

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
3. Mitteilung

GEWÄSSERKUNDE, HOCHWASSER-

UND

EISSCHMELZE-MELDEDIENST

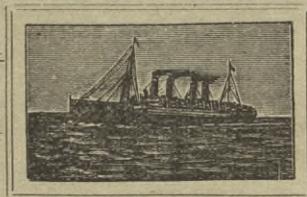
BERICHT

VON

Carlo VALENTINI

Ingénieur en Chef du Génie civil

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)

169, rue de Flandre, 169



II - 354312

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316936

HYDROMETRISCHER HOCH-

UND

NIEDRIGWASSER- MELDEDIENST

Die Schiffbarkeit der Flüsse nimmt bei Hochwasser wegen der zu grossen Geschwindigkeit der Strömung oder zu geringer freier Höhe unter den Brücken ab; bei Niedrigwasser wegen des Sinkens des Wasserspiegels unter die für die Schifffahrt festgesetzte Tiefe.

Es ist also sehr wichtig für die Schiffer, im Voraus zu erfahren, ob sie zu kräftigeren Schiffszugmitteln greifen oder die Schiffe leichtern oder gar die Schifffahrt ganz einstellen müssen. Wenn sie eine Vorhermeldung erhalten haben, können sie zur rechten Zeit ihre Anordnungen treffen und ihre Fahrt besser regeln.

Das macht die Voraussage von Hoch- und Niedrigwasser für die Schifffahrt nützlich.

Da nun aber die Vormeldung von Hochwasser für die Sicherheit der durchflossenen Gebiete selbst von Bedeutung ist, hat sie hierdurch die Aufmerksamkeit der Regierungen und der Ingenieure auf sich gelenkt, noch bevor sie für die Schifffahrt beansprucht wurde.

In der Tat ist der Hochwassermeldedienst seit langer Zeit eingeführt, besonders da, wo das Land von Deichen geschützt, leicht überschwemmt werden kann, was zum Beispiel in Italien beim Po eintreten kann; aber bis Mitte vorigen Jahrhunderts war der Meldedienst unvollkommen; denn er konnte nur von reitenden Boten bewirkt werden, die bei ihrer beschränkten

Fortbewegungsgeschwindigkeit nur in geringem Umfang verwendbar waren.

Sie dienten mehr dazu, Befehle und Nachrichten örtlichen Charakters in einem bestimmten Bezirk zu befördern.

Ausserdem fehlte es, wenigstens zuerst, an Wassermessern. Ihre Einrichtung scheint in grösserem Umfange und zweckentsprechend erst Ende des 18. Jahrhunderts erfolgt zu sein. Dies verhinderte einen regelmässigen Hochwassermeldedienst.

Unter den Schriftstücken, die wir von den gelehrten Technikern jener Zeit (Zendrini, Bonati u. s. w.) besitzen, finden sich wohl Spuren von Beobachtungen über die grossen Hochwasser der vergangenen Jahrhunderte; aber sie waren mehr als rückblickende Untersuchungen als zur Vorhersage angestellt.

Erst Mitte des vorigen Jahrhunderts ermöglichte es die Erfindung des Telegraphen, schnell Nachrichten über Hochwasser zu verbreiten; dies gab dem Meldedienst einen grossen Aufschwung.

Zu jener Zeit richtete Belgrand den Meldedienst auf zweckmässiger Grundlage ein.

Er bediente sich abgebräuscher Formeln, um die Hochwasserhöhe eines Ortes als Funktion der an stromaufwärts gelegenen Stellen gemessenen Höhen zu erhalten.

Die von Belgrand angewandte Formel hat die Form:

$$H = a_1 h_1 + a_2 h_2 + a_3 h_3 + \dots$$

worin H die Höhe des Hochwassers an dem Orte ist, wo man die Voraussage machen will; $a_1 a_2 a_3$ sind die numerischen Koeffizienten die von dem Umfang, dem Grade der Durchlässigkeit und anderen örtlichen Verhältnissen der Wasserläufe der verschiedenen Täler abhängen; $h_1 h_2 h_3$ sind hydrometrische Höhen am Flusse selbst oder an den Zuflüssen an anderen flussaufwärts gelegenen Stellen, die gleichzeitig beobachtet sind, wenn sie gleich weit von der Meldestation entfernt sind oder nach einander mit dem Fortschritt der Hochflut.

Diese Höhen können bezogen werden auf den Nullpunkt der Skala des Wassermessers und heissen dann absolute Höhen oder sie können sich auf den Anfang der Hochflut beziehen und heissen dann Differenzialhöhen.

Belgrand und seinen Nachfolgern sind auch die Fortschritte

der Untersuchungen über die Hochwasservoraussage zu verdanken, wie die nachstehenden bibliographischen Angaben zeigen (1).

Sie beweisen uns zur Genüge, wie sich der Meldedienst seitdem verbreitet und in allen Ländern vervollkommen hat.

Nach den Formeln führte man noch Diagramme ein, die wie gewöhnlich, auch auf anderen Gebieten der Technik oft bequemer und kürzer sind als die analytischen Regeln.

So führte man mehrere graphische Systeme ein. Allard z. B. schlägt ein Diagramm vor, das die Darstellung der Belgrand'schen Formel ist, angewandt auf die Beobachtungen mehrerer auf einanderfolgenden Jahre, d. h. man zeichnet eine Kurve die durch die zu beobachtenden Orte geht und die also die wahrscheinlichsten Werte ausdrückt.

Mazoyer schlägt im Gegensatz hierzu vor, eine Tafel zu entwerfen, die mehrere Kurven enthält; jede stellt eine wahrscheinliche Hochwasserhöhe am Orte der Voraussage dar, gewonnen als Funktion der Höhen, die an zwei aufwärts gelegene Orten beobachtet und auf die rechtwinkligen Axen der Tafel bezogen sind.

Breuillé hat schliesslich eine andere graphische Methode eingeführt. Da er zwei Stationen berücksichtigt hat, eine fluss-

(1) 1° « Hydrologie du bassin de la Seine », von BELGRAND, und andere Aufsätze in den *Annales des Ponts et Chaussées*, 1846 und 1852.

2° « Manuel hydrologique du bassin de la Seine », von ALLARD, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1884.

3° « Note historique sur le service hydrométrique dans le bassin de la Seine », von LEMOINE, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1886.

4° « Organisation du service national hydrométrique en Hongrie », Budapest PALLAS, 1899.

5° « Le service national hydrométrique en Hongrie », von J. PECH, Budapest, *Ausgabe des Landwirtsch. Ministeriums*, 1903.

6° « Sur l'annonce des crues de la Meuse », von DE MARDIGNY et POINCARÉ, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1864.

7° « Sur l'annonce des crues de l'Ohio », von FR. MAHAN und G. LEMOINE, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1884.

8° « Sur l'annonce des crues dans le bassin de la Liane », von VOISIN, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1888.

9° « Sur la prévision des crues », von ALLARD, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1889.

10° « Sur l'annonce des crues dans la Loire centrale », von MAZOYER, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1890.

aufwärts als Beobachtungsstation, die andere flussabwärts als Meldestation, hat er auf der Abscissenaxe die vom Beginn bis zum Höhepunkt des Hochwassers in der flussaufwärts gelegenen Station beobachteten hydrometrischen Höhen vermerkt und auf der Ordinatenaxe die am Meldeort festgestellten Höhen, die denen der höher gelegenen Station entsprechen. Dabei ist auf die Dauer des Weiterschreitens des Hochwassers Rücksicht genommen.

So hat er für Hochwasser eine Reihe von Punkten erhalten, die die Kurve des in Frage stehenden Hochwassers bilden.

Da er ferner bemerkte, dass die wirklichen Kurven der verschiedenen Hochfluten beinahe immer denselben Verlauf nehmen, d. h. ziemlich parallel zu einander sind, so zeichnet er unter Berücksichtigung der verschiedenen, den tatsächlichen Verhältnissen entsprechenden Kurven eine neue Kurve, die einen mittleren Verlauf nimmt und so für jedes künftige Hochwasser als Kurve für die Voraussage gilt. Daher gibt ihr Breuillé den Namen Leitkurve.

Wenn man also bei Beginn eines neuen Hochwassers die Wasserhöhe bei der oberen Station und die entsprechende an der unteren Station beobachtet, so erhält man einen Punkt.

11° « Sur l'annonce des crues de l'Yonne, du Serein et de l'Armançon », von BREUILLÉ, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1890.

12° « Sur l'annonce des crues de l'Ardèche, du Gard et de l'Hérault », von LEMOINE, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1896.

13° « Wasserstandsprognose », von W. KLEIBER, *Zeitung für Gewässerkunde*, 1898.

14° « Situation actuelle des études et des annonces des crues dans les principaux bassins français », von BABINET, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1903.

15° « Sur les crues de l'Ardèche », von DELEMER, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1904.

16° « Die Einrichtung der Wasserstands-Voraussage an der oberen Elbe », von HARLACHER und RICHTER, Berlin 1894, W. Ernst und Sohn. Die Verfasser ziehen es vor, als Grundlage die Wassermengen, nicht die Wasserhöhen zu nehmen; sie waren der Meinung, man könnte mit diesem System leichter die veränderlichen Elemente der verschiedenen Hochfluten berücksichtigen (Dauer, Geschwindigkeit, Gefälle, Aenderung der Tiefe). Die Methode Harlacher und Richter, die sehr lobenswert ist und auch fachmännischen Anforderungen entsprochen hat, hat keine Anhänger gefunden. Der Grund liegt vielleicht in der längeren Arbeit und in der schliesslich erforderlich werdenden Umrechnung der Abflussmengen zu hydrometrischen Höhen. Daher ziehen die Techniker noch das Verfahren vor, das sich direkt auf die Wasserstandshöhen gründet.

Wenn man nun durch diesen Punkt eine Kurve parallel zur Leitkurve zieht, so hat man den wahrscheinlichen Verlauf des Hochwassers, das man voraussagen will. Je nach dem Fortschritt des Hochwassers kann man neue Punkte bestimmen, indem man sich mehr Kurven zeichnet, die sich immer mehr der tatsächlichen Kurve nähern werden.

So wird man beständig den Verlauf des Hochwassers berichtigen, so dass man die verschiedenen Gründe für Irrtümer ausmerzen wird. Man wird sich also immer mehr dem richtigen Wert des Maximums nähern.

Was die sehr schnell fliessenden Wasserläufe betrifft, bei denen die Hochflut in einigen Stunden das ganze Flussgebiet durchläuft, so hat man natürlich keine Zeit, die hydrometrische Beobachtungen weiterzugeben. Da folgt man denn dem Vorschlag von Lemoine und anderen : d. h. man beobachtet die Regenhöhen, mit deren Hilfe man die Höhe des vom Regen verursachten Hochwassers berechnen kann, indem man sich auf vergleichende Studien der grössten früheren Hochfluten stützt.

17° « Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im Deutschen Rheingebiet », von HONSELL und v. TEIN, Berlin, Ernst und Sohn.

I. Heft « Begründung der Art der Darstellung für Hochwasserwellen ».

II. Heft « Auftreten und Verlauf der Hochwasser von 1824, 1845, 1852, 1876 und 1882-83 », Berlin, 1891.

III. Heft « Die Anschwellungen im Rhein, ihre Fortpflanzung im Strome nach Mass und Zeit unter der Einwirkung der Nebenflüsse », Berlin, 1897.

IV. Heft « Auftreten und Verlauf des Hochwassers von 1895 », Berlin, 1897.

V. Heft « Auftreten und Verlauf des Hochwassers von März 1896 », Berlin, 1898.

VI. Heft « Das Maingebiet », Berlin, 1901.

VII. Heft « Das Moselgebiet », Berlin, 1905.

18° « Les grandes crues de la saison froide dans les bassins de la Seine et de la Loire, et leurs prévisions », von Edmund MAILLET, *Annales des Ponts et Chaussées*, 1906. Trim. 3., p. 53; und andere Aufsätze desselben Verfassers in dem *Journal de l'École Polytechnique* von 1900 und in den *Comptes Rendus* von 1901, erstes Semester.

19° « Sul compimento delle opere di bonificazione e sulla regolazione delle acque nelle Maremme Toscane » und « Le acque e le trasformazioni idrografiche in Italia », von A. BACCARINI. Hierin wird die von Possenti festgestellte Formel erwähnt und die spätere, von Baccarini berichtigte; beide sind bestimmt, die grösste Wassermenge eines Flusses als Funktion der Oberfläche seines Abflussgebiets zu erhalten.

20° « La previsionione delle piene del Po », von Carlo VALENTINI, preisgekrönt vom Königl. Lombardischen Institut für Wissenschaft, Litteratur und Kunst in Rom, *Typo-Lithographie du Génie civil*, 1903.

Wenn schliesslich die Ausdehnung des Wasserlaufes eine solche ist, dass die telegraphische Uebermittlung der Regenhöhe schwerlich zur rechten Zeit ankommt, so gebraucht man vorher vereinbarte Schallsignale und in der Nacht optische, wie z. B. Leuchtfeuer.

In Italien erfolgt die telegraphische Meldung für alle grösseren Flüsse; aber nur für den Po, den Tiber und die Etsch braucht man die eigentlichen Voraussageformeln.

Für die Etsch verfährt man nach der einfachen Regel, die Hälfte der in Trient beobachteten hydrometrischen Höhe zu nehmen, um die wahrscheinliche Hochwasserhöhe für Boara (Rovigo) zu erhalten. Die Ingenieure erhöhen jedoch die besagte Marke in den Fällen starker, andauernder Hochfluten, und vermindern sie im entgegengesetzten Falle.

Was den Tiber betrifft, so hat man verschiedene Verfahren.

Eine dieser Regeln giebt die Hochwasserhöhe am Wassermesser von Ripetta in Rom aus folgender Formel :

$$H = 5,80 + h + \frac{h_1}{3}$$

worin 5,80 die Niedrigwasserhöhe in Ripetta, h die hydrometrische Höhe von Orte und h_1 die des Aniene in Tivoli ist.

Man kann annehmen, dass das Maximum des Hochwassers 14-18 Stunden braucht, um von Orte nach Rom zu kommen und 6-8 Stunden von Tivoli nach Rom.

Um den je nach der Höhe verschiedenen Einfluss des Hochwassers in Orte auf Rom kennen zu lernen, benutzt das technische Bureau in Rom die folgenden Beziehungen. Es nimmt an :

$$H = 2 h + h_1 + 1,40 \text{ für } h < 4 \text{ m.}$$

$$H = 2 h + h_1 + 1,20 \text{ für } h \text{ zwischen } 4 \text{ u. } 5 \text{ m.}$$

$$H = 2 h + h_1 \dots \text{ für } h \text{ zwischen } 5 \text{ u. } 6 \text{ m.}$$

$$H = 2 h + 0,25 h_1 \text{ für } h \text{ zwischen } 6 \text{ u. } 7 \text{ m.}$$

$$H = 2 h + 0,10 h_1 \text{ für } h \text{ zwischen } 7 \text{ u. } 8 \text{ m.}$$

$$H = 2 h \dots \text{ für } h > 8 \text{ m.}$$

Man braucht noch andere Formeln, die wir nicht wiedergeben mochten, weil sie nur wenig von einander abweichen.

Alle diese Regeln werden wesentlich verbessert, wenn die Einrichtung der hydrometrischen Stationen, die im Flussgebiet des Tiber oberhalb Roms von der Regierung bewirkt wird, durchgeführt sein wird. Sie sollen mit selbstregistrierenden Apparaten ausgerüstet werden.

Was den Po betrifft, so hat man vor einigen Jahren graphische und algebraische Regeln aufgestellt.

Während man aber die graphischen Regeln allgemein anwenden kann, denn sie können allen Phasen des Hochwassers folgen, geben die analytischen Formeln nur die Maximalhöhe jedes Hochwassers an.

Die graphischen Regeln bestehen in der Zeichnung von Kurven mit Hilfe der Methode von Breuillé, auf Grund der hauptsächlichsten Hochfluten, die von 1876-1900 beobachtet sind.

Was die algebraischen Regeln betrifft, so verweisen wir den Leser auf die unten angegebene Ausarbeitung, aus der er die verschiedenen analytischen Ausdrücke entnehmen kann.

Wir beschränken uns darauf, kurz die für Pontelagoscuro angenommene Formel anzugeben. Sie gründet sich auf Beobachtungen in dem Abschnitt Becca-Pontelagoscuro.

Dieser 327 km lange Abschnitt umfasst fast den ganzen eingedeichten Teil des Po. Es beginnt an der Einmündung seines wichtigsten Nebenflusses, des Tessin, wo der Po erst den wahren Charakter als grosser Fluss annimmt, und endet in Pontelagoscuro, wo er schon alle seine Nebenflüsse aufgenommen hat. Er steht hier noch nicht unter dem Einfluss der Einmündung in das Adriatische Meer noch auch unter der Wirkung von Ebbe und Flut.

Man hat in der Station Pontelagoscuro das Maximum als Funktion der Höhen gefunden, die am Po an der Station oberhalb der Becca und an den wichtigsten Nebenflüssen unterhalb dieser Station beobachtet sind. Diese Nebenflüsse beschränken sich auf zwei. Es sind dies die aus den Seen kommenden Hauptzuflüsse: Adda und Oglio.

Der Nebenfluss Mincio, der auch aus einem See kommt, hat einen sehr geringen Einfluss auf das Hochwasser des Po, weil seine Anschwellungen unbedeutend sind. Alle anderen Zuflüsse, die sich rechts befinden und also von den Apenninen kommen, haben eine sehr geringe Wirkung im Verhältnis zu den linksseitigen, von den Alpen kommenden. Unter den von den Apenninen kommenden Zuflüssen macht der Panaro eine

Ausnahme. Da dieser Fluss nur etwa 18 km oberhalb von Pontelagoscuro in den Po mündet, kann man wegen seiner Höhe die Wirkung, die er auf die Station Pontelagoscuro ausübt, beim Steigen des Wassers vernachlässigen.

Die festgelegte und auf Grund der verschiedenen Hochfluten von 1876-1906 vervollkommnete Formel lautet :

$$P = -0,50 + 0,155 (7,5 B + A + O - 31,10)$$

worin Pontelagoscuro die Maximalhöhe des Hochwassers am Po über O von Pontelagoscuro bedeutet, B diejenige oberhalb der Becca, A die der Adda bei Lecco und O die des Oglio bei Sarnico.

Wenn der Panaro-Fluss am Wassermesser von Navicello die Höhe von 4 m über Null erreicht, muss man noch den Spezialwert 0,08 (N — 4,00) zusetzen, wobei N die hydrometrische Höhe des Panaro bei Navicello bedeutet. So wird die Formel :

$$P = -0,50 + 0,155 (7,5 B + A + O - 31,10) + 0,08 (N - 4,00)$$

Nach dieser Formel erhält man das Maximum des Po-Hochwassers bei Pontelagoscuro 72 Stunden nach dem in der Station oberhalb der Becca erhaltenen, wobei zu berücksichtigen ist, dass das Wasser der Adda bei Lecco 79 Stunden braucht, um nach Pontelagoscuro zu gelangen und das des Oglio bei Sarnico 67 Stunden, während die Hochwasserwelle des Panaro von Navicello bis Pontelagoscuro 9 Stunden braucht.

Die Ergebnisse, welche man mit diesen Regeln erhält, sind ziemlich befriedigend.

Aus der ersten beigegebenen Tafel, in der die Hochfluten vom Januar 1900 bis zum Dezember 1906 auf Grund der Beobachtungen an den Stationen von Becca und Pontelagoscuro dargestellt sind, ersieht man deutlich, dass die Leitkurve, die nach den Hochfluten von 1876-1900 hergestellt ist, sehr wohl auch zur Voraussage der nach 1900 beobachteten Hochfluten brauchbar ist.

In der Tat, während jede nach den tatsächlichen Verhältnissen gezeichnete Kurve der verschiedenen Hochfluten eine andere Lage hat, — denn jedes Hochwasser verläuft in besonderer Weise je nach der Jahreszeit oder je nachdem es auf eine trockne oder feuchte Zeit folgt, d. h. je nach seinem besonderen Charakter, —

so halten sich alle Kurven doch parallel zur Leitkurve, die so eine ziemlich genaue Vorhersage erleichtert.

Hätte man, z. B. die oben erwähnte Formel :

$$P = -0,50 + 0,155 (7,5 B + A + 0 - 31,10)$$

auf die letzten wichtigen Hochfluten am 25. Oktober 1901, 19. Mai 1905 und 12. November 1906 angewendet, bei denen der Po die Höhen 2,56 m, 2,86 m und 2,16 m über dem Nullpunkt des Pegels von Pontelagoscuro erreichte, so hätte man als Maximalhöhen 2,50 m, 2,88 m und 2,07 m erhalten, d. h. einen recht befriedigenden, nahezu richtigen Endwert.

Der Hochwassermeldedienst des Po wird noch besser werden, wenn die aufgestellten Regeln vervollkommenet werden, so dass sie auch die Wirkung der von den Apenninen kommenden Nebenflüsse und den oberen das Alpengebiet durchlaufenden Teil des Po berücksichtigen.

Tatsächlich wird man mit Hilfe der zahlreichen Pegel, die im Gebiet der ebengenannten Nebenflüsse kürzlich aufgestellt sind, bald besser als zuvor von Stunde zu Stunde den Verlauf des Hochwassers in dem erwähnten gebirgsstromartigen Teil verfolgen können.

So wird die Vorhersage des Hochwassers des Po immer genauer werden, während dank der Kenntnis der auf den oberen Po bezüglichen, bisher fehlenden Elemente der Meldedienst auch hinsichtlich der Zeit sich bessern wird. Man wird nämlich die Meldungen in Pontelagoscuro 4 bis 5 Tage vorherhaben, gegen 3 Tage in früherer Zeit und es wird möglich sein, mit den Wasserstandsbeobachtungen aus den Gebirgsgegenden auch die Regenhöhen zu melden.

Wir sehen also, dass die Voransage von Hochfluten in Italien seit langer Zeit mit recht gutem Erfolge gefördert wird.

Die Voraussage von Niedrigwasser steckt dagegen noch in den Kinderschuhen.

Diese Frage ist ganz neu und erst durch die neuen Bedürfnisse der Binnenschifffahrt hervorgerufen ; je grösser nämlich die Wassertiefe wird, welche die Schiffe brauchen, um so grösser sind die Nachteile, welche die Schiffe durch niedrigen Wasserstand erleiden.

Die einfachste Lösung der Aufgabe, Niedrigwasser vorherzusagen, würde darin bestehen, die Regenhöhen direkt mit den Wasserständen zu vergleichen; dieses Verfahren kann aber wegen zu grosser Schwierigkeiten nicht versucht werden.

Obgleich die Vorgänge beim Sinken des Wasserstandes umgekehrt verlaufen wie die Regenfälle und obgleich auf Zeiten geringer Regenfälle oder längerer Trockenheit niedrigere Wasserstände folgen, so sind diese doch in ihrem Verlaufe und ihrem Masse von zu verwickelten Verhältnissen abhängig.

Sie unterliegen nicht nur dem Einflusse einer oder mehrerer unmittelbar vorhergehender Phasen, sondern sie sind oft die Folge einer langen Reihe von Trockenheitsperioden und von Regen, die bisweilen mehrere Jahre zurückliegen.

Das hat sich bei einer Voruntersuchung ergeben, die man auf Grund der Regenfälle über die Niedrigwasserstände des Po begonnen hatte, aber wegen der grossen Schwierigkeiten und der geringen Zahl von Regenmessungen hatte aufgeben müssen.

Wie später gezeigt werden wird, kann man auch indirekt den erstrebten Zweck erreichen, wenigstens was speziell die Schifffahrt betrifft.

Den Schiffern und Seeleuten kommt es darauf an, vorhersehen zu können, ob und in welchem Augenblick ein bestimmter Niedrigwasserstand so weit sinkt, dass die Schiffe geleichtert werden müssen.

Wie bei den Seen (1) so kommt es auch bei den grossen Flusssystemen vor, dass die Phasen des Sinkens des Wasserspiegels nach Zeiten reichlichen Regens nach deren Aufhören, einem bestimmten Gesetz unterliegen, das zwar vom Winter zum Sommer etwas schwankt, für dieselbe Jahreszeit aber ziemlich gleich bleibt. Wenn man die Kurven prüft, die das Sinken des Wasserspiegels eines Flusses darstellen, so kann man die Grenzen feststellen, zwischen denen die Dauer der verschiedenen Niedrigwasserstände schwankt. Man kann ferner aus diesen Senkungen die Durchschnittszeit ableiten, die der Fluss braucht, um von irgend einer Anfangshöhe auf diejenige hinabzusinken bei der die Schifffahrt beginnt, Nachteile zu empfinden.

(1) FANTOLI, *Regime idraulico dei laghi*, Mailand, Hoepli, 1897; PESTALOZZA u. VALENTINI, *Sistemazione del deflusso del lago di Como*, Mailand, Hoepli, 1899.

Um diese Untersuchung für den Po, den wichtigsten Fluss Italiens, auszuführen, sind auf Tafel 2 die stärksten Senkungen des Wasserspiegels von 1854-1906 eingezeichnet.

Man hat vorgezogen, die niedrigsten Wasserstände zu berücksichtigen. Diese sind von längerer Dauer und gestatten daher leicht, die einzelnen Abschnitte zu beobachten, desgleichen den Gesamtverlauf der Senkungen des Wasserspiegels.

Diese Niedrigwasserstände sind noch in der folgenden Tabelle zusammengestellt, in der unter derselben Ordnungsnummer, welche die Niedrigwasserstände in der oben erwähnten Tafel haben, in Ziffern alle den fraglichen Niedrigwasserstand betreffenden Angaben gemacht sind.

In Uebereinstimmung mit den vorhergehenden Betrachtungen über den nach den Jahreszeiten verschiedenen Verlauf der Niedrigwasser sind sie in 2 Gruppen geteilt, je nachdem sie im Winter oder im Sommer beobachtet sind.

Tabelle der wichtigsten Niedrigwasser des Po in der Zeit von 1854 bis 1906.

Laufende Nummer der Niedrigwasser in der Tabel.	TAG DES NIEDRIGEN WASSERSTANDES	Niedrigster Wasserstand, gerechnet von 0 des Pegels von Pontelagoscuro, M.	Wirkliche	
			Gesammt	Geschätzte Dauer, d. h. wenn die Niedrigwasserperiode nicht von störenden Regen unterbrochen wäre, Tage
			Dauer	
SOMMER				
1	Vom 12. August bis 13. Oktober 1854	- 4,68	62	28
2	» 29. Juni bis 20. August 1864	- 5,27	52	25
3	» 31. Juli bis 9. November 1877	- 4,95	101	50
4	» 18. Oktober bis 15. Dezember 1879	- 4,30	58	23
5	» 29. Juli bis 31. August 1883	- 4,65	33	—
6	» 4. August bis 29. August 1893	- 5,35	25	—
7	» 10. Juli bis 5. September 1894	- 5,15	57	34
8	» 11. Juli bis 4. September 1895	- 4,95	55	33
9	» 4. August bis 29. September 1902	- 4,38	25	22
10	» 13. Juli bis 31. August 1906	- 4,78	49	25
	Summe.	- 48,46	517	240
	Durchschnitt.	- 4,85	51,70	30
WINTER				
1	Vom 16. Januar bis 20. April 1854.	- 5,37	94	48
2	» 9. Dezember 1877 bis 26. März 1878.	- 5,15	107	50
3	» 15. Dezember 1879 bis 5. April 1880	- 5,02	112	81
4	» 30. November 1883 bis 8. April 1884	- 5,27	130	51
5	» 15. November 1892 bis 28. April 1893	- 5,70	164	67
6	» 26. Dezember 1893 bis 12. April 1894.	- 5,67	112	39
7	» 22. November 1894 bis 6. Januar 1895	- 4,88	45	38
8	» 29. Dezember 1895 bis 13. April 1896	- 5,68	114	73
9	» 18. Januar bis 16. April 1903	- 4,70	88	34
10	» 9. Dezember 1905 bis 7. Februar 1906	- 4,30	60	39
	Summe.	- 51,74	1 022	520
	Durchschnitt.	- 5,17	102,60	52
	Hauptsumme.	100,20	1 543	760
	Hauptdurchschnitt.	- 5,02	77,15	42,22

VERFLOSSENE ZEIT BEIM SINKEN VON - 2,50 auf :							
- 3,60		- 4,00		- 4,50		- 5,00	
In Wirklichkeit.	Schätzungsweise.	In Wirklichkeit.	Schätzungsweise.	In Wirklichkeit.	Schätzungsweise.	In Wirklichkeit.	Schätzungsweise.
Tage	Tage	Tage	Tage	Tage	Tage	Tage	Tage
NIEDRIGWASSER.							
12	9	20	13	49	24	—	—
4	—	7	—	15	15	48	21
8	—	22	16	73	32	—	—
5	—	25	14	—	—	—	—
8	—	23	—	29	—	—	—
3	—	4	—	8	—	12	—
13	—	16	—	21	—	49	27
8	—	17	13	41	21	—	—
10	—	15	12	—	—	—	—
8	5	12	10	43	18	—	—
79	14	161	7	279	110	109	48
7,90	7	16,10	13	34,87	22	36,33	24
NIEDRIGWASSER.							
5	4	29	15	44	23	84	38
3	—	8	—	16	—	63	41
17	—	29	—	45	—	111	80
3	—	5	—	10	—	41	31
19	13	29	23	55	45	147	55
3	—	5	—	19	13	100	28
12	8	19	13	27	20	—	—
5	—	11	—	26	—	100	59
4	—	23	16	86	31	—	—
18	14	39	26	—	—	—	—
89	39	197	93	328	132	646	332
8,90	9,75	19,70	18,60	36,44	26,40	92,28	33,20
168	53	358	171	607	242	755	380
8,40	8,83	17,90	35,70	35,70	24,20	75,50	42,22

Da es sich um Niedrigwasserstände handelt, die mehrere Monate dauern, so ist die Zahl derer, die nicht von störenden Regen unterbrochen sind, recht klein. Auf 20 Niedrigwasser (10 während des Sommers und 10 während des Winters) entfielen nur zwei, bei denen die Senkung des Wasserspiegels nicht unterbrochen wurde und dies waren natürlich die kürzesten.

In der graphischen Darstellung sind mit punktierten Linien die Niedrigwasserstände angegeben, wie sie wirklich auftraten; zum Zweck der Belehrung sind mit ununterbrochenen Linien die Niedrigwasserstände dargestellt, wie sie sich gezeigt hätten, wenn sie durch nichts unterbrochen worden wären.

Da aber die praktisch interessierenden Ergebnisse diejenigen sind, die man aus den Senkungen des Wasserspiegels erhält, wie sie wirklich eintraten, ohne Anwendung einer Annahme, die die Tatsachen immer ändern würde, selbst wenn sie zum Zweck wissenschaftlicher Untersuchung eingeführt wäre, so sind in den von uns zu ziehenden Schlussfolgerungen die auf die Senkungen des Wasserspiegels bezüglichen Angaben die der Wirklichkeit entsprechenden.

Auf dem Po können nun Schiffe bis 600 Tonnen verkehren, solange die Wassertiefe nicht unter 2 m sinkt; aus der Erforschung der Wasserverhältnisse des Flusses ergibt sich nun (1) dass die genannte Tiefe in dem Abschnitt unterhalb der Panaromündung immer vorhanden ist, solange das Wasser am Pegel von Pontelagoscuro nicht mehr als 5 m unter 0 sinkt. Es ergibt sich weiter, dass in dem nächsten aufwärts gelegenen Abschnitt von der Mündung des Ogljo bis zu der des Panaro eine Wassertiefe von 2 m erhalten bleibt, solange das Wasser am Pegel nicht über 4,50 m unter 0 sinkt; dass in dem alsdann folgenden Abschnitte von der Mündung des Taro bis zu der des Ogljo die Wassertiefe sich auf 2 m hält, solange der Pegel bis 4 m unter 0 zeigt; endlich dass in dem noch weiter aufwärts gelegenen Abschnitt von der Mündung des Tessin (d. h. von dem Punkt an, wo wenigstens von jetzt ab die Schiffbarkeit beginnt) bis zur Einmündung des Taro, ein Wasserstand von 2 m verbleibt, solange der Pegel von Pontelagoscuro nicht mehr als 3,60 m unter 0 zeigt.

(1) Ministero dei Lavori Pubblici; Commissione per la Navigazione Internazionale. Decreto 14 Ottobre 1903. *Atti del Comitato Tecnico Esecutivo*. Secondo Volume. *Valle del Po dal mare alla confluenza del Ticino*. I. Rom, Druckerei der Kammer der Abgeordneten. (s. Seite 133 ff.)

In der Tabelle auf S. 12-13 ist auch in Tagen die Zeit angegeben, die der Fluss braucht, um von einem Anfangszustand (den man glaubte auf die Höhe von 2,05 m unter 0 des Pegels von Pontelagoscuro festsetzen zu sollen) zu den anderen zu gelangen; es ist ferner ersichtlich gemacht, wo in jedem Abschnitte man mit dem Leichtern der Schiffe beginnen muss. Es zeigt sich, dass in dem Abschnitte Tessin-Taro die Zeit nur 8 1/2 Tage beträgt, dass diese Periode im Abschnitte Taro-Oglio sich auf 18 Tage verlängert, dass sie im Abschnitte Oglio-Panaro noch länger wird und 35 1/2 Tage beträgt und endlich im Abschnitte Panaro-Meer auf 75 1/2 steigt.

Wenn die Schiffer diese Angaben beachten, finden sie genügend Anhaltspunkte, nach denen sie ihre Fahrten einrichten können.

Bekanntlich dauern, wie aus der oben erwähnten Uebersicht hervorgeht, für den Po und die anderen Flüsse Italiens die Senkungen des Wassers im Winter länger als im Sommer. Wie man weiss, ist in Italien die Menge der atmosphärischen Niederschläge im Winter geringer als im Sommer; daher erreicht im Winter das Niedrigwasser gewöhnlich ein niedrigeres Niveau als im Sommer; dieser Unterschied allein würde die Dauer aber nur unbedeutend verlängern. Das Sinken des Wassers im Sommer dauert weniger lange, hauptsächlich, weil die Wasserverluste verursacht durch die Verdampfung und Aufsaugung durch den Boden und die Vegetation im Sommer viel bedeutender sind, während in dieser Jahreszeit der Zufluss von Wasser aus dem Untergrund kleiner zu sein scheint; aus diesem Grunde sinkt das Wasser im Sommer schneller.

Ein anderes wichtiges Element, das die Schiffer kennen müssen, ist der Grad der Häufigkeit von Niedrigwasser, das wie gesagt, der Schifffahrt schädlich ist.

Zu diesem Zweck ist die dem Aufsatz beigelegte Tabelle angefertigt, welche die geringsten monatlich in Pontelagoscuro beobachteten Höhen von 1857 bis 1906 enthält.

Nach der am Ende der Tabelle stehenden Zusammenfassung ist zu schliessen, dass in dem Abschnitte Tessin-Taro die Zahl der Monate, in denen der Wasserspiegel des Flusses unter den schädlichen Punkt sank, 403 betrug, d. h. in der ganzen Zeit von fünfzig Jahren (600 Monaten) 66 % oder 245 Tage des Jahres. In dem Abschnitte Taro-Oglio betrug die Zahl der Monate 293 oder 50 % oder 180 Tage im Jahre; im Abschnitte:

Oglio-Panaro 125 Monate = 20 %, d. h. 75 Tage im Jahre und in dem Abschnitte Panaro-Meer nur 25 Monate, d. h. 4 % oder 15 Tage im Jahre.

Während uns diese Zahlen genau den Grad der Schiffbarkeit des Po erkennen lassen, zeigen sie uns auch, dass es zur Verbesserung seiner Schiffbarkeit der Baggerungen in den oberen Abschnitten des Flusses bedarf. Diese Notwendigkeit ist von der Regierung voll anerkannt, die entschieden hat, dass die Baggerungen unverzüglich zu bewirken sind; nach den in letzter Zeit mit dem Po selbst gemachten Erfahrungen hofft man, dass die Baggerung genügen wird, um im Abschnitte Tessin-Meer die gewünschten Wassertiefen zu erreichen; schlimmstenfalls müsste man an den ungünstigsten Stellen die Baggerung durch unwesentliche Wasserbauten unterstützen.

Ferrara, Juni 1907.

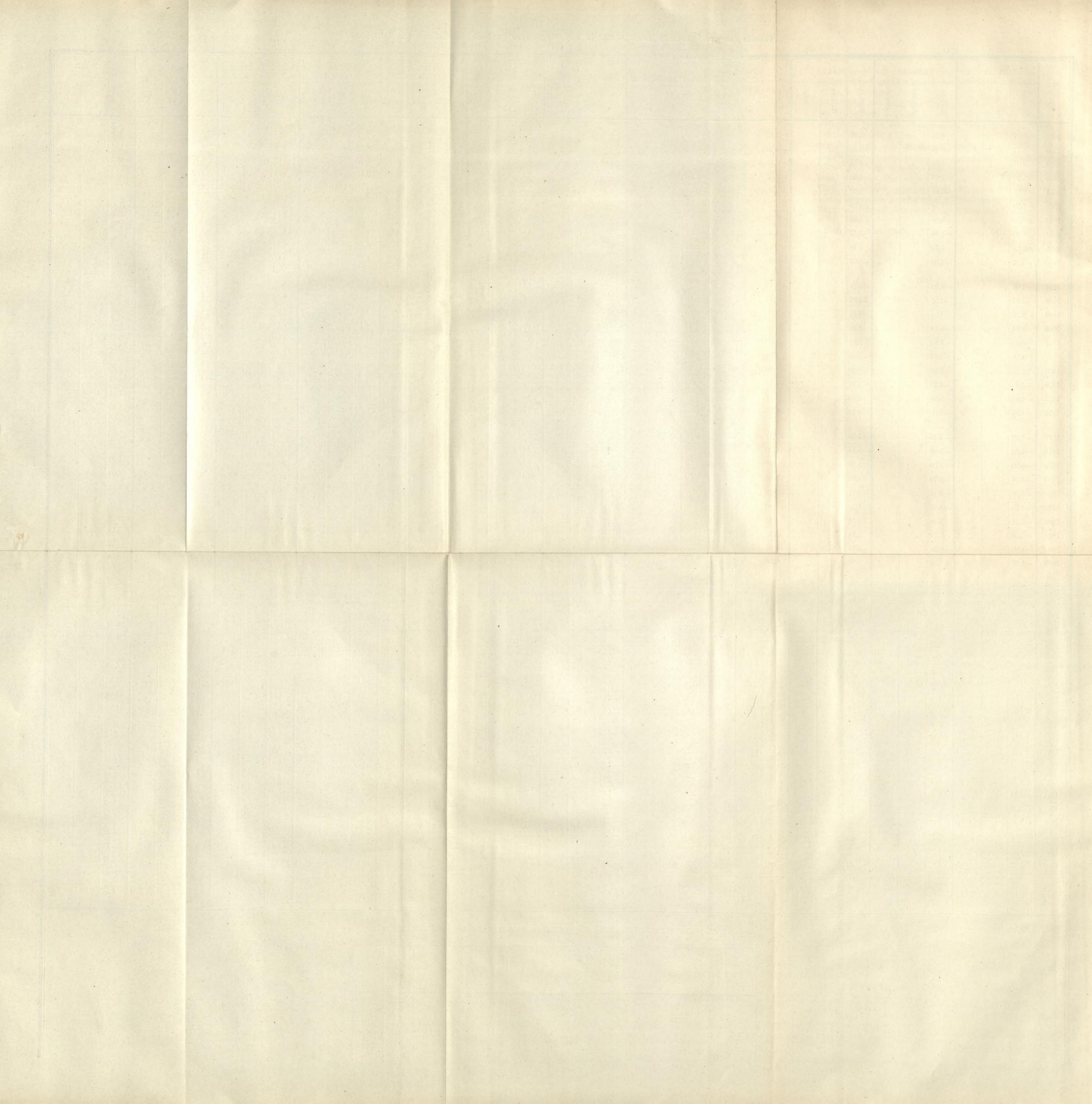
CARLO VALENTINI.

Tabelle der geringsten in jedem Monat in Pontelaguro beobachteten Höhen von 1857-1906.

JAHR	JANUAR			FEBRUAR			MÄRZ			APRIL			MAI			JUNI			JULI			AUGUST			SEPTEMBER			OCTOBER			NOVEMBER			DEZEMBER		
	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt	Minima	Maxima	Durchschnitt			
1857	-4.07			-4.41			-3.97			-3.23			-3.50			-3.30			-4.14			-4.44			-3.50			-2.60			-3.23			-4.17		
1858	-4.71			-4.81			-3.94			-4.48			-4.00			-4.07			-4.41			-4.41			-4.14			-4.21			-3.37			-3.50		
1859	-4.37			-4.37			-4.54			-4.48			-4.11			-1.95			-3.63			-4.48			-4.37			-4.17			-3.77			-4.48		
1860	-3.70			-4.24			-4.04			-3.97			-1.28			-2.32			-3.40			-3.66			-3.37			-3.13			-3.63			-2.52		
1861	-3.63			-3.63			-3.53			-3.80			-4.04			-2.96			-3.33			-4.34			-4.37			-4.27			-3.97			-4.64		
1862	-4.98			-4.71			-4.30			-3.57			-3.90			-3.50			-4.37			-4.27			-3.74			-3.60			-2.42			-3.37		
1863	-2.99			-3.66			-3.83			-3.53			-3.57			-1.72			-3.87			-4.48			-4.24			-2.22			-2.93			-3.90		
1864	-4.37			-4.48			-3.57			-4.30			-4.27			-3.66			-4.51			-5.32			-4.81			-4.75			-2.09			-3.50		
1865	-3.53			-4.54			-4.48			-3.74			-3.74			-4.11			-4.41			-4.24			-4.78			-4.85			-2.79			-3.66		
1866	-4.27			-4.34			-3.57			-2.89			-2.66			-1.88			-3.40			-4.48			-3.74			-3.77			-4.84			-4.95		
1867	-4.98			-4.14			-4.21			-4.48			-3.77			-3.83			-4.44			-4.71			-4.41			-4.04			-3.66			-3.94		
1868	-4.27			-4.37			-4.27			-4.71			-4.88			-3.77			-4.54			-4.00			-4.04			-0.23			-2.32			-2.83		
1869	-3.70			-4.21			-4.07			-2.99			-2.99			-2.73			-3.60			-4.11			-4.14			-4.07			-4.61			-3.37		
1870	-3.87			-4.24			-3.66			-4.68			-4.44			-3.97			-4.91			-4.24			-4.14			-4.14			-4.24			-3.77		
1871	-4.14			-3.60			-3.50			-4.00			-4.58			-4.24			-3.77			-4.00			-4.30			-4.51			-4.54			-4.88		
1872	-4.95			-4.24			-3.90			-3.16			-1.12			-1.32			-3.22			-3.35			-4.02			-3.85			-0.93			-1.15		
1873	-2.10			-2.90			-2.89			-2.66			-3.00			-2.83			-2.85			-3.50			-3.51			-3.93			-2.40			-3.92		
1874	-4.29			-4.70			-4.41			-4.66			-4.38			-4.26			-3.95			-3.90			-4.32			-4.03			-4.78			-4.80		
1875	-4.65			-5.00			-4.78			-4.17			-4.45			-4.05			-2.54			-3.73			-4.15			-4.42			-4.24			-4.24		
1876	-4.63			-4.35			-4.13			-3.46			-0.97			-1.44			-2.87			-3.92			-4.20			-4.30			-4.52			-3.91		
1877	-4.23			-4.48			-4.50			-3.17			-3.50			-2.90			-2.86			-4.12			-4.36			-4.86			-4.95			-4.70		
1878	-4.94			-5.09			-5.14			-5.23			-3.96			-3.65			-4.51			-4.18			-3.55			-3.24			-2.92			-3.13		
1879	-4.23			-3.20			-3.18			-1.92			-1.57			+0.52			-2.51			-3.25			-3.34			-3.96			-4.20			-4.30		
1880	-4.53			-4.70			-4.99			-5.02			-4.54			-2.55			-4.31			-4.76			-3.32			-3.66			-3.14			-4.00		
1881	-4.10			-4.17			-4.17			-3.35			-3.83			-3.94			-4.74			-4.97			-4.74			-4.14			-4.87			-4.44		
1882	-4.65			-4.93			-4.70			-4.86			-4.00			-4.46			-4.26			-4.96			-4.56			-0.90			-2.76			-3.07		
1883	-3.27			-3.20			-3.58			-4.43			-2.85			-1.94			-2.93			-4.65			-4.60			-4.16			-4.55			-4.86		
1884	-5.10			-5.14			-5.18			-5.28			-4.99			-3.60			-4.41			-4.92			-4.05			-4.80			-5.12			-5.18		
1885	-4.95			-4.35			-4.14			-2.95			-2.77			-3.20			-3.96			-4.68			-4.16			-2.48			-2.67			-4.07		
1886	-4.12			-3.59			-3.97			-3.90			-3.93			-3.39			-4.26			-4.35			-4.08			-4.07			-2.04			-2.65		
1887	-3.61			-3.90			-3.36			-3.23			-3.28			-2.36			-2.90			-4.21			-4.26			-4.00			-3.92			-3.36		
1888	-4.31			-4.41			-3.18			-2.53			-1.64			-1.29			-2.57			-3.55			-3.28			-3.20			-3.38			-3.66		
1889	-3.48			-3.95			-3.97			-3.49			-3.00			-0.94			-3.07			-3.90			-4.05			-4.05			-2.47			-3.73		
1890	-3.41			-4.38			-4.46			-3.03			-2.53			-3.08			-3.03			-3.83			-3.69			-4.00			-4.70			-4.93		
1891	-5.10			-5.35			-5.26			-5.05			-3.63			-3.18			-4.02			-3.90			-3.86			-3.95			-2.53			-3.93		
1892	-3.73			-4.06			-2.73			-2.86			-2.32			-2.90			-4.03			-4.48			-4.14			-3.98			-3.35			-4.37		
1893	-4.60			-4.68			-4.46			-5.71			-5.56			-4.94			-5.13			-5.36			-5.28			-3.96			-4.24			-4.46		
1894	-4.67			-4.70			-4.74			-5.66			-3.62			-4.59			-4.56			-5.17			-5.15			-4.62			-4.80			-4.79		
1895	-4.89			-4.80			-4.43			-3.59			-2.94			-2.72			-4.20			-4.87			-4.94			-4.76			-3.83			-4.08		
1896	-4.66			-4.90			-4.68			-5.69			-5.18			-4.94			-4.03			-2.90			-2.60			-2.63			-1.15			-1.95		
1897	-2.57			-3.13			-3.20			-3.81			-3.70			-3.03			-3.72			-4.35			-3.35			-3.26			-4.09			-4.15		
1898	-4.17			-4.46			-3.92			-2.64			-1.30			-0.90			-2.77			-4.21			-4.08			-3.65			-2.97			-3.54		
1899	-3.72			-4.03			-4.13			-4.42			-4.06			-3.76			-4.17			-4.70			-4.70			-4.50			-4.88			-4.95		
1900	-4.27			-4.29			-4.14			-4.64			-4.36			-2.91			-4.32			-4.50			-3.64			-3.73			-3.85			-3.46		
1901	-4.11			-4.45			-4.43			-3.14			-2.58			-1.56			-3.20			-3.83			-3.54			-1.45			-2.65			-3.36		
1902	-3.41			-2.95			-2.56			-2.64			-3.30			-3.31			-3.58			-4.37			-3.86			-3.89			-3.72			-4.23		
1903	-3.95			-4.26			-4.25			-4.70			-3.68			-2.11			-2.87			-3.57			-3.92			-3.97			-3.06			-3.04		
1904	-3.74			-3.74			-3.20			-2.54			-2.74			-2.34			-3.93			-4.41			-4.12			-4.31			-4.64			-4.59		
1905	-4.88			-4.94			-3.01			-4.12			-3.88			-1.39			-3.44			-3.62			-3.19			-3.31			-3.38			-3.70		
1906	-4.27			-4.32			-3.82			-4.11			-3.15			-3.70			-3.99			-4.78			-4.78			-4.66			-4.60			-3.86		
In den 50 Jahren	5.10	2.10	4.16	5.35	2.90	4.27	5.26	2.56	4.02	5.71	1.92	3.89	5.56	0.97	3.44	4.94	0.52	2.90	4.91	2.51	3.77	5.36	2.90	4.25	5.28	2.60	4.07	4.86	0.23	3.75	4.95	0.93	3.57	4.95	1.15	3.88

AUS VORSTEHENDER TABELLE KANN MAN ABLEITEN :

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	Dezember	ZUSAMMEN	
Der Fluss ist gesunken unter 3.60 m mal.	42	43	36	28	27	16	30	44	39	37	27	34	403	Diese Ziffer betrifft den Abschnitt Tessin-Taro.
» » » » 4.00 » »	33	38	27	22	14	8	22	33	32	23	19	22	293	» » » » » Taro-Oglio.
» » » » 4.50 » »	17	15	9	13	6	2	7	13	10	8	14	11	125	» » » » » Oglio-Panaro.
» » » » 5.00 » »	2	3	3	7	2	0	1	3	2	0	1	1	25	» » » » » Panaro-Mer.



INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt

3. Mitteilung

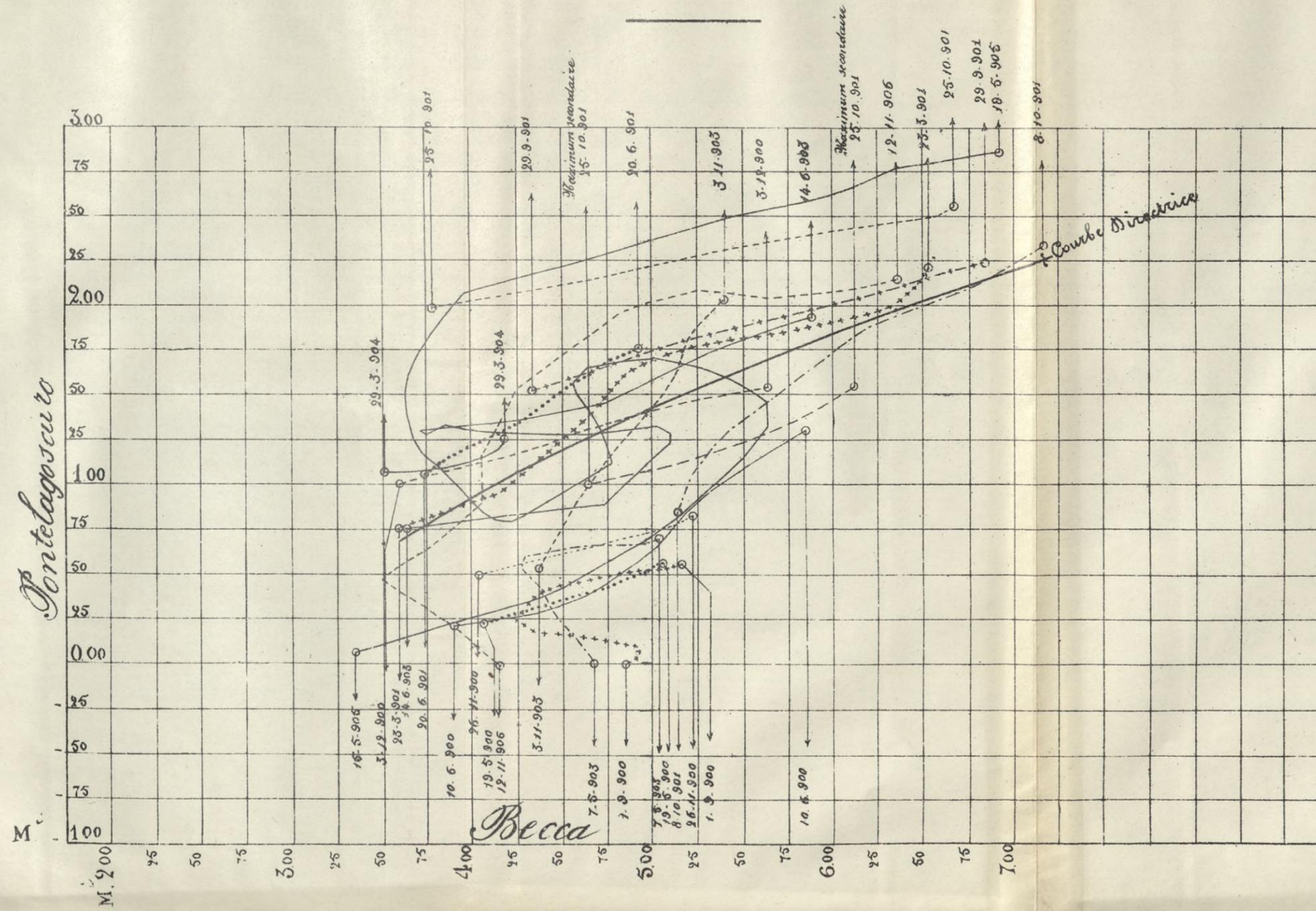
BERICHT

VON

C. VALENTINI

BLATT I

Graphique pour la prévision des crues du Pô de l'an 1900 à l'an 1906 à Pontelagoscuro en fonction des hauteurs hydrométriques à la station supérieure de Becca.

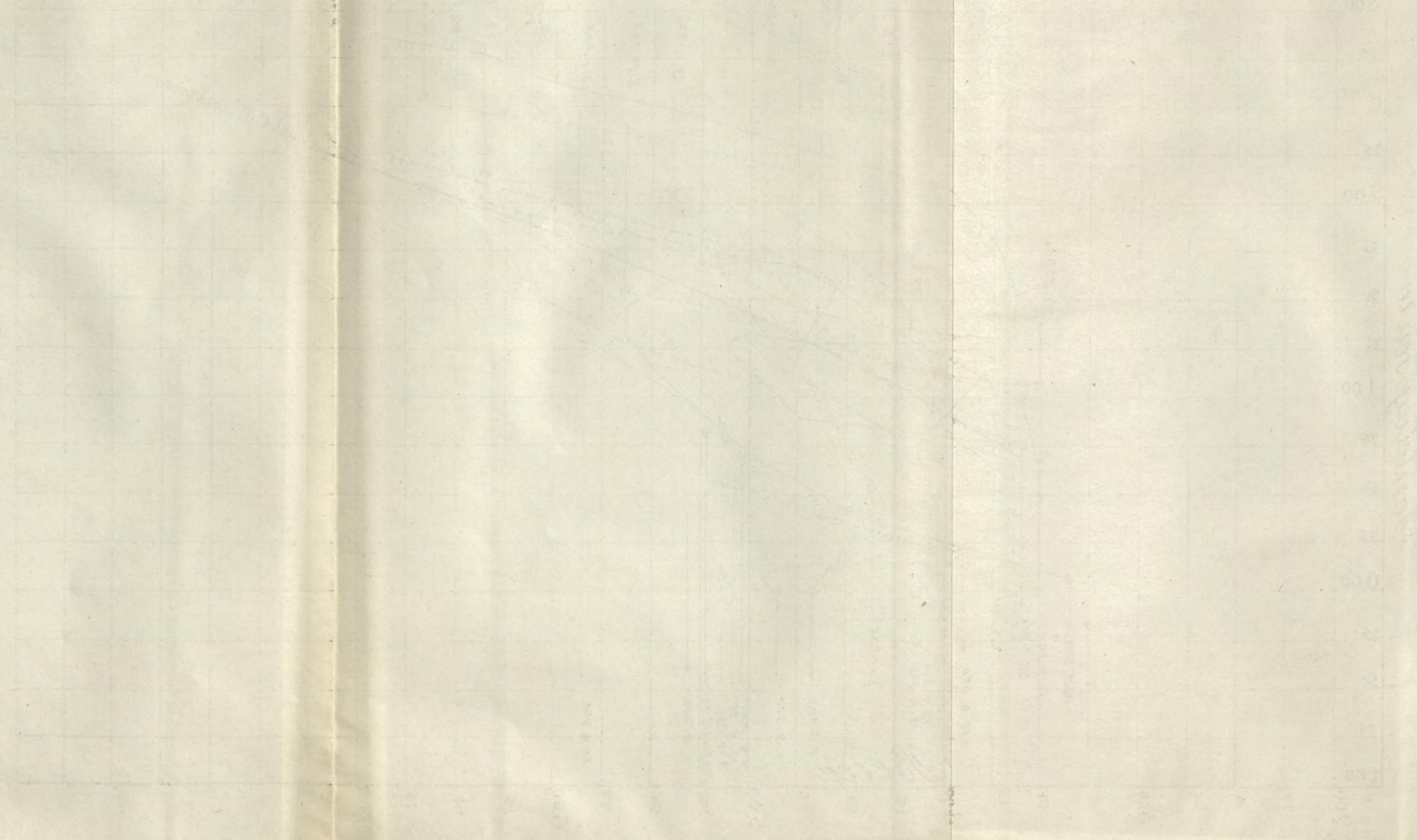


OBSERVATIONS

Chaque crue est indiquée à ses extrémités par un petit cercle portant l'indication du jour du maximum.

Sur l'axe des abscisses sont représentées les hauteurs à l'hydromètre de Becca.

Sur l'axe des ordonnées sont représentées les hauteurs à l'hydromètre de Pontelagoscuro.



INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
 SCHIFFFARTS-KONGRESS

XI. Kongress - St. Petersburg - 1908

I. Abteilung: Binnen-Schiffahrt
 2. Mitteilung

BERICHT
 von
 C. VALENTINI

Blatt I

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND

DER

SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt

3. Mitteilung

BERICHT

VON

C. VALENTINI

BLATT II

Diagramme des étiages d'été

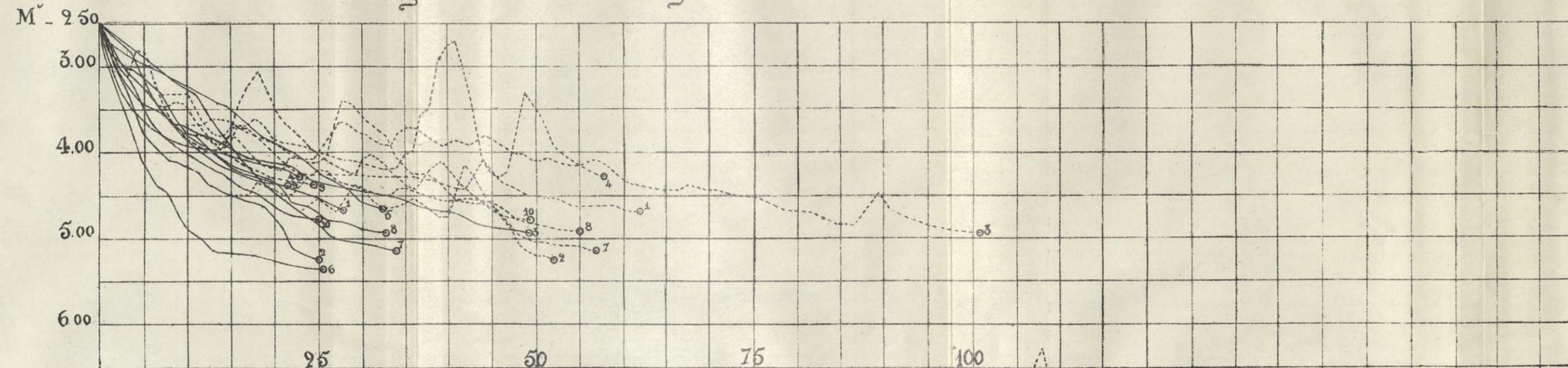
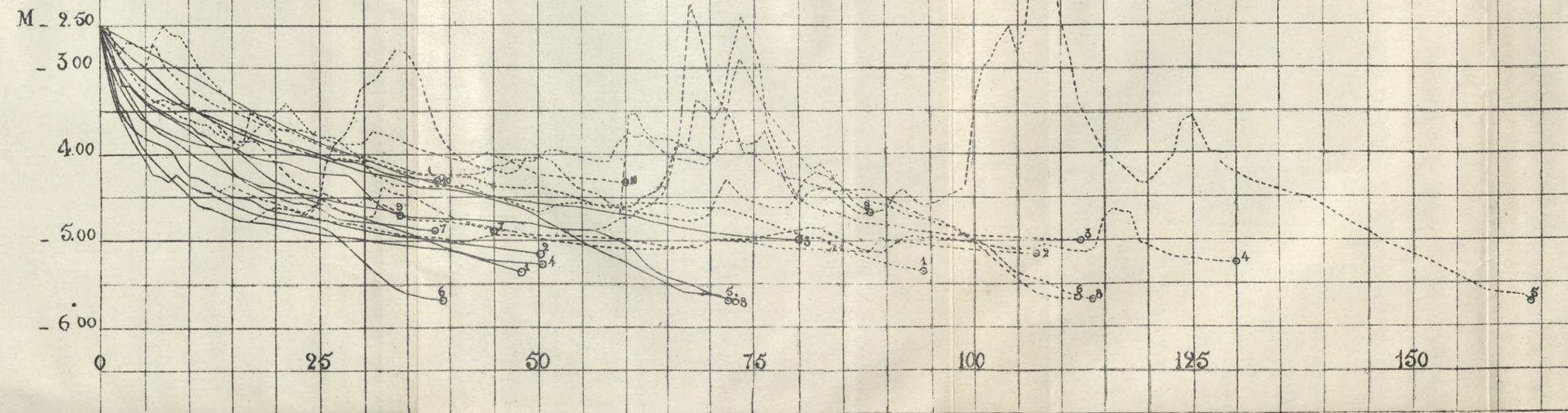


Diagramme des étiages d'hiver



OBSERVATIONS

Les étiages sont divisés en deux groupes, c'est-à-dire les étiages d'hiver et ceux d'été; et chaque étiage figure avec un numéro d'ordre qui est aussi cité dans le tableau du texte.

On a représenté par des lignes pointillées l'allure des étiages comme elle se présente réellement et par des lignes continues celle qui se serait présentée, s'il n'était survenu des pluies perturbatrices.

Sur l'axe des abscisses est représentée la durée des étiages en jours.

Sur l'axe des ordonnées, les hauteurs hydro-métriques à Pontelagoscuro.

Comme point initial de chaque étiage, on a pris le niveau de -2 m. 50 à Pontelagoscuro.

