-0,29	-0,29	-0,29	-0,29	-0,31
Maassluis H. W.....	1851-60	0,91	0,90	0,86	0,89	0,86	0,89	0,85	0,84	0,82	0,87	0,81	0,87	0,86
	1861-70	0,94	1,01	0,95	0,89	0,88	0,87	0,88	0,88	0,85	0,85	0,95	0,94	0,91
	1871-80	0,87	0,90	0,98	0,91	0,88	0,91	0,89	0,85	0,87	0,85	0,92	0,91	0,89
	1851-80	0,91	0,94	0,93	0,90	0,87	0,89	0,87	0,86	0,85	0,86	0,89	0,91	0,89
Maassluis L. W.....	1851-60	-0,52	-0,54	-0,59	-0,56	-0,56	-0,48	-0,49	-0,39	-0,42	-0,38	-0,47	-0,48	-0,49
	1861-70	-0,45	-0,39	-0,49	-0,52	-0,52	-0,46	-0,39	-0,35	-0,36	-0,36	-0,32	-0,35	-0,42
	1871-80	-0,54	-0,53	-0,48	-0,56	-0,53	-0,44	-0,35	-0,34	-0,32	-0,35	-0,36	-0,41	-0,43
	1851-80	-0,50	-0,49	-0,52	-0,55	-0,54	-0,46	-0,39	-0,36	-0,37	-0,36	-0,38	-0,42	-0,44

c. GELDERSCHE IJSSEL.

Plaats van waarneming.	Jaren.	Jan.	Febr.	Maart.	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Westervoort (brug).....	1851—60	9,66	9,61	9,52	9,81	9,71	9,94	9,64	9,54	9,33	9,14	8,87	9,28	9,50
	1861—70	9,91	10,09	9,68	9,54	9,27	9,23	9,11	8,93	8,81	8,59	9,01	9,52	9,31
	1871—80	9,90	9,71	10,18	9,54	9,57	9,81	9,89	9,42	8,94	8,89	9,35	9,69	9,53
	1851—80	9,82	9,81	9,79	9,63	9,51	9,66	9,55	9,30	9,02	8,87	9,08	9,50	9,46
Doesborgh.....	1851—60	7,22	7,31	7,25	7,52	7,42	7,62	7,35	7,24	7,02	6,86	6,62	7,00	7,20
	1861—70	7,73	7,94	7,54	7,34	7,07	7,04	6,95	6,76	6,63	6,37	6,82	7,36	7,13
	1871—80	7,78	7,57	8,00	7,40	7,40	7,63	7,72	7,28	6,80	6,75	7,19	7,54	7,42
	1851—80	7,58	7,61	7,60	7,42	7,29	7,43	7,34	7,09	6,82	6,66	6,88	7,30	7,25
Zutphen	1851—60	4,91	4,99	4,88	5,12	4,98	5,15	4,86	4,73	4,51	4,38	4,17	4,61	4,77
	1861—70	5,27	5,59	5,16	4,88	4,55	4,48	4,38	4,16	4,03	3,76	4,30	4,89	4,62
	1871—80	5,47	5,20	5,64	4,95	4,89	5,10	5,19	4,73	4,23	4,15	4,70	5,18	4,95
	1851—80	5,21	5,26	5,22	4,99	4,80	4,91	4,81	4,54	4,26	4,10	4,39	4,90	4,78
Deventer.....	1851—60	3,53	3,64	3,50	3,71	3,56	3,70	3,43	3,30	3,11	2,98	2,80	3,21	3,37
	1861—70	3,96	4,29	3,81	3,55	3,23	3,16	3,08	2,87	2,77	2,54	3,02	3,58	3,32
	1871—80	4,16	3,89	4,26	3,63	3,55	3,73	3,80	3,38	2,95	2,91	3,39	3,83	3,62
	1851—80	3,88	3,94	3,86	3,63	3,45	3,53	3,43	3,19	2,94	2,81	3,07	3,54	3,44
Katerveer.....	1851—60	1,09	1,12	0,98	1,05	0,92	1,02	0,90	0,82	0,74	0,73	0,58	0,87	0,90
	1861—70	1,43	1,58	1,12	0,95	0,74	0,73	0,72	0,61	0,57	0,49	0,79	1,12	0,90
	1871—80	1,52	1,28	1,55	1,00	0,93	1,05	1,11	0,86	0,68	0,76	1,00	1,30	1,09
	1851—80	1,34	1,33	1,22	1,00	0,87	0,94	0,91	0,77	0,67	0,66	0,79	1,10	0,97

b. NEDERRIJN EN LEK.

Plaats van waarneming	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei	Junii	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
West Pannerden.....	Gem. H. 12.33	12,17	11,88	11,49	11,16	11,27	11,04	10,79	10.46	10,61	11,04	11,57	13,35
	" L. 9,58	9,80	10,02	10,03	10,03	10.24	10,13	9,85	9,60	9.35	9,45	9,60	8,86
	Verschil 2,75	2,37	1,86	1,46	1,13	1,03	0,91	0,94	0,86	1,46	1,59	1,97	4,49
Arnhem.....	Gem. H. 10.85	10,70	10,39	10,03	9,67	9,80	9,57	9,33	9.02	9,17	9,54	10,05	11,88
	" L. 8,22	8,39	8,55	8,55	8,57	8.78	8,68	8,42	8,20	7.96	8,03	8,19	7,52
	Verschil 2,63	2,31	1,84	1,48	1,10	1,02	0,89	0,91	0,82	1,21	1,51	1,86	4,36
Vreeswijk.....	Gem. H. 3.83	3,84	3,51	3,23	2,98	3,04	2,92	2,71	2.48	2,65	2,94	3,39	4,61
	" L. 1,95	1,97	2,09	2,03	2,01	2.20	2,12	1,90	1,74	1.55	1,64	1,86	1,22
	Verschil 1,88	1,87	1,42	1,20	0,97	0,84	0,80	0,81	0,74	1,10	1,30	1,53	3,39

c. GELDERSCHE IJSSEL.

Plaats van waarneming	Jan.	Febr.	Maart.	Apr.	Mei	Junii	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Westervoort.....	Gem. H. 11.30	11,81	10,85	10,48	10,14	10,25	10,04	9,80	9.49	9,63	10,00	10,55	12,28
	" L. 8,70	8,84	9,05	9,00	9,04	9.26	9,15	8,88	8,64	8.41	8,52	8,68	8,01
	Verschil 2,60	2,27	1,80	1,48	1,10	0,99	0,89	0,92	0,85	1,22	1,48	1,87	4,27
Doesburg.....	Gem. H. 8.77	8,69	8,50	8,16	7,88	7,98	7,79	7,57	7.26	7,37	7,72	8,21	9,58
	" L. 6,52	6,69	6,89	6,86	6,85	7.05	6,96	6,69	6,64	6.21	6,32	6,52	5,76
	Verschil 2,25	2,00	1,61	1,30	1,03	0,93	0,83	0,88	0,80	1,16	1,40	1,69	3,82
Zutphen.....	Gem. H. 6.41	6,40	6,14	5,76	5,41	5,47	5,28	5,05	4.72	4,84	5,28	5,82	7,31
	" L. 4,13	4,27	4,45	4,38	4,33	4.51	4,39	4,10	3,88	3.63	3,81	4,12	3,22
	Verschil 2,28	2,13	1,69	1,38	1,08	0,96	0,89	0,95	0,84	1,21	1,47	1,70	4,09
Deventer.....	Gem. H. 4,93	4.94	4,68	4,32	3,98	4,02	3,87	3,63	3.34	3,45	3,87	4,35	5,72
	" L. 2,97	3,09	3.18	3,09	3,02	3.18	3,06	2,79	2,60	2.38	2,54	2,86	2,03
	Verschil 1,96	1,85	1,50	1,23	0,96	0,84	0,81	0,84	0,74	1,07	1,33	1,49	3,69
Katerveer.....	Gem. H. 2,19	2.21	1,92	1,56	1,33	1,32	1,30	1,25	1.16	1,27	1,46	1,83	2,82
	" L. 0,65	0.67	0,66	0,56	0,53	0,65	0,62	0,45	0,34	0.20	0,27	0,56	-0,05
	Verschil 1,54	1,54	1,26	1,00	0,80	0,67	0,68	0,80	0,82	1,07	1,19	1,27	2,88

Gem. H. beteekent: gemiddelde der hoogste standen van elke maand en van elk jaar.
 " L. " laagste

Hoogste en laagste standen per maand en per jaar bij open rivier gedurende het tijdperk 1851—1880.

a. RIJN, WAAL EN MERWEDE.

Plaats van waarneming.	Jan.	Febr.	Maart.	April	Mei	June	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Hoogste stand	44,11	44,27	44,61	43,33	41,43	42,09	41,92	41,50	41,21	43,38	43,38	43,90	44,61
Laagste	35,95	36,15	36,31	37,30	37,50	37,16	37,18	37,34	37,03	36,62	36,61	35,94	35,94
Vershil	8,16	8,12	8,30	6,03	3,93	4,93	4,74	4,16	4,18	6,76	6,77	7,96	8,67
Hoogste stand	16,87	17,27	17,59	16,61	15,36	15,89	15,59	15,22	14,88	16,03	16,47	17,33	17,59
Laagste	9,92	10,24	10,37	11,19	11,21	10,97	10,97	11,00	10,79	10,36	10,21	9,97	9,92
Vershil	6,95	7,03	7,22	5,42	4,15	4,92	4,62	4,22	4,09	5,67	6,26	7,36	7,67
Hoogste stand	12,60	12,86	13,21	12,34	11,38	11,82	11,64	11,27	10,96	11,85	12,30	12,94	13,21
Laagste	6,55	6,88	7,07	7,61	7,57	7,45	7,41	7,40	7,31	6,90	6,72	6,92	6,72
Vershil	5,75	5,98	6,14	4,73	3,81	4,37	4,23	3,87	3,65	4,95	5,58	6,02	6,49
Hoogste stand	6,40	6,73	6,93	6,27	5,78	6,10	6,03	5,42	4,86	5,95	6,20	6,82	6,93
Laagste	1,50	1,53	1,84	2,20	2,34	2,08	2,07	2,08	1,98	1,69	1,56	1,60	1,50
Vershil	4,30	5,20	5,09	4,07	3,44	4,02	3,96	3,34	2,88	4,26	4,64	5,22	5,43
Hoogste stand	4,12	4,43	4,73	3,95	3,60	3,24	3,72	3,32	3,40	3,57	4,08	4,58	4,73
Laagste	0,43	0,54	0,55	0,53	0,56	0,50	0,50	0,59	0,25	0,26	0,18	0,47	0,18
Vershil	3,69	3,89	4,18	3,42	3,04	2,74	3,22	2,73	3,15	3,31	3,90	4,11	4,55

b. NEDERRIJN EN LEK.

Plaats van waarneming.	Jan.	Febr.	Maart.	April	Mei	June	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Hoogste stand	14,16	14,46	14,63	14,02	12,86	13,26	13,13	12,79	12,49	13,45	13,98	14,44	14,63
Laagste	7,48	7,75	8,13	9,23	9,11	8,99	8,88	8,89	8,85	8,50	8,35	7,55	7,48
Vershil	6,68	6,61	6,50	4,79	3,75	4,27	4,25	3,90	3,63	4,95	5,63	6,89	7,15

Plaats van waarneming.	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Hoogste stand	12,64	12,70	13,14	12,55	11,42	11,97	11,67	11,35	11,08	11,95	12,44	12,91	13,14
Laagste	6,35	6,40	6,86	7,70	7,92	7,65	7,65	7,70	7,50	7,15	7,04	6,47	6,35
Vershil	6,29	6,30	6,28	4,85	3,50	4,32	4,02	3,65	3,58	4,80	5,40	6,44	6,79
Hoogste stand	5,31	5,67	6,27	4,96	4,47	4,63	4,72	4,14	3,95	4,76	5,04	5,76	6,27
Laagste	0,42	0,54	0,79	1,25	1,45	1,30	1,08	1,07	1,15	0,91	0,74	0,58	0,42
Vershil	4,89	5,13	5,48	3,71	3,02	3,33	3,64	3,07	2,80	3,85	4,30	5,18	5,85

c. GELDERSCHE IJSEL.

Plaats van waarneming.	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Hoogste stand	13,02	13,28	13,36	12,92	11,80	12,42	12,05	11,81	11,54	12,85	12,83	13,27	13,36
Laagste	7,00	7,10	7,57	8,10	8,11	8,05	7,93	7,93	7,93	7,60	7,42	7,37	7,00
Vershil	6,02	6,18	5,79	4,82	3,69	4,37	4,12	3,88	3,61	4,75	5,41	4,90	6,36
Hoogste stand	10,10	10,28	10,46	9,98	9,48	9,82	9,62	9,25	9,01	9,67	9,94	10,38	10,46
Laagste	4,62	4,59	4,68	6,17	6,00	5,92	5,82	5,81	5,74	5,34	5,22	5,04	4,59
Vershil	5,48	5,69	5,78	3,81	3,48	3,90	3,80	3,44	3,27	4,83	4,72	5,34	5,87
Hoogste stand	8,06	8,40	8,65	7,95	7,13	7,25	7,14	6,78	6,44	7,08	7,77	8,50	8,65
Laagste	2,20	2,20	2,35	3,62	3,46	3,15	3,09	3,10	0,05	2,31	2,66	2,38	2,20
Vershil	5,86	6,20	6,30	4,33	3,67	4,10	4,05	3,68	3,39	4,57	5,11	6,22	6,45
Hoogste stand	6,34	6,75	7,10	6,31	5,54	5,53	5,54	5,29	4,85	5,45	6,10	6,79	7,10
Laagste	0,92	0,95	1,16	2,27	2,27	2,03	1,93	1,93	1,82	1,49	1,24	1,29	0,92
Vershil	5,42	5,80	5,94	4,04	3,27	3,50	3,61	3,36	3,03	3,96	4,86	5,50	6,18
Hoogste stand	3,43	3,62	4,08	3,11	2,43	2,24	2,32	2,24	2,08	2,29	2,97	3,77	4,08
Laagste	-0,77	-0,97	-0,95	-0,09	0,06	-0,05	-0,20	A.P.	-0,42	-0,47	-0,70	-0,48	-0,97
Vershil	4,20	4,59	5,03	3,20	2,37	2,32	2,52	2,24	2,50	2,76	3,67	4,25	5,05

Verschillen tusschen de maxima en minima van de hoogste en van de laagste standen gedurende het tijdperk 1851—1880.

HOOGSTE STANDEN.

Plaats van waarneming.	HOOGSTE STANDEN.			LAAGSTE STANDEN.			Verschil.		
	Maxima	Jaar	Minima	Jaar	Minima	Jaar			
Keulen.....	44,61	1876	39,55	1858	87,94	1878	85,94	1853	2,00
Emmerik.....	17,80	1855	13,05	1874	11,83	1860	9,92	1865	1,91
Hulhuizen.....	15,19	1855	10,94	1874	9,89	1860	8,30	1864	1,59
Nijmegen.....	13,53	1861	9,19	1874	8,26	1860	6,72	1874	1,54
Tiel.....	10,30	1861	6,17	1874	5,09	1860	3,71	1858	1,38
Zalt-Bommel.....	7,78	1861	3,91	1874	3,00	1879	1,50	1858	1,50
Gorinchem.....	4,73	1876	2,32	1858	1,22	1860	0,18	1874	1,04

a. RIJN WAAL EN MERWEDE.

b. NEDERRIJN EN LEK.

West Pannerden.....	15,11	1861	10,70	1874	9,84	1860	7,78	1858	2,06
Arnhem.....	13,73	1855	9,36	1874	8,33	1860	6,35	1858	1,98
Vreeswijk.....	6,27	1876	2,75	1874	1,92	1860	0,54	1858	1,38

c. GELDERSCHE IJSSEL.

Westervoort.....	14,00	1861	9,69	1874	8,80	1860	7,00	1858	1,80
Doesburg.....	10,60	1855	7,52	1874	6,77	1860	4,59	1855	2,18
Zutphen.....	8,66	1855	5,07	1874	4,18	1860	2,20	1858	1,98
Deventer.....	7,28	1855	3,73	1874	2,95	1860	0,92	1858	2,03
Katerveer.....	4,26	1855	1,53	1857	0,50	1860	0,97	1853	1,47

N^o. V.

Vergelijking van de gemiddelde maand en jaarstanden gedurende de tijdperken 1801-1880, 1801-1850 en 1851-1880.

Plaats van waarneming.	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Keulen.....	1801-80	38,81	39,11	38,85	38,71	38,88	38,85	38,60	38,29	38,12	38,41	38,88	38,78
	1801-50	38,83	39,23	38,82	38,64	38,78	38,82	38,58	38,29	38,12	38,46	39,00	38,74
	1851-80	38,79	38,91	38,89	38,83	39,05	38,89	38,63	38,29	38,13	38,31	38,67	38,70
	Vershil	-0,04	-0,32	+0,07	+0,19	+0,27	+0,07	+0,05	0	+0,01	-0,15	-0,33	-0,04
Emmerik.....	1801-80	13,26	13,46	13,39	12,96	12,78	12,83	12,58	12,27	12,10	12,44	13,04	12,83
	1801-50	13,40	13,72	13,64	13,07	12,87	12,90	12,70	12,40	12,23	12,61	13,27	12,98
	1851-80	13,01	13,02	12,97	12,78	12,62	12,80	12,37	12,05	11,89	12,15	12,65	12,58
	Vershil	-0,39	-0,70	-0,67	-0,29	-0,25	-0,10	-0,33	-0,35	-0,34	-0,46	-0,62	-0,40
Pannerden.....	1801-80	11,07	11,24	11,23	10,85	10,68	10,73	10,50	10,22	10,10	10,34	10,88	10,72
	1801-50	11,23	11,49	10,99	10,77	10,83	10,84	10,64	10,36	10,27	10,52	11,13	10,88
	1851-80	10,80	10,82	10,81	10,63	10,51	10,66	10,28	9,98	9,83	10,05	10,48	10,45
	Vershil	-0,43	-0,67	-0,68	-0,36	-0,26	-0,17	-0,36	-0,38	-0,44	-0,47	-0,65	-0,43
Nijmegen.....	1801-80	9,60	9,69	9,67	9,31	9,11	9,22	8,94	8,65	8,50	8,77	9,34	9,16
	1801-50	9,75	9,93	9,89	9,43	9,19	9,26	9,07	8,77	8,63	8,92	9,54	9,30
	1851-80	9,36	9,29	9,30	9,10	8,98	9,14	8,74	8,44	8,29	8,51	9,01	8,93
	Vershil	-0,39	-0,64	-0,59	-0,33	-0,21	-0,12	-0,33	-0,33	-0,34	-0,41	-0,53	-0,37
A. ruhem.....	1801-80	9,49	9,62	9,65	9,25	9,04	9,15	8,90	8,60	8,44	8,73	9,32	9,12
	1801-50	9,56	9,77	9,85	9,31	9,04	9,13	8,94	8,62	8,45	8,80	9,50	9,18
	1851-80	9,37	9,36	9,32	9,17	9,04	9,19	8,83	8,56	8,41	8,60	9,03	9,00
	Vershil	-0,19	-0,41	-0,53	-0,14	0	+0,06	-0,11	-0,06	-0,04	-0,20	-0,47	-0,18

De staten No. I—IV hebben allen betrekking op het tijdvak 1851—80. Zij geven aanleiding tot de volgende opmerkingen, die voor de kennis der rivieren niet zonder belang zijn.

De waterstanden te Keulen hebben de grootste speelruimte. Deze neemt benedenwaarts geregeld af behalve op den Gelderschen IJssel, waar het verschil tusschen hoogsten en laagsten stand te Deventer en Zutphen grooter is dan te Doesborgh. Dit is een gevolg van den plaatselijken toestand boven en beneden laatstgenoemde plaats, die gelegen is tusschen sterke onbedijkte krommingen, waarvan betrekkelijke verlaging van den waterstand bij hoog opperwater en betrekkelijke verhooging van de laagwaterstanden het gevolg zijn.

Het grootste verschil in waterhoogte komt voor in de maanden Maart en December, het kleinste in de maanden Mei, Augustus en September. Het hoogste cijfer voor het gemiddelde der hoogste standen levert Januari, behalve te Deventer en Katerveer, alwaar het cijfer van Februari nog iets hooger is. Het laagste cijfer wordt in September waargenomen, in welke maand dus hoog opperwater het zeldzaamst is.

De gemiddelden der laagste standen zijn het laagst in October voor alle plaatsen van waarneming behalve Keulen, waar het cijfer voor Januari het laagst is. Zij zijn het hoogst in Juni met uitzondering van Gorinchem en Katerveer, waar andere invloeden in de maanden Maart en Februari een iets hooger cijfer veroorzaken.

De verschillen tusschen de gemiddelden van de hoogste en van de laagste standen zijn overal het grootst in Januari, het kleinst in September, behalve te Gorinchem waar Juli en te Katerveer waar Juni een iets kleiner verschil geeft.

In staat No. I zijn de gemiddelden van elk der drie tienjarige tijdvakken afzonderlijk opgegeven, omdat M R (middelbare stand der zes zomermaanden) in den regel op een dezer tijdvakken betrekking heeft. Deze splitsing geeft gelegenheid om op te merken dat het dertig jarig gemiddelde te Keulen 4 centimeter hooger is dan dat voor het tijdvak 1851—60, maar dat van Emmerik, Hulhuizen, Nijmegen, Pannerden en Westervoort het gemiddelde voor laatstgenoemd tijdperk eenige centimeters lager is. Daarentegen is het gemiddelde voor

1851—80 weder hooger voor de volgende plaatsen: Tiel 12 cm., Zalt-Bommel 16 cm., Arnhem 6 cm., Vreeswijk 13 cm., Doesburg 5 cm., Zutphen 1 cm., Deventer en Katerveer 7 cm.

Op de platen XLVI en XLVII zijn de voornaamste uitkomsten voorgesteld; daarin zijn behalve de gegevens voor het tijdvak 1851—80 nog verschillende gegevens betrekking hebbende op de periode 1801—1880 in teekening gebracht.

In staat No. V zijn eenige uitkomsten betreffende de jaren 1801—1880 verzameld, welke bovendien op plaat XLVII graphisch zijn voorgesteld. Hieruit blijkt dat voor nagenoeg alle plaatsen van waarneming de gemiddelde standen voor het tijdvak 1851—80 lager zijn geweest dan die der periode 1801—1850, waaruit zou volgen dat eerstgenoemd tijdperk minder waterrijk is geweest dan het voorafgaande. Een uitzondering maken de maanden Mei en Juni voor Arnhem, waarvoor de cijfers der periode 1851—80 gelijk of enkele centimeters hooger zijn; terwijl te Keulen de waterstanden der maanden Mei, Juni, Juli, Augustus en October eene verhooging aanwijken, September gelijk is gebleven en de overige maanden verlaging aangeven.

Bij gemis van waarnemingen tusschen Keulen en Emmerik is niet met zekerheid te zeggen of algemeene verlaging van den waterstand ten gevolge van uitschuring van den bodem de oorzaak is der verschillen, dan wel dat de peilschaal te Keulen thans tengevolge van lokale wijzigingen bij gelijken afvoer een anderen waterstand aanwijst dan vroeger. Vooral voor Arnhem, dat zoowel ten opzichte van Pannerden als van Nijmegen is verhoogd, is het laatste vrij zeker. De gemiddelde maandstanden zijn het hoogst: te Keulen in Maart, te Emmerik, Hulhuizen, Pannerden, Doesburg, Zutphen en Deventer in Februari en te Nijmegen, Tiel, Zalt-Bommel, Arnhem, Westervoort en Katerveer in Januari. De drie eerste maanden des jaars geven voor alie plaatsen langs de bovenrivieren de hoogste waterstanden. De laagste gemiddelde maandstanden komen op alle Rijntakken voor in October. Op de benedenrivieren heerschen andere invloeden, zoodat aldaar de hoogste vloedstanden wel worden waargenomen in Januari, maar de hoogste ebstanden in Augustus en September.

In welk een sterke mate de hoogte der vloed en in verschillende jaren uiteenloopt leert staat No IV. Te Keulen loopen de hoogste jaarstanden niet minder dan 5.06 M. uiteen; dit verschil vermindert geleidelijk naarmate men lager op de rivier komt. Alleen te Nijmegen is het verschil grooter dan te Hulhuizen, wat veroorzaakt wordt door het beperkte winterbed te Nijmegen. Dezelfde oorzaak werkt in nog sterker mate op den IJssel, waar op het zeer ruime winterbed boven en beneden Doesborg de vernauwingen bij Zutphen en Deventer volgen, en waar ook de verschillen voor de laatstgenoemde plaatsen grooter zijn dan te Doesburg. De afwisseling in de laagste standen van elk jaar is veel kleiner dan bij de hoogste; de onregelmatigheden in den overgang dezer verschillen van 2.00 M. te Keulen tot 1,04 M. te Gorinchem zijn te wijten aan den invloed van plaatselijke onregelmatigheden in den toestand van het rivierbed, die zich vooral bij zeer lage standen in sterke mate doen gevoelen. Op den IJssel zijn deze onregelmatigheden weder sterker dan op Waal en Nederrijn.

Dat de hoogste en laagste standen op de verschillende waarnemingspunten in verschillende jaren zijn waargenomen, is toe te schrijven aan het kleine bedrag der verschillen tusschen verschillende jaren, soms aan fouten van waarneming, maar hoofdzakelijk aan den invloed van het ijs, dat hier in 1861, elders weder in 1855 den hoogsten stand veroorzaakt, terwijl de hoogste stand te Vreeswijk en te Gorinchem het gevolg was van het samentreffen van hoog opperwater met een lang aanhoudenden stormvloed.

Voor de beoordeeling van den toestand eener rivier ten opzichte van de afwatering en van den aanleg van werken is het van het hoogste belang om de veelvuldigheid en den duur van hoogere en lagere standen te kennen.

In den volgenden staat zijn de uitkomsten verzameld van eene telling van het aantal dagen waarop bepaalde waterstanden, verzameld tot eenige belangrijke groepen, zijn waargenomen aan de peilschaal te Emmerik gedurende het tijdvak 1851—80. De eerste groep bevat de waterstanden tusschen den laagsten stand en 11 M+AP., wat ongeveer overeenkomt met het gemiddelde der laagste standen; de tweede groep de stan-

AANTAL DAGEN, WAAROP DE WATERSTANDEN TE EMMERIK BEGEPEN TUSSEN DE GRENZEN DER EERSTE KOLOM,
 ZIJN VOORGEKOMEN IN DE VERSCHILLENDE MAANDEN DES JAARS EN IN DE GEHEELE PERIODE. 18 57/87

WATERSTANDEN.	Jan.	Febr.	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Totaal.
lager dan 11 M. + AP.	56	54	37	0	0	0	4	0	25	139	147	94	556
van 11 M. + AP. tot en met 12,56 + AP.	371	332	407	486	478	387	417	585	692	642	492	364	5633
" 12,57 M. + AP. tot en met 13,99 + AP.	271	259	276	278	376	427	461	314	151	113	168	346	3440
" 14,00 " " " 15,49 " "	140	129	167	100	76	83	41	31	32	33	63	78	976
" 15,50 " " " 16,99 " "	89	64	31	36	0	3	4	0	0	3	30	45	305
hooger dan 1699 M. + AP.	3	10	12	0	0	0	0	0	0	0	0	3	28

den tusschen 11 M + A.P. en 12,56 M + A.P. zijnde ongeveer de gemiddelde waterstand; de derde die tusschen 12,56 M + A.P. en 14,00 M + A.P. een stand, die hooger is dan de gemiddelde der hoogste maandstanden met uitzondering van die voor Januari en Februari; de vierde tusschen 14,00 M + A.P. en 15,50 M + A.P. welke stand reeds hooger is dan het gemiddelde der hoogste jaarstanden; de vijfde tusschen 15,50 M + AP. en 17,00 M + AP. welke standen slechts bij hooge uitzondering voorkomen in de zomermaanden van Mei tot en met October; de zesde groep eindelijk bevat de standen van 17 M + A.P. en hooger.

Uit den staat blijkt dat in de maanden November en October het grootste aantal zeer lage standen wordt waargenomen; dat zeer lage standen niet of zeer zelden voorkomen in de maanden April tot en met Augustus. Standen lager dan 12,56 M + A.P. worden het meest aangetroffen in September en wel 781 maal en het minst in Februari en Juni 386 en 307 maal.

De buitengewoon hooge standen komen uitsluitend voor in de wintermaanden en in Maart; zeer hooge standen komen het veelvuldigst voor in December, Januari en Februari, vervolgens in April en November, enkele malen in Juni, Juli en October en in het geheel niet in Mei, Augustus en September.

De wijze waarop de verschillende waterhoogten over de dagen van

het jaar zijn verdeeld is voor Emmerik voorgesteld op de platen LV *a* en *b*.

Uit deze platen blijkt dat het grootste verschil in waterhoogte op denzelfden dag van het jaar voorkwam op 24 December en 6,78 M. bedroeg; de laagste stand op dien dag 10,55 M + A.P. kwam voor in 1857, de hoogste 17,33 M + A.P. in 1880 beiden bij open rivier. De gemiddelde stand voor dien dag is 12,92 M + A.P. of 2,37 M. hooger dan de laagste en 4,41 M. lager dan de hoogste stand. De hoogste stand op 24 December bleef nog 36 c. m. onder den stand van Januari 1883 bij open rivier; de laagste stand op dien dag was nog 0,58 hooger dan de laagste stand gedurende het geheele tijdperk zijnde 9,97 M + A.P. op 30 December 1864 bij ijsbezetting.

Het kleinste verschil tusschen de uiterste waterstanden op een zelfden dag bedroeg 2,28 M. voor 26 Mei; de laagste stand was die van 1880 of 11,57 M + A.P., de hoogste die van 1853 of 13,85 M + A.P. De gemiddelde stand, 12,58 M + A.P. overtreft den laagsten met 1,01 M. en blijft 1,27 M. onder den hoogsten stand. Toch was deze hoogste stand nog 0,34 M. lager dan de laagste der hoogste standen in het beschouwde tijdvak, die voorkwam op 3 September 1851, terwijl de laagste stand van 26 Mei nog 10 c.m. lager is dan de hoogste der laagste dagstanden, die van 11 Juni 1880.

De laagste der gemiddelde standen is die van 21 en 22 October of 11,82 M + A.P.; de hoogste is die van 30 Januari of 13,22 M + A.P. Het verschil bedraagt dus 1,40 M De laagste der gemiddelde dagstanden is 0,76 lager en de hoogste 0,64 M hooger dan de gemiddelde waterstand van de geheele periode.

Eenige langdurige perioden van lagen en hoogen waterstand waren de volgende:

Van 6 Januari tot in Maart 1858 waren de waterstanden de laagsten van allen die op dezelfde dagen waargenomen werden, met uitzondering van 10 Februari 1880 toen de waterstand nog één centimeter lager was dan op denzelfden dag in 1858. De waterstanden in deze periode wisselden af van 10,16 M tot 11,02 M + A.P. en kwamen voor bij vorst en besloten rivier. Van 20 Februari tot 23 Maart 1876 waren de waterstanden de hoogsten van allen, die in de verschillende jaren

op dezelfde dagen voorkwamen met uitzondering van 4, 5 en 6 Maart 1851 toen bij ijsgang het water nog hooger rees. De waterstanden schommelden tusschen 16,15 M + A.P. en 17,59 M + A.P.

Het zomerhoogwater van Juli 1879 overtrof van 14 Juli tot 4 Augustus de hoogste standen van alle andere jaren op dezelfde dagen; de waterstanden wisselden af van 13,93 tot 15,59 M + A.P.

Een langdurig zomerhoogwater werd van 5 Augustus tot 14 September 1851 waargenomen, toen met uitzondering van 25 Augustus tot 2 September, de waterstanden de hoogste der geheele periode op overeenkomstige dagen waren; zij schommelden tusschen 13,49 en 15,21 M + A.P.

Aanhoudende zeer lage standen kwamen voor van 26 October tot 21 November 1874; zij waren allen hooger dan 10,20 en lager dan 10,44 M + A.P.; zoodat de waterstand in deze vier weken al zeer weinig veranderde.

Het hoogwater op het einde van 1880 gaf na 16 December hoogere standen dan een der overige jaren; het wisselde af van 15,39 tot 17,33 M + A.P.

Zeer lage standen voor den tijd van het jaar bij open rivier waren die van 22 November tot 26 December 1857; zij schommelden tusschen 10,55 en 10,72 M + A.P.

Bij lage rivier rijzen de waterstanden te Emmerik soms zeer snel; bij hoogere standen wanneer het rivierbed zeer breed is, worden zulke snelle rijzingen of dalingen niet waargenomen dan met ijsbezetting. De sterkste rijzingen in het tijdperk 1851—80 waren de volgende.

Dagen der waarneming.	WATERSTANDEN.		Rijzing per etmaal.	Opmerkingen.
	eerste dag	tweede dag		
17 en 18 Februari 1876	11,27M. + AP.	13,49M. + AP.	2,22	
18 en 19 " 1876	13,49 " " "	15,45 " " "	1,96	4,18 M. in twee etmalen.
1 en 2 " 1854	12,23 " " "	13,40 " " "	1,17	
12 en 13 Nov. 1875	13,13 " " "	14,29 " " "	1,16	
13 en 14 " 1875	14,29 " " "	15,23 " " "	0,94	2,10 M in twee etmalen.
25 en 26 Oct. 1880	13,17 " " "	14,63 " " "	1,46	
6 en 7 Februari 1852	13,93 " " "	15,34 " " "	1,41	ijs.
1 en 2 " 1862	13,98 " " "	15,55 " " "	1,57	
6 en 7 Januari 1871	14,08 " " "	15,55 " " "	1,47	ijs.
28 en 29 " 1861	16,01 " " "	17,88 " " "	1,87	ijs.

Niet onbelangrijk is eene vergelijking van de gemiddelde cijfers van het tijdperk 1851—80 met den permanenten stand van 26 Augustus 1812, die toen ter tijd voor gemiddelden zomerstand gold.

a. BOVENRIJN, WAAL EN MERWEDE.

	Emmerik.	Hulhuizen.	Nijmegen.	Tiel.	Zalt-Bommel.		Gorinchem.		Hardinxveld.		Dordrecht.	
					HW.	LW.	HW.	LW.	HW.	LW.	HW.	LW.
26 Augustus 1812	12,78	10,56	9,15	5,35	2,72	1,47	1,00	1,37	0,59	1,22	-0,52	
Gem. 1851—80	12,58	10,60	8,92	5,74	3,49	1,92	1,62	1,70	1,23	1,32	+0,07	
Vershil.	-0,20	+0,04	-0,23	+0,39	+0,77	+0,45	+0,62	+0,33	+0,64	+0,10	+0,59	

b. NEDERRIJN, LEK EN NIEUWE MAAS.

c. GELDERSCHE IJSSEL.

26 Augustus	Pannerden.		Arnhem.		Vreeswijk.		Brielle.		Wester-Doesburg.		Zutphen.		Deventer.		Katerveer.	
	HW.	LW.	Viaanen.	HW.	LW.	26 Augustus	1812	Gem. 1851—80	HW.	LW.	voort.	HW.	LW.	HW.	LW.	HW.
1812.	10,68	8,95	2,38	0,88	-0,67	1812	9,46	6,68	4,10	2,53	0,36					
Gem. 1851—80	10,45	8,99	2,44	0,91	-0,51	Gem. 1851—80	9,46	7,25	4,78	3,44	0,97					
Vershil.	-0,23	+0,04	+0,06	+0,03	+0,16	Vershil.	0	+0,57	+0,68	+0,91	+0,61					

Tusschen de waterstanden aan de peilschalen op de verschillende plaatsen van waarneming der bovenrivieren bestaat een vrij eenvoudig verband, dat wil zeggen, toevallige oorzaken van afwijking, zooals ijs enz. buitengesloten, behooren bij een bepaalden stand aan een der peilschalen, waterstanden aan de overigen, die binnen zeer enge grenzen beperkt zijn.

Dit verband is echter alleen constant voor niet te lange perioden. Het is graphisch voorgesteld op de platen LII, LIII en LIV. De waterstanden in Lobith dienen tot vergelijking. Uit de voorstelling blijkt welke waterstand aan de verschillende waarnemingspunten behoort bij een bepaalden waterstand te Lobith of Emmerik.

Om te doen zien welke wijzigingen het verband sedert 1850 heeft ondergaan, zijn voor eenige plaatsen tevens de lijnen voor de jaren omstreeks 1850 aangeduid; bij gebreke van de waterstanden te Lobith uit dien tijd is aangenomen dat de waterspiegel te Emmerik steeds 1 Meter hooger is dan die te Lobith, wat vrij wel met de werkelijkheid overeenkomt.

§ 4 **Verhangen.** Uit de gelijktijdig waargenomen waterstanden aan de verschillende peilschalen kan het verval per eenheid van lengte, het verhang worden afgeleid. Striktgenomen wordt het verhang uitgedrukt door eene decimale breuk b.v. 0.0001 wanneer het verval 10 centimeter per kilometer bedraagt. Gewoonlijk echter wordt, wanneer bij onze rivieren van verhang gesproken wordt, opgegeven het verval in centimeters per kilometer. Men verkrijgt hierdoor een duidelijker voorstelling en gemakkelijker vergelijking, waarom ook hier deze handelwijze wordt gevolgd. Met verhang wordt dus steeds bedoeld, het verval in centimeters per kilometer.

De volgende staten geven een overzicht van de verhangen op de Rijntakken in ons land afgeleid uit de waarnemingen der laatste jaren.

a. WAAL EN MERWEDE.

Naam van het riviervak.	Lengte van het riviervak in K. M.	Verhang bij den		Gemid. verhang p. maand		Grootste gem. verhang p. maand.	Kleinste gem. verhang p. maand.	Gemidd. verhang 1851—80.
		Hoogsten stand Dec. 1882 Jan. 1883.	Laagsten stand Nov. 1884.	Bij hoogen stand Maart 1876 en Nov. 1882.	Bij lagen stand Nov. 1884.			
Keulen—Emmerik	161,410	16,8 17,2	16,4	16,2 16,5	16,4	16,5	16,1	16,2
Emmerik—Lobith	10,350	9,7	10,1	10,6 10,1	9,8	10,6	9,1	10,9
Lobith—Hulhuizen	7,700	16,5	8,4	15,9 13,5	8,8	15,9	7,8	
Hulhuizen—Nijmegen	14,020	13,6	13,2	13,2 13,0	13,0	14,5	12,5	13,5
Nijmegen—Dodewaard	17,440	13,4	8,4	12,5 11,1	8,6	12,5	7,9	—
Nijmegen—Tiel	30,660	11,9	9,3	11,8 11,5	9,4	11,8	8,8	10,4
Dodewaard—Tiel	13,220	9,8	10,5	10,2 9,7	10,5	11,6	8,4	—
Tiel—St. Andries	11,190	15,5	13,0	13,8 13,8	13,0	13,8	12,4	11,2
St. Andries—Zalt Bommel	8,890	9,7	9,0	9,5 8,7	8,1	13,1 ²	7,8	
Zalt Bommel—Herwijnen	10,660	10,6	—	10,5 9,7	5,8	10,9	5,8	8,6
Herwijnen—Gorinchem	9,250	14,0	—	13,7 13,0	6,7	14,6	6,7	
Gorinchem—Moerdijk	30,210	10,8	—	9,8 11,0	1,6	9,8	1,5	4,8

¹ In December 1882 was het verhang op de volgende vakken tusschen Gorinchem en Moerdijk als volgt: Gorinchem—Werkendam 11,8; Werkendam—Paulownahoeve 9,7; Paulownahoeve—Kop van 't Land 13,8; Kop van 't Land—Deeneplaat 9,6, en Deeneplaat Moerdijk 5,2.

² In October 1880; daarna vermindert het verhang in dit riviervak.

b. NEDERRIJN EN LEK.

Naam van het riviervak.	Lengte van het riviervak in K. M.	Verhang bij den		Gemidd. verhang p. maand		Grootste gemidd. verhang p. maand.	Kleinste gemidd. verhang p. maand.	Gemidd. verhang 1851—80.	
		Hoogsten stand Jan. 1883.	Laagsten stand Nov. 1884.	Bij hoogen stand	Bij lagen stand Nov. 1884.				
Lobith—Pannerden....	8,805	20,5	7,4	14,8	7,6	17,6	6,9	—	
Pannerden—Arnhem...	12,870	12,3	9,4	11,6	} Mrt. 76	12,0	9,7	11,3	
Arnhem—Leksksnveer..	16,235	13,2	11,5	12,2		11,3	12,6	10,7	—
Leksksnveer—Grebbe..	7,820	5,6	7,1	10,2	Jan. 83	12,9	8,6	—	
Grebbe—Remmerden...	4,800	20,8	12,9	18,1	Mrt. 76	10,6	13,7	7,7	—
				11,9	Dec. 82				
Remmerd.—Eck en Wiel	5,840	13,0	12,8	13,7	Jan. 83	12,3	12,5	7,7	—
				10,6	Dec. 82				
Eck en Wiel—Wijk bij Duurstede.....	9,005	7,1	7,7	10,3	Dec. 82	8,0	11,0	7,7	—
Wijk b. Duurst.—Culemb	11,890	8,8	9,1	9,5	Dec. 82	9,1	10,2	9,1	—
Culemburg—Vreeswijk..	10,730	7,6	7,4	6,4	Dec. 82	6,6	8,5	6,4	—
Vreeswijk—Schoonhoven.	21,385	8,6	—	9,3	Dec. 82	3,6	9,3	2,5	—

c. GELDERSCHE IJSSEL.

Naam van het riviervak.	Lengte van het riviervak in K. M.	Verhang bij den		Gemidd. verhang p. maand		Grootste gemidd. verhang p. maand.	Kleinste gemidd. verhang p. maand.	Gemidd. verhang 1851—80.
		Hoogste stand Jan. 1883.	Laagste stand Nov. 1884.	Bij hoogen stand Jan. 1883.	Bij lagen stand Nov. 1884.			
Pannerden—Westervoort zelfregistr. peilsch.	8,155	11,7	8,5	11,7	8,9	12,6	8,1	} 10,6
Westervoort peilschaal —Westervoortbrug.	1,130	31,0	13,3	9,0	13,3	24,7	8,0	
Westervoort—De Steeg.	14,260	12,9	12,5	10,9	12,3	12,3	9,7	} 9,8
De Steeg—Doesburg....	8,225	13,6	5,7	10,9	6,4	11,8	6,4	
Doesbrug—Dieren.....	8,925	5,9	13,0	7,8	12,5	12,8	7,4	} 9,7
Dieren—Zutphen.....	16,325	7,6	9,0	8,7	9,2	10,2	8,4	
Zutphen—Deventer....	17,000	8,6	7,0	8,7	7,1	9,3	6,9	} 7,9
Deventer—Olst.....	11,980	7,8	6,0	7,8	6,0	8,1	6,0	
Olst—Wijhe.....	8,070	7,3	—	8,4	5,9	8,9	5,4	} 7,1
Wijhe—Katerveer.....	14,850	10,5	—	9,6	3,8	9,8	3,3	
Katerveer—Kampen....	15,810	12,6	—	9,7	0,4	9,7	0,4	} —
Kampen—Ketelmond...		20,9	—	12,4	0,7	12,4	0,5	

Voor vele riviervakken zijn de verhangen bij den laagsten waterstand grooter dan bij eenigen meerderen afvoer, dit is overal het geval waar het lengteprofiel van den bodem onregelmatig is en droogten worden aangetroffen. Voor deze vakken

zijn de kleinste maandgemiddelden der verhangen kleiner dan de verhangen bij de laagste waterstanden. De vakken Lobith-Pannerden en Lobith-Hulhuizen hebben eene rivierlengte van 5742 M. (het vak Lobith-Separatiepunt) gemeen; de verschillen in verhang zijn derhalve geheel te wijten aan de verschillen op de vakken beneden het Separatiepunt; op het 3100 M. lange vak tot Pannerden is het absoluut verval grooter dan op het 1958 M. lange vak tot Hulhuizen namelijk 54 c.m. bij hoogsten waterstand, 34 c.m. bij hooge maandstanden en ongeveer 15 c.m. bij gemiddelde maandstanden. De verhangen nemen bij wassend water op het Pannerdensch kanaal veel sterker toe dan op de Waal en zijn ook veel grooter. Aannemende dat er op het vak Punt van separatie-Hulhuizen een zelfde verhang wordt aangetroffen als daarboven, bedraagt het verhang op het bovendeel van het Pannerdensch kanaal bij de hoogste standen niet minder dan 27.7 c.m. Het is dus duidelijk dat het water van den Ouden Rijn dat beneden Pannerden op het Pannerdensch kanaal komt den waterspiegel in het bovendeel dier rivier weinig of niet opstuwt en het verhang niet noemenswaardig wijzigt zoodat ook de waterverdeling boven Pannerden onder den invloed van het water van den Ouden Rijn slechts weinig verandert. Bij sluiting van den Ouden Rijnmond zou het water dat thans in zijn geheel op den Nederrijn komt, waarschijnlijk is de gewone verhouding van ongeveer $\frac{2}{3}$ en $\frac{1}{3}$ tusschen Waal en Pannerdensch kanaal worden verdeeld, zoodat dus de Nederrijn van $\frac{2}{3}$ van het water van den Ouden Rijn zou worden ontlast.

De sterke vermindering van het verhang tusschen Lekskensveer en Grebbe en de vermeerdering tusschen Grebbe en Remerden worden gedeeltelijk veroorzaakt door de plaats van de peilschaal te Grebbe, die bij hooge standen een betrekkelijk hogere plaats op de rivier inneemt, maar zijn toch grootendeels te wijten aan de opstuwing beneden de Grebbe tengevolge van het nauwere winterbed.

De verhangen tusschen de beide peilschalen te Westervoort, waarvan de bovenste dicht bij den bovenmond der rivier ligt, zijn niet constant bij de zelfde waterstanden.

In het begin van 1882 bedroeg het verhang bij lage standen

26.5 cM. terwijl het in November 1880 tot 13.3 cM. per K. M. was gedaald. Dit zal vermoedelijk zijn toe te schrijven aan intusschen uitgevoerde baggeringen, die in de bovenmonden van zijrivieren dadelijk grooten invloed op den stand van den waterspiegel en dus ook op het verhang uitoefenen. De toestand van den bovenmond van den IJssel gelijkt overigens in vele opzichten op dien van het Pannerdensch kanaal. Bij beiden ontbreekt nagenoeg het winterbed en dientengevolge klimmen de verhangen bij hooge standen in zeer sterke mate.

De sterke vermindering van het verhang in het vak Doesburg-Dieren bij hooge standen, is het gevolg van de aanzienlijke verkorting van den weg van het afstroomende water over de uiterwaarden tusschen de beide eindpunten. De vermindering is dus slechts schijnbaar, daar eigenlijk de rivierlengte bij hooge standen kleiner is dan bij lage.

Opmerking verdient het zeer sterke verhang op den IJssel beneden Kampen tijdens het hooge opperwater in Januari 1883, veroorzaakt door het samenvallen van zeer hooge rivierstanden met buitengewoon lage waterstanden in de Zuiderzee.

Omtrent de waterstanden op de benedenrivieren geeft Hoofdstuk V verschillende gegevens. Het is evenwel hier de plaats om op te geven met welke verhangen de hoofdrijvers haren weg tot in zee vervolgen afgescheiden van de golvingen van den waterspiegel onder den invloed der getijden.

Deze verhangen kunnen worden afgeleid uit de gemiddelde waterstanden en deze gemiddelden zelf òf uit waarnemingen op een genoegzaam aantal uren òf uit waarnemingen op een klein aantal uren van den dag, mits deze oordeelkundig zijn gekozen, zoodat de invloed van de vloedgolf zoo goed mogelijk wordt geëlimineerd. Waarnemingen op een bepaald uur van den dag, zooals hier te lande 's morgens om acht uur plaats hebben, kunnen voor dit doel niet dienen. Sedert een paar jaren bevatten de registers van waarnemingen aan de zelfregistree-rende peilschalen gemiddelden, welke voor dit doel bruikbaar zijn. Deze gegevens geven voor het hier beoogde doel genoegzaam licht.

Wegens vermoedelijk bestaande fouten in de ligging van de nullen der peilschalen ten opzichte van het waterpasse vlak, mag worden aangenomen, dat de vervallen volgens de tabellen

tusschen Streefkerk en Krimpen 18 cM. te klein zijn, die tusschen Krimpen en Rotterdam 18 cM., tusschen Rotterdam en Vlaardingen 8 cM. en tusschen Vlaardingen en Maassluis 9 cM. te groot en die tusschen Maassluis en Hoek van Holland weder 9 cM. te klein.

Deze correcties toepassende vindt men voor de jaren 1884, 85 en 86 de volgende uitkomsten.

Naam van het riviervak.	Lengte in K. M.	Grootste	Kleinste	Gemiddelde
		verhang per maand.		

a. LEK EN NIEUWE MAAS.

Vreeswijk—Schoonhoven...	21,385	8,5	3,5	5,7
Schoonhoven—Streefkerk...	8,090	6,2	1,3	2,9
Streefkerk—Krimpen.....	8,940	4,4	1,2	2,3
Krimpen—Rotterdam.....	11,150	2,9	1,1	1,9
Rotterdam—Vlaardingen...	11,050	1,7	0,6	1,1
Vlaardingen—Maassluis...	7,820	2,2	1,0	1,2
Maassluis—Hoek v. Holland.	13,990	0,9	0,1	0,3

b. WAAL, BOVEN EN NIEUWE MERWEDE, HOLLANDSCHE DIEP
EN HARINGVLIET.

Herwijnen—Gorinchem....	9,250	13,2	6,8	9,4 (1885)
Gorinchem—Kop van 't Land	16,225	9,8	2,7	5,3 (1885)
Kop van 't Land—Moerdijk	13,985	3,7	0,7	1,7
Moerdijk—Willemstad....	12,800	1,9	0,9	1,4
Willemstad—Hellevoetsluis.	26,650	0,9	0,5	0,7

c. VOLKERAK, KRAMMER, GREVELINGEN EN BROUWERS-
HAVENSCHEN GAT.

Willemstad—Steenbergsche sas	16,400	29,000	1,1	0,6	0,9
Steenbergsche sas—Bruinisse	12,600				
Bruinisse—Brouwershaven..	19,800	0,4	0,0 ^s	0,1 ⁴	

d. BENEDEN MERWEDE EN DORDTSCHEN KIL.

Gorinchem—Sliedrecht....	13,500	9,3	2,2	4,9 (1885)
Sliedrecht—Dordrecht....	8,100	5,2	1,0	2,3
Dordrecht—'s Gravendeel...	5,770	4,3	0,7	2,3
's Gravendeel—Willemsdorp.	5,565	3,6	1,3	2,1

e. OUDE MAAS.

Dordrecht—Puttershoek...	7,120	3,8	1,5	2,4
Puttershoek—Spijkenisse...	19,200	1,3	0,6	0,9

f. NOORD.

Dordrecht—Alblasserdam...	5,630	1,3	-0,3	0,3
Alblasserdam—Krimpen....	3,040	-1,5	-0,2	-0,7

Bij het opmaken van bovenstaande lijst is met uitzondering van de Lek en de Nieuwe Maas geen correctie wegens fouten in de nulpunten der peilschalen toegepast. Indien die nulpunten werkelijk in een zelfde waterpasvlak lagen, zouden de uitkomsten eenigszins anders zijn. Niettemin kan bovenstaande lijst als voldoende nauwkeurig en als belangrijk voor de kennis der rivieren worden beschouwd.

Opmerking verdient, dat niettegenstaande op het nulpunt der schaal te Krimpen eene correctie van 18 centimeters is toegepast, het verhang op het vak Alblasserdam-Krimpen negatief blijft, terwijl het water van Alblasserdam in de richting van het punt van samenkomst van Noorder-Lek stroomt. Waarschijnlijk is dit te wijten aan de omstandigheid dat de peilschaal te Krimpen niet bij de samenvloeiing maar hooger op de Lek is geplaatst.

De cijfers voor de jaren 1884 en '85 verschillen onderling slechts weinig; de gevonden afwijkingen konden worden verklaard uit den meerderen of minderen afvoer der bovenrivieren, behoudens enkele uitzonderingen. Zoo was de gemiddelde waterstand te Dordrecht in het jaar 1885 ten opzichte van alle boven- en benedenwaarts gelegen peilschalen lager dan in 1884; in het laatst van 1885 nam die daling toe en daar de nul der peilschaal onveranderd is gebleven en van onnauwkeurige registratie der waterstanden niets is gebleken, moet worden aangenomen, dat de waterstanden te Dordrecht in de genoemde jaren ten opzichte van die te Sliedrecht, Alblasserdam, 's Gravendeel en Puttershoek zijn gedaald.

Het verschil in waterstand en verhang tengevolge van verschil in afvoer blijkt nader uit plaat XLXIX, waarin de lengteprofillen der Rijntakken in ons land bij verscheidene waterstanden voorgesteld, met dien verstande, dat van de benedenrivieren de hoog- en laag-waterstanden zijn aangegeven.

Op den gedeelten der rivier waar zich de invloed der getijden doet gevoelen verandert het lengteprofiel van oogenblik tot oogenblik; de kennis van deze werkelijke lengteprofillen is van groot belang omdat daaruit blijkt op welke nog zich de vloedgolven voortplanten.

Deze werkelijke lengteprofillen zijn voorgesteld voor de Waal

tot aan zee te Brouwershaven op plaat LX bij normale omstandigheden en op plaat LI bij hoog opperwater.

Op de platen LXII en LIII vindt men dergelijke lengteprofillen voor Lek en Nieuwe Maas en op de platen LXIV en LXV voor den Gelderschen IJssel.

Voor elk uur van den dag is een lengteprofiel geteekend en deze lengteprofillen zijn zoodanig ten opzichte van elkander geplaatst, dat de lijn die de waterstanden aan hetzelfde waarnemingspunt vereenigt, de plaatselijke getijlijn voor dat punt voorstelt.

§ 5. **Waterafvoer en waterverdeeling.** De grootste hoeveelheden water, welke de Rijn en zijne takken afvoeren, zijn reeds opgegeven in Hoofdstuk IX § 8; uit plaat LVIII blijkt de afvoer bij verschillende waterstanden volgens de gegevens, welke in de laatste jaren zijn verzameld. Behalve bij de hoogste waterstanden verschillen deze lijnen slechts weinig van die welke kunnen worden getrokken volgens de officieele cijfers voorkomende in de verslagen over het onderzoek naar het slibgehalte der rivieren. Het verschil tusschen de afvoeren van het Rijnlandsch kanaal en van den Bovenrijn geeft de hoeveelheid water aan die over den overlaat in den Ouden Rijnmond te Lobith zijdelings wordt afgeleid.

De staat op de volgende bladzijde geeft een overzicht van de voornaamste cijfers.

Tusschen de hoeveelheden bij de hoogste en laagste standen als maxima en minima afgevoerd bestaan dus de volgende verhoudingen:

Bovenrijn boven Lobith.....	13 tot 1
Waal te Hulhuizen.....	10 » 1
Nederrijn te Arnhem.....	14 » 1
IJssel te Westervoort.....	52 » 1

Deze verschillen in de verhoudingscijfers zijn het gevolg van de veranderlijkheid der waterverdeeling bij de verschillende waterstanden, welke hieronder nader zal worden aangewezen. De beteekenis der gegeven verhoudingen blijkt nader wanneer men ze vergelijkt met de uitkomsten van het voortreffelijk onderzoek van Belgrand omtrent het stroomgebied van de Seine.

WATERAFVOER VAN DEN RIJN EN ZIJNE TAKKEN.

Aard van den waterstand.	Bovenrijn boven Lobith.		Waal.		Nederrijn.		Geldersche IJssel.	
	Waterstand te Lobith.	Afvoer.	Waterstand te Hulhuizen.	Afvoer.	Waterstand te Arnhem.	Afvoer.	Waterstand te Westervoort.	Afvoer.
Hoogste waterstand.	9,37 M. + AP.	810 M ³	8,72 M. + AP.	605 M ³	7,51 M. + AP.	160 M ³	7,87 M. + AP.	55 M ³
Gemiddelde der laagste standen.	9,82 " " "	1000 "	9,26 " " "	40 "	7,96 " " "	190 "	8,29 " " "	70 "
Gemiddelde waterstand.	11,58 " " "	2200 "	10,60 " " "	1525 "	8,99 " " "	450 "	9,46 " " "	225 "
Gemiddelde der hoogste standen.	14,22 " " "	4675 "	13,00 " " "	3100 "	11,27 " " "	1025 "	11,69 " " "	550 "
Hoogste stand bij open rivier.	16,68 " " "	10500 "	15,41 " " "	6000 "	13,28 " " "	2300 "	13,56 " " "	1750 "

Belgrand neemt aan dat voor rivieren stroomende door volstrekt ondoordringbaar terrein de verhouding tusschen grootsten en kleinsten afvoer 4000 tot 1 bedraagt; bij gedeeltelijk doorlatenden bodem wanneer de rivier voornamelijk uit bronnen wordt gevoed van 4000 à 100 tot 1; bij grootendeels doorlatende bodem wanneer de vloedden voornamelijk in den winter plaats hebben 100 à 30 tot 1 en bij zeer goed doorlatenden bodem wanneer de voeding geheel door het grondwater geschiedt van 30 tot 1 afdalende tot 2,3 tot 1.

Onze Rijn behoort dus tot de zeer kalme rivieren. Bij de uitstroaming uit de Bodensee is de verhouding tusschen maximum en minimum-afvoer 50 tot 1. Tengevolge van de vergrooting van het stroomgebied met streken van ongelijken meteorologischen aard neemt de minimum-afvoer toe van 20 tot 800 M³ en wordt dus 40 maal grooter, terwijl de maximum afvoer stijgt van 1000 tot 10500 M³ en dus slechts 10½ maal grooter wordt.

De gemiddelde afvoer van den Rijn te Lobith bedraagt 2350 M³ en heeft plaats bij een waterstand die ongeveer 17 centimeter hooger is dan de gemiddelde waterstand.

Uit de gegevens der laatste jaren blijkt dat het water van den Rijn zich ongeveer verdeelt in de volgende verhouding:

	Bovenrijn.	Waal.	Pannerdensch kanaal.	Nederrijn.	IJssel.	Oude Rijnmond.
Bij de laagste waterstanden.	9,00	6,65	2,35	1,75	0,60	
Bij 1 M. + MR. (1861—71).	9,00	6,35	2,65	1,80	0,85	
Bij MR. (1861—70).	9,00	6,25	2,75	1,85	0,90	
Bij 1 M. + MR. (1601—70).	9,00	6,20	2,80	1,80	1,00	
Bij 2 M. + MR. (1861—70).	9,00	6,15	2,85	1,85	1,00	
Bij 340 M. + MR.	9,00	5,77	2,67	2,09	1,14	0,56
Bij de hoogste waterstanden.	9,00	5,40	2,65	2,15	1,45	0,95

De IJssel ontvangt, wanneer de scheepvaart belang heeft bij veel water, minder dan hem volgens de vastgestelde verdeling toekomt; bij de hoogste standen krijgt deze rivier te veel. Door sluiting van den Ouden Rijnmond (daargelaten of in het algemeen eene volledige afsluiting wenschelijk zoude zijn) zou de waterverdeling bij de hoogste standen ongetwijfeld verbeteren, aangezien dan de rivier de Waal, voor welke enkele honderd kubieke meters weinig beteekenen, ongeveer $\frac{2}{3}$ zou ontvangen van het water dat thans door den Ouden Rijnmond wordt afgevoerd. Het blijkt dat bij de hoogste standen de waterverdeling te Westervoort ongunstig wordt voor den Gelderschen IJssel. Dit is niet te verwonderen, wanneer men let op de opstuwung van het water van den Nederrijn beneden dat punt, en op het groote verhang in den bovenmond van den IJssel. Door sluiting van den Ouden Rijnmond en verbetering van het voor de scheepvaart gebrekkige en voor den afvoer van water en ijs gevaarlijke vak van den Nederrijn boven Arnhem zoude waarschijnlijk de gewenschte en vastgestelde waterverdeling op voldoende wijze worden verkregen, vooral indien daarbij eenige maatregelen worden genomen om het aandeel van den IJssel bij lage standen eenigszins te vergrooten.

Het mag niet onopgemerkt blijven dat tot nu toe niet is gestreefd naar een gelijke verhouding bij alle waterstanden. Integendeel menig deskundige was van gevoelen dat de bestaande waterverdeling in omgekeerden zin behoort te worden gewijzigd zoodanig dat het aandeel van den IJssel bij hoog opperwater nog grooter wordt. Toch zou zoodanige verandering niet gerechtvaardigd zijn. Immers de reden die gewoonlijk

wordt opgegeven, dat het water, den IJssel volgende, langs den kortsten weg de zee bereikt, is onjuist, wanneer men het woord „zee” niet in den letterlijken maar in den redelijken zin opvat en daaronder verstaat het punt waar zich de invloed van het hoog opperwater niet meer doet gevoelen; vooral wanneer de verbetering der benedenrivieren behoorlijk wordt voortgezet zoodat de laagwaterstanden op de Merwede, ook bij hoog opperwater, meer den zeestand naderen, is de Waal ongetwijfeld niet alleen de geschiktste maar ook de kortste weg. Bovendien is het zeer irrationeel om juist de kleinste rivier met meer water te gaan bezwaren; een vermeerdering in afvoer, die voor de gronden langs den IJssel hoogst bedenkelijk zou zijn, zou de zesmaal meer vermogende Waal en den driemaal meer afvoerende Nederrijn niet noemenswaardig verlichten. De IJssel heeft bovendien een uitgestrekt eigen stroomgebied, dat langs de beide andere Rijntakken wordt gemist; terwijl de meening dat doorbraken langs den IJssel minder schadelijk zouden zijn dan langs de andere rivieren wel niet meer als reden mag gelden nu de overlaten langs de Waal en de Beneden-Maas worden gesloten en de Lekdijken eene zoo groote mate van veiligheid hebben verkregen.

Wanneer men eindelijk in het Verslag aan den Koning over de Openbare Werken in 1883 leest dat bij de hooge waterstanden in het begin van dat jaar juist alleen langs den IJssel groote schade is geleden door het inloopen van de polders, de Voorster, Nijenbeeker en Wilpsche klei, het ontgronden van een brugpijler te Kampen en het doorbreken van den Zuider-Ketelleidam, terwijl andere dijken slechts met groote moeite door opkisting voor doorbraak bewaard bleven, blijkt de geschiktheid van IJssel om meer water af te voeren niet boven verdenking verheven te zijn.

Uit de afvoerkrommen van plaat LVIII blijkt nog het volgende: Een cM. was aan de peilschaal te Lobith komt overeen met eene vermeerdering van afvoer van 5 tot 24 M³ langs den Bovenrijn en van 2 tot 5 M³ langs den Ouden Rijnmond; 1 cM. was aan de peilschaal te Pannerden met 2 à 16 M³ meerdere afvoer langs het Pannerdensch kanaal; 1 cM. was aan de peilschaal te Hulhuizen met eene vermeerdering

ven 4 à 11 M³ en van 1 cM. aan de peilschaal te Nijmegen met eene vermeerdering van 4 tot 15 M³ langs de Waal. Een cM. was aan de peilschaal te Arnhem geeft van 1 tot 8 M³ grooten afvoer langs den Nederrijn; evenzoo 1 cM. was te Westervoort van 1 tot 8 M³ vermeerdering langs den IJssel.

Van elke honderd M³ waarmede de afvoer van den Bovenrijn bij de hoogste waterstanden toeneemt, gaat volgens de bestaande waterverdeeling 80 M³ langs het Bijlandsch kanaal en 20 M³ langs den Ouden Rijn, of wel 45 M³ langs de Waal, 30 M³ langs den Nederrijn en Lek en 25 M³ langs den Gelderschen IJssel.

Deze cijfers kunnen alleen dienen als toelichting, geenszins om over de waterverdeeling bij hooge standen op afdoende wijze te oordeelen, aangezien het daarvoor nog aan waarnemingen ontbreekt. Het is zeer goed mogelijk dat de gevolgtrekkingen, welke thans in dit opzicht uit de waterstanden worden gemaakt, minder juist zullen blijken wanneer betrouwbare afvoermetingen bij de hoogste standen worden gedaan.

Terwijl in Januari 1883 voor den afvoer van het Pannerdensch kanaal bij een waterstand van 14.80 M+AP. werd gevonden 2975 M³, gaf eene meting op 13 Februarij 1867 bij een stand van 14.41 M+AP. 2903 M³ per 1'' of slechts 72 M³ minder, terwijl men volgens de afvoerkromme een verschil van ongeveer 400 M³ zou verwachten.

Vele schijnbare onjuistheden in de bij meting gevonden afvoercijfers kunnen worden verklaard door rekening te houden met de hoeveelheid water welke bij wassend water in het rivierbed tusschen de winter-waterkeeringen tijdelijk wordt geborgen en later bij vallend water weder tot afvloeiing komt. Deze waterberging is bijvoorbeeld voor den Gelderschen IJssel zoo groot, dat de top van de vloedgolf eenige dagen noodig heeft om den afstand van Westervoort naar Kampen af te leggen.

Wanneer de gemiddelde breedte van de rivier bij hoog water 1500 M. bedraagt, wordt per KM. voor elken M. was geborgen 1½ miljoen M³; hoe groot de invloed van zoodanige waterberging is blijkt hieruit, dat de maximum-afvoer van den Gelderschen IJssel gedurende een geheel etmaal noodig is om

de rivier van Westervoort tot Katerveer een M. te doen rijzen. Een sterke vermindering van de grootste hoeveelheid afgevoerd water in de eenheid van tijd, naarmate men lager op de rivier komt, is van deze waterberging het onmiddellijk gevolg. Opheffing van dergelijke bergruimten door het geven van vergrunning tot watervrije bedijking zou op rivieren als de IJssel en de Maas, voor de beneden districten niet zonder gevaar zijn.

Voor enkele riviervakken zijn de oppervlakte en de gemiddelde breedte zoowel bij normalen als bij hoogen waterstand bepaald. De uitkomsten worden gevonden in den volgenden staat.

Riwiervak.	Oppervlakte in M ² .		Breedte in M.	
	bij normalen waterstand.	bij hoogsten waterstand.	bij normalen waterstand.	bij hoogsten waterstand.
Lobith—Separatiedam.	3048000	14000000	532	2438
Separatiedam—Hulhuizen.	865000	3250000	442	1660
Hulhuizen—Nijmegen.	6610000	21132000	472	1507
Nijmegen—Dodewaard.	8230000	22620000	472	1291
Dodewaard—Tiel.	6965000	21820000	527	1651
Tiel—St. Andries (zonder het gebied in de Overlaten.)	6843300	12652700	611	1131
Gebied der Overlaten tusschen Maas en Waal.		8527900		
St. Andries—Zaltbommel.	4979750	14194900	560	1596
Zaltbommel—Herwijnen.	5648000	13005750	530	1220
Herwijnen—Gorinchem (zonder het Munnikenland.)	6151950	8964050	665	969
Gorinchem—Hardinxveld.	4829700	6828550	762	1077

De invloed van de waterberging moet vooral worden in het oog gehouden, wanneer men wil nagaan welke de gevolgen zijn van doorbraken in de dijken boven een der separatiepunten, waardoor de waterverdeling kan worden gewijzigd.

Zoo onderstelde Stieltjes voor den Gelderschen IJssel een maximum-afvoer van 3000 à 4000 M³ ingeval van doorbrake in den rechter Rijndijk boven Emmerik of Rees zijnde $\frac{3}{10}$ à $\frac{4}{10}$ van het geheele vermogen van den Bovenrijn.

Al hadden zoodanige doorbraken werkelijk dat vermogen, dan zouden toch tengevolge van de ontzettend groote hoeveelheid water, die tusschen de plaats der doorbraak en het punt waar het inundatiewater den Gelderschen IJssel bereikt tijdelijk zou worden geborgen, en die slechts langzaam weder aan afstroom-

men, de genoemde afvoercijfers in verre na niet worden bereikt.

Verschillende gegevens omtrent waterafvoer en waterverdeling worden gevonden in Afdeeling XI § 21, 22 en 23.

Omtrent de waterverdeling langs de benedenrivieren onder verschillende omstandigheden is weinig bekend, wat hoofdzakelijk te wijten is aan den kostbaren, tijdroovenden en omslachtigen aard der metingen, die noodig zouden zijn om tot die kennis geraken. Het bepaalt zich in hoofdzaak tot het volgende:

De Boven-Merwede, die thans nog de vereenigde wateren van Waal en Maas afvoert, staat bij lage en middelbare waterstanden bijna $\frac{2}{3}$ van de afgevoerde waterhoeveelheid af aan de Nieuwe Merwede, terwijl ruim $\frac{1}{3}$ langs de Oude of Beneden-Merwede stroomt. Bij hoog opperwater schijnt de Nieuwe Merwede betrekkelijk iets meer, de Beneden-Merwede iets minder te ontvangen.

Het opperwater van de Beneden-Merwede werd in het jaar 1879 bij gewone waterstanden nog voor ongeveer de helft langs de Oude Maas naar Brielle afgevoerd; ruim $\frac{1}{5}$ gedeelte vereenigde zich langs den Noord met de Lek, terwijl het overige of ongeveer $\frac{3}{10}$ langs de Dordtsche Kil op het Hollandsch diep werd gebracht.

Sedert zal tengevolge van de verruiming van het Mallegat ondanks de afdamming van de Krabbe het aandeel van de Dordtsche Kil vermoedelijk zijn toegenomen ten koste van de Oude Maas en van de Noord. Bij zeer hoge waterstanden is de toestand anders; dan stroomt er water van de Lek naar de Merwede in plaats van omgekeerd,

Het bovenvermelde is in hoofdzaak het resultaat der waarnemingen die in 1879 betrekkelijk de waterverdeling nabij Dordrecht zijn gedaan. Omtrent de wijze waarop zich het bovenwater dat langs de Nieuwe Merwede en Dordtsche Kil wordt afgevoerd, zich verdeelt langs Hollandsch diep, Volkerak, Krammer, Zijpe enz. valt bij gebrek aan waarnemingen niets te zeggen. Het opperwater van Nederrijn, bij gewone waterstanden vermeerderd met dat van den Noord, maar bij zeer hoge standen daarmede verminderd, stroomt sedert de laatste verbeteringen van den Nieuwen Waterweg van Rotter-

dam naar zee, voornamelijk daar langs af. Volgens de uitkomsten der waarnemingen van $\frac{5}{9}$ Juni 1885 zou de Noordgeul nog ongeveer $\frac{1}{10}$ van het opperwater op de Brielsche Maas brengen.

De waterverdeeling langs de monden van den Gelderschen IJssel heeft volgens de waarnemingen van November en December 1882 bij hoog opperwater plaats in de volgende verhouding:

Den afvoer van den IJssel stellende op 100 pCt. vloeit langs het Ganzediep 28 pCt., langs den IJssel beneden het Ganzediep 72 pCt., langs het Keteldiep 54 pCt., Rechterdiep 18 pCt., Goot 9 pCt. en langs het Ganzediep beneden de Goot 19 pCt.

Bij gewone waterstanden voerde, volgens waarnemingen in 1868—74 gedaan, het Ganzediep 36 pCt. van het opperwater af, zoodat 64 pCt. op den IJssel bleef.

Tengevolge van de sedert uitgevoerde werken is deze verhouding veranderd en zal zij waarschijnlijk niet veel verschillen van die welke voor hoog opperwater is opgegeven.

De invloed van de werking der getijden op den afvoer van de benedenrivieren, kan blijken uit de volgende cijfers.

Den 2^{den} September 1879, werd volgens de laatst gedane waarnemingen langs de Boven-Merwede eene hoeveelheid Waalen Maaswater afgevoerd van gemiddeld 1820 M³ per secunde, wat niet veel verschilt van het middelcijfer voor het geheele jaar dat op 1880 M³ kan worden gesteld. Gedurende het halve uur waarin de afvoer het grootst was, bedroeg hij 2064 M³ per 1'' of 13 pCt. meer. Op de Beneden-Merwede werd als maximum 1,08 maal en op de Nieuwe Merwede 1,18 maal het gemiddelde afgevoerd.

In de volgende staten worden dergelijke cijfers gegeven van eenige andere riviervakken bij ongeveer gelijken afvoer van bovenwater.

Datum,	Riviervak.	Tijdstip en grootte van den maximum afvoer per 1 ^o in M ³ .				Gemiddelde afvoer van bovenwater per 1 ^o	Verhouding tusschen grootsten en gemiddelden afvoer.
		Gedurende den vloed.		Gedurende de eb.			
18 Sept. 1879.	Beneden Merwede boven Dordrecht.	359	2 uur na LW.	929	3 uur na HW.	561	1.65
" "	Noord bij Dordrecht (met de Pa-pendrechtse geul.)	30	6½ " " HW.	323	3¼ " " "	100	3.23
" "	Mallegat en Krabbe (te zamen.)	890	" " LW.	770	3¼ " " HW.	237	3.25
" "	Oude Maas beneden Brielle	651	2½ " " LW.	807	1½ " " HW.	264	3.05
4 Sept. 1879.	Lek bij Krimpen	261	3 " " LW.	773	3 " " HW.	420	1.84
" "	Noord bij Krimpen.	201	2 " " LW.	317	1 " " HW.	83	3.82
" "	Nieuwe Maas en Bakkerskil. (te zamen beneden Krimpen.)	630	2½ " " LW.	1042	3 " " HW.	589	1.77

Datum.	Riviervak.	Gemiddelde afvoer in M ³ per 1 ^o .				Verhouding van de gemiddelde gedurende de eb en het getijde.
		Gedurende den vloedstroom.	Gedurende den ebstroom.	Gedurende het getijde.		
5/9 Juni 1885.	Nieuwe Maas beneden Vlaardingen, Noordgeul.	1602	1435	325	4.4	
" "	Scheur.	370	300	41	7.3	
" "	Doorgraving Hoek van Holland.	1437	1253	205	6.1	
" "	Oude Maas boven de Noordgeul.	2000	1695	270	6.3	
" "	Botlek (beneden de Noordgrul.)	845	685	100	6.3	
" "		1222	900	123	7.3	

De afvoer van de Lek op $\frac{5}{9}$ Juni 1885 kan worden gesteld op ongeveer 330 M³, terwijl de gemiddelde afvoer van die rivier omstreeks 520 M³ bedraagt. De invloed van de bovenrivier was dus kleiner dan in September 1879.

Nog kan worden opgemerkt, dat sedert Juni 1885 de Noordgeul nog verder is versmald, waarvan verdere vermindering der doorgestroomde hoeveelheden water zoowel bij vloed als bij eb het gevolg moet zijn, terwijl de voortgezette verbetering van den Nieuwe Waterweg eene betrekkelijke vergrooting der cijfers voor dezen riviertak moet hebben veroorzaakt.

§ 6. **Vorm en grootte van het rivierbed.** De normaalbreedten der Rijntakken zijn laatstelijk vastgesteld bij besluit van den Minister van Binnenlandsche Zaken van 23 Mei 1867 No. 202, als volgt:

Voor den Bovenrijn op	400 M.
„ de Waal van het punt van scheiding tot Zalt-B. op	360 „
van daar verwijdende tot den mond der Maas	„ 400 „
„ „ Boven-Merwede	„ 600 „
„ „ Nieuwe Merwede	„ 400 „
„ „ Beneden-Merwede	„ 200 „
„ „ de Oude Maas van Dordrecht tot het Mallegat	„ 240 „
„ „ „ „ „ „ het Mallegat tot de Noordgeul, verwijdende tot	„ 375 „
„ het Pannerdensche Kanaal	„ 170 „
„ den Nederrijn tot Wijk bij Duurstede	„ 150 „
van daar verwijdende tot Vreeswijk	„ 170 „
„ de Lek „ „ Krimpen	„ 200 „
„ de Nieuwe Maas te Krimpen	„ 225 „
van daar verwijdende tot Vlaardingen	„ 450 „
„ het Scheur en den Nieuwen Maasmond verwijdende	„ 900 „
„ den Gelderschen IJssel te Westervoort	„ 100 „
van daar verwijdende tot Deventer	„ 120 „
„ „ „ „ „ „ Katerveer	„ 150 „
„ „ „ „ „ „ Kampen	„ 170 „

Intusschen is later bij verschillende wetten en ook bij de uitvoering van deze normaalbreedten afgeweken.

Zoo is, volgens eene overeenkomst met Pruissen omtrent de normaliseering van den Bovenrijn, de breedte dezer rivier ver-

minderd tot 360 M. en zal volgens het kort geleden aangenomen wetsontwerp, waar zulks in het belang der scheepvaart noodig is, de breedte van de Waal in de buigpunten en in de rechte gedeelten tot 310 M. kunnen worden verminderd. Daarentegen heeft de Nieuwe Merwede eene grootere breedte verkregen en wel van 400 tot 600 M.; evenzoo de Oude Maas van Dordrecht 250 in plaats van 240 M. Het Mallegat en de Dordtsche Kil, die in het besluit niet worden genoemd, zijn gebracht op een breedte van 125 M. aan den bovenmond van het Mallegat geleidelijk toenemende tot 225 M. bij Willemsdorp. De breedte der Oude Maas is echter weder verminderd, evenals die van den Nieuwen Maasmond, waarvoor 700 M. in plaats van 900 M. is aangenomen. De normaalbreedten van Nederrijn, Lek, Nieuwe Maas en IJssel zijn overigens onveranderd aangehouden.

HOOFDSTUK XIII.

De Maas.

§ 1. **De Maas boven onze grenzen.** De Maas ontspringt in Frankrijk in het departement der Haute Marne op het plateau van Langres ter hoogte van ongeveer 450 M. boven de zee; doorloopt dit land snelstroomend gedeeltelijk over eene kalksteenbedding, maar meest door dalen, die met zand, leem, kleilagen, grint en rolstenen zijn bedekt.

Gedurende eenige maanden van het jaar, wanneer de afvoer tot enkele kubieke meters is verminderd, loopt de Maas bij Bazeilles te niet om na een ondergrondschen loop van 7 tot 15 kilometer benedenwaarts naarmate van de afgevoerde hoeveelheid water weder voor den dag te komen.

Beneden Verdun, maar in den zomer eerst nadat bij Sedan de Chiers is opgenomen, is de rivier bevaarbaar; beneden Mezieres wordt het terrein meer geaccidenteerd, wordt de vallei enger en door hoogere bergen ingesloten. Nadat de Chiers en de Semoy zijn opgenomen wordt de rivier voorbij Givet breeder, ofschoon nog steeds door harde rotsgronden stroomend. Op de Fransch-Belgische grens is de rivier tot de hoogte van 300 M. + AP. gedaald en heeft zij eene breedte van ongeveer 55 M. Tot Namen vermeerdert de breedte tot 100 à 120 M. en bedraagt het gemiddeld verval 45 cM. per KM. Van Namen tot Luik heeft de Maas eene breedte van 120 à 140 M. en een gemiddeld verval van 27 cM. per KM.

Het Maasdal blijft berg- en rotsachtig tot nabij de Nederlandsche grenzen waar de terreingolvingen flauwer worden tot de rivier geheel in de vlakte treedt.

Beneden Luik is het verval weder grooter en bedraagt dit 38 cM. per KM.

Beneden Givet zijn de voornaamste zijrivieren: rechts de Lesse, die boven Dinant beneden de Sluis te Anseremme uitmond, links de Sambre, die zich te Namen met de Maas vereenigt en gekanaliseerd is, rechts de Ourthe met hare zijrivieren de Amblève en de Vesdre, die te Luik wordt opgenomen.

Voor den afvoer van de Maas in België worden door Verstraeten, in *les eaux alimentaires de la Belgique* de volgende cijfers gegeven:

	Bij den laagst bekenden stand.	Bij den gemiddelden der laagste standen.	Bij den gemiddelden jaarstand.
Verdun		16 M ³	
Sedan		21 M ³	
Givet			
Tailfer boven Namen	19	40 M ³	820 M ³
Luik		65 M ³	
Nabij de Ned. grens	43	90 M ³	
id. volgens Neder- landsche metingen	35		

Volgens de in Nederland gedane metingen kan voor den maximum afvoer nabij de grens 2200 M³ per 1'' worden gesteld, zoodat de verhouding van den maximum tot den minimum afvoer zou zijn 2200: 43 of 51 tot 1, terwijl deze verhouding van den Rijn bij onze grenzen volgens het vorige hoofdstuk 13 tot 1 is.

De Maas is in België gekanaliseerd; de benedenste stuw is te Visé gelegen even boven de Nederlandsche grens; op Nederlandsch gebied stroomt de rivier vrij af.

Lengteprofillen van de Maas worden gevonden op de platen L en LI.

Vóór de kanalisatie vertoonde de rivier bij laag water eene aaneenschakeling van gedeelten met weinig stroom en klein verhang maar met vrij groote diepte, gescheiden door uit grintbanken bestaande drempels, waarover het water bij eene diepte van 0.40 à 0.50 M. met eene snelheid van 2 à 3 M. heenstroomde.

Het aantal stuwen bedraagt 23. Zij bestaan uit een vast en een beweegbaar gedeelte, terwijl naast elke stuw eene schutsluis

is gebouwd. De diepte der gekanaliseerde Maas is 2.10 M. De kosten bedroegen voor het 82.1 KM. lange gedeelte van Visé tot Namen gemiddeld *f* 100000 per KM., voor de 46 KM. tusschen Namen en de Fransche grens gemiddeld *f* 85000 per KM. niettegenstaande de sluizen op dit gedeelte grooter afmetingen hebben verkregen. De kosten der laatstgebouwde stuwen met inbegrip van de schutsluis bedragen *f* 400,000 à *f* 420,000 per stuk.

Alvorens tot kanalisatie over te gaan, heeft men beproefd door normalisatie eene voor de scheepvaart voldoende diepte te verkrijgen, wat echter niet gelukte, doordien de bij laag water gemaakte geulen bij de opvolgende vloedden weder met grint en rolsteen werden gevuld.

Na 1870 is men ook begonnen het Fransche gedeelte der Maas beneden Verdun te kanaliseeren, waartoe het 99.63 M. bedragende verval over 41 sluizen zal worden verdeeld. Ook deze kanalisatie is thans grootendeels voltooid.

De waterstanden der Belgische Maas over de jaren 1840—81 zijn bestudeerd door Tendius, die als buitengewoon droge jaren beschouwt: 1842, 1846 en 1858; in elk dezer jaren bleef de waterstand gedurende zes achtereenvolgende maanden beneden peil; de afvoer daalde te Tailfer tot 19 M³ per 1'' en de waterstand tot 30 cM. onder peil.

Lage waterstanden op de Maas komen in hoofdzaak voor, gedurende den zomer, maar ook wel bij droog winterweder en vorst.

In negen van de tien jaren daalt de waterstand gedurende korter of langer tijd onder peil.

Van 1840 tot 1881 kwamen op de Maas 23 hooge vloedden voor. Daarvan vielen er 16 in de maanden Januari en Februari, 3 in December, 3 in Maart en 1 in Juli. Bij tien dezer vloedden was de hoogste stand te Namen hooger dan 3.50, maar lager dan 4.00 M. boven peil; bij elf vloedden was de hoogste stand hooger dan 4 M. maar lager dan 5 M. Bij twee vloedden werd laatstgenoemde stand overschreden, namelijk op 4 Februari 1850 en op 22 December 1880, toen waterstanden van 5.14 en 6.19 M. boven peil werden waargenomen. Bij den zomervloed van Juli 1879 werd de stand van 4.11 M. boven peil bereikt.

De Maas wast somtijds zeer snel: zoo rees de waterspiegel te Namen in Januari 1880 3.12 M. in 40 uur en in December van dat jaar 1.87 M. in 24 uur.

Maar ook in vroegere jaren kwamen zeer hooge waterstanden en sterke was voor. In 1571 verschilden de hoogste en de laagste waterstand te Namen 7 M.; in 1642 te Luik 6.80 M. in 1741 te Dinant 6.60 M. te Namen 6.70 M. tusschen Hoei en Luik 6.90 M. In 1803 wies de Vesdre 3 M. in een half uur, en in 1807 de Geule 6 M. in enkele uren. Het regime der rivier verschilde in vroegere eeuwen niet van het tegenwoordige; in ons land moge de toestand ten gevolge van den aanleg van nieuwe en de versterking van bestaande bedijkingen veranderd zijn, in het algemeen zullen de verschijnselen bij gelijke meteorologische toestanden niet veel zijn gewijzigd.

§ 2. **De Maas in ons land.** De Maas stroomt onbedijkt langs de grenzen van ons land en door ons land met weinig minder verhang dan in België tot in het noorden van Limburg, waar de geregelde bedijkingen aanvangen, aan den rechteroever nog afgebroken door de hooge gronden tusschen Gennep en Nijmegen. De zijrivieren, welke gedurende den loop in ons land worden opgenomen, zijn links: de Jeker bij Maastricht, rechts de Geul te Itteren, de Molenbeek beneden Maaseyck, de Roer te Roermond, links de Neer en rechts de Swalmen bij Neer, rechts de Niers te Gennep; links verschillende beeken tusschen Well en Grave en eindelijk de Dieze tegenover Hedel. De Maas vereenigt zich te Woudrichem met de Waal tot de Merwede.

Bij hooge waterstanden wordt een deel van het Maaswater boven Grave afgeleid langs de Beersche Maas, een voor den afvoer van water min of meer geschikt gemaakte strook grond tusschen de rivierpolders langs de Maas aan de noordzijde en de hooge gronden aan de zuidzijde. Het water vereenigt zich nabij 's Hertogenbosch met dat van de Dommel en de Aa, om vereenigd af te stroomen naar de Maas bij Crevecoeur langs de Dieze en over den Bokhovenschen overlaat of over den Baardwijkschen overlaat en langs het Oude Maasje naar den Amer.

De laatste weg is in den regel de belangrijkste, daar de Maas te Crevecoeur gewoonlijk spoedig hooger stijgt dan de Dieze, zoodat de sluizen worden gesloten en zelfs de Bok-

hovensche overlaten van buiten naar binnen beginnen te werken. Eerst wanneer de vloed van de Maas voorbij is, begint de Bokhovensche overlaat van binnen naar buiten te werken en worden de sluizen te Crevecoeur weder geopend.

De Heerewaardensche overlaten zijn bij de beschrijving van den Rijn behandeld.

De Bokhovensche overlaat is eene laagte in de linkerbedijking van de Maas tusschen Crevecoeur en Hedikhuizen, waardoor bij hooge waterstanden het Maaswater gemeenschap heeft met dat van de Beersche Maas en van de Dommel en de Aa.

§ 3. **Waterstanden.** Een overzicht van de meest belangrijke waterhoogten aan de voornaamste plaatsen van waarneming der Boven-Maas wordt gevonden op de volgende bladzijden, terwijl omtrent de volstrekt hoogste en laagste standen weder wordt verwezen naar de §§ 5 en 6 van Hoofdstuk X.

Gemiddelde waterstanden in de jaren 1851—1880.

Plaats van waarnaeming.	Jaren.	Jan.	Febr.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
Maastricht (brug).....	1851—60	43,58	43,44	43,84	43,30	43,00	42,94	42,67	42,60	42,63	42,84	42,86	43,30	43,04
	1861—70	43,75	43,76	43,56	43,18	42,83	42,60	42,61	42,49	42,56	42,61	43,00	43,47	43,03
	1871—80	43,87	43,90	43,88	43,85	43,05	42,93	42,92	42,71	42,62	42,88	43,52	43,80	43,29
	1851—80	43,73	43,70	43,60	43,28	42,96	42,83	42,73	42,60	42,62	42,78	43,13	43,52	43,12
Maastricht (sluis).....	1851—60	43,27	43,00	42,86	42,82	42,45	42,36	41,97	41,87	41,90	42,20	42,25	42,80	42,48
	1861—70	43,34	43,36	43,16	42,65	42,16	41,82	41,83	41,65	41,73	41,81	42,37	42,99	42,41
	1871—80	43,37	43,37	43,37	42,71	42,30	42,14	42,11	41,86	41,82	42,07	42,88	43,22	42,60
	1851—80	43,33	43,25	43,13	42,73	42,30	42,11	41,97	41,79	41,82	42,03	42,50	43,00	42,50
Roermond.....	1851—60	16,78	16,71	16,39	16,34	15,87	15,73	15,17	15,05	15,13	15,50	15,55	16,28	15,87
	1861—70	16,89	16,84	16,61	15,98	15,36	14,96	14,96	14,76	14,85	14,91	15,61	16,39	15,68
	1871—80	16,92	16,81	16,86	16,05	15,54	15,32	15,30	15,01	14,93	15,20	16,21	16,73	15,91
	1851—80	16,85	16,79	16,62	16,12	15,59	15,34	15,14	14,94	14,97	15,21	15,79	16,47	15,82
Venlo.....	1851—60	12,06	11,96	11,54	11,44	10,73	10,58	9,87	9,70	9,77	10,28	10,36	11,38	10,81
	1861—70	12,49	12,40	11,91	11,64	10,20	9,66	9,67	9,39	9,50	9,61	10,54	11,64	10,67
	1871—80	12,42	12,24	12,32	11,08	10,38	10,09	10,05	9,66	9,56	9,92	11,30	12,13	10,93
	1851—80	12,33	12,20	11,92	11,19	10,48	10,11	9,86	9,58	9,61	9,94	10,73	11,72	10,80
Gennep.....	1851—60	8,94	8,90	8,60	8,30	7,62	7,44	6,76	6,63	6,63	7,14	7,23	8,23	7,70
	1861—70	9,36	9,32	8,86	8,04	7,17	6,63	6,61	6,35	6,45	6,53	7,47	8,58	7,61
	1871—80	9,22	9,22	8,92	8,13	7,44	7,10	7,07	6,69	6,57	6,32	8,28	9,09	7,94
	1851—80	9,25	9,15	8,91	8,16	7,41	7,06	6,81	6,26	6,55	6,86	7,66	8,63	7,75
Grave.....	1851—60	7,78	7,72	7,33	7,22	6,57	6,40	5,77	5,57	5,62	6,10	6,18	7,16	6,62
	1861—70	8,17	8,19	7,75	6,92	6,05	5,50	5,48	5,23	5,33	5,42	6,33	7,45	6,48
	1871—80	8,33	8,06	8,11	7,93	6,30	5,96	5,91	5,55	5,42	6,76	7,09	7,90	6,78
	1851—80	8,09	7,99	7,73	7,05	6,31	5,95	5,72	5,45	5,46	5,76	6,53	7,50	6,63

Hoogste en laagste standen per maand en per jaar bij open rivier gedurende het tijdperk 1851—1880.

Plaats van waarneming.	Jan.	Feb.	Maart.	April.	Mei.	Junj.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar
Maastricht (brug).....	Hoogste	46,42	46,65	46,41	46,00	44,85	44,20	46,50	43,68	44,60	45,90	46,06	46,95
	Laagste	42,30	42,30	42,31	42,48	42,43	42,26	42,23	42,11	42,16	42,16	42,20	42,29
	Verschil	4,12	4,35	4,10	3,52	2,42	1,94	4,27	1,57	2,44	3,74	3,86	4,66
Maastricht (sluis).....	Hoogste	46,04	46,48	46,14	45,86	44,64	43,86	46,24	43,55	44,35	45,64	45,85	46,60
	Laagste	41,47	41,59	41,56	41,61	41,48	41,32	41,25	41,19	41,21	41,21	41,30	41,43
	Verschil	4,57	4,89	4,58	4,25	3,16	2,54	4,99	2,36	3,14	4,43	4,55	5,17
Roermond.....	Hoogste	19,72	20,02	19,56	19,67	18,35	17,70	19,63	16,88	17,93	19,04	19,15	21,06
	Laagste	14,55	14,60	14,60	14,72	14,55	14,42	14,38	14,32	14,25	14,27	14,36	14,50
	Verschil	5,17	5,42	4,96	4,95	3,80	3,28	5,25	2,56	3,68	4,77	4,79	6,56
Venlo.....	Hoogste	16,33	17,53	16,98	16,61	14,53	13,13	16,61	12,33	13,25	15,63	16,13	18,33
	Laagste	9,27	9,39	9,29	9,27	9,13	8,89	8,84	8,79	8,79	8,85	8,87	9,08
	Verschil	7,56	8,14	7,69	7,34	5,40	4,24	7,77	3,54	4,46	6,78	7,26	9,25
Grenep.....	Hoogste	12,44	12,73	12,52	12,39	11,85	9,98	12,51	9,97	10,22	11,77	12,24	13,19
	Laagste	6,12	6,33	6,40	6,32	6,07	5,87	5,84	5,67	5,67	5,87	5,96	6,17
	Verschil	6,32	6,40	6,12	6,07	5,28	4,11	6,67	4,30	4,55	5,90	6,28	7,02
Grave.....	Hoogste	10,65	10,79	10,74	10,81	10,00	8,75	10,95	8,97	9,00	10,35	10,71	11,26
	Laagste	5,14	5,21	5,34	5,20	4,96	4,79	4,71	4,65	4,64	4,71	4,77	4,98
	Verschil	5,51	5,58	5,40	5,61	5,04	3,96	6,24	4,32	4,36	5,64	5,94	6,28

No. IV.

Verschillen tusschen de maxima en minima van de hoogste en van de laagste standen gedurende het tijdperk 1851—1880.

Plaats van waarneming.	Hoogste standen.					Laagste standen.				
	Maxima.	Jaar.	Minima.	Jaar.	Vershil.	Maxima.	Jaar.	Minima.	Jaar.	Vershil.
Maastricht (brug)..	46,95	1880	43,65	1858	3,30	42,57	1878	42,11	1858	0,46
Maastricht (sluis)..	46,60	1880	43,35	1858	3,25	41,75	1852	41,19	1858	0,56
Roermond.....	21,06	1880	16,95	1858	4,11	15,05	1854	14,25	1859	0,80
Venlo	18,33	1880	11,93	1858	6,40	9,51	1852	8,79	1874	0,72
Gennep.....	13,19	1880	8,78	1858	4,41	6,47	1879	5,69	1858	0,78
Grave.....	11,26	1880	7,55	1858	3,71	5,41	1851/52	4,65	1858	0,76

Deze staten hebben alle betrekking op het tijdvak 1851—80. Zij geven aanleiding tot de volgende opmerkingen:

De gemiddelde waterstanden zijn allerwege het hoogst in Januari en het laagst in Augustus.

Het grootste verschil tusschen de hoogste en laagste standen wordt gevonden te Venlo. Te Maastricht (brug) is dit verschil het kleinst. Het neemt benedenwaarts toe tot Venlo om vervolgens weder kleiner te worden. De wijze van aangroeiing en afneming blijkt nader uit de volgende cijfers, die het verschil in cM. aangeven tusschen de hoogste waterstanden in December 1880 en den lagen waterstand van Augustus van het zelfde jaar op de verschillende plaatsen van waarneming langs de Maas: Visé boven de stuw 375, beneden de stuw 535, St. Pieter 537, Jeker 484, Maastricht brug 464, Maastricht sluis 525, Maasband 596, Grevenbicht 463, Maasbracht 445, Roermond 643, Kessel 876, Venlo 930, Arcen 902, Well 825, Afferden 738, Boxmeer 745, Gennep 719, Mook 645, Grave 634, Ravestein 630, Megen 585, Oyen 564, Lith 591, St. Andries 593, Blauwe sluis 538, Hedel 500, Crevecoeur 492, Hedikhuizen 497, Heusden 483, Veen 469, Woudrichem 425.

Het verschil neemt derhalve aanmerkelijk af tot Maastricht, wordt beneden de brug grooter tot Maasband, vermindert opnieuw tot Maasbracht om daarna sterk te klimmen tot Venlo, waarna eene regelmatige daling plaats vindt tot aan de uitmonding bij Woudrichem, met deze uitzondering, dat Megen en Oyen, die in sterke bochten zijn gelegen, kleiner ver-

	Jan.	Feb.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
1801—1850.....	8,09	8,27	8,11	7,18	6,41	5,96	5,76	5,75	5,64	5,85	6,79	7,90	6,81
1851—1880.....	8,09	7,99	7,73	7,06	6,31	5,95	5,72	5,45	5,46	5,76	6,53	7,50	6,63
1801—1880.....	8,09	8,17	7,79	7,13	6,37	5,96	5,75	5,64	5,57	5,81	6,69	7,35	6,74
Vershil 1801—50 in Centimeters..	0	-28	-38	-12	-10	-1	-4	-30	-18	-9	-26	-40	-18

schillen hebben, omdat de hooge standen aldaar betrekkelijk lager zijn wegens de kortere wegen, die het water aldaar na overstrooming der uiterwaarden kan volgen.

De gemiddelden der laagste standen zijn het laagst in September te Maastricht (brug) en te Roermond; te Maastricht sluis, Venlo, Gennep en Grave in Augustus; de gemiddelden der hoogste standen zijn overal het hoogst in Januari.

De verschillen tusschen de gemiddelden der hoogste en laagste standen zijn eveneens het grootst in Januari en het kleinst in Augustus en September.

De nevenstaande staat geeft een overzicht van de gemiddelde maand- en jaarstanden te Grave in de tijdperken 1801—50, 1851—80 en 1801—80.

Indien het tijdvak 1851—80 niet minder waterrijk is geweest dan het voorafgaande, zou eene algemeene verlaging van den waterstand te Grave hebben plaats gehad; het eerste is echter meer waarschijnlijk. Op de platen XLVII en XLVIII zijn eenige uitkomsten graphisch voorgesteld.

Het aantal dagen waarop verschillende waterstanden groepsgewijze zijn waargenomen, blijkt uit den volgenden staat, (blz. 455) welke betrekking heeft op de waterstanden te Venlo van 1851—80.

De eerste groep bevat de standen die begrepen zijn tusschen den laagsten stand en de gemiddelde der laagste standen; de tweede tusschen den gemiddelde der laagste standen en den gemiddelden waterstand; de grenzen der overige groepen komen overeen met 1.70 M., 3.45 M., 5.20 M. en 6,95 M. boven den gemiddelden waterstand. De laagste stan-

AANTAL DAGEN WAAROP DE WATERSTANDEN TE VENLO, BEGREPEN TUSSEN DE GRENZEN DER EERSTE KOLOM, ZIJN
VOORGEGOMEN IN DE VERSCHILLENDE MAANDEN DES JAARS EN IN DE GEHEELE PERIODE.

Waterstanden.	Jan.	Feb.	Maart.	April.	Mei.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jaar.
lager dan 9,18 M.+AP.....	0	0	0	0	7	63	152	236	196	156	53	10	873
van 9,18 M.+AP tot en met 10,79 M.+AP	138	149	250	432	664	695	682	645	670	658	552	275	5810
" 10,80 " " " 12,49 "	400	417	407	387	230	128	82	49	34	86	175	423	2768
" 12,50 " " " 14,25 "	276	161	195	98	26	14	8	0	0	18	83	118	997
" 14,25 " " " 15,99 "	96	98	65	27	3	0	3	0	0	12	34	80	418
" 16,00 " " " 17,74 "	20	23	13	6	0	0	3	0	0	0	3	20	88
hooger dan 17,75 M.+AP.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4

den komen het meestvoor in Augustus, in het algemeen in den herfst, maar nooit in de vier eerste maanden des jaars. In alle maanden des jaars daalt de rivier beneden den gemiddelden stand, voornamelijk echter gedurende de maanden Mei tot en met September. Verheffing boven den gemiddelden stand is in de maand September zeer, in Augustus iets minder zeldzaam en komt ook in Juli en October niet vaak voor, gemiddeld nog geen drie dagen per maand. De hooge waterstanden zijn het talrijkst in Januari, Februari en December; vervolgens in November en April.

Zeer hooge standen kwamen, met uitzondering van den vloed van Juli 1879, alleen voor in de drie genoemde maanden en behoudens dezelfde uitzondering bleef de waterstand gedurende de maanden Mei tot en met September steeds lager dan 14.25 M. + AP.

De vloed van December 1880 was op alle waarnemingspunten de hoogste (zie staat N^o. IV), die van 1880 de laagste der hooge vloedden die gedurende het tijdperk 1851—80 zijn voorgekomen. Het verschil tusschen de hoogste jaarstanden klimt te Venlo tot 6.40, terwijl het te Grave en Maastricht (sluis) slechts 3.71 en 3.21 M. bedraagt; dit is een gevolg van de ligging van Venlo in het overganggebied, tusschen het boven-

deel der Maas, waar het verval bij lage standen het grootst is maar bij rijzing van den waterspiegel kleiner wordt, en het benedendeel, waar het omgekeerde plaats heeft.

Merkwaardig is de geringe afwisseling in de hoogte der laagwaterstanden; dit is het gevolg daarvan dat er slechts zeldzaam zomers voorkomen waarin niet enkele maanden droog en warm zijn, als wanneer de afvoer van de Maas tot grondwater wordt beperkt zoodat alleen het water, dat na voeding der gekanaliseerde rivier en der kanalen overblijft, ons land bereikt. De vorm van het lengteprofiel wordt dan hoofdzakelijk bepaald door de hoogteligging der drempels in de rivier.

Een duidelijk overzicht in de verdeeling der verschillende waterstanden over de 24 jaar, geven de platen LVII en LVIII, waarop zijn voorgesteld de hoogste, de laagste en de gemiddelde waterstanden te Venlo voor alle dagen van het jaar gedurende het tijdperk 1851—80.

Het grootste verschil in waterstand op denzelfden dag bedroeg 9.07 M. en kwam voor op 24 December; de laagste stand op dien dag in 1857 was 9.26 M. + AP., de hoogste in 1880, 18.33 M. + AP. De gemiddelde waterstand van 24 December is 12.01 M. + AP. of 2.85 M. hooger dan de laagste en 6.32 M. lager dan de hoogste stand van dien dag. De hoogste stand van 24 December was tevens de hoogste waterstand der geheele periode, maar de laagste stand van dien dag was nog 0.47 M. hooger dan de volstrekt laagste stand, 8.79 M. + AP. die op 31 Augustus en 1 September 1874 voorkwam. Het kleinste verschil tusschen de uiterste standen op denzelfden dag van het jaar geeft 16 September. Op dezen dag wisseluen de waterstanden af tusschen 8.99 M. + AP. in 1858, en 10.35 M. + AP. in 1852; het verschil bedraagt dus slechts 1.36 M. De gemiddelde stand van 16 September 9.53 M. + AP. overtreft den laagsten stand op dien dag met 54 cM. en blijft 0.83 beneden den hoogsten. De laagste dagstand van 16 September was slechts 20 cM. hooger dan de laagste waterstand der periode; maar nog 1.37 M. lager dan de laagste dagstand van 1 Maart. De hoogste waterstand van 30 Augustus 23 M. + AP. bleef in 1858 nog 12 cM. onder den hoogsten stand van 16 September. Kenmerkend voor den aard der rivier is, dat de

hoogste stand van 30 Augustus nog 13 cM. lager is dan de laagste stand van 1 Maart.

De laagste der gemiddelde waterstanden, die van 29 Augustus en 15 September was 9.50 M. + AP., de hoogste die van 10 Februari 12.49 M. + AP., onderling 2.99 M. verschillende. De gemiddelde van alle waterstanden over het geheele tijdperk is 10.80 M. + AP. of 1.30 hooger dan de laagste, en 1.69 lager dan de hoogste gemiddelde.

Vergelijkt men deze uitkomsten met die in hetzelfde tijdvak te Emmerik, dan trekt het de aandacht, dat te Venlo de gemiddelde standen meer uiteenloopen en de hoogste en laagste standen in den winter meer van elkander verschillen dan te Emmerik, maar dat daarentegen de afwisseling in waterstand op de Maas in de zomermaanden opmerkelijk klein is. De eenige uitzondering op dezen laatsten regel is de hooge zomervloed van de tweede helft van Juli 1879, waarvan het buitengewoon karakter dan ook duidelijk blijkt. Op den Rijn zijn buitengewoon hooge zomervloeden lang zoo zeldzaam niet; in dezelfde dertigjarige periode kwamen zij viermaal voor, namelijk in Juni 1856, Juli 1871, Juli 1879 en Augustus 1851.

Langdurige perioden van zeer hoogen of zeer lagen waterstand waren onder anderen de volgende: Van 18 November 1857 tot 16 Maart 1858 was met uitzondering van 26--31 December, 6--11 Januari, 7--10 Februari en 4 en 5 Maart de waterstand de laagste van allen, die op dezelfde dagen in de dertig jaren werden waargenomen. De waterstanden schommelden tusschen 9.08 M. + AP. en 10.53 M. + AP.

Van 19 Februari tot 22 Maart 1878 waren de waterstanden met uitzondering van die van 28 Februari, 1, 3 en 5 Maart, toen de overeenkomstige dagen van 1877 of 1855 iets hooger waren, de hoogste van allen op dezelfde dagen waargenomen; zij schommelden tusschen 14.88 M. en 16.98 M. + AP.

Van 7 April tot 18 Juni 1875 waren de waterstanden onafgebroken de laagsten der overeenkomstige dagen; zij wisselden af van 8.89 tot 9.73 M. + AP.

Eene langdurige laagwaterperiode was verder van 14 Juli tot 13 September 1874, waarin de waterstanden afwisselden van 8.79 tot 9.22 M. + AP.

Langdurige tijdperken van hoog water waren 12 Juli tot 16 Augustus 1879, van 21 November tot 16 December 1872 en van 17 tot 31 December 1880. De sterkste rijzingen

van den waterspiegel worden in den volgende staat vermeld.

Dagen der waarneming.	Waterstanden.		Rijzing per etmaal	Opmerkingen.
	Eerste dag.	Tweede dag.		
6 en 7 Oct. 1852.	11,28 M. + AP.	13,78 M. + AP.	2,50 M.	
7 " 8 " 1852.	13,87 " " "	14,93 " " "	1,15 " "	3,65M. in twee etmalen.
25—26 Jan. 1867.	12,28 " " "	14,08 " " "	1,80 " "	
17—18 Feb. 1876.	12,35 " " "	14,93 " " "	2,58 " "	
18—19 " 1876.	14,93 " " "	16,53 " " "	1,60 " "	4,18M. in twee etmalen.
22—23 Juli 1879.	12,55 " " "	13,95 " " "	1,40 " "	
23—24 " 1879.	13,95 " " "	15,03 " " "	1,08 " "	
24—25 " 1879.	15,03 " " "	16,09 " " "	1,06 " "	3,54M. in drie etmalen.
15—16 Dec. 1880.	13,01 " " "	14,53 " " "	1,52 " "	
1—2 Jan. 1861.	13,23 " " "	15,13 " " "	1,90 " "	
2—3 " 1861.	15,13 " " "	16,33 " " "	1,20 " "	3,10M. in twee etmalen.
28—29 " 1865.	13,55 " " "	15,02 " " "	1,47 " "	
6—7 Feb. 1852.	13,98 " " "	15,93 " " "	1,95 " "	
2—3 Jan. 1880.	14,59 " " "	16,24 " " "	1,65 " "	

De dagelijksche waarnemingen op de Maas tusschen de grenzen en Grave, hebben het groote nadeel, dat zij voor de hooge en steile vloedgolven van betrekkelijk korten duur, welke op deze rivier dikwijls voorkomen, onvoldoende zijn, omdat wanneer de hoogste waterstand in den avond voorkomt, hij vrij aanmerkelijk hooger kan zijn dan de hoogste waterstand van 8 uur 's morgens, die alleen in de tabellen wordt vermeld.

Te Maastricht (sluis) waar de zelfregistreerende peilschaal is, werd b. v. voor den hoogsten waterstand bij open rivier des morgens om 8 uur waargenomen 46.60 M. + AP. terwijl de zelfregistreerende schaal als hoogste stand 46.79 M. + AP. of 19 cM. hooger gaf.

Eenzoo was de maximum waterstand van 's morgens acht uur in September 1880 41.83 M. + AP. op den 19den, terwijl de zelfregistreerende schaal de volgende hoogere standen aanwees.

7 Sept.	3 uur	nam.	41,99 M. + AP.	bij een waterstand om 8 uur van	41,58 M. + AP.
10 "	11 " 30	"	42,21	" " " " " "	41,67 " " " "
21 "	5 " 15	"	42,27	" " " " " "	41,69 " " " "
22 "	6 " 30	"	41,90	" " " " " "	41,64 " " " "
23 "	5 " 0	"	42,25	" " " " " "	41,64 " " " "
25 "	8 " 0	"	41,84	" " " " " "	41,79 " " " "
26 "	11 " 0	voorm.	41,89	" " " " " "	41,79 " " " "

Op den Rijn te Emmerik is de fout wegens het ontbreken der talrijke korte hoogwatergolven van minder belang. Alleen bij ijsgang worden aldaar korte sterke schommelingen van den waterspiegel waargenomen. Te Pannerden, waar eene zelfregis-

treerende peilschaal bestaat, klimmen de verschillen tusschen de werkelijke toppen der vloedgolven en de hoogste waterstanden bij open rivier des morgens om 8 uur zelden tot meer dan 2 à 3 cM. Op 30 Juni 1882 bedroeg het verschil bij hooge uitzondering 6 cM. Op de platen LIII en LIV is ook voor de Maas graphisch het verband voorgesteld tusschen de waterstanden aan de verschillende peilschalen en zijn ook weder om de wijzigingen te doen kennen, welke dit verband sedert 1850 heeft ondergaan, voor eenige plaatsen de lijnen omstreeks dat jaar aangeduid.

§ 4. Verhangen. De verhangen op de verschillende vakken bij de onderscheiden waterstanden zijn verzameld in den volgende staat.

Naam van het riviervak.	Lengte in Kilometers.	Verhang bij den		Gemiddeld verhang per maand		Grootste gem. verhang per maand.	Kleinste gem. verhang per maand.
		hoogsten stand Dec. 80. Jan. 83.	laagsten stand Aug. 85. " 84.	bij			
				hoogen stand.	bij lagen stand.		
Visé—St. Pieter	9,120	38,7	39,9	38,7	39,5	39,5	37,4
St. Pieter—Maastricht brug	3,710	56,9	36,1	46,6	37,0	47,7	37,0
Maastricht brug—sluis	0,720	48,6	123,6	48,6	116,6	116,6	48,6
Maastricht sluis—Maasband	20,735	37,4	42,0	41,3	42,2	42,5	40,7
Maasband—Grevenbicht	10,110	55,3	42,7	46,1	43,4	46,7	41,6
Grevenbicht—Maaseijck	7,580	38,8	43,50	42,2	43,1	43,3	42,2
Maaseijck—Maasbracht	13,860	42,1	38,6	40,2	38,7	40,4	38,3
Maasbracht—Roermond	15,330	20,9	33,9	29,2	34,0	34,6	28,4
Roermond—Kessel	15,230	9,2	23,3	17,1	23,3	23,4	17,1
Kessel—Venlo	13,400	9,8	15,1	9,0	14,5	14,8	8,3
Venlo—Boxmeer	40,545	10,6	5,8	7,3	6,0	7,5	5,8
Boxmeer—Gennep	6,725	12,5	9,0	8,9	8,6	8,9	6,7
		8,9					
Gennep—Mook	8,860	13,9	5,4	6,9 à 7,2	5,6	8,4	5,4
		10,9					
Mook—Grave	10,215	6,8	5,3	6,2	5,7	6,8	4,7
		9,1					
Grave—Ravestein	13,965	8,4	8,4	6,5	8,1	8,4	5,5
		7,5					
Ravestein—Megen	8,490	9,4	3,4	7,9	4,3	8,3	4,1
		7,7					
Megen—Oijen	9,550	5,3	4,1	6,4	4,2	7,5	3,7
		4,1					
Oijen—Lith	10,400	4,4	7,1	5,5	6,6	7,8	4,8
		2,9					
Lith—St. Andries	8,160	8,5	5,7	7,2	6,2	9,3	5,8
		6,1					
St. Andries—Blauwe sluis	8,750	8,5	4,3	7,2	4,1	7,5	3,8
		8,8					
Blauwe sluis—Hedel	6,120	11,2	5,1	7,1	2,7	8,0	2,1
		10,0					
Hedel—Woudrichem	24,645	5,6	1,4	—	—	7,8	1,4
		6,2	1,0				

Voor de verhangen bij hoogsten stand zijn beneden Boxmeer twee cijfers medegedeeld, omdat sedert December 1880 de bovenmond der Beersche Maas is gesloten; daarvan is opstuwung boven den benedenmond het gevolg, dus grooter verhang beneden en kleiner boven Mook.

Voor zoover de verhangen beneden Grave in 1883 niettemin kleiner zijn dan vroeger, is dit deels het gevolg van minder afvoer langs de Maas, deels van wijziging der Heerewaardensche overlaten.

Uit den staat volgt dat het lengteprofiel bij lagen stand over het geheel vrij regelmatig is met uitzondering van het riviervak boven Maastricht, waar eene zeer sterke opstuwung plaats heeft, van het riviervak Venlo-Boxmeer ten gevolge van de nauwe riviergedeelten Arcen-Well en Afferden-Boxmeer en eindelijk wegens de sterke krommingen beneden Grave, die eveneens veel verval gebruiken en opstuwungen veroorzaken.

Bij de hoogste standen laat het lengteprofiel meer te wenschen over. Van den mond af klimt het verhang tot Blauwe sluis, maar vermindert dan wegens het ruimer winterbed en wegens de bochten die door het water bij hoogen stand worden afgesneden.

De weerstanden en ook het verval tusschen Afferden en Boxmeer zijn verminderd, die tusschen Arcen en Well toegenomen.

De zeer groote rijzing van den waterspiegel bij hoogsten stand te Venlo is blijkens den staat niet zoozeer toe te schrijven aan de genoemde opstuwungen, dan wel daaraan, dat de verhangen beneden Venlo bij hooge standen in het algemeen grooter worden, terwijl boven dit punt de rivier bij hooger stand betrekkelijk sterk in ruimte toeneemt, zoodat tusschen Venlo en Maasbracht het verhang bij hooger standen kleiner is dan bij lage. Eerst boven Maasbracht zijn op enkele vakken de verhangen bij hoog water weder grooter, terwijl daarentegen het korte vak tusschen Maastricht-brug en Maastrichtsluis, dat bij lage standen een buitengewoon groot verval heeft, bij hoog water niet meer verval verbruikt dan de aangrenzende vakken.

Op de platen L en LI zijn de lengteprofillen van den waterspiegel in verschillende omstandigheden voorgesteld, waaruit de toestand nader blijkt; daarop is tevens aangegeven welke

wijzigingen waarschijnlijk in deze profillen zullen worden gebracht door de verlegging van den Maasmond van Woudrichem naar Keizersveer.

§ 5. **Waterafvoer.** De afvoer van de Maas bij verschillende standen is op plaat LIX graphisch voorgesteld. De invloed van de aangroeiing van het stroomgebied binnen onze grenzen, spreekt duidelijk, evenals de belangrijke afzuiging van de Beersche Maas. De afvoer langs de Heerewaardensche overlaten is geheel afhankelijk van de betrekkelijke waterstanden op de beide rivieren Waal en Maas, zoodat slechts de maximum afvoer beneden den overlaat kon worden aangegeven. Evenzoo hangt de afvoer van den Bokhovenschen overlaat af van dien van Heerewaarden, van den stand der Merwede en van dien van het binnenwater in Noord-Brabant. Ook de afvoer beneden den Bokhovenschen overlaat moest dus door eene horizontale lijn worden voorgesteld.

De figuur leert dat bij opheffing der overlaten de grootste afvoer beneden den Heerewaardenschen overlaat nog eenigszins zal dalen beneden het tegenwoordig bedrag boven den Bokhovenschen overlaat, maar dat de afvoer tusschen de Beersche Maas en Heerewaarden belangrijk grooter zal worden.

De voornaamste afvoercijfers zijn samengevat in den volgende staat.

Aard van den waterstand.	Waterhoogte te Maastricht.	Afvoer bij de Belgische grens.	Waterhoogte te Grave.	Afvoer te Grubbenvorst.	Afvoer te Oijen.
Hoogste waterstand.....	42,11 M. + AP.	35 M ³	4,63 M. + AP.	50 M ³	60 M ³
Gemiddelde der laagste standen.	42,37 " " "	50 "	5,03 " " "	70 "	85 "
Gemiddelde waterstand.....	43,12 " " "	190 "	6,63 " " "	240 "	270 "
Gemiddelde der hoogste standen.	45,62 " " "	1080 "	10,24 " " "	1260 "	1152 "
Hoogste standen.....	46,95 " " "	2200 "	11,26 " " "	2700 "	1600 "

De gemiddelde afvoer bij de grenzen kan gesteld worden op 314 M³ volgens de verslagen van het slibonderzoek; en behoort bij een waterstand te Maastricht van 43.55. M. + AP. of 43 cM. boven den gemiddelden waterstand.

Op den invloed dien het gemiddeld 1500 M. breede hoogwaterbed van de Maas in Limburg op den afvoer bij hooge

standen uitoefent, is in het vorige hoofdstuk reeds geweest.

De toppen der hoogwatergolven worden langs de Maas tusschen Maastricht en Hedel voortgeplant in ongeveer 3 dagen en 6 uren met eene gemiddelde snelheid van ongeveer 2,9 KM. per uur. Tusschen Maastricht en Roermond is de snelheid ongeveer gelijk aan dit middelcijfer; doch boven Venlo is de snelheid zeer groot; zij bedraagt tusschen Venlo en Grave ongeveer 2 KM. per uur en is het kleinst tusschen St. Andries en Hedel.

Een goed inzicht in de wijze van voortplanting dier golven, geven de volgende lijsten waarin het zomerhoogwater van Juli 1879, het voorjaarshoogwater van den ijsgang van Februari 1876, het hoogwater van November—December 1885 en de hoogstbekende waterstand van December 1880 zijn opgenomen.



VLOED VAN JULI 1879.

Plaats van waarneming.	Waterstand voor den vloed in cM. + AP.	Hoogste waterstand in cM. + AP.	Was in cM.	Waterstand van kolom ?	Dag van den hoogsten waterstand.	Duur van den was in etmalen.	Gem. was per etmal.	Grootste was per etmal in cM.	Dag van den grootsten was.	Anmerkingen.
Visé.....	4888	5168	280	20 Juli	24 Juli	4	70	85	21/22 Juli	
St. Pieter.....	4539	4831	292	" "	" "	4	73	118	" "	
Maastricht brug.....	4368	4650	282	" "	" "	4	70	122	" "	
" sluis.....	4315	4624	309	" "	" "	4	77	130	" "	
Maasband.....	3463	3768	305	" "	25	5	61	128	" "	
Grevenbicht.....	3024	3257	233	" "	" "	5	47	116	" "	
Maasjick.....	2681	2949	268	" "	" "	5	53	114	" "	
2144	2385	241	" "	" "	" "	5	48	113	" "	
Maasbracht.....	1659	1963	304	" "	26	6	51	97	" "	
Roermond.....	1313	1778	465	21	" "	5	93	115	22/23	
Kessel.....	1168	1661	493	" "	" "	5	98	140	" "	
Yenlo.....	1124	1604	480	" "	" "	5	96	148	" "	
Arden.....	1032	1473	441	" "	27	6	73	139	" "	
Well.....	958	1349	391	" "	" "	6	65	130	" "	
Afferden.....	923	1307	384	" "	" "	6	64	131	" "	
Boxmeer.....	874	1251	377	" "	" "	6	63	120	" "	
Gennep.....	822	1171	349	" "	" "	6	58	120	" "	
Mook.....	768	1095	327	" "	" "	6	54	113	" "	
Grave.....	686	978	292	" "	" "	6	49	98	" "	
Ravestein.....	638	889	251	" "	28	7	36	85	23/24	De zomersluiting in den Beerschen Maasmond brak door over 40 M. lengte den 26sten en de kade liep over.
Megen.....	588	829	241	" "	" "	7	34	72	" "	
Oyen.....	519	761	242	" "	" "	6	40	69	" "	
Lith.....	461	698	237	" "	" "	6	39	61	" "	De Heerenwaardsche overlaten werkten gedeel- telijk, de Dreuumsche sedert den 24e en de over- laat boven OudSt. Andries sedert den 28en.
St. Andries.....	411	626	215	" "	" "	6	36	47	" "	
Blauwe sluis.....	383	559	176	21/22	" "	6	29	40	24/25	
Crèvecoeur.....	311	491	90	23	" "	5	18	29	" "	
Wondrichem.....	288	371	83	" "	" "	5	17	27	" "	
Gorinchem.....				" "	" "					

VLOED VAN FEBRUARI 1876.

Plaats van waarneming.	Waterstand voor den vloed in cM. + AP.	Hoogste waterstand in cM. + AP.	Was in cM.	Dag van den waterstand van kolom 2.	Dag van den hoogsten waterstand.	Daar van den was in etmalen	Gem. was per etmaal.	Grootste was per etmaal in cM.	Dag van den grootsten was.	Aanmerkingen.
Visé.....	4958	5218	260	15 Feb:	18 Feb,	3	87	125	15/16 Feb.	
St. Pieter.....	4440	4816	376	15 "	18 "	3	125	185	" "	
Maastricht brug.....	4290	4630	340	15 "	18 "	3	113	132	" "	
" sluis.....	4209	4605	396	15 "	18 "	3	132	163	" "	
Maasband.....	3354	3774	420	14 "	19 "	5	84	230	16/17	
Grevenbicht.....	2908	3248	340	14 "	19 "	5	68	243	" "	
Maaseijk.....	2561	2958	397	14 "	19 "	5	79	238	" "	
Maasbracht.....	2023	2378	350	14 "	19 "	5	70	240	" "	
Roermond.....	1518	1948	430	14 "	20 "	6	72	261	" "	
Kessel.....	1157	1808	646	14 "	20 "	6	108	262	" "	
Venlo.....	1004	1681	677	14 "	20 "	6	113	258	17/18	
Arcen.....	968	1622	654	14 "	20 "	6	109	233	16/17	
Well.....	880	1487	607	14/15 "	20 "	5	121	229	" "	
Afferden.....	806	1348	542	15 "	21 "	6	90	211	" "	
Boxmeer.....	761	1308	547	15 "	21 "	6	91	228	" "	
Gennep.....	713	1240	527	15 "	21 "	6	88	209	" "	
Mook.....	659	1143	484	15 "	21 "	6	81	207	" "	
Grave.....	600	1061	461	15 "	21 "	6	77	227	" "	
Ravestein.....	502	953	451	13 "	21 "	8	56	237	" "	
Megen.....	460	876	416	13 "	25/27 "	12	35	216	" "	
Oyen.....	422	822	400	13 "	25/27 "	12	33	188	" "	
Lith.....	356	789	433	14 "	25/26 "	11	39	161	" "	
St. Andries.....	300	746	446	14 "	25 "	11	41	131	" "	
Blauwe sluis.....	260	672	412	14 "	26 "	12	34	100	" "	
Crèvecoeur.....	234	593	359	14 "	27/28 "	13	27	73	18/19	
Hedikhuizen.....	206	564	358	15 "	27 "	12	30	78	" "	
Heusden.....	165	536	371	15 "	27 "	12	31	91	" "	
Veen.....	152	516	364	15 "	27 "	12	30	102	" "	
Woudrichem.....	117	474	357	15 "	26 "	11	32	131	" "	
Gorinchem.....	102	441	339	15 "	27 "	12	28	—	" "	

Van 13-16 Feb. was er
eenig drijfs hier en daar
op de Maas beneden Grave
wat de dag van laagsten
stand onregelmatig doet
verspringen.

VLOED VAN NOVEMBER—DECEMBER 1885.

Plaats van waarneming.	Waterstand in cM. + AP.	Hoogste waterstand in cM. + AP.	Was in cM.	Dag van den waterstand van kom 2	Dag van den hoogste waterstand.	Duur van den was in etmalen	Gemid. was per etmaal.	Grootste was per etmaal in cM.	Dag van den grootsten was	Percenten van de grootste was per etmaal van de geheele was.	Aanmerkingen.
Visé.....	4809	5098	289	25/26 Nov.	2 Dec.	6	48	110	29/30 Nov.	38	
St. Pieter.....	4459	4749	290	26 "	2 "	6	48	108	" "	37	
Maastricht (brug).....	4300	4575	275	26 "	2 "	6	46	105	" "	37	
Maastricht (sluis).....	4233	4546	313	26 "	2 "	6	52	101	30 Nov./1 Dec.	32	
Maasband.....	3360	3688	328	25/26 "	2 "	6	55	120	29/30 Nov.	37	
Grevenbicht.....	2927	3220	293	25 "	2 "	7	42	109	" "	37	
Maaseijk.....	2601	2906	305	26 "	2 "	6	51	104	" "	34	
Maasbracht.....	2059	2348	289	25 "	2 "	7	41	100	" "	33	
Roermond.....	1537	1906	369	25 "	3 "	8	46	113	" "	31	
Kessel.....	1197	1682	485	25 "	3 "	8	61	125	30 Nov./1 Dec.	26	
Venlo.....	1023	1568	545	24/25 "	3 "	8	68	152	" "	28	
Arcen.....	960	1490	530	25 "	3 "	8	66	150	" "	28	
Well.....	895	1404	509	25 "	3 "	8	63	149	" "	29	
Afferden.....	801	1277	476	25 "	4 "	9	53	145	" "	30	
Boxmeer.....	777	1245	468	25/26 "	4 "	8	58	146	" "	31	
Gennep.....	730	1186	456	25 "	4 "	9	51	128	" "	28	
Mook.....	679	1108	429	26 "	4 "	8	53	132	" "	31	
Grave.....	621	1042	421	25/26 "	4/5 "	9	52	127	" "	30	
Ravestein.....	531	942	411	26 "	5 "	9	46	130	" "	31	
Megen.....	491	858	367	26 "	5 "	9	41	115	" "	31	
Oijen.....	438	788	350	26 "	5 "	9	39	104	" "	30	
Lith.....	370	724	354	26 "	5 "	9	39	94	" "	27	
St. Andries.....	309	642	333	26 "	5 "	9	37	78	" "	23	
Blauwe sluis.....	261	570	309	26 "	6 "	10	31	71	1/2 Dec.	23	
Hedel.....	229	518	289	26/27 "	6 "	9	32	66	" "	23	
Hedikhizen.....	202	474	272	27 "	6 "	9	30	60	" "	22	
Heusden.....	167	436	269	27 "	6 "	9	30	62	" "	23	
Veen.....	146	411	265	27 "	6 "	9	29	58	" "	22	
Woudrichem.....	112	367	255	27 "	6 "	9	28	85	2/3 Dec.	33	
Gorinchem.....	89	342	253	27 "	5 "	8	29	85	" "	33	

De overlaat de Beersche Maas werkte slechts met 3 cM. als max. over 60 M. lengte.

De Bokhovensche overlaat werkte van den 3en naar binnen met een max. van gen. 0,39 M.

VLOED VAN DECEMBER 1880.

Plaats van waarneming.	Waterstand voor den vloed in cM. + AP.	Hoogste waterstand in cM. + AP.	Was in cM.	Dag van den van kolom 2	Dag van den hoogsten waterstand.	Duur van den was in etmalen.	Gemid. was per etmaal.	Grootste was per etmaal in cM.	Dag van den grootsten was.	Tusschen het was- sen was een val begrepen. in cM. groot	Aanmerkingen.
Visé.....	4843	5258	415	12/13 Dec.	22 Dec.	9	46	135	13/14 Dec.	65 op 16,17 Dec.	
St. Pieter.....	4502	4906	404	13 "	23 "	10	40	98	13/14 "	61 "	
Maasstricht (brug).....	4341	4695	354	13 "	22/23 "	9	39	82	14/15 "	55 "	
Maasstricht (sluis).....	4281	4660	379	12 "	23 "	11	34	95	13/14 "	59 "	
Maasband.....	3420	3864	444	13 "	23 "	10	44	117	14/15 "	56 "	17/19
Grevenbicht.....	2988	3305	317	13 "	23 "	10	32	130	15/16 "	36 "	
Maaseijk.....	2648	3011	363	13 "	23 "	10	36	133	15/16 "	45 "	
Maasbracht.....	2113	2427	314	13 "	23 "	10	31	155	21/22 "	niet waargenomen	
Roermond.....	1618	2106	488	13 "	24 "	11	44	159	14/15 "	37 op 18/20 "	
Kessel.....	1262	1965	703	13 "	24 "	11	64	171	14/15 "	79 "	
Venlo.....	1113	1833	720	13 "	24 "	11	65	180	20/21 "	72 "	
Arcen.....	1091	1761	670	13 "	25 "	12	56	160	14/15 "	58 "	
Well.....	993	1588	595	14 "	24/25 "	10	59	163	15/16 "	40 "	
Afferden.....	944	1451	507	13 "	25 "	12	42	150	15/16 "	16 "	
Boxmeer.....	890	1403	513	13/14 "	25 "	11	47	151	15/16 "	14 "	
Gennep.....	845	1319	474	14 "	25 "	11	43	147	15/16 "	11 "	
Mook.....	792	1196	404	14 "	25 "	11	37	146	15/16 "	8 "	
Grave.....	738	1126	388	14 "	26 "	12	32	140	15/16 "	7 "	
Ravestein.....	654	1008	354	14 "	26 "	12	28	140	15/16 "	2 "	
Megen.....	612	928	316	14 "	26 "	12	26	120	15/16 "	3 "	
Oijen.....	558	877	319	14 "	25 "	11	29	104	15/16 "	niet waargenomen	
Lith.....	488	831	343	14 "	25 "	11	31	87	15/16 "	"	
St. Andries.....	430	781	351	14 "	25 "	11	32	67	16/17 "	"	
Blauwe sluis.....	385	607	322	14 "	25 "	11	29	69	18/19 "	"	
Crevecoeur.....	358	637	279	14/15 "	27/28 "	12	23	55	18/19 "	"	
Hedikhuizen.....	327	618	291	14 "	28 "	14	21	—	—	"	
Heusden.....	299	582	283	15 "	27 "	13	22	—	—	"	
Veen.....	278	557	279	15 "	27 "	12	23	—	—	"	
Woudrichem.....	250	499	249	15 "	26 "	11	22	—	—	"	

De Beersche Maas werkte met beide monden van 17/18 Dec. met een max. van 0,56 M. — 1,37 M. in den bovenmond op den 25en en 0,96 M. in den benedenmond op den 26en.

De Heerenwaardische overlaten werkten van den 17en met een maximum van 1,05 à 1,88 van de Dreumelsche 0,13 à 0,64 voor den overlaat boven den Heggeldijk, 1,04 à 1,24 voor den overlaat beneden den Heggeldijk en 1,18 M. voor den Rossumschen overlaat.

De Bokhovense overlaat werkte sedert den 22en geheel naar binnen met een max. v. 1,85 den 28en.

De normaalbreedte van de rivier de Maas bedraagt volgens de bekende besluiten van 31 Januari No. 156 en van 31 Juli 1886: bij M R.

Te Eijsden	90 M.
Van hier verwijdend tot Maastricht op.....	100 „
„ Maastricht „ Roermond.....	100 „
„ Roermond tot Venlo verwijdend op.....	120 „
„ Venlo tot Grave.....	120 „
„ Grave tot St. Andries verwijdend op.....	130 „
„ St. Andries tot Crèvecoeur.....	140 „
Te Crèvecoeur.....	150 „
„ „ tot Loevestein verwijdend op.....	170 „

De breedten van den nieuwen Maasmond zijn als volgt bepaald:

Aan het begin der verlegging bij het Heleind...	160 M.
Verwijdend tot Drongelen op.....	200 „
„ „ het Keizersveer op.....	200 „
„ „ de uitmonding van het Oude Maasje in den Amer op	300 „

De nieuwe bandijken verkrijgen een onderlingen afstand van 500 M. Beneden Keizersveer loopt het winterbed geleidelijk te niet.

§ 6. **Wederkeerige invloed van Waal en Maas.** De samenstrooming van rivieren heeft steeds ten gevolge dat de waterstanden van de hoofdriever en van de zijrivier boven het punt van samenstrooming, behalve van den eigen afvoer, mede afhankelijk zijn van den afvoer langs de zijrivier of langs de hoofdriever. Beneden het punt van samenvloeiing zijn de waterstanden afhankelijk van die op beide rivieren.

De wederkeerige invloeden zijn klein, indien beide rivieren van gelijken aard zijn en aan eenzelfde regime onderworpen, zoodat de verschijnselen, welke zij op de plaatsen boven het het gebied van den wederkeerigen invloed gelegen, opleveren, ongeveer gelijk zijn en gelijktijdig plaats hebben.

In hoofdzaak zijn de Rijn en de Maas, wanneer men van den Bovenrijn in Duitschland en Zwitserland boven Mannheim afziet, aan gelijke meteorologische invloeden onderworpen en verkeerden beiden, met uitzondering van de Maas in Limburg, binnen onze grenzen in gelijkmatige omstandigheden, bedijkte

rivieren in vlak land. In den regel zijn beide rivieren dientengevolge bijna gelijktijdig in rijzenden of dalenden toestand en is het aantal belangrijke vloedgolven dat de rivier komt afzetten, ongeveer gelijk; langs de Maas heeft men bovendien een groot aantal kleine wisselingen in waterstand, die voornamelijk veroorzaakt worden doordat de rivier tot in de nabijheid onzer grenzen is gekanaliseerd, zoodat de zeer gevoelige waterspiegel in het sterk hellende gedeelte van de rivier nagenoeg alle bewerkingen doet kennen, welke aan de stuw te Visé worden verricht.

Het voorname verschil van beide rivieren is gelegen in het karakter van den Bovenrijn als Alpenrivier. Op het meer van Constanz worden de hoogste waterstanden en de grootste verschillen in waterstand in den zomer en niet in den winter waargenomen. Terwijl de Maas in de warme maanden van het jaar, Mei tot September, in den regel slechts weinig water afvoert, begint de Rijn in Mei opnieuw te wassen en wordt in het midden van den zomer een tweede hoogste stand bereikt. Beide rivieren bereiken in den regel den hoogsten stand in het begin van Februari; de laagste stand wordt door de Maas omstreeks 1 September, door den Rijn in de eerste helft van October bereikt.

Uit de waarnemingen van 1851—1880 is de gemiddelde toestand, die het algemeen regime aangeeft, voor Emmerik en Venlo van week tot week opgemaakt en op de platen LV *a* en *b*, LVI en LVII in teekening gebracht. Beide waterstandslijnen gelijken in de wintermaanden tot zelfs in kleine bijzonderheden op elkander, doch wordt het verschil in den zomer langzamerhand groot.

Het kleinste verschil in waterstand, 65 M. wordt in de eerste week van het jaar waargenomen, wanneer de gemiddelde waterstanden te Emmerik 12.95 en te Venlo 12.30 M. + AP. bedragen; het grootste verschil, 2.94 M., levert de week van 3—9 Juli op, wanneer de waterstand te Emmerik is 12,84 M. + AP. of slechts 11 M. lager dan van 1—8 Januari, terwijl de Maas te Venlo tot 9.90 M. + AP. is gedaald.

Dit verschil in karakter blijkt ons uit de gemiddelden der waterstanden in de zomer- en wintermaanden vergeleken met

den gemiddelden jaarstand. Te Grave was de gemiddelde zomerstand in de jaren 1871—1880 1.93 M. lager dan de gemiddelde winterstand; te Nijmegen op de Waal bedraagt dit verschil slechts 39 cM. De waarschijnlijke waterstand, de stand die even dikwijls wordt overschreden als niet bereikt, is op den Rijn slechts weinig lager dan de gemiddelde stand, doch op de Maas te Grave was de waarschijnlijke stand in de jaren 1871—80 58 cM. hooger dan de gemiddelde zomerstand, 1.35 M. lager dan de gemiddelde winterstand en 38 cM. lager dan de gemiddelde over het geheele jaar.

Wanneer men derhalve verschijnselen op beide rivieren beoordeelt of werken aanlegt, en daarbij, zooals veelal gebruikelijk is, den gemiddelden zomerstand — MR — tot vergelijkingsvlak bezigt, dan mag niet worden voorbijgezien dat de beteekenis van MR voor beide rivieren geheel verschilt; voor de Maas is MR een betrekkelijk lage stand, omdat zij de zes maanden van het jaar met de laagste waterstanden omvat; voor den Rijn is de maand November lager dan Mei, Juni, Juli en Augustus, en de maand December lager dan Mei, Juni en Juli.

Wanneer de waterstanden te Venlo beneden 10.50 M. + AP. zijn gedaald, volgen de Maasstanden op het punt van samenvloeiing en daarboven onder den invloed der hoogere Rijnstanden deze daling niet, doch in den regel niet ten nadeele van het algemeen, omdat de scheepvaart op de weinig water afvoerende Maas er door bevorderd wordt, terwijl de afwatering bij deze waterstanden in den regel geen nadeel ondervindt. Wel worden er zeer hooge waterstanden op den Rijn waargenomen, die den waterstand van de Merwede bij den mond van de Maas tot eenē voor de afwatering schadelijke hoogte doen rijzen, doch deze zijn nooit het gevolg van Alpenwater maar voornamelijk aan zware regens toe te schrijven, vooral in het lagere Rijnstroomgebied, die gewoonlijk de Maasvallei evenzeer treffen en somtijds in nog sterkere mate. De beruchte natte zomer van 1879 bracht bv. op de Maas betrekkelijk meer water dan op den Rijn. De invloed van dezen grooten waterafvoer langs de Maas op de waterstanden, blijkt uit de volgende vergelijking met de hoogste waterstanden in Juli

1871 toen de Rijn eene nagenoeg gelijke hoogte bereikte.

Plaats.	Max. Juli 1879 M. + AP.	Max. Juli 1871 M. + AP.	In 1879 hooger in cM.
Maastricht brug	46,50	43,40	310
Roermond	19,63	16,43	320
Venlo	16,61	11,33	528
Boxmeer	13,97	8,82	425
Gennep	12,51	8,28	423
Grave	10,95	7,07	388
Megen	8,89	5,79	310
Lith	7,61	4,80	281
St. Andries	6,98	4,29	269
Blauwe sluis	6,26	4,01	224
Hedel	5,59	3,86	173
Woudrichem	4,01	3,53	48
Gorinchem	3,71	3,32	39
Lobith	14,44	14,28	16

Terwijl de Merwede een viertal palmen hooger was dan in 1871, bedroeg de rijzing te Hedel $1\frac{3}{4}$ M. De Heerewaardensche overlaten waren in Juli 1871 afgesloten, doch in Juli 1879 niet, zoodat zich in deze laatste maand de invloed der werking eenigszins deed gevoelen. Die werking is tevens oorzaak, dat de hoogere Merwedestand op de Waal zonder invloed bleef, of liever werd geneutraliseerd, zooals uit den volgenden staat blijkt.

Plaats.	Max. Juli 1879 M. + AP.	Max. Juli 1871 M. + AP.	Juli 1879 hooger in cM.
Keulen	41,92	41,65	27
Emmerik	15,59	15,54	5
Lobith	14,44	14,28	16
Hulhuizen	13,52	13,35	17
Nijmegen	11,64	11,55	9
Tiel	8,31	8,16	15
St. Andries	6,91	6,84	7
Bommel	6,03	5,94	9
Gorinchem	3,71	3,32	39
Moerdijk	0,47	0,47	0
Venlo	16,61	11,33	521

Duidelijk te doen zien welken invloed hooge Rijnstanden op de Maas bij een afvoer als in Juli 1879 uitoefenen is niet wel mogelijk, omdat deze zomervloed der Maas van zulk een buitengewonen aard was, dat een dergelijk geval in de zomermaanden niet bekend is. Ter beoordeeling kan eenigszins dienen de hooge stand van November 1870.

Plaats.	Max. Juli 1879 M. + AP.	Max. Nov. 1870 M. + AP.	Hooger in Nov. 1879 in cM.
Maastricht.....	46,50	45,90	—60
Roermond.....	19,63	19,15	—48
Venlo.....	16,61	16,13	—48
Boxmeer.....	13,07	12,74	—33
Gennep.....	12,51	12,24	—27
Grave.....	10,95	10,71	—24
Megen.....	8,89	8,68	—21
Lith.....	7,61	7,49	—12
St. Andries.....	6,98	6,94	— 4
Blauwe sluis.....	6,26	6,26	0
Hedel.....	5,59	5,51	— 8
Woudrichem.....	4,01	4,44	+43
Gorinchem.....	3,71	4,06	+35
Emmerik.....	15,59	16,33	+74

De hoogere Rijnstanden, die de Merwede ongeveer 4 dM. verhoogden, deden hun invloed tot Lith ongeveer gevoelen; te Hedel is de invloed zeer gering. Grooter is de invloed van verschil in afvoer langs den Rijn bij lagere Maasstanden, zooals blijkt bij vergelijking van de standen in Juli 1867 met de boven reeds aangehaalde van Juli 1871.

Plaats.	Max. Juli 1871 M. + AP.	Max. Juli 1867 M. + AP.	Hooger in Juli 1867 in cM.
Maastricht.....	43,40	43,60	20
Roermond.....	16,43	16,80	37
Venlo.....	11,33	11,98	65
Boxmeer.....	8,82	9,30	48
Gennep.....	8,28	8,69	41
Grave.....	7,07	7,65	58
Megen.....	5,79	6,28	49
Lith.....	4,80	5,07	27
St. Andries.....	4,29	4,42	13
Blauwe sluis.....	4,01	3,80	—21
Hedel.....	3,86	3,44	—44
Woudrichem.....	3,53	2,70	—83
Gorinchem.....	3,32	2,67	—65
Moerdijk.....	0,47	0,26	—21
Emmerik.....	15,54	13,77	—177

Omdat de Rijn de grootste is der beide rivieren is de invloed van den Rijn op de Maas en Merwede grooter dan die van de Maas op Waal en Merwede; de invloed zou ook op de Maas spoedig verloren gaan indien niet een tweede gemeenschap tusschen beide rivieren bij de hoogere standen door de overlaten van Heerewaarden werd geopend.

De invloed van de beide rivieren op elkander bij waterstanden waarbij deze overlaten niet in werking komen, blijkt nader uit de tabellen op de bladzijden 472 en 473,

A. LAGERE WATERSTANDEN.

1. MAASTANDEN BIJ LAGE EN HOOG RIJNSTANDEN.

	Maas- tricht, mond.	Roer- mond.	Roer- mond.	Box- meer.	Gen- nep.	Mook. Grave.	Rave- stein.	Megen Oyen.	Lith.	St.An- dries.	Hedel.	Wou- drieh.	<i>Lobith.</i>		
April 1882.....	43,30	15,92	10,84	8,38	7,92	7,39	6,83	5,94	5,01	4,25	3,65	3,09	2,74	1,28	
Juli 1882.....	43,23	15,90	10,81	8,29	7,81	7,24	6,73	5,86	5,47	4,14	3,57	3,10	2,86	2,12	
In Juli 82 hooger..	-7	-2	-3	-9	-11	-15	-10	-8	-3	-13	-11	-8	+1	+12	+84
Februari 1882.....	43,24	15,84	10,78	8,32	7,86	7,35	6,76	5,87	5,44	4,93	4,18	3,59	3,08	2,74	1,31
Augustus 1882.....	43,24	15,87	10,78	8,33	7,87	7,28	6,79	5,93	5,52	4,97	4,26	3,70	3,23	2,98	2,18
In Aug. 82 hooger.	0	3	0	1	1	-7	3	6	8	4	8	11	15	24	87
Maart 1882.....	43,66	16,40	11,51	9,03	8,55	8,03	7,47	6,60	6,11	5,57	4,81	4,17	3,58	3,20	1,55
September 1881....	43,63	16,47	11,61	9,06	8,58	7,99	7,43	6,55	5,95	5,52	4,77	4,17	3,65	3,37	2,28
In Sept. 81 hooger.	-3	7	10	3	+3	-4	-4	-5	-16	-5	-4	0	7	17	73
13/14 Febr. 82....	42,80	15,20	9,95	7,51	7,07	6,56	5,98	5,06	4,68	4,23	3,50	1,95	2,47	2,17	0,77
27/29 Juni 80....	42,87	15,07	9,79	7,31	6,79	6,26	5,66	4,67	4,26	3,92	3,23	1,79	2,50	2,39	2,14
Hooger in Juni 80	7	-13	-16	-20	-28	-30	-32	-39	-42	-31	-27	-16	3	22	137
12/14 April 82....	42,92	15,48	10,18	7,76	7,30	6,82	6,24	5,34	4,93	4,58	3,73	3,16	2,63	2,29	1,02
25/27 Juli 82....	44,03	15,43	10,13	7,72	7,25	6,68	6,17	5,26	4,93	4,39	3,68	3,15	2,76	2,56	1,83
Hooger in Juli 82.	11	-5	-5	-4	-5	-14	-7	-8	0	-9	-5	-1	13	27	81

2. WAAL- EN MERWEDESTANDEN, BIJ LAGE EN HOOGE MAASSTANDEN.

	Em- Keulen.	Lobith.	Nijm.	Tiel.	St. An- dries.	Zalt- Bom.	Her- wijnen.	Goer- chem.	Moer- dijk.	Venlo.
Maart 82.....	38,03	11,58	7,93	5,00	3,52	2,71	1,85	0,97	0,35	9,12
Augustus 84.....	37,76	11,51	10,48	7,90	5,16	3,75	2,86	2,13	1,39	11,51
Hooger in Mrt. 82.	-27	-7	-10	-3	-16	-23	-15	28	42	3
Juli 81.....	38,32	11,91	10,87	8,28	5,43	4,18	3,10	2,28	1,24	9,44
Dec. 81.....	38,14	11,95	10,93	8,33	5,61	4,20	3,27	2,54	1,69	12,17
Hooger in Dec. 81.	-18	4	6	5	18	2	17	26	45	273
Juli 83.....	39,03	12,67	11,63	8,88	6,00	4,60	3,68	2,67	1,51	9,79
Feb. 85.....	38,88	12,63	11,63	9,11	5,95	4,42	3,64	2,66	1,76	12,65
Hooger in Feb. 85.	-15	-4	0	23	-5	-18	-4	1	25	286
Juli 82.....	39,43	13,16	12,08	9,42	6,63	5,24	4,32	3,18	1,90	10,81
Dec. 84.....	39,27	13,31	12,27	9,73	6,58	5,08	4,26	3,35	2,30	13,91
Hooger in Dec. 84.	-16	15	19	31	-5	-16	-6	17	40	310
23/25 Juni 1881..	38,39	10,96	8,37	5,49	4,23	3,16	2,33	1,13	0,20	9,60
30 Nov./2 Dec. 1881	38,37	11,10	8,45	5,72	4,39	3,42	2,73	1,82	0,44	14,43
Hooger in Nov./Dec.	-2	14	8	23	16	26	40	62	24	4,83
16 Nov. 1880...	39,30	12,51	9,80	6,91	5,65	4,63	3,60	2,32	0,42	10,53
23/26 Dec. 1881..	39,40	12,53	9,55	6,77	5,36	4,42	3,44	2,39	0,45	14,68
Hooger in Dec. 81.	10	2	-25	-14	-29	-21	-16	7	3	4,15

St. Andries.

2,53

5,77

3,24

4,06

5,92

1,86

De vorenstaande tabellen zijn opgemaakt met gebruikmaking van de gemiddelde maandstanden op de benedenrivieren, die meer onafhankelijk zijn van de groote wisselingen in de waterstanden der zee en van de maximumstanden, die de eenig beschikbare zijn bij hoogere waterstanden.

Bij gemiddelde standen van 43.23 tot 43.66 M. + AP. te Maastricht doen verschillen in waterstanden van gemiddeld 2 M. ongeveer te Lobith de Merwede gemiddeld met ongeveer 0.80 M. rijzen of dalen, waarvan de Maas tot boven St. Andries den invloed ondervindt.

Bij de hooge zomerstanden van den Rijn waarmede Merwede-standen van ongeveer 2 M. + AP. overeenkomen, werd de opstuwung te Hedel nauwelijks meer gevoeld, ofschoon deze aan den Maasmond meer dan 1 M. bedroeg.

Ten gevolge van de hooge Maasstanden werkte in December de Bokhovensche overlaat gedurende een paar dagen en in December 1884 zoowel de Beersche Maas als de Bokhovensche overlaat. Zonder deze werking zoude eene grootere hoeveelheid Maaswater op de Merwede zijn gebracht, en zouden de standen op deze laatste rivier iets hooger zijn gerezen.

Men kan aannemen dat bij waterstanden te Lobith van gemiddeld 10.48 á 12.27 M. + AP. rijzingen van de Maas van gemiddeld 2 á 3 M. te Venlo, de Merwede te Gorinchem on geveer 40 cM. doen wassen.

Op de Beneden-Waal doet zich de invloed bij lage standen tot Tiel gevoelen; bij hoogere standen houdt die invloed tusschen Bommel en St. Andries op.

Uit waterstanden op enkele dagen is de invloed moeilijk juist te bepalen, omdat er veel van afhangt of de maximumafvoeren op beide rivieren zijn samen gevallen of een kleiner of grooter aantal dagen uiteenloopen.

De wederkeerige invloed bij hoogere standen, waarbij de Heerewaardensche overlaten in werking komen, blijkt uit de volgende vergelijkingen.

1. MAASSTANDEN BIJ VERSCHILLENDE RIJNSTANDEN.

a. De Maas voert te weinig water af om de Beersche Maas te doen werken; de Bokhovensche overlaat komt in Decem-

ber 1881 door het hooge Maaswater even in werking, doch in November 1880 krachtiger zonder meer Maaswater ten gevolge van de geïjktijdige hooge Merwedestanden;

	Maas- tricht, mond.	Roer- mond.	Box- meer.	Gen- nep.	Mook.	Grave.	Rave- stein.	Megen.	Oijen.	Lith.	St.An- dries.	Bl. sluis.	Hedel.	Wou- drich.	Hedel.	St.An- dries.	
Dec. 1881.....	43,84	16,84	12,17	9,73	8,27	8,17	7,34	6,80	6,23	5,48	4,81	4,21	3,83	1,87	3,83	10,93	4,20
Nov. 1880.....	43,90	16,92	12,27	9,86	9,40	8,86	8,34	7,08	6,59	6,07	5,51	4,96	4,57	3,32	4,57	13,58	6,35
in Nov. hooger...	6	8	10	13	13	14	17	23	28	36	59	70	75	74	74	2,65	2,15

In November 1880 werkte de Oude Rijnmond en brachten de Heerewaardensche overlaten Waalwater op de Maas. De invloed van de hooge Rijnstanden doet zich dientengevolge hoogerop gevoelen en blijkt uit de gemiddelde maandstanden nog tot Grave; de invloed is bij Hedel reeds tot op de helft verminderd, maar is tot Lith nog belangrijk. Zonder werking der Heerewaardensche overlaten vermindert de invloed van den hooger Merwedestand snel, en houdt hij nabij St. Andries bijna geheel op, zooals uit de volgende opgave blijkt.

	Maas- tricht	Roer- mond.	Box- meer.	Gen- nep.	Mook.	Grave.	Rave- stein.	Megen.	Oijen.	Lith.	St.An- dries.	Bl. sluis.	Hedel.	Wou- drich.	Hedel.	St.An- dries.	
Feb. 1885.....	44,11	17,23	12,65	10,11	9,58	9,08	8,51	7,66	7,09	6,43	5,63	4,93	4,28	3,84	3,84	11,63	4,43
Oct. 1882.....	44,04	17,03	12,45	9,99	9,50	8,98	8,44	7,63	7,09	6,45	5,73	5,07	4,53	4,22	3,05	13,34	6,21
Hooger in Oct. 82	-7	-20	-20	-12	-8	-10	-7	-3	0	2	10	14	25	38	1,09	1,71	1,78

In Februari 1885 werkte geen enkele overlaat; in October 1882 alleen de Oude Rijnmond gedurende enkele dagen.

b. Hoogere Maasstanden waarbij de Beersche Maas in werking is geweest; de Bokhovensche overlaat komt vooral in Januari 1883 onder den sterken invloed van de Waalwateren krachtig in werking en voert weinig minder water af dan langs Heerewaarden uit de Waal wordt aangevoerd.

	Maas- Roer- tricht, mond.	Box- meer.	Gen- nep.	Mook.	Grave.	stein.	Rave- Megen.	Oyen.	Lith.	St.An- Bl.	Wou- Hedel.	drich.	St.-An- Lobth.	dries.
Dec. 1884.....	44,76	13,91	11,19	10,65	9,98	9,37	8,41	7,70	7,00	6,29	5,53	4,87	4,39	2,50
Jan., 1883.....	44,52	13,71	11,06	10,56	9,95	9,34	8,49	7,92	7,40	6,90	6,36	5,77	5,37	3,77
Hooger in Jan. 83	-24	-20	-13	-9	-3	-3	8	22	40	61	83	90	98	1,27

De invloed van de hoogere Rijnstanden is weder, tengevolge van de werking van de Heerevaardensche overlaten tot Grave merkbaar; van de Merwede tot Hedel neemt de opstuwing vrij sterk af, daarna minder; boven Oyen is de invloed gering.

c. Zeer hooge Maasstanden. Voor vergelijking zijn slechts weinig voorbeelden, en geen enkel sterk sprekend te vinden, omdat zeer hooge Maasstanden nooit bij lage Rijnstanden worden waargenomen.

	Maas- Roer- tricht, mond.	Box- meer.	Gen- nep.	Mook.	Grave.	stein.	Rave- Megen.	Oyen.	Lith.	St.An- Bl.	Wou- Hedel.	drich.	St.-An- Lobth.	dries.
Dec. 1880.....	44,91	14,19	11,13	10,57	9,82	9,17	8,21	7,57	7,05	6,43	5,86	5,26	4,78	3,45
Nov. 1882.....	45,29	14,46	11,68	11,08	10,44	9,75	8,80	8,11	7,49	6,88	6,27	5,62	5,12	3,70
Hooger in Nov. 82	38	35	47	55	51	62	58	59	54	44	45	41	36	25

De invloed van de hoogere Rijnstanden is op de gemiddelde maandstanden niet merkbaar; de invloed is op de maximumdagstanden duidelijker aan te toonen.

	Mans- Roer- tricht, mond.	Box- meer.	Gen- nep.	Mook.	Grave.	stein.	Rave- Megen.	Oyen.	Lith.	St.An- Bl.	Wou- Hedel.	drich.	St.-An- Lobth.	dries.
24/28 Juli 1879.	46,50	19,63	16,61	13,07	12,51	11,71	10,95	9,78	8,89	8,29	7,61	6,98	6,26	5,59
25 Nov./1 Dec. 82	46,55	20,06	17,31	13,52	12,87	11,95	11,00	9,92	9,20	8,84	8,55	8,11	7,33	6,69
Hooger in 1882.	5	43	71	45	36	24	5	14	31	55	95	1,13	1,07	1,10

De waterstand te Grave was in Juli bijzonder hoog vergeleken met de waterstanden bovenwaarts, omdat de Beersche Maas was gesloten en slechts kort vóór dat de hoogste stand werd bereikt, in wer-

king was gekomen ten gevolge van het doorbreken der zomersluiting; ook brak de zomersluiting, die in den Bokhovenschen overlaat was aangebracht, nog door vóór dat de hoogste stand werd bereikt. De grootste invloed van het Rijnwater op de waterstanden van de Maas werd te St. Andries waargenomen. Bij open overlaten blijkt de invloed van krachtiger werking van de Heerewaardensche overlaten mede uit den volgende staat.

	Maas- Roer- tricht.	Roer- mond.	Box- meer.	Gen- nep.	Mook.	Grave.	Rave- stein.	Megen.	Oyen.	Lith.	St.An- Bl. dries.	sluis.	Hedel.	Wou- drich.	St.An- Lobith. dries.		
5/11 Maart 1880	46,05	19,34	16,30	12,77	12,17	11,29	10,55	9,47	8,57	7,82	6,84	6,17	5,53	5,12	3,75	14,34	6,64
18/21 Nov. 1882	46,30	19,45	16,41	12,97	12,32	11,56	10,72	9,64	8,84	8,32	7,84	7,35	6,64	6,00	4,37	15,41	7,36
Hooger in Nov. 82	25	11	11	20	15	27	17	17	27	50	1,00	1,18	1,11	88	62	1,07	72

Tengevolge van de werking van de Heerewaardensche overlaten beheerscht de Waalstand te St. Andries den waterstand op de Maas aldaar.

De opstuwing van de Maas door den grootst bekende afvoer van Rijnwater, vergeleken met Maasstanden bij maximum-afvoer langs de Maas en geringer afvoer langs den Rijn, blijkt uit de volgende vergelijking.

	Maas- Roer- tricht.	Roer- mond.	Venlo	Box- meer.	Gen- nep.	Mook.	Grave.	Rave- stein.	Megen.	Oyen.	Lith.	St.An- Bl. dries.	sluis.	Hedel.	Wou- drich.	St.An- Lobith. dries.	
23/27 Dec. 1880.	46,95	21,06	18,33	14,03	13,19	11,96	11,26	10,08	9,28	8,77	8,31	7,81	7,07	6,37	4,99	16,32	7,8
29 Dec./5 Jan. 83	46,63	20,23	17,52	13,61	12,96	11,98	11,05	10,00	9,34	8,96	8,66	8,16	7,39	6,76	5,24	16,68	8,13
Hooger in 82/83.	-32	-83	-31	-42	-23	2	-21	-8	6	19	35	35	32	39	25	36	33

Men kan de opstuwing van de Maas in den winter van 1882/83 tot Lith op meer dan het volle bedrag van den hooger Waalstand stellen. De betrekkelijk hooge stand te Mook is het gevolg van de sluiting van den bovenmond van de Beersche Maas sedert 1880; de waterstand te Grave schijnt door die sluiting geene rijzing te hebben ondergaan.

2. WAAL- EN MERWEDESTANDEN BIJ HOOGEN EN LAGEN MAASSTAND.

	Em- Keulen.	Em- merik.	Lobith.	Nij- megen.	Tiel.	St. An- dries.	Zalt- Bom.	Her- wijnen.	Gorin- chem.	Venlo.
Nov. 1880....	40,52	13,58	10,80	7,70	6,35	5,35	4,30	3,02	0,63	12,27
December 1880	41,01	13,74	10,82	7,64	6,27	5,27	4,24	3,10	0,75	14,19
Hooger in Dec.	49	16	2	-6	-8	-8	-6	8	12	192

Uit deze cijfers is de invloed niet of nauwelijks op te maken; gelijke uitkomst geeft de volgende vergelijking:

	Em- Keulen.	Em- merik.	Lobith.	Nij- megen.	Tiel.	St. An- dries.	Zalt- Bom.	Her- wijnen.	Gorin- chem.	Venlo.
October 1882..	40,64	13,34	10,60	7,64	6,21	5,30	4,15	2,80	0,46	12,45
December 1880	41,01	13,74	10,82	7,64	6,27	5,27	4,24	3,10	0,75	14,19
Hooger in Dec. 80.	37	40	22	0	6	-3	9	30	29	174

Onder de waterstanden op enkele dagen waargenomen, zijn nog de volgende eenigszins belangrijk voorgekomen, omdat zij den geringen invloed van de hoegrootheid van den Maasafvoer onder de bestaande omstandigheden op hooge Waal- en Merwedestanden doen kennen.

	Em- Keulen.	Em- merik.	Lobith.	Nij- megen.	Tiel.	St. An- dries.	Zalt- Bom.	Her- wijnen.	Gorin- chem.	Venlo.
Max. Aug. 1882.	40,24	13,11	10,45	7,52	6,12	5,21	4,02	2,67	0,43	12,03
Max. Nov. 1880.	40,79	13,86	11,04	7,90	6,55	5,55	4,48	3,17	0,54	14,63
Hooger in Nov. 80.	55	75	59	38	43	34	46	50	11	260

In Augustus 1882 werkte geen enkele overlaat; in November 1880 werkte de Lobithsché overlaat niet, doch wel de Heerewaardensche gedeeltelijk, de Beersche Maas niet, doch wel de Bokhovensche overlaat.

	Em- Keulen.	Em- merik.	Lobith.	Nij- megen.	Tiel.	St. An- dries.	Zalt- Bom.	Her- wijnen.	Gorin- chem.	Venlo.
Max. Nov./Dec. 1882	45,36	16,56	13,39	9,80	8,07	7,20	6,04	4,73	0,59	17,32
Max. Dec. 82....	42,90	16,32	12,94	9,39	7,80	6,82	5,76	4,56	1,40	18,33
Vershil.....	-146	-34	-45	-41	27	-38	-28	-17	+91	+101

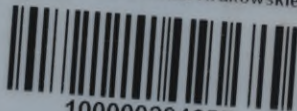
De invloed van beide rivieren op elkander kan vooral bij afvoer van ijs zeer belangrijk zijn, zooals reeds in Hoofdstuk X is beschreven. Het verdient opmerking dat het Rijnwater bij zeer hooge waterstanden en doorbraken in de linkerbedijking van den Rijn op Duitsch grondgebied naar de Maas kan afstroomen over de lage waterscheiding tusschen den Rijn en de Niers. Dit is in het jaar 1764 geschied, toen in het begin van Januari bij zeer grooten afvoer het Rijnwater zich een weg baande naar de Niers en langs deze rivier te Geinsep naar de Maas.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351283

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294655