

G. 47<sup>a</sup>  
14.

Symphor  
Geheimer Oberbaurat

# TROLLHÄTTAN



## BESCHREIBUNG

HERAUSGEGEBEN VON

DER KÖNIGL. WASSERFALLDIREKTION

STOCKHOLM



G 3<sup>ma</sup>  
13

G 37<sup>a</sup> 13

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300019

# TROLLHÄTTAN



## BESCHREIBUNG

HERAUSGEGEBEN VON

DER KÖNIGL. WASSERFALLDIREKTION  
STOCKHOLM.



143

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 31147



CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM 1909

Akc. Nr. 2075/49

Der Vänersees, der grösste Binnensee Schwedens und der drittgrösste Europas, mit einer Fläche von 5,570 Quadratkilometer, hat als einzigen Ausfluss den wasserreichsten Strom Schwedens, den Göta Elf. Auf seinem Wege nach dem Meere bildet er mehrere Wasserfälle, unter denen die Trollhättan-Fälle weithin berühmt sind. Dieselben werden von einer aufeinander folgenden Reihe von kleineren Fällen und Stromschnellen mit einer Gesamtfallhöhe von 32 m gebildet. Die Fälle beginnen im Norden mit dem Nol- und dem Gullö-Fall, welche beide die Gullö-Insel umschliessen. Gleich hinter ihnen folgen der Tjuf- und der Toppö-Fall, deren brausende Wassermengen durch die Toppö-Insel in ihrem Lauf gehemmt werden. Beide vereinen sich nach der Toppö-Insel zum Stampeström-Fall, der sich unter der König Oscars Brücke in das Hoijumsvarp hinunterstürzt. Von dieser Brücke hat man die beste Gesamtübersicht über die Fälle.

Unter uns sehen wir den mächtigen Stampeström-Fall, weiter südlich, aus dem Hoijumsvarp brechen sich die Helvetes-Fälle durch malerische Felswände, oberhalb der Brücke liegt die Toppö-

Insel, umflossen von kochendem, dampfendem Gischt. Unterhalb der Helvetes-Fälle, dort wo der unterste Fall in die Olidehåla mündet, wird jetzt, wie später näher beschrieben wird, eine Kraftstation angelegt, um die Wasserkraft der Trollhättan-Fälle in elektrische Energie zu verwandeln. Unterhalb der Olidehåla verengt sich der Fluss wieder und nimmt, nachdem er die Stromschnelle »Flottbergsströmmen« gebildet hat, wieder einen ruhigen Charakter an.

Wer die Schönheit der Trollhättan-Natur kennen lernen will, versäume nicht, folgenden Weg einzuschlagen: Längs des östlichen Ufers von den Schleusen bei Åkersvass bis zu der alten Schleusenanlage »Elvii sluss«, wo eine leichte Hängebrücke auf das westliche Ufer hinüber führt. Von dort aus folge man dem Strandwege, auf welchem eine Reihe von schönen Aussichtspunkten das Auge erfreut. Die Umgebung der langgestreckten Wasserfälle ist so eigenartig und schön, dass man Trollhättan als die Perle Südschwedens bezeichnet hat.

Es ist natürlich, dass das Kraftwerk, welches nun in Trollhättan angelegt wird, die Schönheit der Wasserfälle beeinträchtigen wird. Da es jedoch bloss einen Teil der Minimum Wassermenge in Anspruch nehmen soll, dürften die Wasserfälle schon bei normaler Wasserhöhe noch immer eine Sehenswürdigkeit ersten Ranges verbleiben, insbesondere da die Schönheit eines Wasserfalles keineswegs ausschliesslich von der Wassermenge abhängt. Während der jetzt zur Ausführung der Wasserkraftsanlagen stattfindenden Arbeiten ist man allerdings gezwungen, dem Strand teilweise ein Aussehen zu verleihen, welches nicht mit der im übri-

gen so schönen Landschaft im Einklang steht. Der Staat, auf dessen Kosten die Anlagen gemacht werden, versucht jedoch, wo es angeht, die durch die Arbeit bedingte Vandalisierung auf andere Weise wieder gut zu machen, und so viel wie möglich das Naturdenkmal, welches die Wasserfälle und ihre Umgebung bilden zu schützen. Der westliche Strand, mit seinen steilen, waldbedeckten Felsen wird durch die Kraftanlage nicht berührt und in seiner ursprünglichen Form dem Volke als Nationalpark erhalten bleiben. Die grossen Mengen von Steinen, welche sich durch Aussprengen des Kanals auf dem östlichen Ufer angehäuft haben, wird man später mit Erde bedecken und durch Ansäen von Gras in grüne Matten verwandeln. Ein grosser Teil der Fabrikgebäude, welche sich längs der Wasserfälle befinden, ist vor kurzem vom Staate angekauft worden, und wird sehr bald niedergedrissen werden, um zukünftigen Parkanlagen zu weichen.

Schon in früher Zeit hat man daran gedacht, den Göta Elf in seiner ganzen Länge von 90 Kilometern schiffbar zu machen. Zu diesem Zwecke sollten die Fälle bei Vargön, Trollhättan und Lilla Edet in passender Weise durch Schleusen umgangen werden. König Gustaf I. (Vasa), der Gründer des modernen schwedischen Staates, beschäftigte sich in der Mitte des 16. Jahrhunderts zuerst mit diesem Plane. Politische Verwicklungen und wirtschaftliche Bedrängnisse verhinderten aber die Ausführung. Sein jüngster Sohn Carl IX. liess den vom Vänersee ausgehenden Kanal, den sog. Carlsgraben anlegen, sowie eine Transportanlage bei Trollhättan, durch welche die Güter zu Land

*Der Trollhätte-  
Kanal. Vor-  
geschichte.*

an den Wasserfällen vorbei gefördert wurden. Ausserdem legte er eine Schiffsschleuse bei Lilla Edet, unterhalb Trollhättans an.

Nach Rückkehr von seinen Kriegszügen gegen Russland und Polen und seinem Aufenthalte in der Türkei gab König Carl XII Christoffer Polhem den Auftrag, einen Kanal zwischen dem Vänersee und Gothenburg zu bauen. Die Arbeit wurde im Frühling des Jahres 1718 begonnen, jedoch noch bevor die erste Schleuse fertig war, starb der König, und die Arbeit wurde erst Mitte des 18. Jahrhunderts wieder aufgenommen. Nach Polhems Plan sollten die Wasserfälle bei Trollhättan mit nur 3 Schleusen umgangen werden. Der Plan wurde im Jahre 1749 von der Regierung gutgeheissen, und gleich ins Werk gesetzt. Ein grosser Teil der Arbeiten wurde ausgeführt. Unter andern folgende Schleusenbauten, welche noch vorhanden und auf der Karte angegeben sind: »Ekeblads Schleuse« bei den Werkstätten von Stridsberg & Björck, »Polhems Schleuse« zwischen dem Stampeström-Falle und der Kirche und »Elvii Schleuse« bei dem Flottbergsströmmen. Hier sollte der Fluss durch ein quer über den Strom gehendes Wehr aufgestaut werden, um die Boote direkt von der »Polhems Schleuse« zu der »Elvii Schleuse« zu führen. Das Wehr wurde nie vollständig fertig. Denn das Geld, das hauptsächlich in Stockholm und Gothenburg eingesammelt bzw. vom Staat geliefert wurde, reichte nicht hin. Der Reichstag stellte daher im Jahre 1757 eine Untersuchung an, deren Ergebnis war, dass Polhems Plan verlassen wurde. Ein neues Projekt wurde von Daniel Thunberg und Samuel Sohlberg be-



arbeitet. Im Jahre 1779 wurde es aber zur Seite gelegt.

Erst am Ende des 18. Jahrhunderts wurde die Frage wieder ernstlich zur Sprache gebracht. Auf Anregung des Gothenburger Kaufmannes P. Bagge liess die Regierung eine neue Untersuchung anstellen, wonach während der Jahre 1794—1800 der »alte Trollhätte Kanal« von einer zu diesem Zwecke gebildeten Gesellschaft vollendet wurde. Von diesen Anlagen wird eine Schleusentreppe bei Trollhättan noch angewendet.

Die Dimensionen der Schleusen sind:

Die Tiefe des Wassers über der Schwelle = 1,90 m.

Die Breite der Schleusenkammer ..... = 6,44 »

Die Länge » » ..... = 35,00 »

Der Göta Kanal, welcher im Jahre 1832 fertig wurde, verbindet den Väner, den grossen Vättersee und einige kleinere Seen mit der Ostsee. Da die Schleusen des Göta Kanales grössere Dimensionen hatten, als die des Trollhätte Kanales, entstand die Frage, den letzteren umzubauen. Nachdem die Neue Trollhätte-Kanal-Gesellschaft gebildet worden war, wurde während der Jahre 1838—1845 ein neuer Kanal gebaut, welcher im wesentlichen dieselbe Strecke umfasst, wie der frühere, und mit einer neuen Schleusentreppe bei Trollhättan versehen ist. Die Dimensionen sind:

Die Tiefe des Wassers auf der Schwelle = 2,97 m.

Die Breite der Schleusenkammer ..... = 7,43 »

Die Länge » » ..... = 35,62 »

Kurz nachdem die neuen Schleusen fertig waren, fand man bereits, dass der Kanal zu klein war. Verschiedene Vorschläge betreffend die Ver-

doppelung der Schleusen wurden gemacht, man kam jedoch zu keinem Resultat.

*Umbau des  
Kanales.*

Nachdem der Staat (1905) durch Ankauf der der Neuen Trollhätte-Kanal-Gesellschaft gehörenden Besitzungen Eigentümer des Kanales und bedeutender Grundstücke am Trollhättan geworden war, erwachte von neuem das Interesse für den Umbau des Kanales; insbesondere deshalb, weil während der letzten Jahre der rasch zunehmende Verkehr die Beförderungskraft des Kanales zu überschreiten drohte. Nach weitgreifenden Untersuchungen wurde dieses Jahr (1909) ein vollständig ausgearbeiteter Plan zum Umbau des Fahrwassers Vänern—Kattegat dem Reichstage vorgelegt, und dieser bewilligte die zur Ausführung der Arbeit erforderliche Summe, 22,800,000 Kronen. Schon dieses Jahr wird der Umbau begonnen werden, und man berechnet, dass er ungefähr 1915 fertig sein wird.

Die neue Wasserstrasse wird im wesentlichen dieselbe Lage erhalten, wie die jetzige, obwohl einige notwendige Abweichungen vorgenommen werden. Die neuen Schleusen werden so angelegt, dass die alten sowohl während des Umbaues als auch künftig hin zum Durchschleusen von Schleppern und von anderen, kleineren Fahrzeugen verwendet werden können. Die Länge der Wasserstrasse von dem Punkte in der Nähe von Vänersborg, wo die Tiefe des Wassers hinreichend ist, bis an die Grenze des Hafenreviers von Gothenburg beträgt ungefähr 86,5 km. Dem in Kunstbauten hergestellten Kanal nebst Schleusen fallen 12 km der Strecke zu, der Fahrstrasse durch die Seen Vänern und Wassbotten 4 km und schliesslich dem Göta Elf 70,5

km. Hier ist zu bemerken, dass auch im Flusse selbst an mehreren Stellen bedeutende Räumungsarbeiten vorgenommen werden müssen, damit die neue Wasserstrasse den an sie gestellten Anforderungen entspricht. Der Höhenunterschied zwischen dem Meere und dem Vänensee soll mit nur 6 Schleusen überwunden werden, während die Anzahl der Schleusen im sog. »neuen Kanale« 16 ausmache. Vier von den sechs geplanten Schleusen sollen dazu dienen, die Fälle bei Trollhättan zu überwinden, und die Senkung wird in jeder Schleuse ungefähr 8 Meter ausmachen.

Die Dimensionen der neuen Wasserstrasse sind so angepasst, dass sie auch bei niedrigstem Wasserstande 4 Meter tiefgehende Fahrzeuge mit einer Ladungsfähigkeit von circa 1,300 Ton befördern kann. Hierdurch wird der grosse See Vänern auch für diejenigen Schiffe zugänglich gemacht, welche den Frachtverkehr nach allen Häfen der Ost- und Nordsee sowie nach den atlantischen Häfen Frankreichs aufnehmen können. Da man mit der etwaigen Notwendigkeit einer nachträglichen Erweiterung rechnen muss, werden die Schleusen, die beweglichen Brücken und gewisse andere weniger bedeutende Arbeiten bereits jetzt so ausgeführt, dass 5 Meter tief gehende Fahrzeuge mit 2,400 Ton Ladungsfähigkeit befördert werden können. Durch diese Anordnung werden die Arbeiten für den eventuell später notwendigen Umbau sehr bedeutend vereinfacht.

Die Dimensionen der Schleusen werden folgende sein:

Die Tiefe des Wassers auf der Schwelle

bei niedrigstem Wasserstande = 5,5 m

Die Breite der Schleusenkammer ..... = 13,7 m  
 Die Länge » » ..... = 89,0 »

*Verwertung der  
Wasserkraft.*

Der ganze Höhenunterschied zwischen dem Väneren und dem Meer beträgt ungefähr 44 m, wovon zu den Trollhättan-Fällen, wie vorher erwähnt, ungefähr 32 m gehören. Die wasserrechtlichen Fragen bei Trollhättan waren zu der Zeit, wo das Verständnis für den wirklichen Wert der Wasserkraft ins Leben gerufen wurde, sehr verwickelt, aber im Jahre 1901 wurde der schwedische Staat durch Gerichtsspruch unstreitiger Besitzer des grössten Teiles der mächtigen Wasserkraft bei Trollhättan. Durch später stattgefundene Ankäufe hat der Staat auch den noch restierenden Teil der Trollhättan-Wasserkraft und den Wasserfall bei Vargön zwischen Väneren und den Trollhättan-Fällen, sowie bei Ström und Lilla Edet unterhalb der Trollhättan-Fälle erworben und ist somit Herr über die gesamte Wasserkraft im Göta Elf.

Die gegenwärtige Minimum Wassermenge des Flusses beträgt  $320 \text{ Sm}^3$  und die Maximum Wassermenge ungefähr  $900 \text{ Sm}^3$ . Durch Anstauen des Wassers im Vänersee kann jedoch die Minimum Wassermenge sehr erhöht werden. Der Staat kann hierdurch in Zukunft in seinen Wasserfällen im Göta Elf über nicht weniger als etwa 200,000 P. S. disponieren, und dies in einer Gegend mit vorzüglichen Verkehrsmitteln, und in nächster Nähe von Gothenburg, der grössten Handelsstadt an der Westküste Schwedens, die den Centralpunkt eines stark bevölkerten Teils des Landes bildet.

*Das Kraftwerk. Der  
wasserbau-  
liche Teil.*

Der Staat lässt gegenwärtig ein Kraftwerk bei Trollhättan errichten für eine Ausnutzung von  $250 \text{ Sm}^3$  — 80,000 Turbinen P. S. entsprechend —.

Die Anlage, welche sich auf dem östlichen Ufer befindet, wurde teilweise im Jahre 1906 begonnen, und soll Anfang 1910 dem Betrieb übergeben werden.

Das quer über dem Fluss angeordnete Regulierungs-Wehr ist auf der Schwelle des höchstbelegenen Falles auf festem Felsengrund ausgeführt. Das Wehr wird mit 4 Öffnungen versehen, welche durch in Granit gemauerte Pfeiler getrennt sind.

Die beiden mittleren Öffnungen werden eine jede eine freie Breite von 20 Meter haben und durch 3,6 m hohe Walzenwehre geschlossen. Die westlichste Öffnung, welche zuerst gebaut wird, und welche seitlich von dem eigentlichen Flussbette liegt, ist 19,7 m breit und wird mittels 5 St. 3,7 m breiten Schützen geschlossen. Diese sind gegen Ständer gestützt, die an einer Brücke und an der Schwelle befestigt sind. Die Schützenverschlüsse bestehen aus eisernen Rahmen, welche mit Holz bekleidet sind. Die Verschlüsse sind aus zwei Hälften, einer oberen und einer unteren, ausgeführt, welche je nach Bedarf aufgezogen und hinuntergeschoben werden. Dieselben werden nicht mit Friktionswalzen versehen. Die östlichste Öffnung ist 3 m breit und mit einem in derselben Weise ausgeführten Schützenverschluss versehen. Sowohl die Walzenwehre als auch die Schützenverschlüsse können mit elektrischen Motoren, oder mit der Hand bewegt werden. Ausserdem können alle Öffnungen zwecks Reparatur durch Stahlnadeln geschlossen werden, welche sich teils gegen die auf den Pfeilern ruhende Brücke, teils gegen die Schwelle anlegen. Die Bauart des Wehres ist mit Rücksicht auf den im Flusse vorkommenden star-

ken Eisgang gewählt worden. Findet der Eisgang bei Hochwasser statt, so wird das Eis durch die ganz geöffneten mittleren Öffnungen durchgelassen. Bei geringer Wassermenge wird das Eis unter den etwas heraufgezogenen Walzen oder über die teilweise heruntergelassenen Schützentafeln abgeleitet.

Der Einlauf des Wassers für die Kraftstation liegt ungefähr 120 m oberhalb des Wehres und besteht aus 6 St. 12 m breiten Öffnungen, die durch 2 m breite gemauerte Pfeiler getrennt sind. Vor den Öffnungen liegt ein gut verankerter, schwimmender Eisableiter, welcher aus starkem Holz ausgeführt und mit einem bis 90 cm tief unter die Wasserfläche reichenden Schirm versehen ist. Da im Flusse nicht geflösst wird und daher keine Gefahr durch untertauchende Stämme vorhanden ist, soll fürs erste beim Einlauf kein Gitter angebracht werden, da ein solches zur Zeit des Eisganges immer ein Hindernis bietet. Man hofft, dass der vor dem Einlauf schwimmende Eisleiter hinreichenden Schutz bieten wird. Sollte sich jedoch später ein Gitter als notwendig erweisen, so kann ein solches leicht angeordnet werden, da dasselbe sich mit dem oberen Ende gegen die auf den Pfeilern ruhende Brücke anlehnen, während sich das untere Gitterende an einem mit der Sohle verschraubten starken Balken am Boden abstützen würde. Die Einlaufsöffnungen können mittels circa 4 m breiten, losen Schützentafeln abgeschlossen werden, die sich gegen kräftige Ständer stützen. Diese letzteren werden, wenn die Öffnungen geschlossen werden sollen, in am Boden angebrachte Stützseisen aufgestellt und gegen die Brücke abgestützt. Zum Manövrieren der Schützen-

tafeln und der Stahlnadeln am Wehr wird ein auf Rädern beweglicher Kran angeordnet.

Der Einlauf ist für eine Wassermenge von  $350 \text{ Sm}^3$  berechnet, d. h. für die grösste Wassermenge, über welche, nach der Regulierung des Vänersees, laut Berechnung für die Kraftentnahme während eines Tages verfügt werden kann. Die Wassergeschwindigkeit im Einlauf beträgt c:a 1 m.

Der Werkkanal ist c:a 1,300 m lang und teils ganz in den Felsen eingesprengt, teils aufgemauert. Der dem Einlauf am nächsten liegende Teil ist für dieselbe Wassermenge berechnet, wie der Einlauf, d. h. für  $350 \text{ Sm}^3$ . Ungefähr 350 m vom Einlauf nimmt die Sektion ab, so dass sie  $250 \text{ Sm}^3$  entspricht. Nach der Regulierung des Vänersees soll von diesem Punkt aus ein neuer Kanal für  $100 \text{ Sm}^3$  bis zur Kraftstation angelegt werden. Für diesen zweiten Werkkanal soll ein Teil des jetzigen Trafikkanals verwendet werden. Kurz unterhalb des künftigen Vereinigungspunktes der beiden Kanäle wird in dem jetzt im Bau befindlichen Kanal ein Verschluss angebracht, welcher aus einer einzigen grossen Schützentafel von sog. Stoney Type besteht. Dieselbe ist 17 m breit und 9 m hoch, und wiegt 60 Ton.

Unterhalb dieses Verschlusses hat der Kanal, welcher für eine Wassergeschwindigkeit von 2,2 m per Sek. berechnet ist, bei niedrigem Wasserstand einen Querschnitt von  $114 \text{ m}^2$ . Die Form des Querschnittes wechselt jedoch etwas. Im allgemeinen ist sie mit Rücksicht darauf gewählt, das Maximum der hydraulischen Durchschnittstiefe zu erhalten. Diese entspricht einer Bodenbreite von 14,2 und einer Tiefe von 7,7 m. Nur an

einem Teil des Kanals, wo der Raum sehr begrenzt ist, und wo der Kanal tief ins Gelände einschneidet, beträgt die Bodenbreite 10,5 m. Die Wassertiefe ist hier 10,0 m. Zwischen diesen Querschnitten hat der Kraftkanal lange und ebene Strecken, wodurch dem Wasser eine gleichförmige Bewegung gegeben wird.

Im tiefsten Punkte des Kanals ist eine vollkommen wasserdichte Entleerungsschütze angebracht. Der letzte Teil des Kraftkanals wird auf einer Strecke von 35 Meter mit senkrechten, ebenen Wänden versehen, welche unter der Wasseroberfläche mit stark gebrannten Ziegeln und in der Wasserlinie mit behauenen Granit verkleidet sind. In diesem Teile des Kanals sollen nämlich, wenn die Turbinen geprüft werden, die Messungen der Wassermenge mittels der bekannten von Ingenieur E. Andersson in Stockholm erfundenen Schirmmessungsmethode ausgeführt werden.

Drei Brücken führen über den Kanal, wovon zwei aus Stahl und die dritte aus Beton ausgeführt ist.

Die Kanalwände werden aus gemauertem Granit hergestellt, wenn sie nicht höher als 7 m sind, dagegen aus Beton, wenn sie diese Höhe überschreiten. Die Betonmauern bestehen aus folgender Mischung: einem Teil Cement, 5 Teilen Sand und 7 Teilen Steinen. Die Felswand wird zuerst mit einer Mischung von einem Teil Cement und einem Teil Sand beworfen, worauf dann eine 10 cm dicke Schicht fetter Beton (1 Teil Cement, 2 Teile Sand und  $2\frac{1}{2}$  Teile Schotter) angebracht wird. Die Wasserseite der Mauern wird bis zu einer Höhe von 4 m unter der Kanaloberkante



mit einer 7,5 cm dicken Schicht derselben Mischung verkleidet. Hinter der wasserdichten Mauerfläche werden Drainierrohre aus Ziegel von 50 mm Durchmesser angebracht, deren Abstand von einander 0,5 m beträgt. Hier befinden sich auch die notwendigen Sammlungsrohre, damit die Mauer nicht dem Wasserdruck von unten nach oben ausgesetzt wird. Die wasserdichte Mauerfläche ist mittels einer 0,5 m dicken, aus gemauerten kleinen Steinen bestehenden Schicht, vor der Abnutzung durch das fließende Wasser geschützt. Um Risse infolge der Temperaturveränderungen zu vermeiden, wird die Mauer aus höchstens 10 m langen Monolithen ausgeführt. Die Dichtigkeit der Fugen zwischen denselben wird durch vertikale Rippen hergestellt, die in entsprechende Nuten eingreifen, wobei ein aus Amerika eingeführtes Asphalttuch als Packung verwendet wird.

Das Verteilungsbassin wird auf dem Berge östlich von der sog. Olidehåla angelegt. An den Seiten dieses Bassins sind Überfallsöffnungen von einer gesamten Länge von 72 m angeordnet. Dieselben haben den Zweck, der durch den Kanal strömenden Wassermenge Abfluss zu bereiten, falls mehrere Turbinenregulatoren gleichzeitig den Wasserzufluss abdrosseln sollten. Hierdurch wird somit einer Überschwemmung der Kraftstation vorgebeugt. Von den Überfallsöffnungen wird das Wasser durch einen Tunnel zum Fluss abgeleitet.

Neben dem Einlauf in die Druckrohre zu den Turbinen wird zu beiden Enden des Verteilungsbassins eine Eisschleuse angebracht. Die Schützentafeln und Tore vor dem Rohreinlauf sind in ein aus Granit und Beton ausgeführtes Gebäude

verlegt. Jede Turbine wird durch ein besonderes Rohr, welches von einer besonderen Kammer ausgeht, gespeist. Die letztere kann durch eine Schützentafel geschlossen werden. Innerhalb der Kammer befindet sich das Gitter, welches nach dem Absperrern der Kammer vom Eise gereinigt werden kann, und zwar ganz unabhängig von den anderen Gittern. Der Schützenverschluss, welcher nach dem System Stoney ausgeführt wird, hat eine Spannweite von 8 m, und lehnt sich ausser an die Beton Pfeiler, an 2 Zwischenstützen an. Derselbe wird mittels elektrischer Motoren oder durch Handbetrieb bewegt. Falls das Senken der Schützentafel, infolge eines möglicherweise eintretenden Schadens an der Turbine nötig wird, kann dies sehr rasch durch einen elektrischen Bewegungsmechanismus vom Schaltgebäude aus geschehen. Die Geschwindigkeit des Wassers durch die freie Öffnung des Gitters beträgt ungefähr 1 m per Sekunde, und um jede Betriebsstörung während des Eisganges so viel wie möglich zu vermeiden, werden Versuche mit elektrischer Anwärmung gemacht.

Fische, die durch den Kraftkanal bis zum Gitter gekommen sind, können von einer auf dem Grunde dicht vor dem Gitter befindlichen Rinne durch Rohrleitungen zu einer andern längs des Verteilungsbassins befindlichen Rinne geführt werden, und von da zurück in den Fluss.

Von dem vor dem Verteilungsbassin liegenden Schützen- und Einlaufsgebäude wird das Wasser durch 8 grössere und 3 kleinere Rohre zur Kraftstation geleitet. Die ersteren, welche einen Durchmesser von 4,25 m haben, speisen die 8 grossen Turbinen und die letzteren mit einem Durchmesser

von 1,2 m speisen die drei Erregerturbinen. Die grossen Rohre liegen in je einem Tunnel, welcher in den Fels eingesprengt ist, die drei kleineren in einem gemeinsamen Tunnel. Der Zwischenraum zwischen Rohr und Fels ist mit Beton ausgefüllt. Jedes Rohr hat eine Länge von ungefähr 60 m.

Die Kraftstation enthält die mit horizontalen Wellen montierten Turbinen und die direkt mit diesen verbundenen Generatoren. Die grossen Turbinen entwickeln normal bei einer Wellengeschwindigkeit von 187,5 Uml./Min. und einer Netto Fallhöhe von 30,5 m 10,000 Turbinen P. S., können aber im Maximum 12,500 P. S. entwickeln. Jede Turbine hat zwei Laufräder und ist ganz und gar in einem Stahlmantel (sog. Zwillingsfrontalturbinen) eingeschlossen. Die Lager sind durch senkrechte Schachte zugänglich. Zu jedem Aggregat gehört eine besondere Regulatoranlage, welche aus einem Regulator, einem Servo-Motor, einer Ölpumpe und einem Windkessel besteht. Die getrennten Regulatoranlagen können, falls nötig, miteinander verbunden werden.

Die Turbinen, welche die Gleichstromgeneratoren treiben sollen, sind einrädige Frontalturbinen, eine jede von 500 P. S. mit einer Tourenzahl von 410 pro Minute.

Der grösste Teil des Materials für die Anlage wird von schwedischen Fabrikanten geliefert. Von den 4 grossen Turbinen, welche gleich installiert werden, werden 2 von »Nydqvist & Holm« in Trollhättan geliefert und die zwei andern von der Filiale der »Karlstads Mek. Verkstad«, Kristinehamn. Die Generatoren und den grössten Teil der

Schaltanlage liefert die »Allmänna Svenska Elektriska A. B.« in Västerås.

*Die elektrische  
Ausstattung.*

Die Generatoren erzeugen Drehstrom von 10,000 Volt und 25 Perioden pro Sekunde. Ihre Maximalleistung bei Dauerbetrieb beträgt 11,000 Kilovoltampère. Um zu hohe Temperatur und Zug in der Kraftstation zu vermeiden und den Lärm der Maschinen zu verringern, werden die letzteren ganz und gar in gusseiserne Hülsen eingekapselt. Die Rotoren werden mit Ventilatorflügeln versehen, welche die kalte Luft durch geräumige, geschlossene Kanäle ansaugen. Die Luft tritt oberhalb des Daches ein und wird durch in den Gebäudewänden angeordnete Kanäle bis unter den Boden des Maschinenhauses geführt. Die in den Generatoren erwärmte Luft wird durch gleichfalls geschlossene Kanäle im Sommer ins Freie gepresst. Im Winter dagegen wird sie in besondere Räume geleitet, von wo die warme Luft je nach Bedarf in die verschiedenen Räume des Generatorengebäudes, in den Rohrtunnel und das Schaltgebäude verteilt wird.

Für die Erregung der Generatoren sowie für Beleuchtung und Kraft für die Hilfsmaschinerie in dem Kraftwerke wird eine Gleichstromanlage für eine Spannung von 220 Volt angeordnet. Diese wird von den 3 genannten 500 P. S. Turbinen getrieben, welche in der Mitte der Kraftstation aufgestellt sind. Jede Turbine wird direkt mit einem Gleichstromgenerator von 350 Kilowatt für 220—300 Volt zusammengekuppelt. Parallel mit den Gleichstromgeneratoren ist eine Akkumulatorenbatterie von einer Kapazität von 4,800 Amp. Stunden aufgestellt, welche zur Reserve und zur

Ausgleichung der Spannungsschwankungen dient. Die Schalttafel für die Gleichstromanlage ist auf einem Balkon in der Mitte der Kraftstation in der Nähe der Gleichstromgeneratoren angebracht.

Die Regulierung der Generatorerregung erfolgt nicht auf gewöhnliche Weise mit Hauptstrom-Regulatoren, sondern mit direktgekuppelten Zusatzmaschinen, und kann die Spannung derselben mit Separaterregung von minus 220 zu plus 110 Volt variieren. Dadurch kann die Erregerspannung der Generatoren von 0 bis zu 330 Volt variiert werden.

Von der Kraftstation wird der Drehstrom in Kabeln durch einen Tunnel zu dem ungefähr 200 m weit entfernten Schaltgebäude geleitet. Der Kabeltunnel ist in 4 von einander vollständig getrennte Gänge eingeteilt, und in jedem ist für Kabel zweier Generatoren Platz.

Das Schaltgebäude enthält Transformatoren, welche den Drehstrom von 10,000 in 50,000 Volt umwandeln, ferner die Schaltanlage für den Drehstrom, eine Montagehalle, ein Laboratorium etc. Das Schaltgebäude sollte ursprünglich in unmittelbarer Nähe der Kraftstation angelegt werden. Mit Rücksicht auf die lokalen Verhältnisse zeigte es sich jedoch am angemessensten die beiden Gebäude an verschiedene Orte zu verlegen.

In dem mittleren Teil des Schaltgebäudes befindet sich der Schaltraum zur Leitung und Überwachung des Betriebes der Anlage. In diesem Raume sind auf Schalttafeln resp. Schaltpulven aus Marmor alle Instrumente aufgestellt, welche zur Beurteilung der Belastungsverteilung innerhalb der Drehstromanlage notwendig sind, sowie auch sämtliche für den Betrieb erforderliche Signal-

und Alarmvorrichtungen. Vom Kontrollraum aus wird die Spannung der Dreiphasengeneratoren reguliert; und zwar, entweder ein jeder für sich oder mehrere Generatoren zusammen. Von hier aus erfolgt auch auf elektromagnetischem Wege vermittlems Hilfsschalter die Ein- und Ausschaltung der Oel-schalter der Drehstromanlage. Die Hilfsschalter auf den Schaltpulten sind in ein Miniaturschema über die Drehstromanlage eingefügt mit beweglichen Bezeichnungen für sämtliche Apparate und festen Bezeichnungen für Leitungen, Generatoren und Transformatoren. Die beweglichen Bezeichnungen oder Miniaturapparate werden teilweise automatisch und teilweise mit der Hand eingestellt, so dass man jeder Zeit übersehen kann, wie die Anlage geschaltet ist.

Im Schaltraume befindet sich eine Telephonstation damit man sich mit der Kraftstation und den Transformatorstationen in Verbindung setzen kann. Die für den gewöhnlichen Betrieb der Kraftstation erforderlichen Befehle werden durch einen elektrischen Maschinentelegraphen übermittelt, da die Ausführung einer telephonischen Verbindung mit der Kraftstation infolge des Lärms der Maschinen Betriebsschwierigkeiten mit sich führen könnte.

Der obere Flügel des Schaltgebäudes wird von der Montagehalle für Zusammensetzen und Reparatur der Transformatoren, vom Laboratorium, den Lagerräumen sowie von dem elektrischen Warenaufzug eingenommen. Dieser Teil ist von den Hochspannungsanlagen ganz und gar getrennt.

Die Transformatoren sind in einer Reihe von Zellen auf der nord-westlichen Seite des Schaltgebäudes aufgestellt, und zwar 4 Zellen auf jeder

Seite des mittleren Teiles. Eine jede Zelle ist für eine Transformatorengruppe berechnet. Jede Transformatorengruppe besteht aus 3 Einphasentransformatoren, von je 3,670 Kilovoltamp. Maximalleistung und entspricht somit in Bezug auf Grösse einem Drehstromgenerator. Die Transformatoren sind ölisoliert und wassergekühlt. Um der Feuergefahr, die bei Anwendung von ölisolierten Transformatoren sich nie völlig vermeiden lässt, vorzubeugen, sind die Zellen ganz geschlossen, und Vorkehrungen getroffen, um das Oel rasch auslaufen lassen zu können. Um die Wasserkühlung zu kontrollieren, sind Signalkontakte in den Kühlwasserleitungen zu jedem Transformator angebracht. Diese Signalkontakte alarmieren, sobald das Kühlwasser ausbleibt. Sobald die Temperatur in einem Transformator die erlaubte Grenze überschreitet, wird wieder durch die in den Transformatoren angebrachten Thermometer alarmiert.

Das Wasser zur Kühlung der Transformatoren wird durch eine im Keller des Schaltgebäudes befindliche Pumpenanlage heraufgefördert. Diese besteht aus 4 von Elektromotoren angetriebenen Pumpen von 1,500 Minutenliter bei einer Förderhöhe von 15 m resp. von 500 Minutenliter bei einer solchen von 25 m. Diese Pumpen werden auch für die nachgenannten Ueberspannungsschutzvorrichtungen verwendet. Bloss 2 Pumpen sind zum Aufrechterhalten des Betriebes nötig, die anderen zwei dienen als Reserve. Zwei Wassercisternen von zusammen 50 kbm dienen als weitere Reserve für die Kühlung der Transformatoren, eine Cisterne von 10 kbm als Reserve für die Ueberspannungsschutzvorrichtungen. Die Cisternen tra-

gen ausserdem zum Ausgleichen des Wasserdruckes bei.

Ein besonderes Rohrsystem wird zur Füllung des Öles in die Transformatoren und zur Entleerung derselben angeordnet, wenn diese auf ihren Plätzen aufgestellt sind. Cisternen werden angeordnet, die das gebrauchte Öl von 3 Einphasentransformatoren aufnehmen, und zugleich zum Einfüllen von reinem Öl dienen. Auch sollen zum Reinigen und Trocknen des Transformatorenöles Anordnungen getroffen werden.

Die Energie wird vom Schaltgebäude mit einer Generatorenspannung teils von c:a 10,000 Volt, teils von c:a 50,000 Volt verteilt. Die Fernleitungen sind im allgemeinen entweder für die Leistung eines ganzen oder eines halben Generators berechnet, in letzterem Falle zwei und zwei zusammenschaltet. Dies ermöglicht, dass jeder Generator mit oder ohne Transformation der Spannung für eine bestimmte Anzahl Linien Energie liefern kann, und somit unabhängig von den übrigen Generatoren arbeitet. Mit andern Worten, die Anlage kann in mehrere von einander unabhängige Systeme geteilt werden, wodurch die Betriebssicherheit in hohem Masse zunimmt. Die Schalttafeln sind mit besonderer Rücksicht hierauf ausgeführt. Dieselben sind also auch in 8 Felder geteilt, von denen ein jedes einem Generator entspricht. Die verschiedenen Aggregate können durch Ölschalter in Sammelschienensysteme für 10,000 Volt eingeschaltet werden, und ebenfalls in ein System von Sammelschienen für 50,000 Volt. Hierdurch kann nötigenfalls jede beliebige Fernleitung



mit einem beliebigen Transformator oder Generator zusammengeschaltet werden.

Sämtliche Schalter, welche für die Ein- und Ausschaltung der Generatoren, der Transformatoren und der Fernleitungen bestimmt sind, sind mit Anlasswiderständen versehen, und für die Unterbrechungsleistung dimensioniert, welche bei einem Kurzschluss entsteht, wenn alle 8 Generatoren parallel arbeiten. Die Maschinen und die Fernleitungen werden durch Relais, welche nach dem Principe des Induktionsmotors gebaut sind, vor Überbelastung geschützt.

Der Überspannungsschutz für die Fernleitungen besteht aus Wasserstrahladern für die Ableitung der statischen Überspannungen und aus Hörnerblitzableitern mit 2 seriengeschalteten Hörnern und durch strömendes Wasser gebildete Widerstände als Grobschutz für dynamische Überspannungen mit grösseren Energiemengen. Für kleinere Energiemengen sind dagegen Hörnerblitzableiter mit in Serie geschalteten Ölwiderständen angeordnet, sowie Rollenblitzableiter als Feinschutz für hochfrequente Überspannungen mit geringeren Energiemengen. Ausser den in den Tunnels zwischen der Kraftstation und dem Schaltgebäude befindlichen Kabeln sind die Hochspannungsleitungen für 10,000 Volt als Schienen, und für 50,000 Volt als ein Rohr auf Isolatoren angeordnet. Die verschiedenen Phasen sind von einander durch feuerfeste Zwischenwände getrennt, welche hauptsächlich aus Betonplatten hergestellt und in Eisengerüsten eingemauert sind. Der Abstand zwischen den Leitungen und den mit der Erde verbundenen Konstruktionsteilen beträgt 200 mm bei dem 10,000

Volt System und 400 mm bei dem 50,000 Volt-System. Die in den Kabeltunnels befindlichen Kabel sind jedes für sich in einen gemauerten Kanal gelegt und mit Sand abgedeckt.

Die verschiedenen Hochspannungssäle sind feuerfest von einander abgesperrt. Die Leitungsdurchführungen sind deshalb mittels durchgehenden Isolatoren hergestellt. Besondere Sorgfalt ist auf die in Beton gegossenen Zellen für die Ölschalter verwendet. Dieselben sind vollständig geschlossen, und mit Drainierungsröhren versehen, welche bei einer eventuellen Explosion im Ölschalter schnell das Öl ableiten können.

Wie oben erwähnt, wird die Energie vom Schaltgebäude aus teils mit einer Spannung von c:a 10,000 Volt für die nächstbelegenen Abnehmer, teils von 50,000 Volt für die weiter entfernten Orte, verteilt. Die Energie von 50,000 Volt Spannung wird jedoch nicht direkt den Abnehmern geliefert, sondern wird in grosse, dem Staate gehörende und auf einigen Meilen Entfernung von einander belegene Transformatorstationen (Sekundärstationen) geleitet. In diesen wird dieselbe wieder zu einer leichter verwendbaren Spannung herunter transformiert. Diese Spannung ist im allgemeinen 10,000 Volt; nur an einige Städte wird Strom von 3,000 oder 6,000 Volt abgegeben. Mit dieser niederen Spannung wird die Energie von den Sekundärstationen den rings umher liegenden Abnehmern zugeführt.

Der Staat liefert die Leitungen bis zum Konsumtionsort und bestreitet die Anlagekosten. Die Empfänger müssen jedoch selbst die am Konsumtionsorte noch erforderliche Umtransformierung des

hochgespannten Stromes zur Verbrauchsspannung bestreiten. In volkreicheren Orten wird jedoch Strom von solcher Verbrauchsspannung nach ungefähr denselben Prinzipien, wie bei den kommunalen Elektrizitätswerken verteilt.

Alle 50,000 Volt Leitungen sind mit Kupferseilen versehen. Im allgemeinen mit 6 Kupferseilen und einem Eisenseil für Erdverbindung. Leitungen von 50,000 Volt sind nach Skara in Betrieb, nach Gothenburg und Alingsås unter Arbeit. Die Kupferseile sind auf der Skaraleitung auf Stützenisolatoren aus Porzellan gelegt. Auf den andern Linien sind die Leitungsseile auf Hängeisolatoren angebracht, jedoch nicht auf den Abspannmasten, wo Stützenisolatoren zum Aufnehmen der Kraft in der Linienrichtung vorhanden sind.

Die Isolatoren sind auf eisernen Gittermasten angebracht, die auf Betonsockel aufgestellt sind. Die Masten sind teils Abspannmasten und teils Tragmasten. Die Abspannmasten sind nach allen Richtungen hin mit grosser Festigkeit gebaut, und haben besonders den Zweck, die Kraft der Richtung der Linie nach aufzunehmen; sie sind in einer Entfernung von c:a 1 km von einander aufgestellt. Zwischen zwei Abspannmasten werden so viele Tragmasten aufgestellt, als für jeden Leitungsquerschnitt der ökonomisch günstigsten Spannweite entspricht. Die Tragmasten werden für eine Beanspruchung berechnet, die sich aus dem Gewicht der Leitungen und den senkrecht gegen die Linie wirkenden Winddruck zusammensetzt. Die Anzahl Tragmasten pro km ist bei 70 mm<sup>2</sup> Seil 4 St., bei 16 mm<sup>2</sup> Seil 6 St. und entspricht dies einer normalen Spannweite von c:a

200 resp. 140 Meter. Bei 35 mm<sup>2</sup> Seil ist die normale Spannweite 170 Meter.

Von den 10,000 Volt Linien werden diejenigen, welche für sehr grosse Leistungen bestimmt sind, aus Aluminiumseil ausgeführt, die für kleinere Kraftmengen aus Kupferdraht. Die Isolatoren sind Stützenisolatoren aus Porzellan. Die Maste sollen im allgemeinen für grosse Leistungen als Gittermaste aus Eisen hergestellt werden, und zwar nach denselben Prinzipien, wie die Maste für 50,000 Volt, und während für die geringeren Leistungen kreosotimpregnierte Holzmasten verwandt werden.

Die Photographien der Skara- und Gothenburgleitungen zeigen die Art der Maste und die Aufstellung derselben.

Die Sekundärstationen werden nach denselben Prinzipien wie das Schaltgebäude angeordnet.

Die elektrische Energie wird mit Ausnahme des Teiles, der für den elektrischen Eisenbahnbetrieb reserviert ist, an Gemeinden und Private verkauft werden.

Da die Anlagekosten für das Kraftwerk sehr gering sind (11<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Millionen für 80,000 Turbinen P. S.), und der Staat sowohl Geld zu niedrigen Zinsen erhalten kann, als auch sich mit mässigem Gewinn begnügen wird, kann der Preis für die elektrische Energie sehr gering bemessen werden. In Trollhättan ist der Preis am niedrigsten. Je weiter der Konsumtionsort von dem Kraftwerk in Trollhättan entfernt ist, steigt derselbe infolge der Transformierungs- und Übertragungskosten. Lieferungsverträge sind bereits mit den Städten Gothenburg, Skara, Sköfde, Alingsås und mit einigen kleineren Ortschaften abgeschlossen. Skara verwen-

det schon seit vergangenem Sommer elektrische Energie von einer provisorisch angelegten Kraftstation in Trollhättan.

Bei Trollhättan verkauft oder verpachtet der Staat am Kanal belegene vorteilhafte Bauplätze mit Eisenbahnverbindung für Industrieanlagen.

*Bauplätze für private Industrien.*

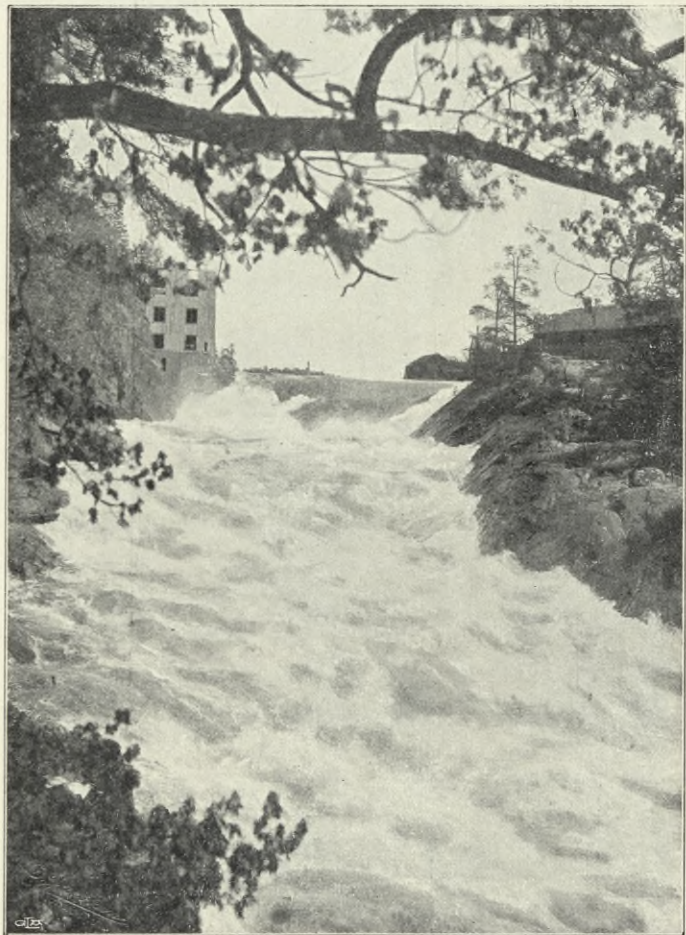
In der Nähe dieses Industriegebietes ist durch die Fürsorge des Staates ein Bezirk in Grundstücke für Wohnungszwecke bestimmt und eingeteilt worden, um besonders Beamten und Arbeitern welche bei den industriellen Anlagen beschäftigt werden, Gelegenheit zu geben, sich billige Bauplätze zu erwerben. Die Bauplätze auf diesem sog. »Heimstätten«-gebiet werden entweder mit vollem Eigentumsrecht verkauft oder mit gesichertem Besitzrecht auf einen Zeitraum von 60—75 Jahren gegen eine niedrige jährliche Miete verpachtet. Auf den Bauplätzen dürfen keine Häuser für mehr als 2 Familien gebaut werden. Um das Bebauen des »Heimstätten«-gebietes zu erleichtern, gewährt der Staat Baudarlehen gegen niedrigen Zinsfuß. Das erhaltene Besitzrecht dient als Garantie.

*Bauplätze für Arbeiter-Wohnhäuser.*

Schliesslich ist noch zu bemerken, dass die dem Staate gehörenden Wasserfälle im Göta Elf, sowie auch der Trollhätte Schiffahrts-Kanal, welcher die wichtigste Wasserstrasse Schwedens ausmacht, noch bis vor kurzem von einer lokalen Direktion in Trollhättan verwaltet wurde. Vom Jahre 1909 ist die Leitung der neuerrichteten Königl. Wasserfall-direktion übergeben worden, welche zugleich alle übrigen bedeutenderen Wasserfälle des Staates verwaltet.

*Administration.*

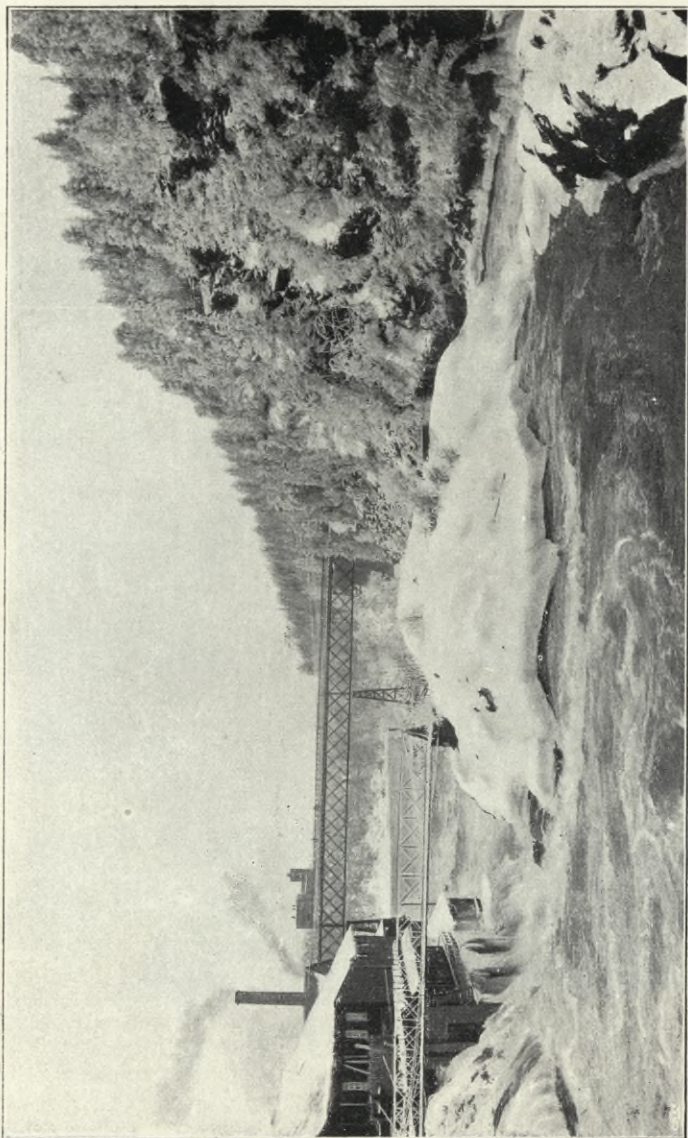




DER NOL-FALL.

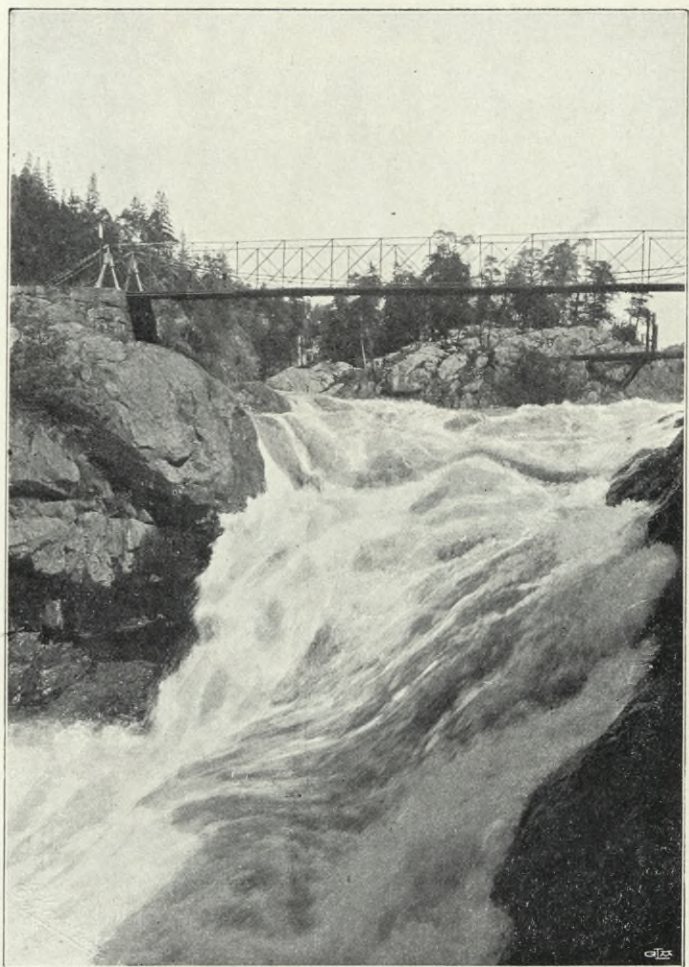






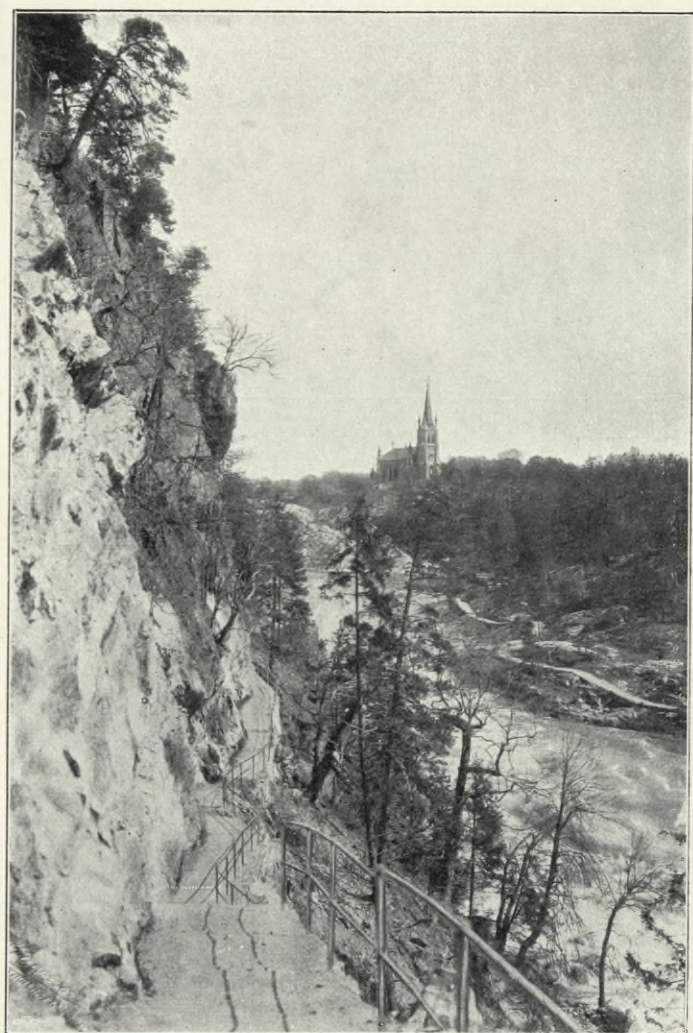
DER TOPPÖ-FALL.





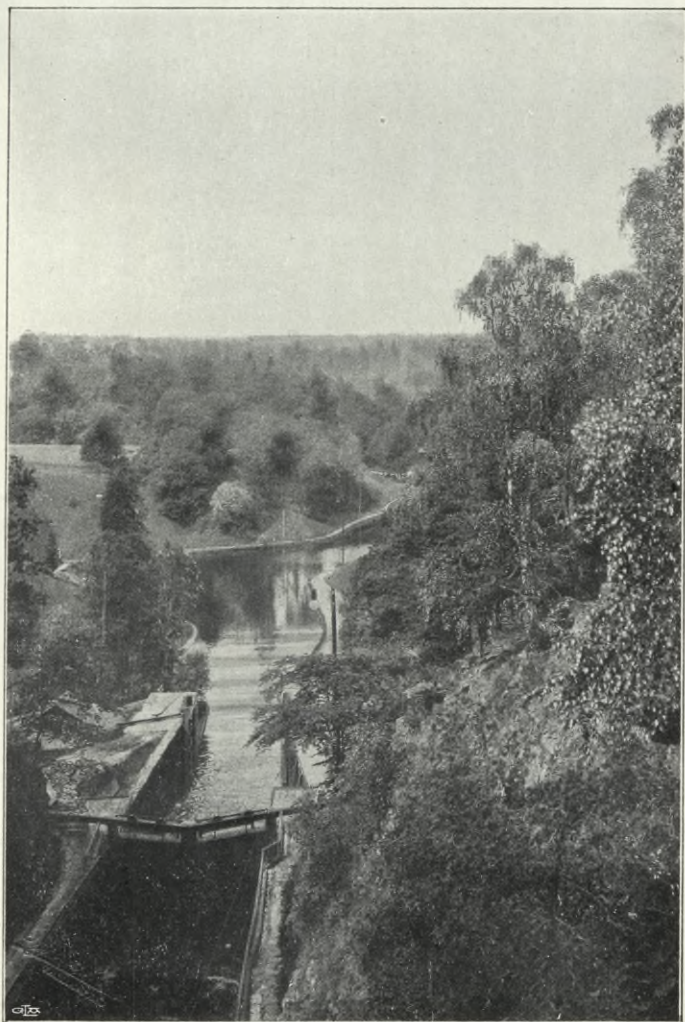
DER TOPPÖ-FALL.





DIE HELVETES-FÄLLE.

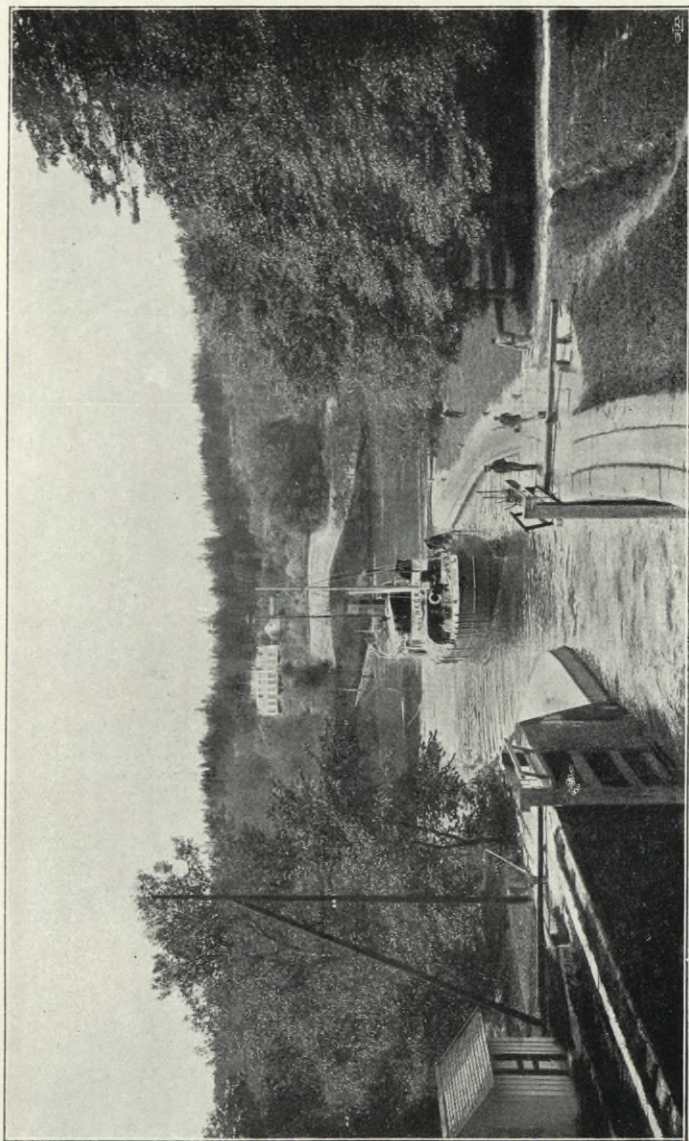




SCHLEUSENTREPPE BEI ÅKERSBERG.  
(Eröffnet 1800.)

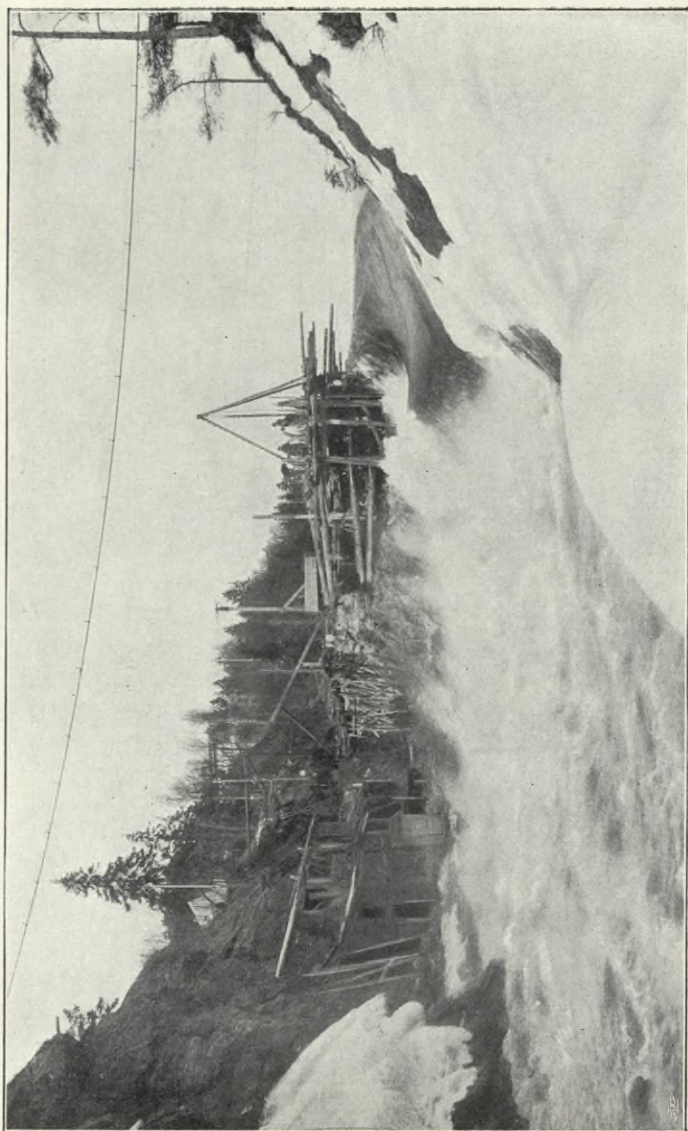






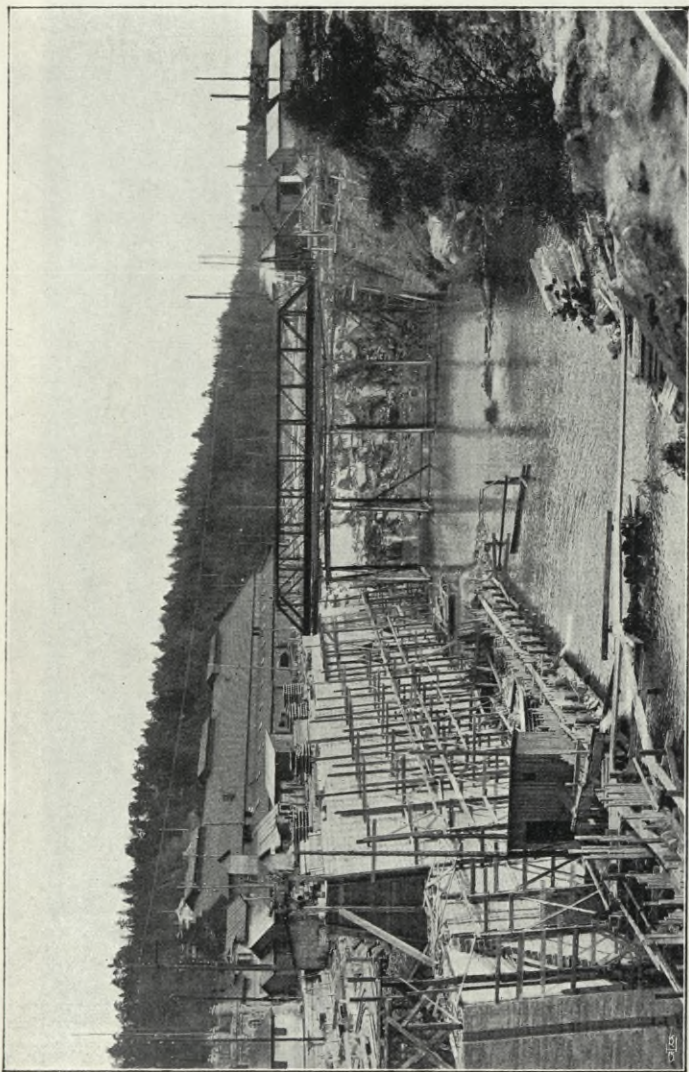
EINFAHRT ZU DEN SCHLEUSEN BEI ÅKERSWASS.





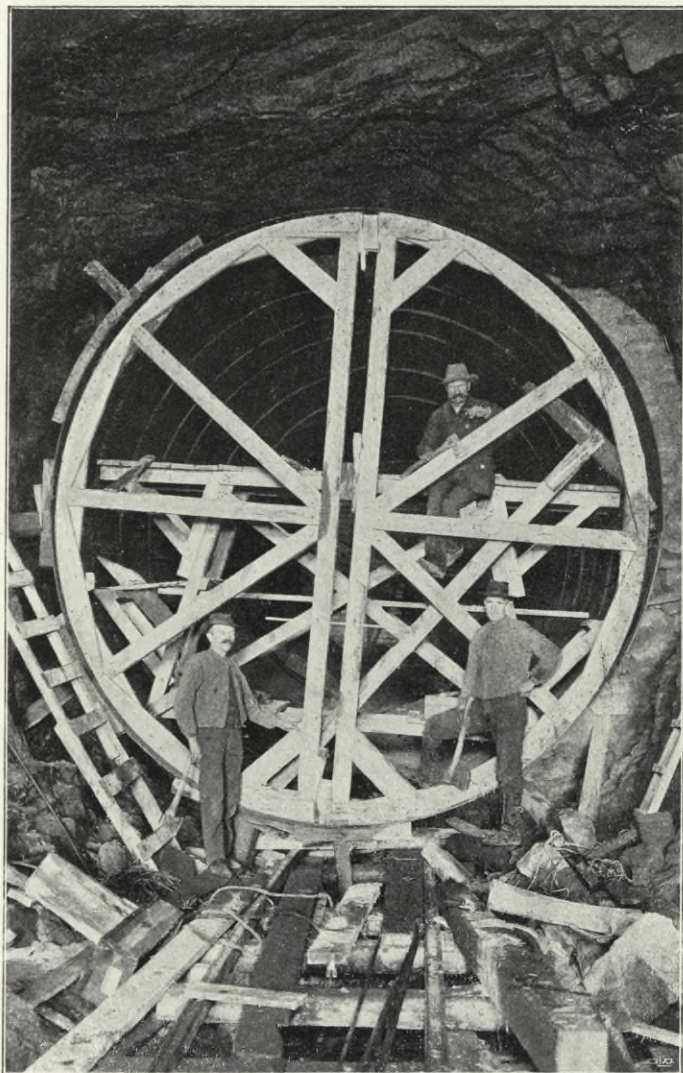
BAU DES REGULIERUNGSWEHRES IN DEM NOL-FALLE.





EIN TEIL DES WERKKANALS.

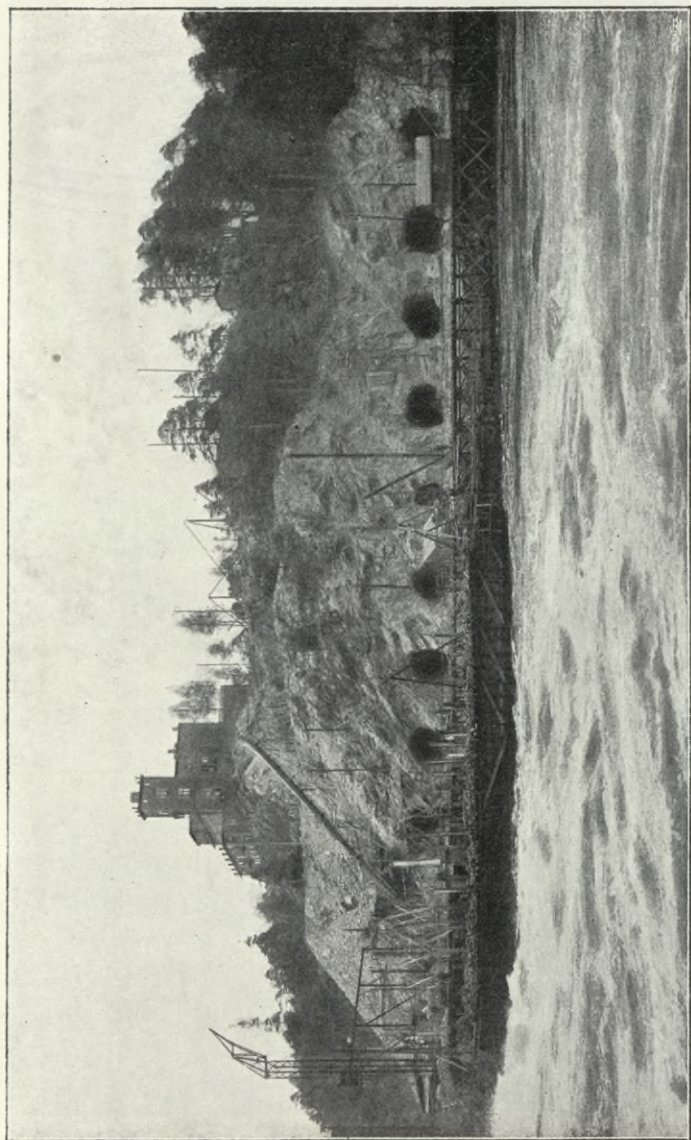




ZULEITUNGSRÖHR EINER TURBINE.

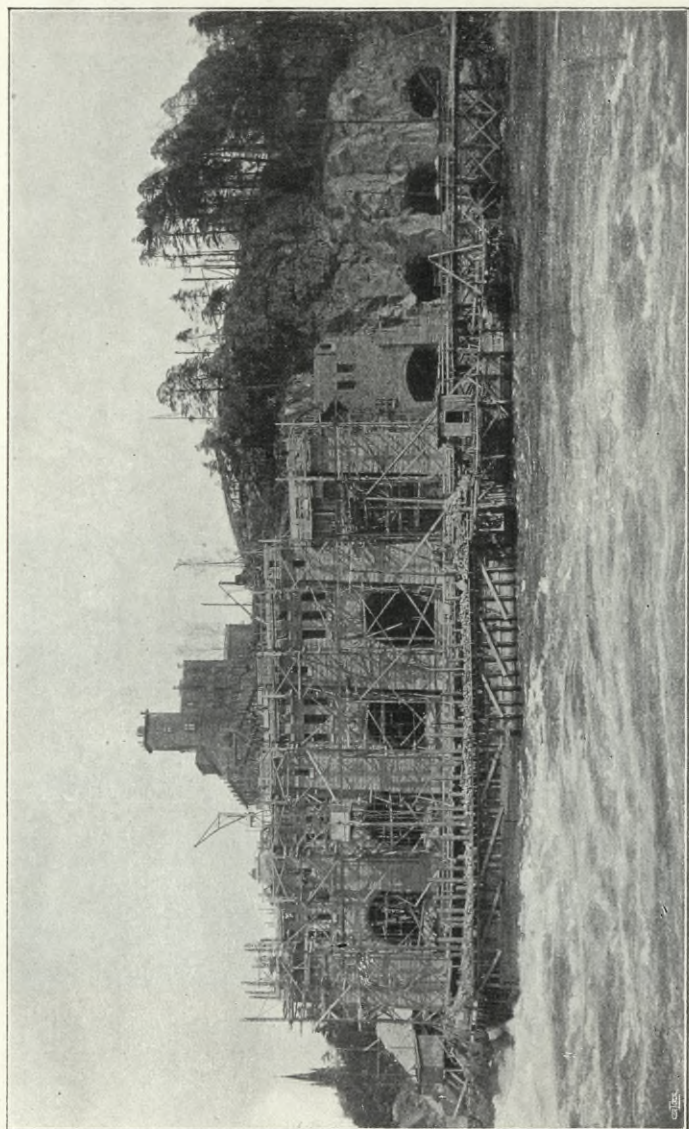






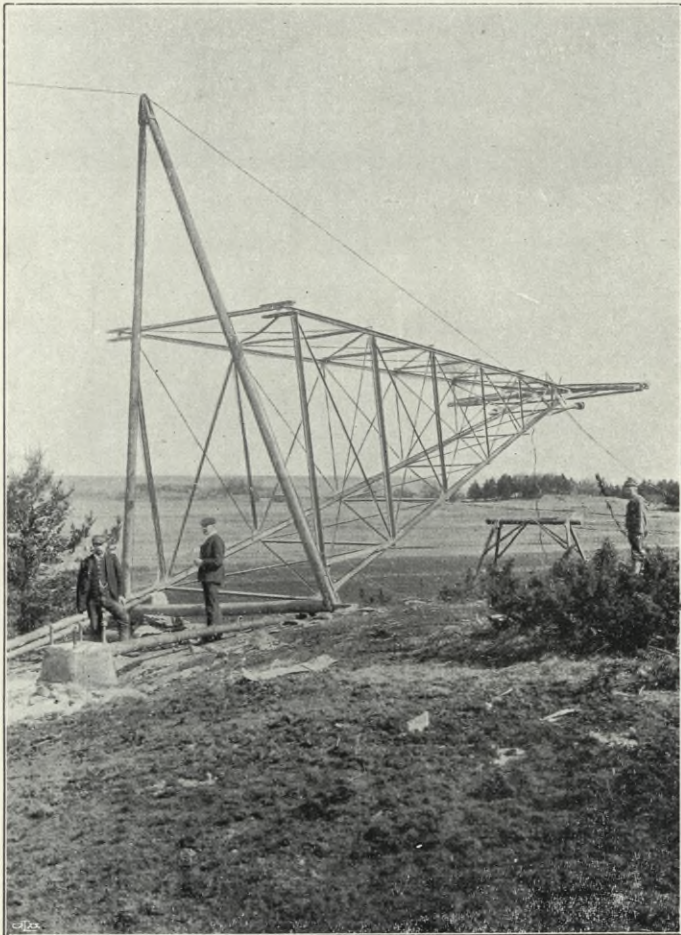
BAU DES KRAFTHAUSES (1908).





BAU DES KRAFTHAUSES (1909).





MONTIERUNG EINES ABSPANNMASTES DER KRAFTLEITUNG  
TROLLHÄTTAN - SKARA.

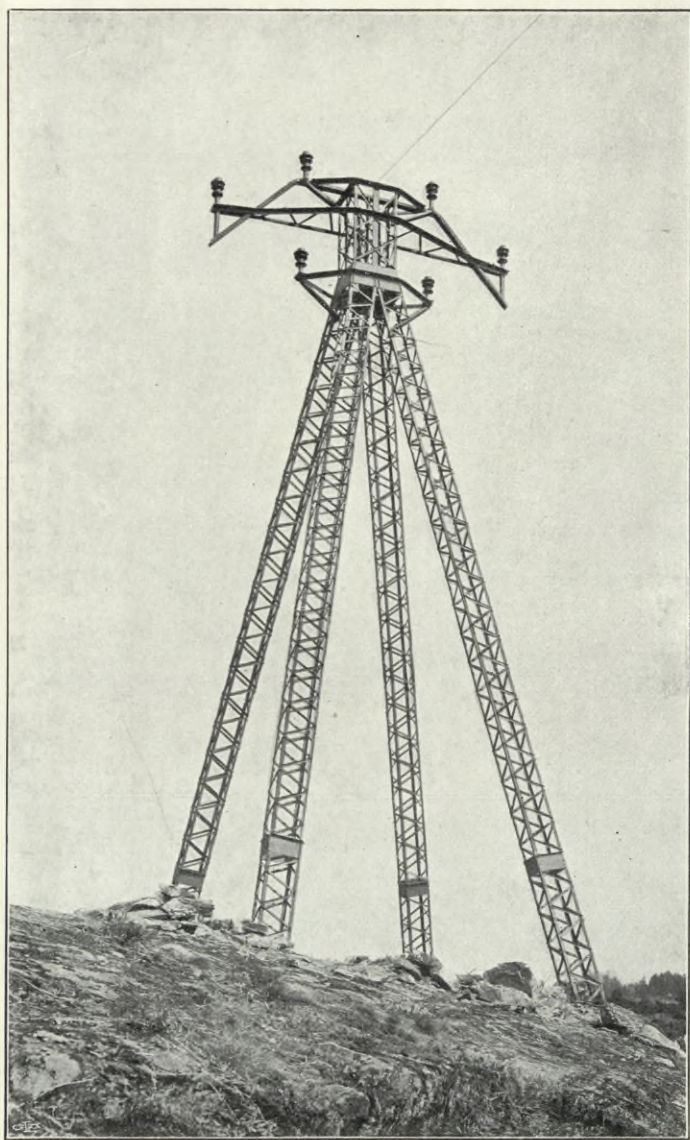




TRAGMAST DER KRAFTLEITUNG TROLLHÄTTAN—SKARA.

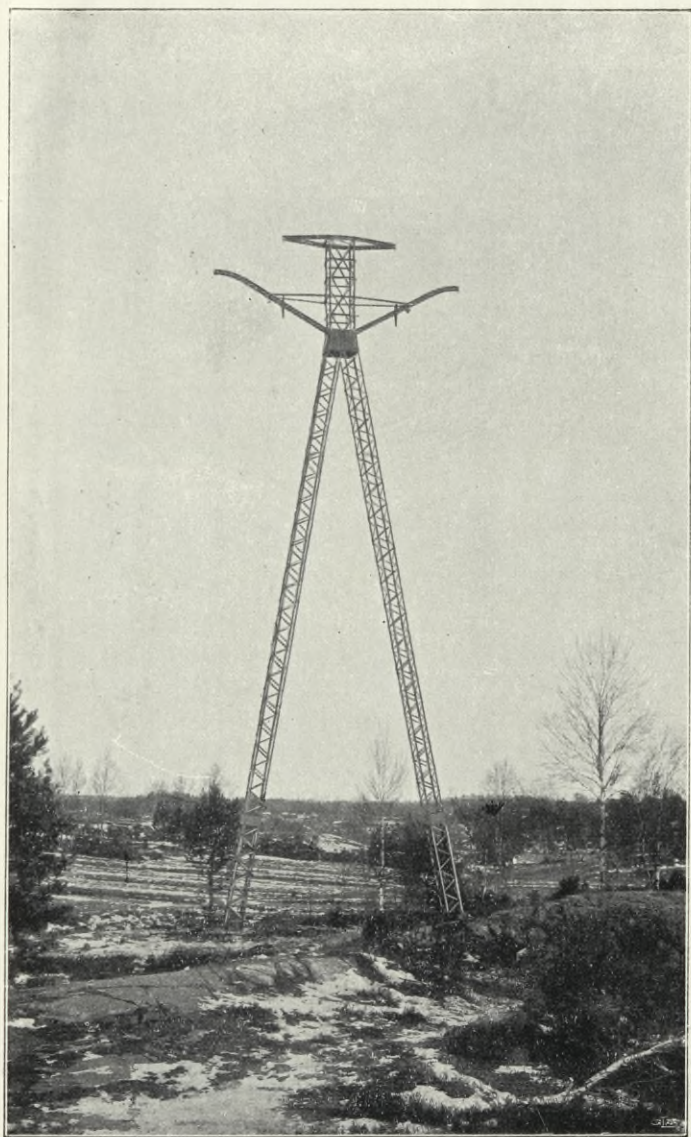






ABSPANNMAST DER KRAFTLEITUNG TROLLHÄTTAN—GOTHENBURG.





TRAGMAST DER KRAFTLEITUNG TROLLHÄTTAN—GOTHENBURG.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW





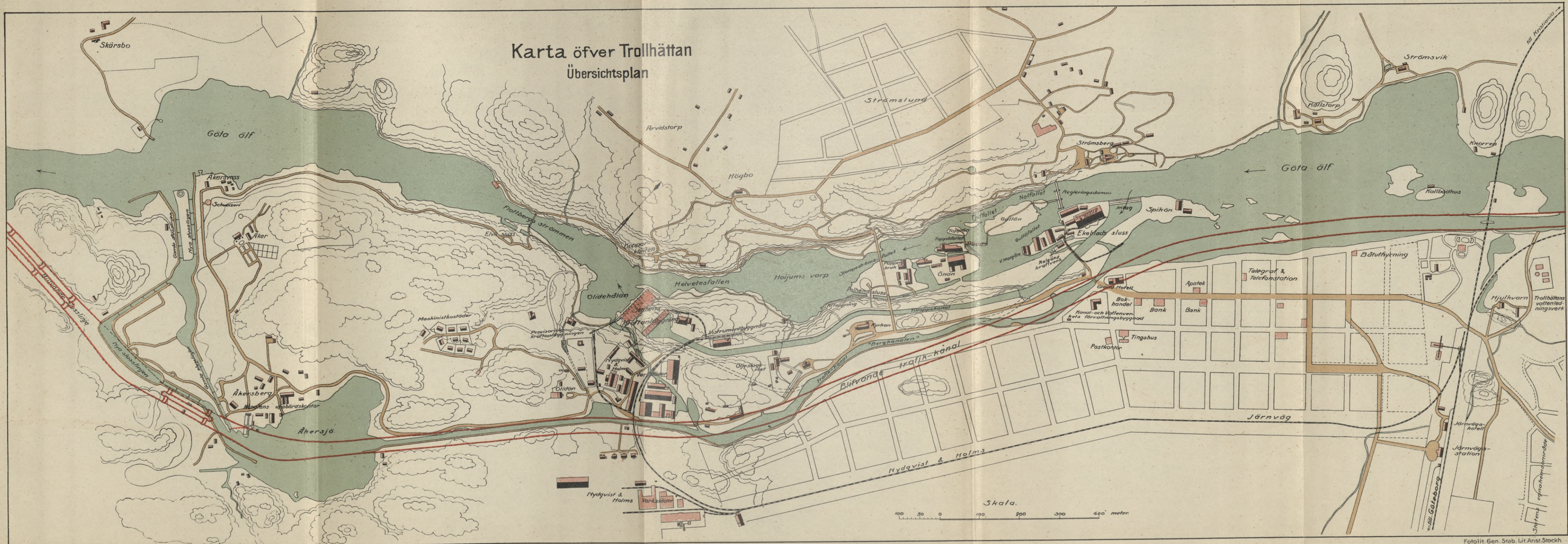


Karta  
 öfver  
 trakten kring Göta älf  
 mellan  
 Venern och Lilla Edet  
 Übersichtskarte der Umgebungen  
 des Göta Flusses  
 (Venern-Lilla Edet)



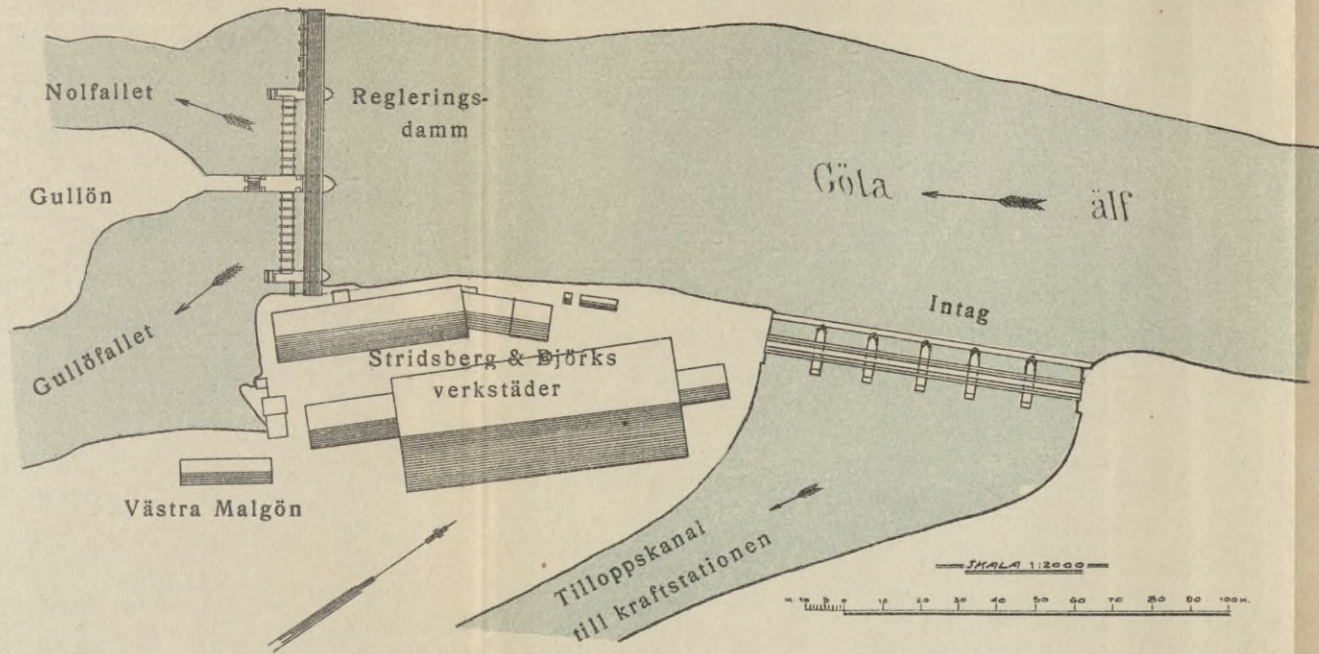


# Karta öfver Trollhättan Översichtsplan





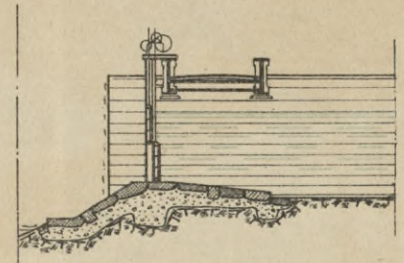
SITUATIONSPLAN



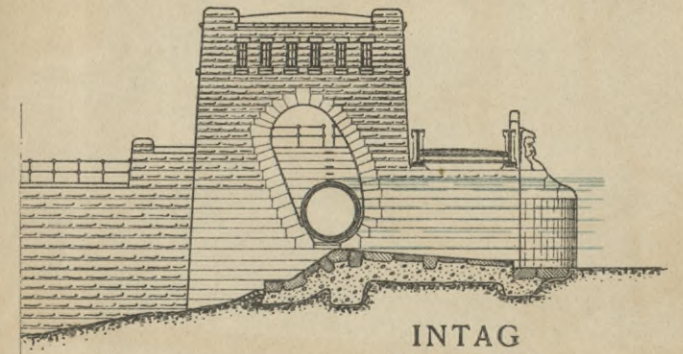
Kraftverk in Trollhättan  
Reguleringswehr und Einlauf  
des Werkkanals.

REGLERINGSDAMM

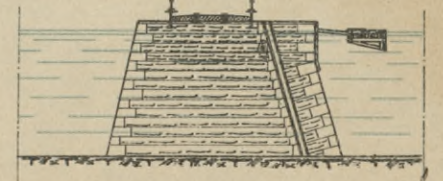
Sektion C-D.



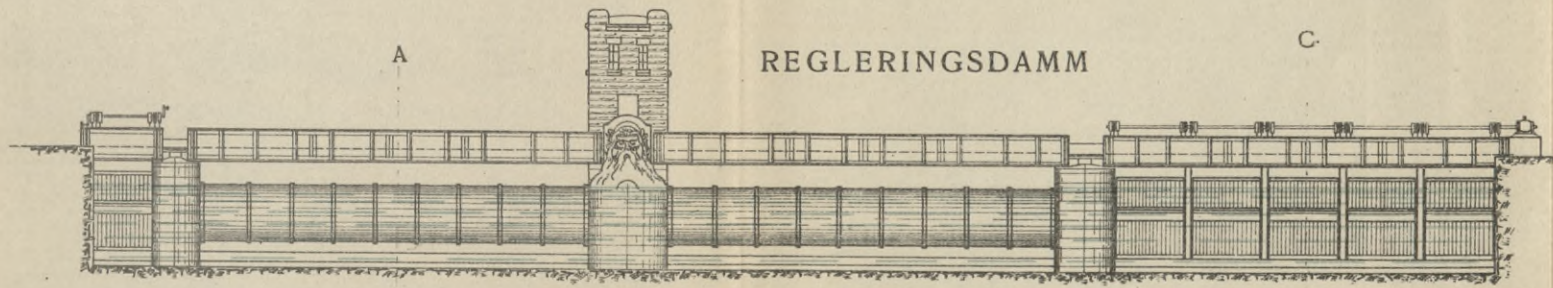
Sektion A-B.



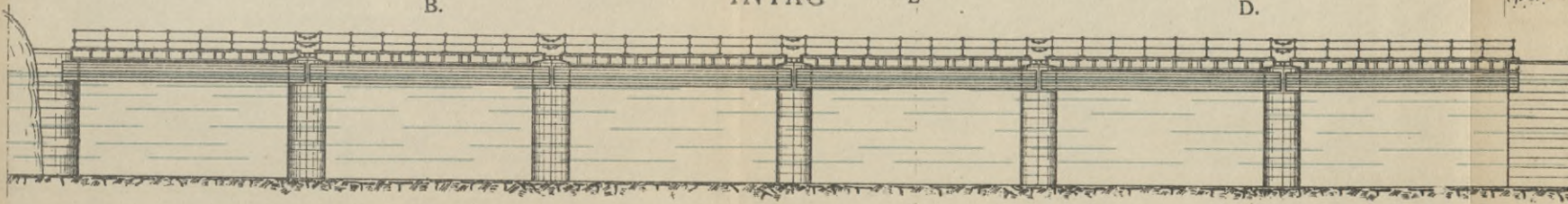
INTAG  
Sektion E-F.



REGLERINGSDAMM



INTAG



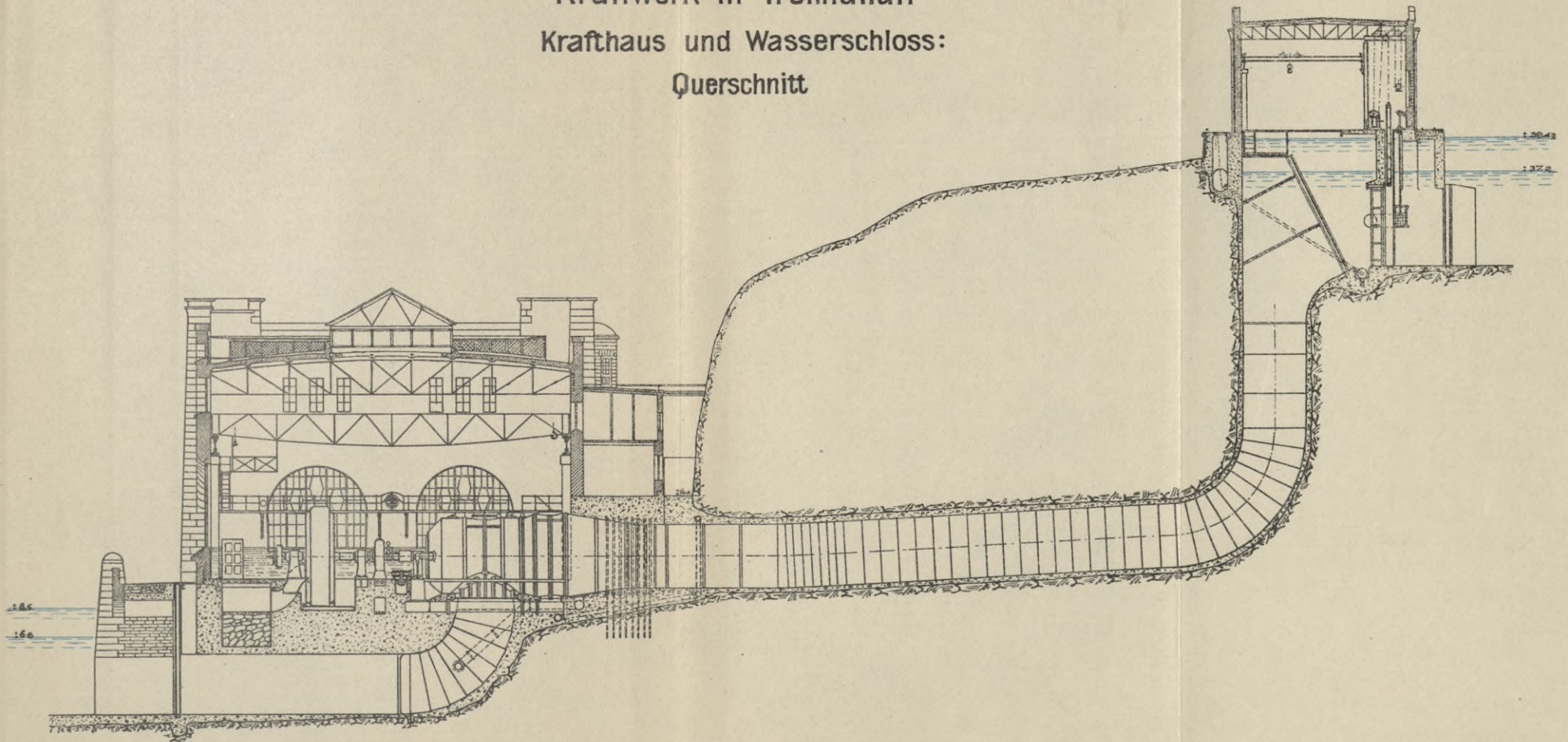
F.

SKALA 1:1000

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 m



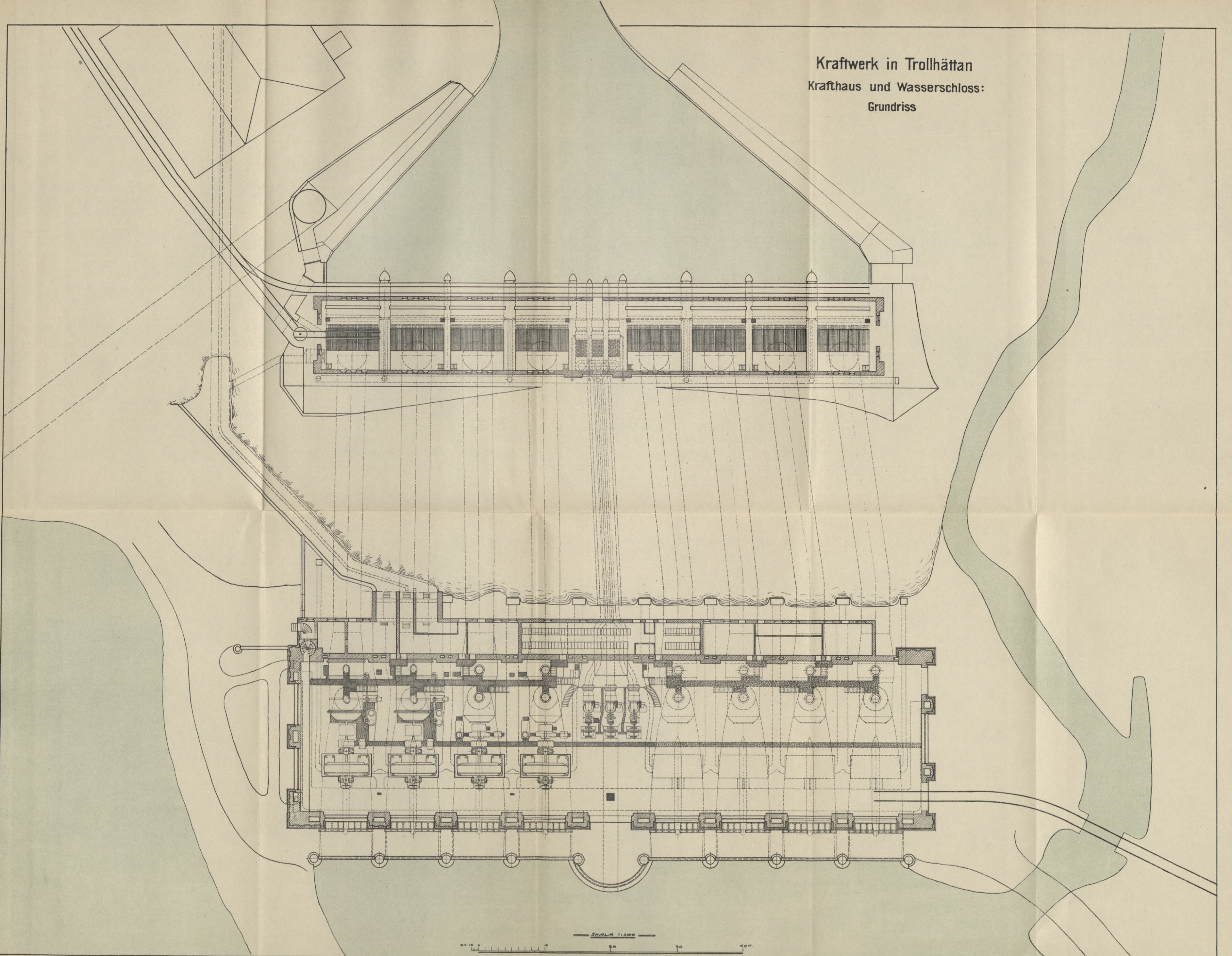
Kraftwerk in Trollhättan  
Krafthaus und Wasserschloss:  
Querschnitt



Stab 1:100  
0 10 20 30 Meter



Kraftwerk in Trollhättan  
Krafthaus und Wasserschloss:  
Grundriss



SKALA 1:1400  
0 20 30 40 M.

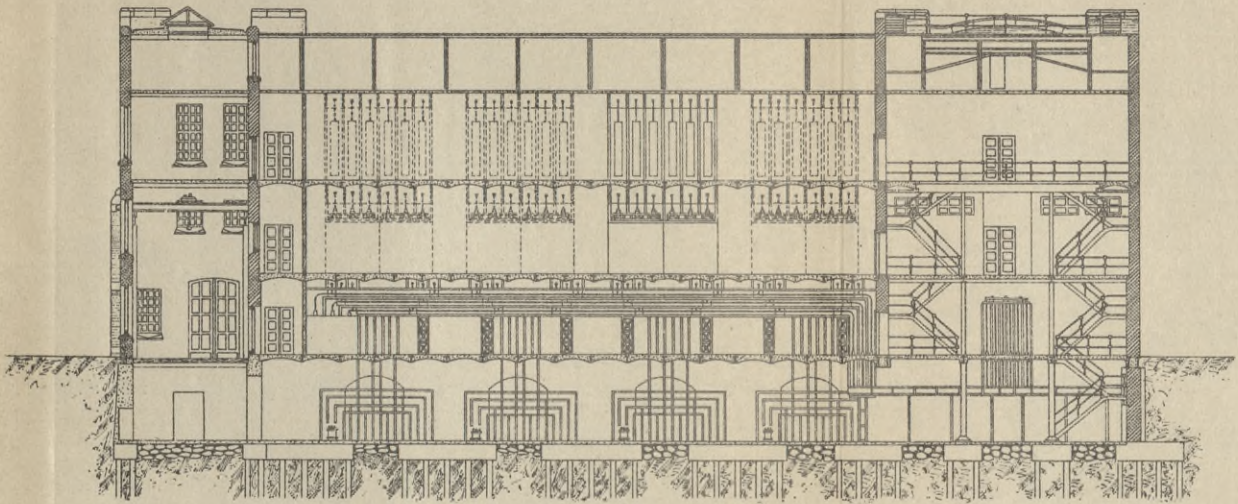
Network in Terminal  
Office and West Coast  
Building



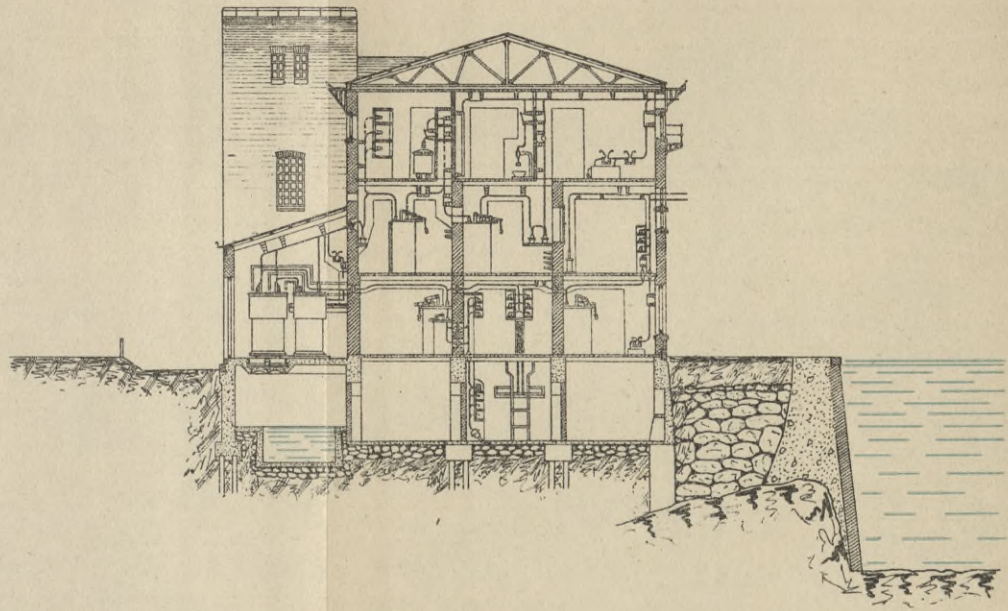
# Kraftwerk in Trollhättan

## Schaltgebäude.

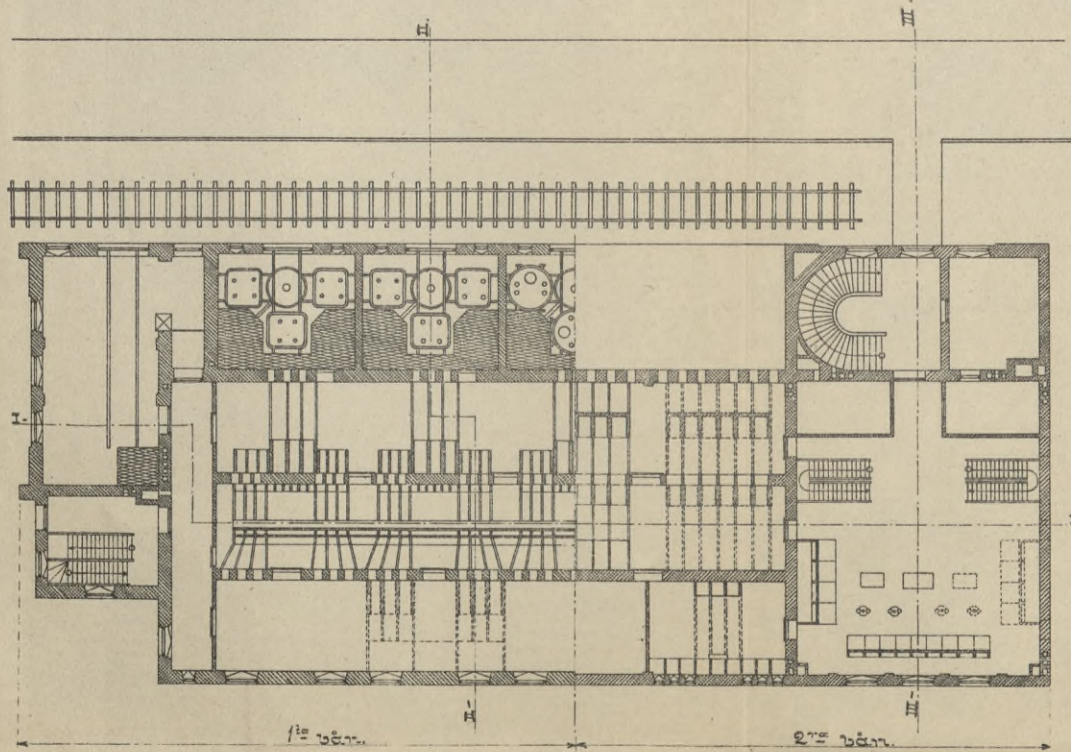
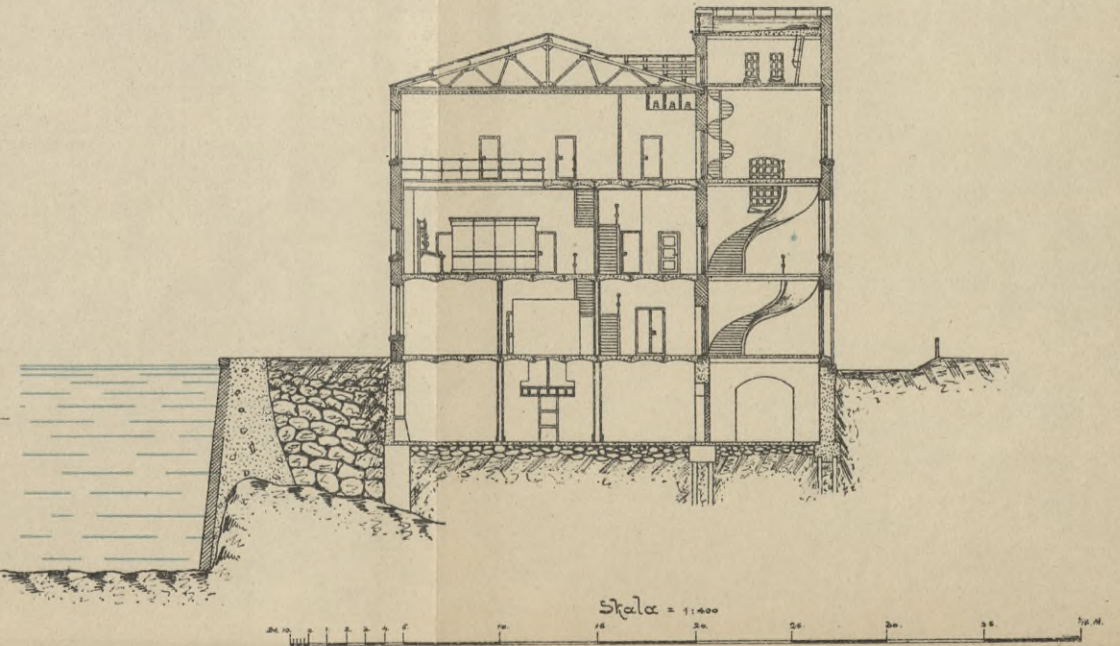
Sektion I-I.



Sektion II-II.



Sektion III-III.



Skala = 1:400

S. 61



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

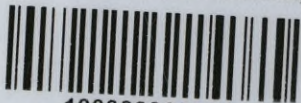
BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II 31147  
L. inw. ....

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10,000



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300019