

G. 47a
14.

Symphor

Symphor

Geheimer O. ordaurat

TROLLHÄTTAN



DESCRIPTION

PUBLIÉE PAR

LA DIRECTION ROYALE DES FORCES
MOTRICES HYDRAULIQUES

STOCKHOLM



G 37a
13

G 37a. 13

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300017

TROLLHÄTTAN



x
8431

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

II 31149



TEXTEN TRYCKT I CENTRALTRYCKERIET, STOCKHOLM 1909.

Akc. Nr.

2077/49

Le lac Venern est le plus grand lac intérieur *Aperçu général.* de la Suède et vient au troisième rang parmi les lacs de l'Europe, grâce à une superficie de 5570 kilomètres carrés; il se déverse par le fleuve de Göta, dont le débit est le plus fort de tous les cours d'eau du pays. Dans son parcours vers la mer il forme plusieurs chutes d'eau, dont celles de Trollhättan, si célèbres par leur beauté. A vrai dire, ces dernières forment une série de chutes et de rapides, dont la hauteur totale s'élève à 32 mètres environ. Ainsi que l'on peut s'en rendre compte par la carte de Trollhättan, les premières de ces chutes, en allant du nord au sud, sont celles de Nolfallet et de Gullöfallet, qui enserrant toutes deux la petite île de Gullö; viennent immédiatement après les chutes de Tjuffallet et de Toppöfallet, dont les immenses masses d'eau se précipitent à grand fracas dans les lits étroits que forme le torrent des deux côtés de la grande et de la petite île de Toppö. Les deux branches du fleuve se réunissent ensuite par la chute de Stampeström. Le spectateur peut contempler du haut du pont jeté par dessus cette chute le site ravissant et grandiose des chutes de Trollhättan. Au nord, il

voit les eaux du fleuve se ruer, dans leur beauté sauvage, au bas des rocs; à ses pieds, mugit la chute de Stampeström, tandis qu'en aval les escarpements des chutes de l'Enfer font bouillonner et écumer les eaux du fleuve. Au point où le lit du fleuve s'élargit, c'est-à-dire sur le bord du gouffre d'Olide en aval des chutes de l'Enfer, on construit actuellement, ainsi que nous l'exposerons plus bas, une station d'énergie en vue de transformer en houille blanche la force hydraulique des chutes de Trollhättan. En aval du gouffre d'Olide, les bords du fleuve se resserrant, celui-ci est obligé de se frayer un passage à travers les rapides de Flottbergsströmmen pour s'apaiser un peu ensuite. Celui qui veut avoir une idée exacte de la variété que Trollhättan peut offrir au spectateur, qu'il s'agisse soit d'une nature sauvage et grandiose, soit de paysages ouverts et riants, ne doit pas négliger de suivre le chemin qui mène des écluses de Åkersvass — sur le bord est du fleuve — en empruntant le pont jeté sur le Flottbergsströmmen pour continuer ensuite le long du bord ouest très escarpé, dominant le lit du fleuve de très haut. Quiconque goûte la beauté de la nature et qui fera cette excursion, en rapportera une impression fascinante du charme magique qui a rendu Trollhättan célèbre à juste titre, et qui lui a même valu l'épithète glorieuse de « Perle de la Suède méridionale ».

Il est évident que la station d'énergie actuellement en construction à Trollhättan nuira forcément, plus ou moins, à la beauté des chutes. Comme toutefois cette station n'est destinée à utiliser qu'une partie du débit approximatif, même au moment des plus basses eaux, il en résulte que les chutes,

quand le niveau des eaux est normal, resteront toujours une curiosité de tout premier ordre. Cela semble devoir être le cas d'autant plus qu'on ne saurait prétendre que la beauté d'une chute dépend uniquement de la quantité du débit. Les travaux actuellement en cours, en vue de la construction de l'installation de force hydraulique, ont, il est vrai, forcément donné aux bords du fleuve un aspect qui ne s'harmonise pas avec le reste de ce beau paysage. Toutefois l'État, pour le compte duquel on fait ces travaux, tient à réparer les dégâts inévitables et à protéger, dans la mesure du possible, cette perle de la Nature. La rive ouest, avec ses montagnes escarpées et boisées, est destinée à constituer, à tout jamais, un Parc national. Les masses colossales d'éclats des roches minées pour la construction du canal d'adduction des eaux qui recouvrent la rive est, seront dissimulées sous une couche de terre, ensemencées de gazon et plantées d'arbres. En outre, une grande partie des bâtisses qui bordent les chutes de ce côté-ci du fleuve viennent d'être tout récemment acquises par l'État pour être sous peu démolies, de façon à transformer le tout en parc.

Comme le fleuve de Göta ne présente qu'une longueur de 90 kilomètres, et qu'il est navigable sur tout son parcours, à l'exception du défilé de Trollhättan et de quelques autres parties où des chutes et des rapides formaient obstacle à la navigation, il est tout naturel qu'on ait conçu de bonne heure des projets en vue de créer — même sur ces derniers points — une voie navigable pour relier ainsi intimement le lac Venern à la mer.

*Canal de
Trollhättan.
Historique.*

Le roi Gustave I^{er} (Vasa), fondateur de l'État suédois moderne, nourrissait déjà des projets analogues, vers le milieu du XVI^e siècle. Mais des complications politiques et des difficultés d'ordre économique s'opposèrent à la réalisation de ces projets. Toutefois, ils furent repris par son fils puîné, le roi Charles IX, qui fit construire d'abord la partie de la nouvelle voie de communication la plus rapprochée du lac Venern et une écluse située au bord d'une autre chute plus en aval (Lilla Edet). Le roi Charles XII, à son retour des campagnes de Russie et de Pologne, après une absence prolongée pendant plusieurs années en Turquie, chargea Christophe Polhem de construire un canal entre le Venern et Gothembourg. Les travaux furent commencés au printemps de 1718; mais, avant même que la première écluse ait été achevée, la mort du roi survint, ce qui eut pour résultat la cessation des travaux, qui ne furent repris que vers le milieu du XVIII^e siècle. A cette époque, Polhem fut chargé, ainsi qu'une autre personne, d'élaborer le projet du canal. D'après ce projet, on devait tourner les chutes de Trollhättan à l'aide de trois écluses seulement. Approuvé en 1749, ce plan fut aussitôt mis à exécution, et un grand nombre de travaux furent effectivement achevés. Parmi ces travaux se trouvaient les dérivations éclusées, qu'on acheva en partie; les chambres de ces écluses, très profondes, existent toujours et sont marquées sur la carte. Ils sont connus sous les noms respectifs de «Écluse d'Ekeblad» — en face des ateliers de Stridsberg et Björek — «Écluse de Polhem» — entre la chute de Stampeström et l'église — et, enfin, «Écluse d'Elvius» — sur le

bord du Flottbergsström. Sur ce point, on avait l'intention de faire un barrage en travers du fleuve, en vue du passage des navires de l'écluse de Polhem dans celle d'Elvius. Ce barrage était en bonne voie d'achèvement lorsque survint, en 1755, une très forte crue, dont les eaux charriaient des quantités considérables de pièces de bois de charpente.

La pression fut si forte que le barrage fut en partie emporté; on en voit encore les restes sur la rive gauche, près du pont suspendu qui traverse le fleuve en ce lieu. Cette catastrophe fit douter de l'opportunité et de la possibilité d'exécution du projet élaboré par Polhem. Ce ne fut que vers la fin du XVIII^e siècle qu'on reprit sérieusement la question. Après une enquête, on refit d'autres plans pour cette entreprise. Entre 1794 et 1800, une société spécialement formée dans ce but, acheva le nouveau canal de Trollhättan. On s'y sert encore aujourd'hui d'une série de ces écluses en gradins, construites par cette société. Les dimensions de ces écluses sont: tirant d'eau au seuil = 1.90 m.; largeur = 6.44 m.; longueur = 35.00 mètres.

Comme le canal de Göta, qui relie à la Baltique les grands lacs Venern, Vettern, ainsi que quelques autres petits, fut achevé en 1832 et que les dimensions de ses écluses étaient plus grandes que celles des écluses du canal de Trollhättan, il fut question de refaire ce dernier.

La nouvelle société du canal de Trollhättan une fois constituée, fit construire, de 1838 à 1845, un autre canal qui suivit dans ses grandes lignes le même parcours que l'ancien, mais pour lequel on fit à Trollhättan une nouvelle série d'écluses aux

dimensions suivantes : tirant d'eau au seuil = 2.97 m.; largeur = 7.43 m.; longueur = 35.62 m.

Mais, peu de temps après l'achèvement de ces nouvelles écluses, on s'aperçut que le canal était trop petit. C'est pourquoi on fit de nouveaux plans pour doubler les écluses — sans y donner suite d'ailleurs.

*Vote de la
reconstruction
du canal.*

Quand l'État, en 1905, se fut rendu acquéreur des propriétés de la nouvelle société du canal de Trollhättan, et, de ce fait, se trouva propriétaire du canal et de terrains considérables à Trollhättan, les projets de reconstruction du canal prirent un nouvel essor, d'autant plus que le trafic s'étant rapidement accru dans le courant des dernières années menaçait de devenir de beaucoup supérieur à ce que le canal pouvait transporter.

Après un examen approfondi de la question, on déposa un projet détaillé, en vue de la reconstruction de la voie navigable Venern-Cattégat, au Riksdag de cette année (1909), qui accorda les crédits nécessaires, 22.8 millions de couronnes, pour l'accomplissement des travaux. Ces derniers seront commencés cette année même, et on pense qu'ils seront achevés vers 1915.

En ce qui concerne les traits principaux de ce plan, dont l'exécution est aujourd'hui chose résolue, nous pensons que les indications suivantes présenteront quelque intérêt.

La nouvelle voie de communication suivra, dans sa plus grande partie, le même parcours que la voie actuelle, mais, toutefois, avec un tracé plus droit, ainsi que quelques autres modifications.

En outre, les futures écluses seront distribuées de façon à ce que celles qui existent actuellement

puissent servir — tant pendant la durée des travaux qu'à l'avenir — à l'éclusage des remorqueurs et autres petits navires. La longueur de la voie de communication, à partir du point près de Venersborg, où la profondeur du Venern devient suffisante, jusqu'aux confins du port de Gothenbourg, s'élève à 86.5 km. environ, dont 12 forment un canal tout artificiel présentant plusieurs écluses; 4 kilomètres constituent le passage suivi par les navires traversant le Venern et le Vassbotten, tandis que le fleuve de Göta est utilisé sur un parcours de 70.5 kilomètres. Il est à noter à ce propos que même pour le fleuve il sera nécessaire, en plusieurs points, de faire d'importants travaux de dragage et de dérochement, pour que la nouvelle voie de communication réponde aux exigences qui en ont déterminé l'entreprise. Le projet comporte le nivellement des eaux de la mer et du Venern au moyen de six écluses seulement, alors que, dans le canal actuel, si l'on utilise la soi-disant nouvelle ligne de Trollhättan, le nombre des écluses s'élève à 16. Sur les 6 nouvelles écluses, 4 serviront à vaincre les obstacles opposés par les chutes de Trollhättan. La différence de niveau entre chaque écluse sera pour celles-ci de 8 mètres environ.

Les dimensions de la nouvelle voie ont été établies de façon à livrer passage aux navires d'un tirant d'eau de 4 mètres et d'un jaugeage de 1,300 tonnes environ. Ainsi le grand lac Venern sera ouvert aux navires qu'il y a avantage à affréter pour tous les ports de la Baltique et de la mer du Nord, ainsi que pour les ports français de l'Atlantique. Afin de pourvoir, le cas échéant, aux futurs besoins d'agrandissement du canal, on a dé-

cidé dès à présent de donner aux écluses et aux ponts mobiles, ainsi qu'à quelques autres travaux de moindre importance, les dimensions nécessaires au passage de navires d'un tirant d'eau de 5 mètres. Cela permettra, à l'avenir, de rendre la voie accessible, sur tout son parcours, aux navires jaugeant jusqu'à 2,400 tonnes, c'est-à-dire aux navires pouvant soutenir la concurrence même pour d'aussi lointaines destinations que la Méditerranée.

Les dimensions des écluses seront: tirant d'eau au seuil = 5.5 m.; largeur = 13.7 m.; longueur = 89.0 m.

*Utilisation
de la force
motrice.*

La différence de niveau totale entre le lac Venern et la mer s'élève à 44 mètres environ, dont 32 à peu près sont pour les chutes de Trollhättan, ainsi qu'on l'a dit plus haut. Les questions relatives à la législation sur les cours d'eau étaient, à Trollhättan, fort compliquées et peu étudiées à l'époque où on commença à se rendre compte de la valeur réelle que représentait la houille blanche. En 1901, l'État suédois devint, par décision du tribunal, propriétaire incontesté de la plus grande partie des forces hydrauliques considérables que représentent les chutes de Trollhättan. Par des achats faits ultérieurement, l'État s'est également rendu acquéreur des forces hydrauliques de Trollhättan qu'il ne possédait pas encore — savoir les chutes de Vargön, entre le Venern et les chutes de Trollhättan, ainsi que celles de Ström et de Lilla Edet, en aval de Trollhättan: l'État s'est ainsi rendu maître de la houille blanche du fleuve de Göta tout entier.

Le débit minimum actuel du fleuve est de 320 mètres cubes par seconde, tandis que le débit

maximum s'élève à 900 mètres cubes par seconde.

Par le réglage du Venern on pourra, toutefois, augmenter considérablement le débit minimum du lac, ce qui permettra à l'État de pouvoir compter à l'avenir sur une énergie totale de 200000 chevaux environ, fournis par les chutes du fleuve de Göta dont il est propriétaire. Ajoutons que cette région présente d'excellents moyens de communication, qu'elle se trouve située non loin de Gothenbourg, ville commerçante la plus importante de la côte occidentale de la Suède, et qu'enfin elle forme un des centres les plus peuplés de ce pays.

L'État fait actuellement construire une station d'énergie à Trollhättan susceptible d'utiliser 250 mètres cubes par seconde, ce qui correspond à 80000 chevaux-turbine. La construction de cette usine sise sur la rive gauche du fleuve a été commencée en partie vers la fin de 1906; elle sera terminée vers la fin de 1909. Nous croyons opportun d'en donner ici une description succincte.

Le barrage servant au réglage du fleuve sera construit sur le roc, près du seuil de la première des chutes en amont. Le barrage présentera quatre ouvertures séparées par des piles en granit maçonné. Les deux ouvertures du milieu, large chacune de 20 mètres, seront fermées au moyen de barrages-tambour de 3,6 mètres de diamètre. L'ouverture qui sera construite la première sera celle de l'extrême droite, en dehors du vrai lit du fleuve. On la fermera au moyen de cinq vannes d'une largeur de 3,7 mètres, consolidées par des étais fixés au seuil.

*Station
d'énergie.*

Ces vannes, dont l'armature est de fer et le tablier de bois, sont divisées en deux dans le sens de la hauteur et peuvent à volonté être levées ou baissées. On ne les munira pas de rouleaux de friction. La saillie du barrage la plus à gauche mesure trois mètres de large et est pourvue d'une vanne construite comme les autres. Les barrages-tambour, aussi bien que les vannes, pourront être actionnés par des moteurs électriques, ou commandés à la main; toutes les saillies pourront, en vue des réparations éventuelles, être closes à l'aide de barres d'acier s'appuyant, partie sur le tablier supporté par les piles, partie sur le seuil. On a particulièrement pris en considération, dans la construction du barrage, ce fait que la débâcle du fleuve est parfois tumultueuse. Si celle-ci a lieu au moment d'une crue, les glaçons seront projetés de l'autre côté du barrage par les ouvertures centrales grandes ouvertes. Par contre, au moment des basses eaux, on créera un passage à la glace en levant les rouleaux ou les vannes.

La prise d'eau destinée à l'alimentation de la station d'énergie se trouve à 120 mètres environ en amont du barrage; elle est fermée par six ouvertures, chacune d'une largeur de 12 mètres que séparent les unes des autres des piles maçonnées. Devant ces ouvertures on placera un chasse-glace flottant, solidement ancré, construit en forts croisillons de bois, et muni d'une pièce verticale descendant jusqu'à 90 centimètres environ au-dessous de la surface de l'eau. Comme on ne se sert pas du mode de flottage désordonné des bois sur le fleuve de Göta et que, par conséquent, on n'a pas à craindre les bois submergés, on ne fera pas

pour commencer d'estacades; ces dernières risqueraient, en effet, de présenter de sérieux inconvénients au moment où l'eau suffisamment refroidie menacerait de se congeler à leur contact.

A l'avenir, du reste, on pourra facilement établir, au besoin, une estacade qui s'appuierait au pont soutenu par les piles, ainsi qu'à une forte poutre servant de fondement. Les amorces des prises d'eau pourront être fermées grâce à quatre vannes d'une largeur de 4 mètres environ, soutenues par de forts étais qui, au moment de la fermeture, s'enfonceront dans des arrêteoirs tout en s'appuyant au tablier du pont. Pour manœuvrer les vannes et les barres d'acier, on fera l'acquisition d'une grue mobile montée sur un châssis à roues.

L'amorce de la prise d'eau est calculée pour un débit de 350 mètres cubes par seconde, soit le débit maximum sur lequel, après le réglage du Venern, on pourra vraisemblablement compter d'une façon constante jour et nuit. La rapidité du courant, dans la prise d'eau, sera de 1 mètre environ. Le canal adducteur sera d'une longueur d'à peu près 1300 mètres; il sera soit maçonné, soit construit dans le roc miné à cet effet. La partie la plus rapprochée de l'amorce a été calculée pour le même débit que celle-ci, soit 350 mètres cubes par seconde. A une distance de 350 mètres de l'amorce, on diminuera la section du canal qui ne débitera plus que 250 mètres cubes par seconde. Après le réglage du Venern, on reliera ce point au central d'énergie par un nouveau canal d'un débit de 100 mètres cubes par seconde. A cet effet on utilisera une partie du canal de navigation actuel. Ce canal, après l'imminente reconstruction générale

du canal de navigation, pourra être utilisé pour la station d'énergie sur un assez long parcours. Immédiatement en aval du point de jonction futur on construira, dans le canal adducteur, un barrage formé par une seule grande vanne, type Stoney, qui mesurera 17 mètres de large sur 9 de haut, et dont le poids sera de 60 tonnes.

En amont de cette vanne, le canal, qui est calculé pour la rapidité d'un courant de 2.2 mètres par seconde, présentera une coupe transversale de 114 mètres carrés au moment des basses eaux. Toutefois, la forme de cette coupe variera quelque peu, mais, en général, on choisira celle qui sera susceptible de fournir un maximum de profondeur hydraulique moyenne correspondant à une largeur du fond de 14.2 et à une profondeur de 7.7 m. Cependant, sur une partie du parcours, où l'espace plane est très limité, et où la surface des assises rocheuses naturelles est d'un niveau élevé, la largeur du fond sera réduite à 10.5 m., avec un tirant d'eau de 10 m. Il y aura entre ces différentes coupes des transitions insensibles qui permettront d'éviter les remous.

Sur le point le plus profond du canal, on établira une vanne de mise à sec, parfaitement étanche. Dans la dernière partie, le canal adducteur présentera, sur un parcours de 35 mètres, des parois verticales et unies, garnies de briques au-dessous de la surface de l'eau, et de granit taillé au niveau de l'eau. En effet, on se propose de procéder dans cette partie du canal, pour se rendre compte du rendement des turbines, à des mesurages du débit en se servant de la méthode bien connue inventée par M. E. Anderson, professeur à Stock-

holm. Sur le canal, on jetera trois ponts, dont deux seront à croisillons de fer, et le troisième, en béton armé.

Les parois du canal seront en granit cimenté quand elles n'auront qu'une hauteur de 6 à 7 mètres, tandis que celles dont la hauteur dépassera 7 mètres seront en béton. Pour la construction des murs en béton on se servira d'un alliage composé de 1 partie de ciment, 5 de sable et 7 de pierre. Contre le roc on appliquera d'abord un enduit de ciment, puis une couche de béton gras large de 10 cm., (1 partie de ciment, 2 de sable et $2\frac{1}{2}$ de pierre finement concassée). Sur la paroi du côté de l'eau, on appliquera également une couche de béton gras épaisse de 7,5 cm. (1 de ciment, 2 de sable et $2\frac{1}{2}$ de pierre concassée), puis, sur cette couche, un enduit de ciment qui recouvrira la paroi, tout en laissant un espace libre de 4 mètres de large, à compter du bord supérieur. Derrière la couche étanche ci-dessus on posera des tuyaux de drainage en briques de 50 mm. de diamètre, placés à une distance de 0,5 mètres les uns des autres; on installera également un nombre suffisant de tuyaux collecteurs, de façon à ce que la paroi ne soit pas exposée à une pression exercée de bas en haut par les eaux. La surface d'étanchement sera protégée contre l'usure occasionnée par l'eau courante, par un revêtement de pierres taillées et cimentées d'une épaisseur de 0,5 m. Afin d'éviter les fissures préjudiciables à la parfaite étanchéité, on construira le mur en monolithes longs de 10 mètres au maximum. Ces derniers s'emboîteront comme mortaise et tenon, et une toile bitumée importée d'Amérique, y fera office de joint.

Le bassin de distribution sera placé sur la crête de la colline, à l'est du gouffre d'Olide. Sur les côtés du bassin de distribution, on ménagera, pour le déversement du trop-plein, des ouvertures à fleur d'eau d'une longueur totale de 72 mètres. Ces ouvertures, en cas de fermeture simultanée de tout ou partie des régulateurs des turbines, seront utilisées pour déverser les eaux amenées par le canal, afin d'éviter ainsi l'inondation du central de force. L'eau sera conduite, de ces ouvertures, dans le fleuve par des tunnels.

Près des amorces on construira un chasse-glace à chaque extrémité du bassin de distribution. Les vannes et les estacades devant les amorces seront surmontées d'une superstructure en granit et en béton. Chaque turbine sera alimentée par une conduite spéciale partant d'une chambre à part, qui se fermera au moyen d'une vanne. La grille arrête-glace, qui sera dans le bassin même, pourra, lorsque celui-ci sera fermé, être débarrassée des glaces indépendamment des autres grilles. La vanne-fermeture, qui est du type Stoney, aura une largeur de 8 mètres. Cette vanne s'appuiera, partie sur des entailles faites au mur, partie sur deux étais et sera manœuvrée soit au moyen d'un treuil électrique, soit à la main. L'abaissement de la vanne, si par hasard un accident arrivait à la turbine, pourra s'effectuer rapidement grâce à une commande électrique placée dans le bâtiment de distribution. La rapidité avec laquelle s'écouleront les eaux par l'ouverture libre de la grille arrête-glace s'élèvera à 1 mètre environ par seconde. En vue d'éviter le plus possible les perturbations dans le fonctionnement, lorsque la glace menacera

de boucher tous les orifices, on étudie actuellement différents projets de constructions spéciales.

Le poisson qui aura suivi les eaux du canal adducteur jusqu'à la grille arrête-glace pourra, grâce à une excavation pratiquée dans le fond immédiatement devant la grille, être amené par des conduites à un bassin collecteur parallèle au bassin de distribution; de là il sera conduit dans le fleuve.

Du bâtiment où se trouve l'amorce des prises d'eau, l'eau sera amenée au central d'énergie par huit grandes conduites et trois petites: celles-là d'un diamètre de 4.25 m., alimentant les huit grandes turbines, et celles-ci d'un diamètre de 1.2 m., alimentant les trois turbines excitatrices. Ces conduites sont formées par des tunnels creusés dans le roc et revêtus de béton et de tôle. Chaque conduite a une longueur de 60 mètres environ.

Les turbines, construites avec des arbres horizontaux, de même que les générateurs directement embrayés sur elles, constitueront la partie essentielle du central d'énergie. Les grandes turbines développeront normalement 10000 chevaux-turbine pour une vitesse de rotation de 187.5 tours à la minute, et pour une hauteur nette de chute de 30.5 mètres; toutefois, le rendement maximum pourra être porté à 12500 chevaux.

Chaque turbine aura deux roues et sera logée tout entière dans une huche (turbines frontales jumelles). Des puits ouverts verticaux donneront accès aux paliers. Chaque groupe sera desservi par une installation de régulateurs particuliers, comprenant un régulateur, un servo-moteur, ainsi qu'une pompe à huile; toutefois, les différents

systèmes de régulateurs pourront, au besoin, être embrayés les uns sur les autres.

Les turbines excitatrices des générateurs à courant uniforme seront frontales et à roue unique. Chacune d'entre elles sera d'un rendement de 500 chevaux pour une vitesse de rotation de 410 tours à la minute.

La plus grande partie des matériaux nécessaires aux différentes installations de Trollhättan sera fournie par des fabricants suédois. C'est ainsi que deux des quatre grandes turbines seront faites par MM. Nydqvist & Holm de Trollhättan, et les deux autres, par la succursale des ateliers mécaniques de Karlstad, à Kristinehamn. La fabrication des générateurs et de la plus grande partie des appareils électriques a été confiée à la société Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget de Vesterås.

*Outillage
électrique.*

Les générateurs produiront un courant alternatif triphasé d'une tension de 10000 à 11000 volts et de 25 périodes par seconde; chargés en permanence leur maximum de débit est de 11000 kilovoltampères. Afin d'éviter, dans la station d'énergie, une température par trop élevée et le tirage venant des machines, ainsi que pour en affaiblir le bruit, on renfermera complètement ces machines dans des chapeaux en fonte. Les rotors seront munis d'ailettes de ventilation aspirant, par des caniveaux spacieux et fermés, l'air frais provenant de prises d'air qui, partant du toit, courront à l'intérieur des piliers de soutènement et arriveront sous le dallage de la salle de machines. L'air réchauffé dans les générateurs sera refoulé au dehors, en été, par des caniveaux également fermés; en hiver, dans une chambre à air chaud, d'où cet air chaud sera

distribué, au fur et à mesure qu'on en aura besoin, soit aux différentes parties du bâtiment des générateurs, soit au bâtiment d'entrée des conduites forcées, soit enfin au bâtiment de distribution. Pour l'excitation des générateurs, pour l'éclairage et les machines auxiliaires du central de force, on se servira d'une installation à courant continu établi pour une tension de 220 volts. Cette installation sera commandée par les trois turbines de 500 chevaux ci-dessus mentionnées, placées au milieu du central de force, chacune étant accouplée à un générateur à courant continu de 350 kilowats fournissant une tension de 220 à 300 volt. Une batterie d'accumulateurs d'une capacité de 4800 ampère-heures sera montée en parallèle avec les générateurs à courant continu en tampon et comme réserve. L'installation de distribution pour le courant continu se trouvera placée sur un balcon au centre de la salle des machines et près des générateurs à courant continu.

L'excitation des générateurs ne se réglera pas, comme d'habitude, à l'aide de rhéostats-régulateurs en série, mais moyennant des survolteurs directement accouplés, dont la tension, grâce à une excitation indépendante, pourra varier de 220 à 110 volts. Cela permettra de donner, à volonté, aux générateurs une tension d'excitation de 0 à 330 volts.

Du central de force on conduira le courant triphasé par des câbles passant sous un tunnel au bâtiment de distribution distant de 200 mètres environ. Le tunnel en question sera composé de quatre sections complètement séparées les unes des autres, ayant chacune des câbles pour 2 générateurs.

Le bâtiment de distribution contiendra des transformateurs destinés à élever le courant triphasé de 10000 à 52000 volts, ainsi que l'installation de distribution du courant triphasé, un atelier de montage, un laboratoire, etc.

Originellement, on avait eu l'intention de construire le bâtiment de distribution dans la proximité immédiate du central de force. Étant donné toutefois la configuration du terrain, on jugea opportun de construire ces bâtiments dans deux endroits différents.

Dans sa partie centrale, le bâtiment de distribution comprend une salle de commande permettant de surveiller et de diriger le fonctionnement de l'installation triphasée.

Dans cette salle se trouvent des tableaux et des pupitres de distribution en marbre, sur lesquels sont montés tous les instruments nécessaires à la répartition de la charge de l'installation triphasée, ainsi que tous les appareils de signaux avertisseurs indispensables au contrôle. De la salle de commande, on règle la tension des générateurs triphasés, soit chacun à part, soit plusieurs à la fois. C'est de ce point également qu'on règle, par la voie électro-magnétique et grâce à l'emploi d'interrupteurs auxiliaires, la mise en circuit et la mise hors circuit des interrupteurs desservant l'installation triphasée. Les interrupteurs auxiliaires ont été introduits dans un schéma des connexions en miniature placé sur les pupitres de contrôle, schéma comprenant des signaux mobiles pour tous les appareils et des signaux fixes pour les conducteurs, les générateurs et les transformateurs. Les signaux mobiles ou appareils en miniature se

manœuvrent soit automatiquement, soit à la main, de façon à permettre qu'on puisse se rendre compte à chaque instant de la manière dont l'installation est commutée.

Dans la salle de contrôle, il y a un central téléphonique permettant de communiquer avec le central de force, ainsi qu'avec les stations de transformateurs. Les ordres nécessaires au fonctionnement normal sont transmis au central de force à l'aide d'un télégraphe électrique, le bruit des machines rendant très difficile la communication téléphonique avec le central de force.

L'une des ailes du bâtiment de distribution est occupée par un hall destiné au montage et à la réparation des transformateurs; on y trouve aussi un laboratoire, des entrepôts et un monte-charge électrique. Ce hall est complètement séparé de l'installation à haute tension.

Les transformateurs sont situés dans une rangée de cellules dans la partie du bâtiment de distribution qui donne à l'ouest. Il y a quatre cellules de chaque côté de la partie centrale, dont chacune est destinée à recevoir un groupe de transformateurs. Chaque groupe de transformateurs se compose de trois transformateurs monophasés, dont le rendement maximum, pour chacun, est de 3670 kilovoltampères.

Donc, en ce qui concerne la puissance, ces transformateurs correspondent à un générateur triphasé; ils sont à bain d'huile, et réfrigérés par l'eau. Afin d'éviter les risques d'incendies, risques qu'entraîne toujours, plus ou moins, l'emploi des transformateurs à bain d'huile, les cellules sont complètement fermées; un dispositif spécial permet, en outre,

l'évacuation rapide de l'huile. En vue de contrôler le degré de réfrigération obtenu par l'eau, on a placé, dans les conduites d'eau froide de chaque transformateur, des signaux à contact qui donnent l'alarme si l'eau destinée à la réfrigération vient à manquer. Si, dans l'un quelconque des transformateurs, la température dépasse la limite voulue, ce sont des thermomètres à maxima placés dans les transformateurs qui servent d'avertisseurs.

L'eau destinée à la réfrigération des transformateurs est élevée au moyen de pompes installées dans la cave du bâtiment de distribution. Ces pompes sont au nombre de quatre, mues par des moteurs électriques et fournissant 1500 litres par minute pour une élévation de 15 mètres, soit respectivement 500 litres par minute pour une élévation de 25 mètres.

Ces pompes servent également pour les appareils protecteurs ci-dessous mentionnés contre les décharges atmosphériques et les surtensions. Deux de ces pompes suffisent au bon fonctionnement de l'installation ; les deux autres sont en réserve. Deux citernes d'une capacité totale de 50 mètres cubes d'eau font office de réserve supplémentaire pour la réfrigération des transformateurs ; une troisième citerne, celle-là d'une capacité de 10 mètres cubes, est la réserve destinée aux parafoudres. Les citernes, en outre, servent à distribuer d'une façon égale la pression de l'eau. On posera un système spécial de tuyaux pour le remplissage et l'évacuation de l'huile ; on installera également des citernes destinées soit à recevoir l'huile qui a déjà servi, soit à alimenter d'huile pure trois transfor-

mateurs monophasés. D'autres dispositions seront prises aussi pour permettre de purifier l'huile utilisée pour les transformateurs et d'en expulser l'eau qu'elle pourrait contenir.

L'énergie sera répartie du bâtiment de distribution à la tension approximative des générateurs, de 10000 ou de 50000 volts. Les fils distributeurs de la force sont en général calculés pour supporter l'action d'un ou d'un demi générateur; dans ce dernier cas, ils sont accouplés deux à deux. Cela permettra à chaque générateur, quelle que soit l'élévation de la tension, de fournir l'énergie nécessaire à un nombre déterminé de fils, et par conséquent, de fonctionner indépendamment des autres générateurs. En d'autres termes, l'installation pourra être sectionnée en plusieurs systèmes indépendants les uns des autres, ce qui accroîtra, dans une large mesure, la régularité du fonctionnement. On a eu tout spécialement en vue ce desideratum en montant l'installation de distribution, et par suite, on l'a répartie également en huit groupes de transformateurs, dont chacun correspond à un générateur. Au moyen d'interrupteurs à bain d'huile, on peut accoupler les différents groupes à l'un quelconque de deux systèmes de barres collectrices pour 10000 volts, ainsi qu'à un autre système de barres pour 50000 volts. De cette façon, n'importe quelle ligne ou n'importe quel transformateur peut, au besoin, être accouplé au générateur qu'on voudra.

Tous les interrupteurs destinés à la mise en circuit et à la mise hors circuit des générateurs, des transformateurs et des fils sont munis de dispositifs permettant d'introduire une résistance au moment même où se produit le courant; ils ont des di-

mensions calculées pour l'effet de réfraction résultant d'un court-circuit lorsque les huit générateurs travaillent parallèlement.

Les machines et les fils sont protégés contre la surcharge par des relais construits suivant le principe des moteurs à induction. Les engins protecteurs des fils contre les décharges atmosphériques et les surtensions se composent de parafoudres à jet d'eau permettant de détourner les surtensions; ils se composent aussi de paratonnerres à cornes avec l'introduction d'une résistance opposée par de l'eau courante, résistance accouplée par séries, qui sert de première protection contre les surtensions dynamiques pouvant résulter de grandes quantités d'énergie; il y a encore des paratonnerres à cornes avec l'introduction d'une résistance opposée par de l'huile, également accouplée par séries; et, enfin, des paratonnerres à galets complétant la protection contre les surtensions lorsque les quantités d'énergie sont moindres.

A l'exception des câbles qui se trouvent dans le tunnel reliant la station d'énergie au bâtiment de distribution, les conduites à hautes tensions destinées à un courant de 10000 volts forment des rails montés sur des isolateurs, tandis que celles destinées à des tensions de 50000 volts forment des tuyaux également montés sur des isolateurs. Les différentes phases sont séparées les unes des autres par des cloisons ignivores formées de dalles de béton cimentées dans des bâtis en fer. Les distances qui séparent les conduites du sol s'élèvent à 200 m/m pour l'installation à 10000 volts et à 400 m/m pour celle de 50000. Sur le parcours du tunnel,

les câbles sont logés chacun dans leur canalisation maçonnée et recouverte de sable.

Les différentes salles à haute tension sont séparées les unes des autres par des cloisons ignivores, et les endroits où passent les conduites sont protégés par des isolateurs qui traversent le mur de part en part. On a consacré des soins tout particuliers aux cellules interrupteurs à bain d'huile; ces cellules, des, fondues en béton, sont fermées et munies de tuyaux de drainage qui, en cas d'explosion dans l'interrupteur à bain d'huile, permettent d'évacuer l'huile rapidement.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'énergie est répartie du bâtiment de distribution soit à la tension de 10000 volts environ, pour la consommation locale, soit à celle de 50000 pour les consommateurs plus éloignés.

Toutefois, l'énergie dont la tension s'élève à 50000 volts, au lieu d'être livrée directement aux consommateurs, est transmise à de grandes stations de transformation (stations secondaires), propriété de l'État, et situées à quelques milles de distance les unes des autres. Dans ces stations, on réduit la tension du courant de façon à le rendre plus facilement utilisable. La tension moyenne s'élève en général à 10000 volts, sauf pour quelques villes où elle n'atteint que 3000 ou 6000 volts.

Des stations secondaires l'énergie dont la tension a été ainsi réduite est distribuée aux consommateurs des alentours.

C'est l'État qui entreprend et qui supporte les frais de l'installation des conduites jusqu'aux différents points de consommation. Par contre, ce sont les consommateurs eux-mêmes qui devront

payer les dépenses qu'occasionnera la réduction du courant à haute tension en courant à basse tension, réduction qui est généralement nécessaire sur le lieu même de la consommation.

Toutefois l'État, dans les endroits où la densité de la population est plus grande, distribue dans certains cas les courants à basse tension d'après les mêmes principes à peu près que ceux qui sont appliqués par les usines électriques communales.

La totalité des lignes électriques dont la tension s'élève à 50000 volts est en cuivre, et comprend, en général, six fils pour chaque pylône, ainsi qu'un câble en fer destiné à relier les lignes au sol.

Des lignes semblables qui doivent recevoir de même un courant de 50000 volts ont été exécutées ou sont en cours d'exécution pour les villes de Skara, Gothembourg et Alingsås. En ce qui concerne la ligne de Skara, les fils de cuivre sont placés sur des isolateurs-appuis en porcelaine, tandis que pour les autres lignes ils sont placés sur des isolateurs suspendus, de telle façon toutefois, que les pylônes-tendeurs ci-dessous mentionnés sont munis d'isolateurs-appuis supportant la tension due aux coudes que fait la ligne.

Les isolateurs sont montés sur des pylônes en fer ajouré aux fondements de béton. Les pylônes sont de deux espèces, pylônes-tendeurs et pylônes-soutiens. Les pylônes-tendeurs sont construits de façon à présenter, de tous les côtés, une très grande résistance à la flexion et sont spécialement destinés, comme nous l'avons dit plus haut, à supporter la tension causée par les changements de direction de la ligne; ils

sont placés à une distance de 1 km. les uns des autres.

Pour deux pylônes-tendeurs, on intercale le nombre de pylônes-soutiens indispensables pour répondre à l'arc le plus économique pour chaque section de fils, soit pour supporter les fils, soit pour recevoir les forces agissant sur la ligne à angle droit. Le nombre des pylônes par kilomètre, lorsque le fil mesure $70 \text{ m}^2/\text{m}$ carrés, est de quatre, lorsque le fil mesure $16 \text{ m}^2/\text{m}$ carrés, de six, ce qui correspond à la distance normale séparant les pylônes, soit environ 200 et 140 mètres respectivement.

Quant aux lignes établies pour 10000 volts, celles qui sont destinées à de très fortes énergies se composent de fils en aluminium, tandis que celles qui n'auront à transmettre qu'une énergie moindre, sont en fil de cuivre. Les isolateurs sont des isolateurs-appuis en porcelaine. En général, lorsqu'il s'agit de fortes énergies, les pylônes devront être faits comme les pylônes ajourés en fer, suivant les mêmes principes que pour les pylônes destinés à un courant de 50000 volts; lorsque l'énergie à transmettre est moindre, on se sert de pylônes en bois imprégnés d'une matière protectrice.

Les photographies ci-jointes des lignes de Skara et de Gothembourg montrent à la fois l'aspect de ces pylônes et la façon dont ils sont placés. Les stations secondaires sont établies d'après les mêmes principes que ceux qui ont été appliqués pour le bâtiment de distribution à Trollhättan.

Après avoir réservé une partie de l'énergie pour la traction électrique des chemins de fer, on tirera

profit du reste en le vendant aux communes et aux particuliers intéressés. Comme les frais d'installation pour la station d'énergie sont extraordinairement minimes — soit 11 millions $\frac{1}{2}$ de couronnes pour 80,000 chevaux-turbine — et que l'État peut se procurer des fonds à un taux réduit et se contenter d'un bénéfice moyen, le prix de l'énergie sera extrêmement bas. Très réduit à Trollhättan, ce prix s'élèvera au fur et à mesure que le lieu de consommation s'éloignera de la station d'énergie de Trollhättan, par suite des frais de transformation et de transmission.

Des contrats de livraison d'énergie ont déjà été passés avec les villes de Gothenbourg, Skara, Sköfde, Alingsås, ainsi qu'avec quelques places de moindre importance. On a traité aussi avec plusieurs usines appartenant à des particuliers. Depuis l'été dernier, la ville de Skara et quelques autres endroits empruntent de l'énergie électrique à une station d'énergie provisoire établie à Trollhättan.

Affectation de terrains aux industries privées.

Pour les industries qui, à Trollhättan, ont besoin de force électrique à un prix extrêmement réduit, et qui, par conséquent, doivent se trouver près de la station d'énergie afin d'éviter les frais de transmission, l'État concède des terrains avantageux dont l'emplacement tout spécialement affecté à cet effet, est placé en bordure du canal et de la voie ferrée.

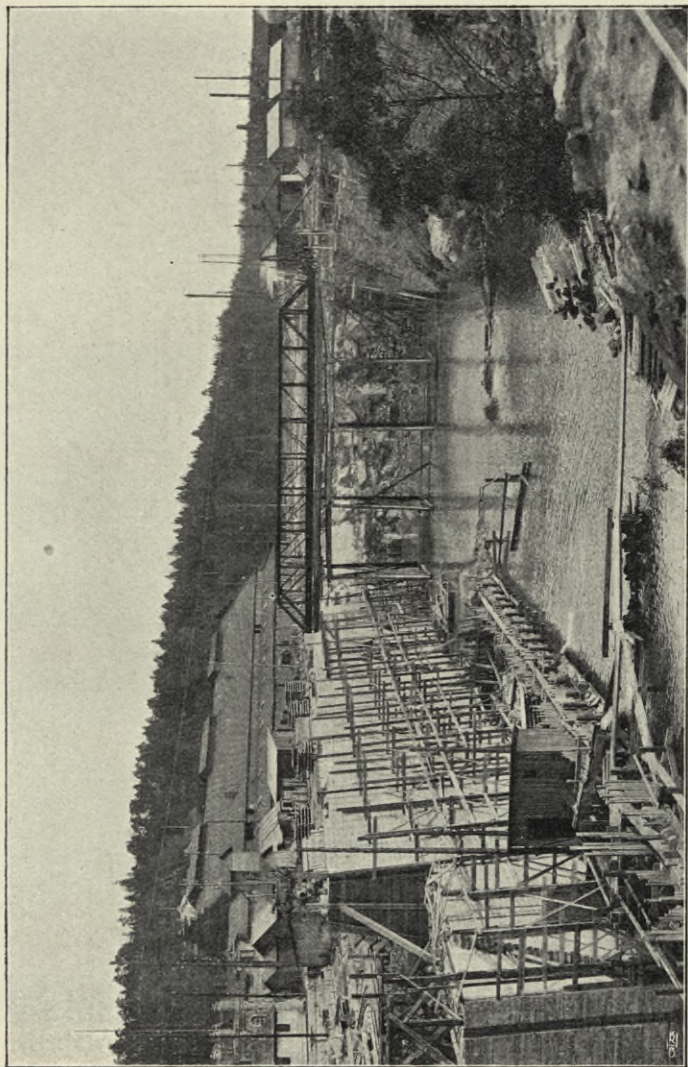
Maisons ouvrières.

A proximité de ce centre industriel, on a, grâce à l'intervention de l'État, préparé un terrain en vue de la construction de maisons d'habitation. Ce terrain est destiné spécialement à faciliter aux employés et aux ouvriers des usines de l'État ou des particuliers à Trollhättan les moyens de se

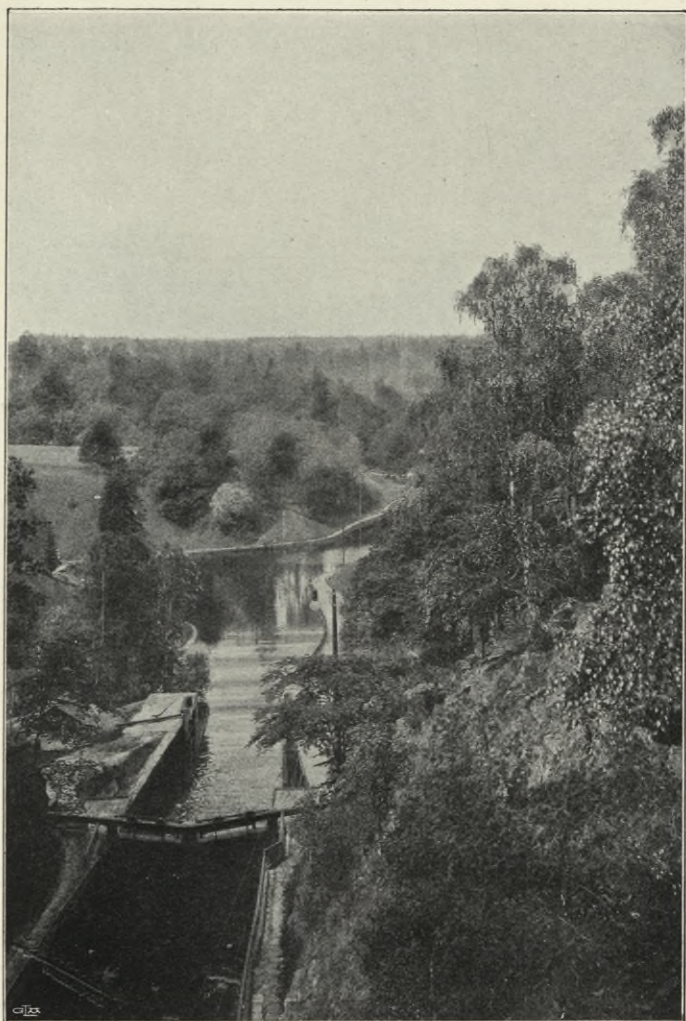
rendre acquéreurs, à bon marché, de lopins de terre pour y construire leurs maisonnettes. Les parcelles de terre sises dans ce rayon seront, ou vendues en toute propriété, ou cédées en toute garantie de propriété pour une durée de 60 à 75 ans, moyennant un acompte annuel assez minime. Il est défendu de construire, sur ces terrains, des maisons pouvant loger plus de deux familles. Pour faciliter la construction des maisonnettes, l'État fournit des prêts à un taux réduit, moyennant un nantissement consenti par l'emprunteur sur son droit de propriété.

Nous ajouterons en terminant que les chutes d'eau du fleuve de Göta, propriété de l'État, ont été jusqu'ici, de même que le canal de Trollhättan, qui est la voie navigable la plus importante de toute la Suède, dirigées par une administration locale dont le siège est à Trollhättan. A partir de 1909, chutes et canal relèveront de la récente Direction Royale des forces motrices hydrauliques d'où relèvent également la plupart des principales chutes d'eau de l'État.

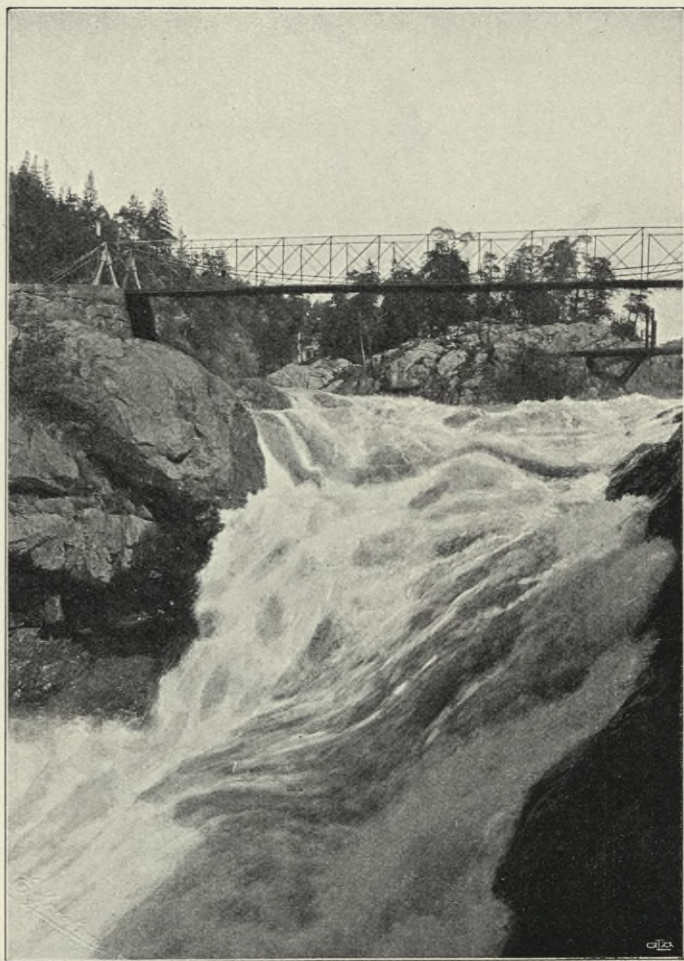
*Administra-
tion.*



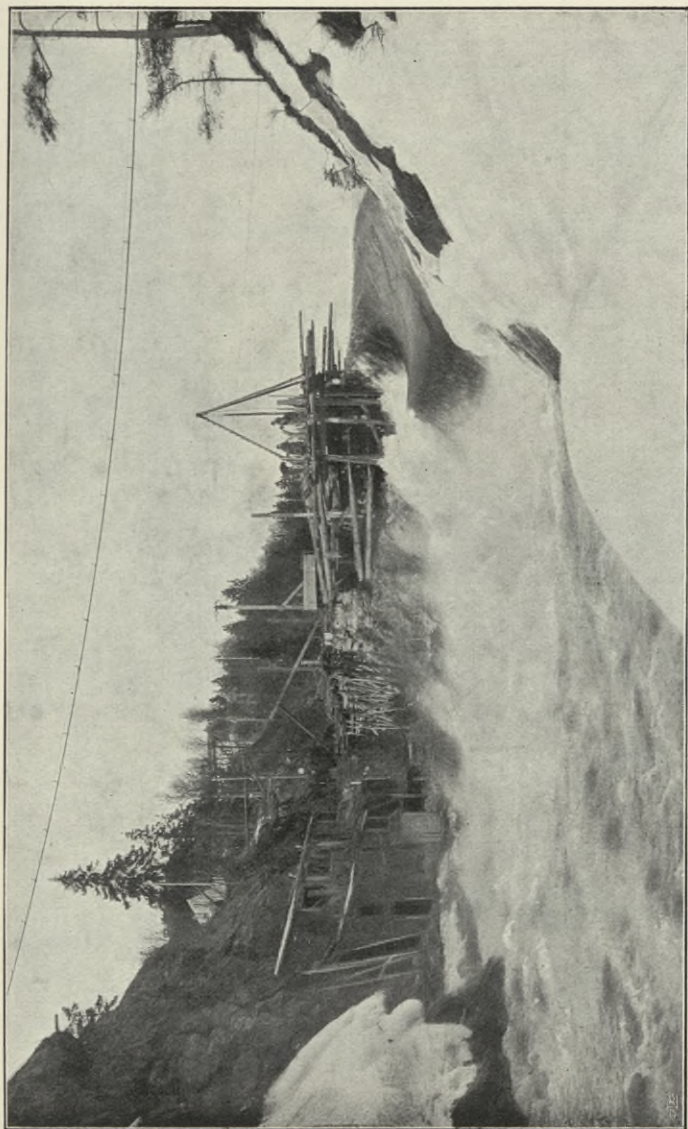
PARTIE DU CANAL DE DERIVATION



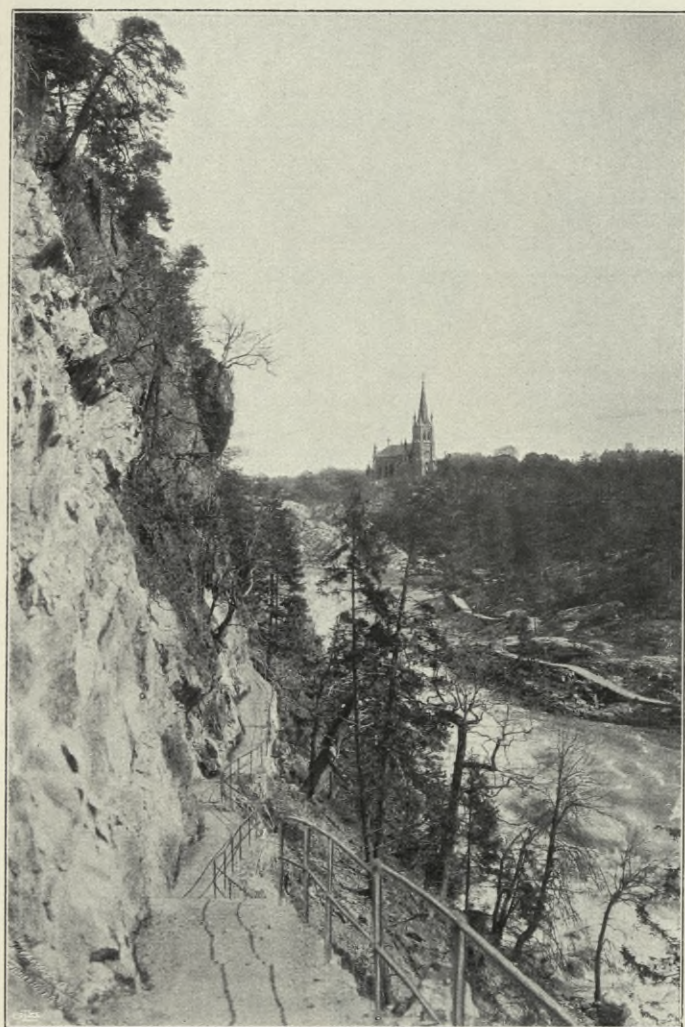
ECELLE D'ECLUSES À ÅKERSBERG



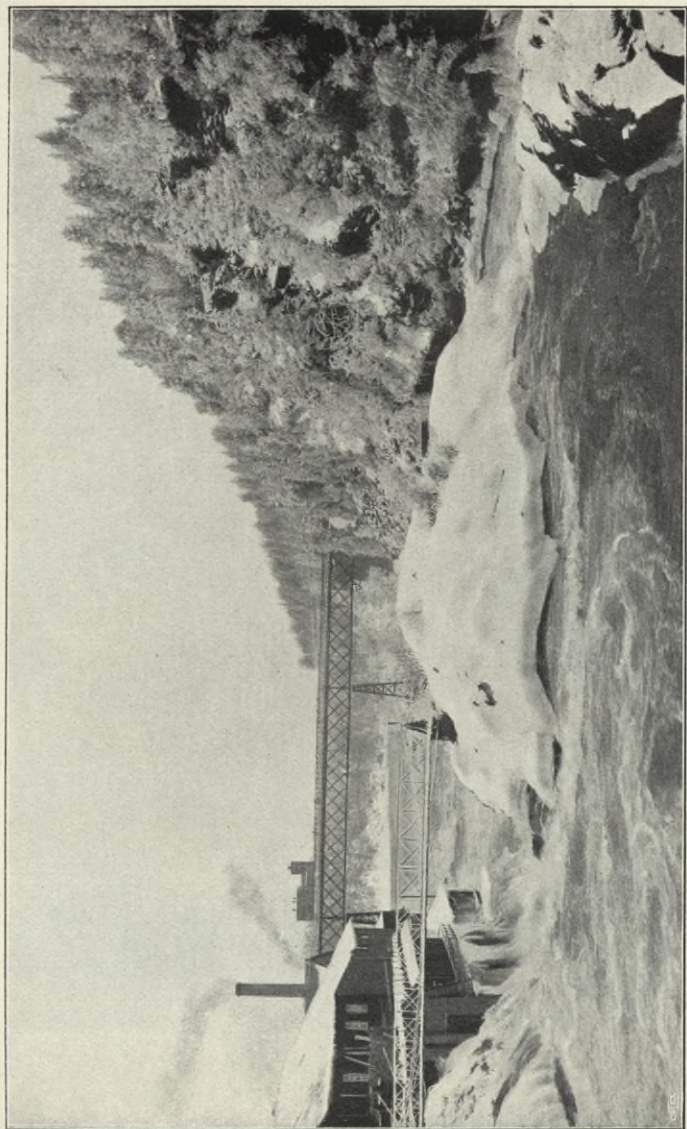
LA CHUTE DE TOPPÖ



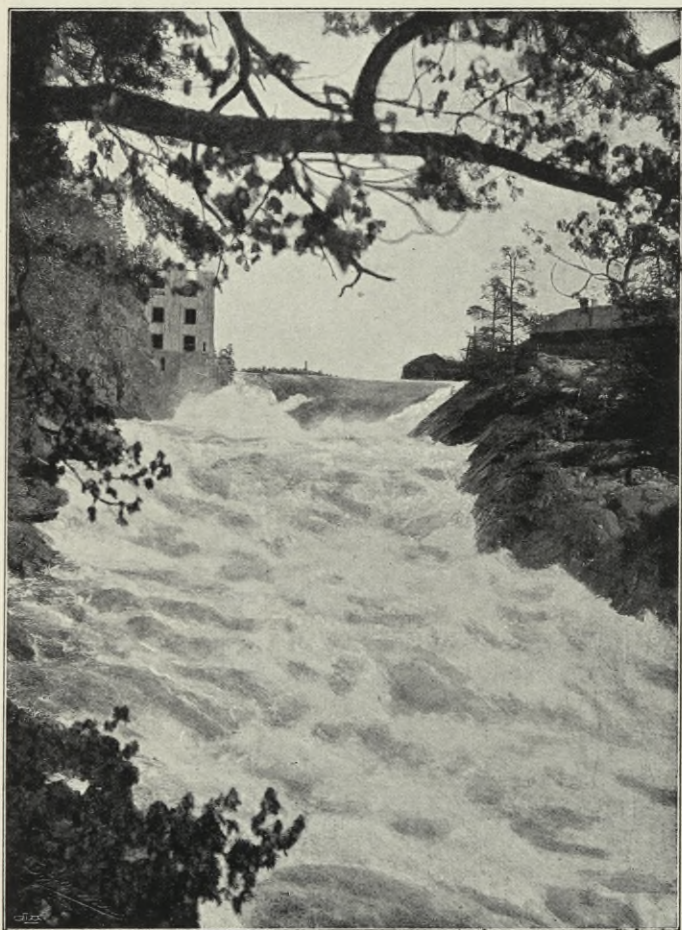
CONSTRUCTION DU BARRAGE À LA CHUTE DU NORD (NOLFALLET)



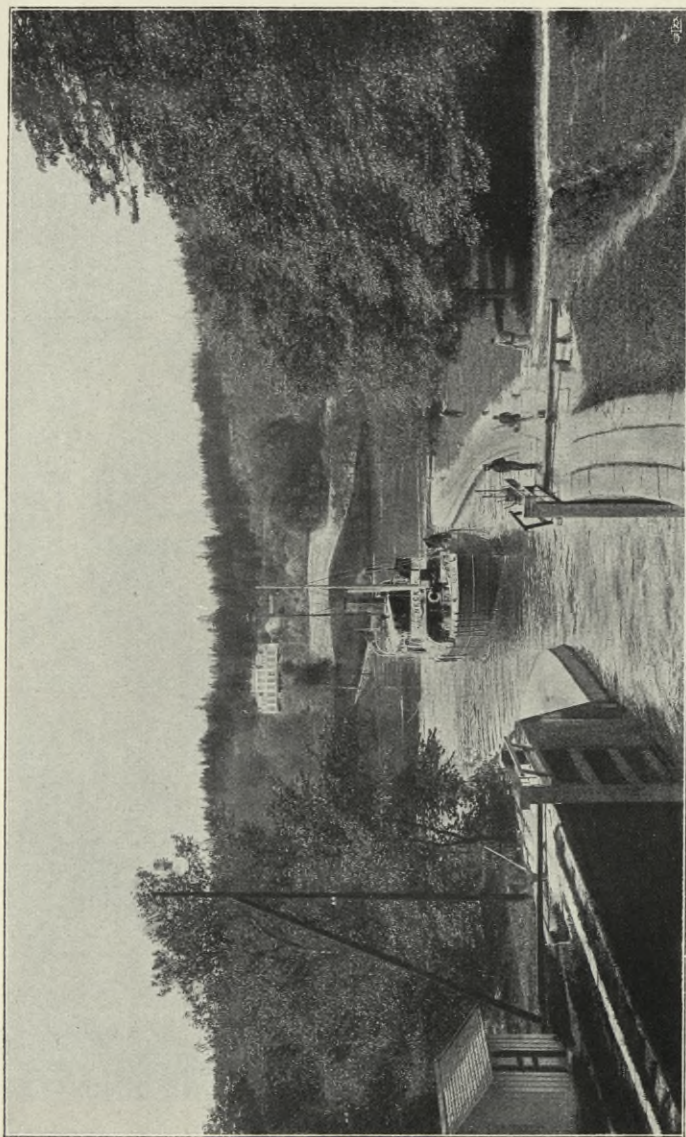
LES CHUTES D'ENFER (HELVETESFALLEN)



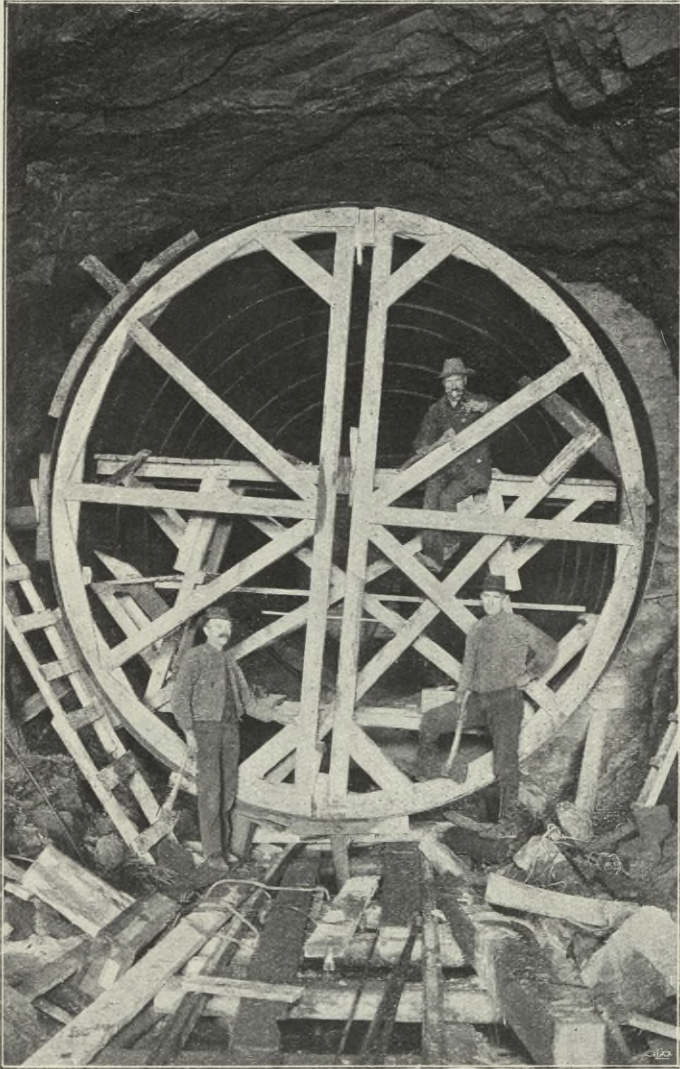
LA CHUTE DE TOPPÔ



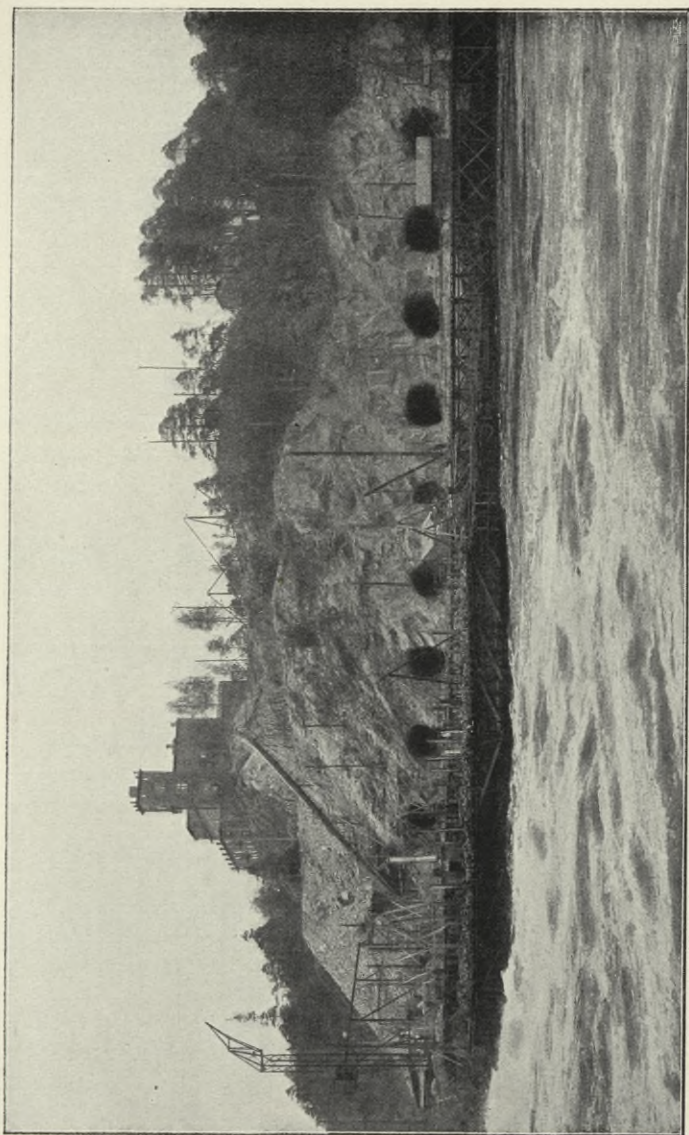
LA CHUTE DU NORD (NOLFALLET)



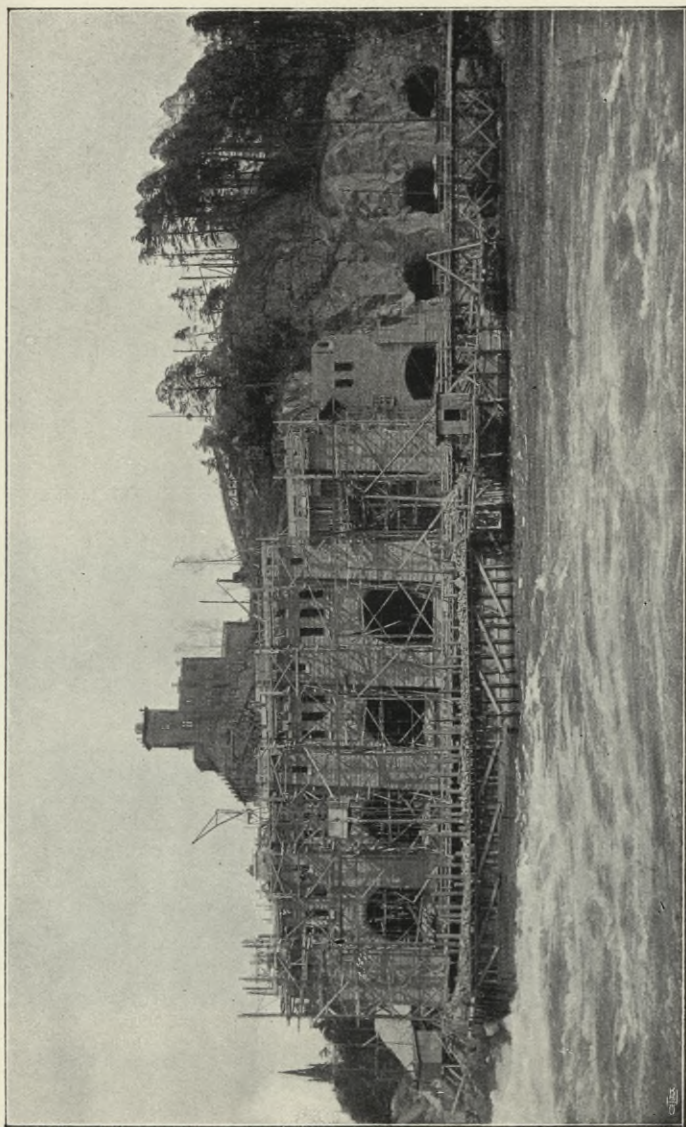
ENTRÉE DES ECLUSES À ÅKERSVASS



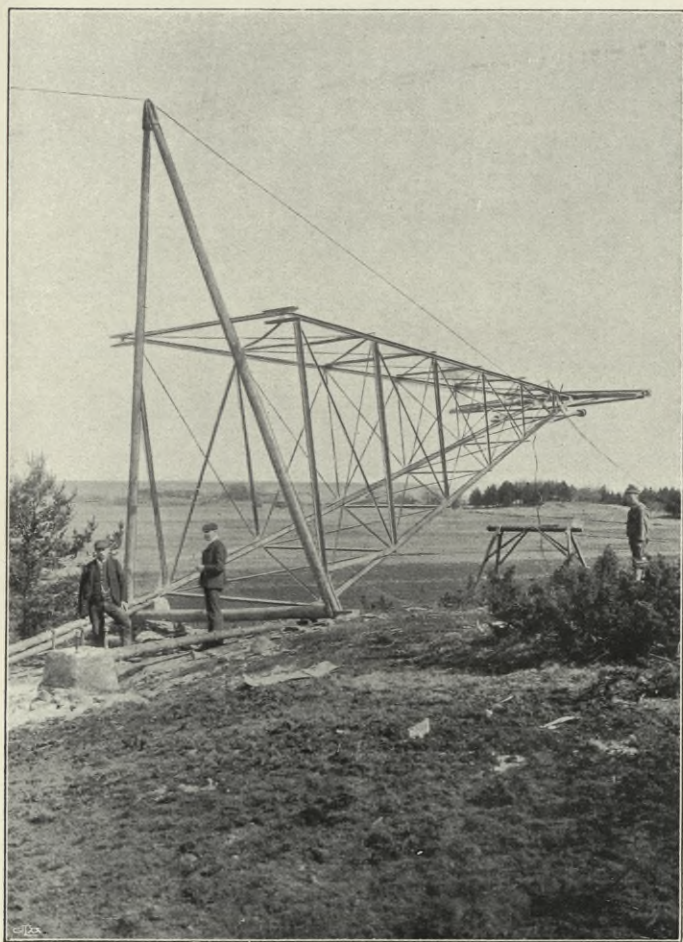
CONDUITE DE TURBINE



CONSTRUCTION DU BÂTIMENT DE TURBINES



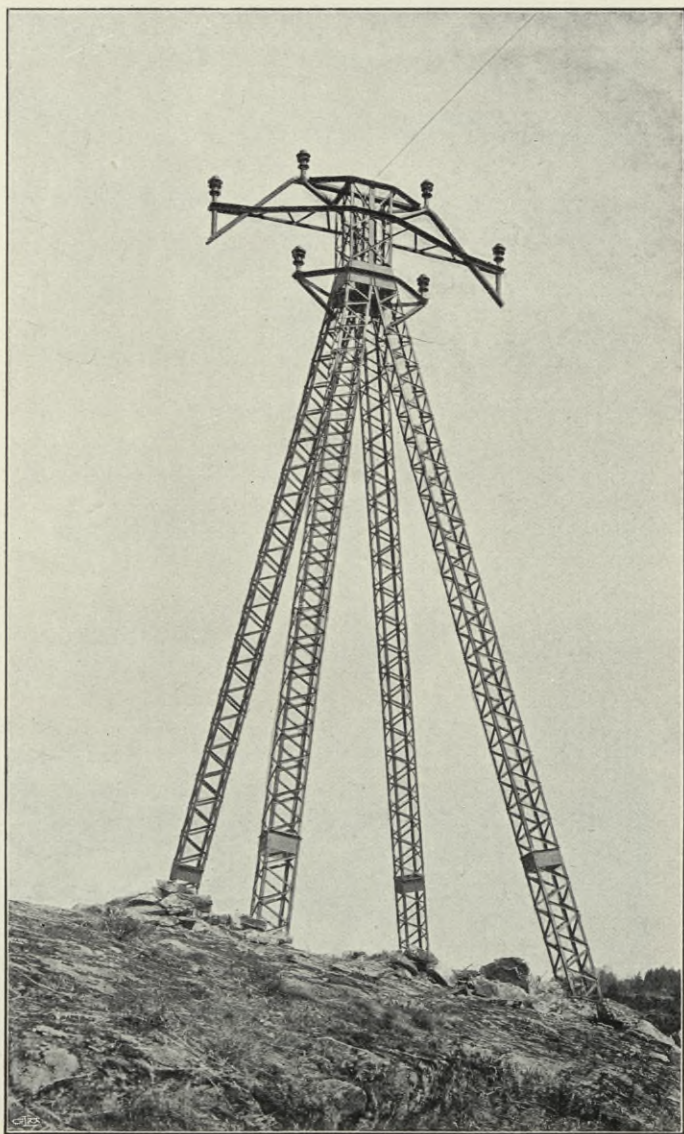
CONSTRUCTION DU BÂTIMENT DE TURBINES



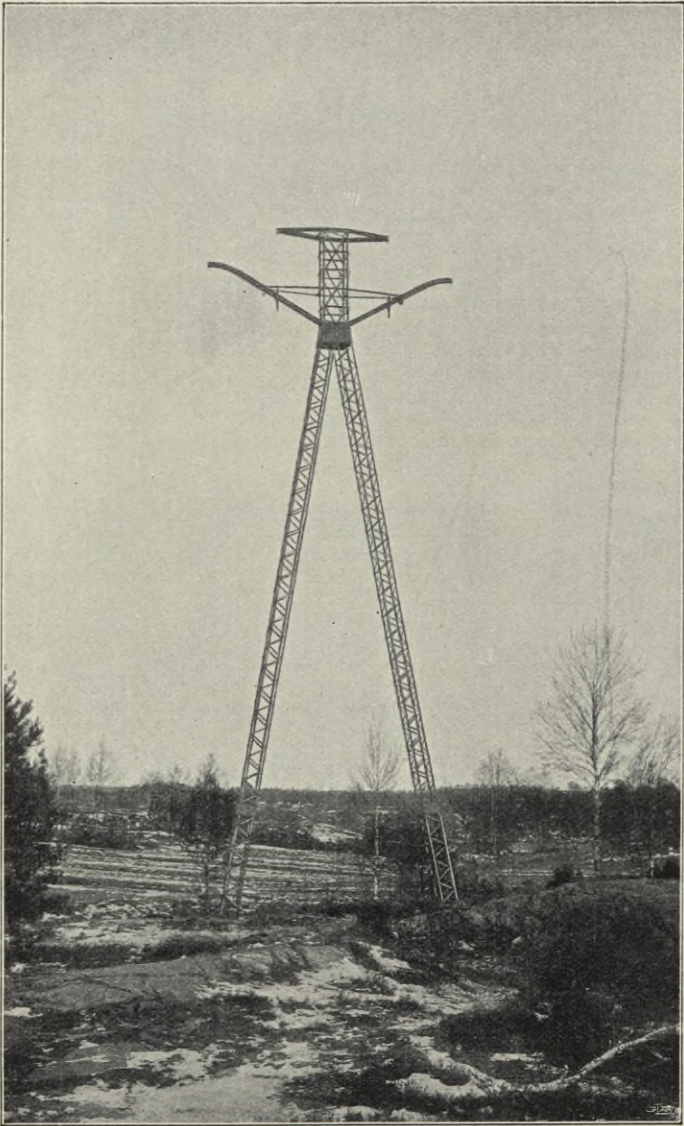
PYLÔNE À QUATRE JAMBES DE LA LIGNE TROLLHÄTTAN—SKARA
(PENDANT LE MONTAGE)



PYLÔNE À DEUX JAMBES DE LA LIGNE TROLLHÄTTAN—SKARA



PYLÔNE À QUATRE JAMBES DE LA LIGNE TROLLHÄTTAN—GOTHEMBOURG



PYLÔNE À DEUX JAMBES DE LA LIGNE TROLLHÄTTAN-GOTHEMBOURG

Corrections.

| | | | | | |
|--------------------|---|---------------|---|---------------------|--------------------------------------|
| Page 12, ligne 27, | | <i>lire</i> : | et aussi des | <i>au lieu de</i> : | savoir les. |
| » 12, » 29, | » | | de celles | » | celles. |
| » 14, » 21, | » | | en levant un peu | » | en levant. |
| » 14, » 24, | » | | consiste de | » | est fermée par. |
| » 15, » 1, | » | | de grilles | » | d'estacades. |
| » 15, » 5—10, | » | | A l'avenir, du reste, on pourra facilement établir, au besoin, des grilles qui s'appuieraient au pont soutenu par les piles, ainsi qu'au seuil. Chaque ouverture de la prise d'eau peut être fermée grâce à des vannes d'une largeur de 4 mètres environ etc. | | |
| » 15, » 12, | » | | au pont | <i>au lieu de</i> : | au tablier du pont. |
| » 15, » 16, | » | | La prise d'eau | » | L'amorce de la prise d'eau. |
| » 15, » 25 et 27, | » | | la prise d'eau | » | l'amorce. |
| » 16, » 25, | » | | vidange | » | mise à sec. |
| » 17, » 6, | » | | hauteur | » | hautenr. |
| » 18, » 1, | » | | La mise en charge | » | Le bassin de distribution. |
| » 18, » 3, | » | | de la mise en charge | » | du bassin de distribution. |
| » 18, » 4, | » | | fleuve | » | fleur. |
| » 18, » 12, | » | | de l'entrée des conduites | » | des amorces. |
| » 18, » 13, | » | | de la mise en charge | » | du bassin de distribution. |
| » 18, » 14, | » | | les grilles devant l'entrée des conduites | <i>au lieu de</i> : | les estacades devant les amorces. |
| » 18, » 18 et 31, | » | | Les grilles | <i>au lieu de</i> : | La grille d'arrête-glace. |
| » 19, » 4, | » | | | | la grille. |
| » 19, » 6, | » | | les grilles | » | la grille. |
| » 19, » 7, | » | | à côté de la mise en charge | » | parallèle au bassin de distribution. |
| » 20, » 26, | » | | roteurs | » | rotors. |
| » 22, » 2, | » | | élever la tension du courant <i>au lieu de</i> : élever la courant | | |

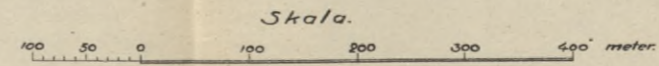
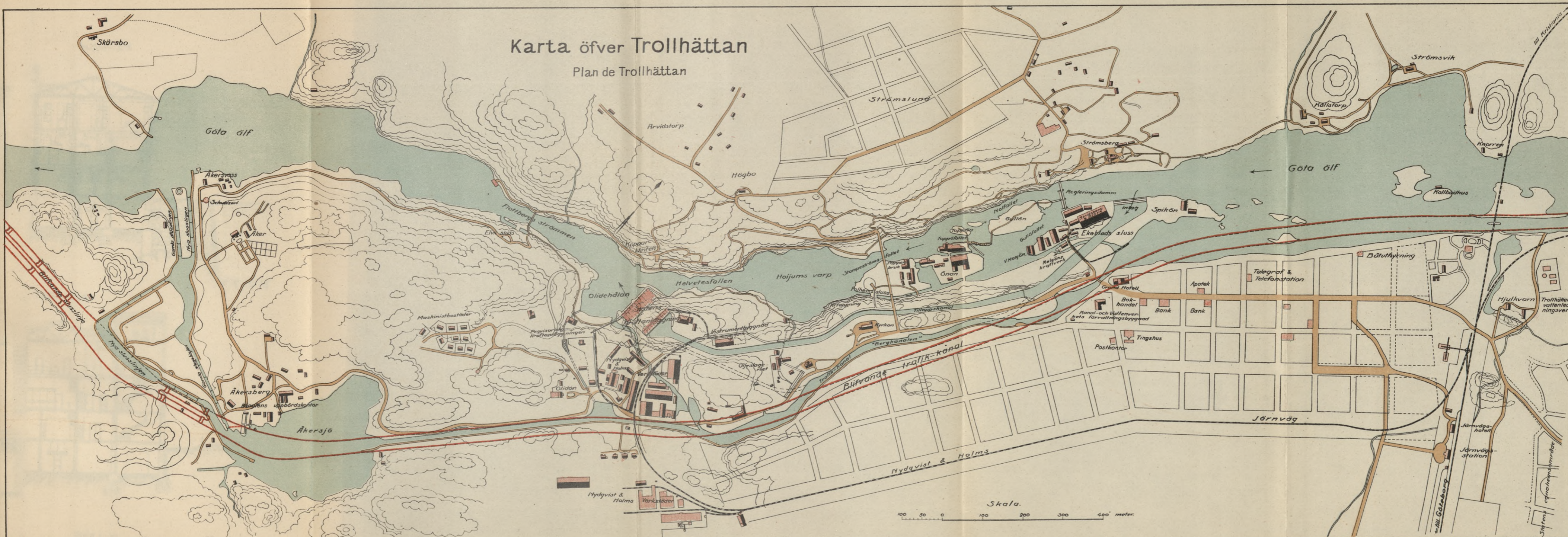
| | | |
|-------------------|--|--|
| Page 22, ligne 3, | lire: 50,000 | au lieu de: 52.000. |
| » 22, » 8, | » Dans les circonstances locales actuelles | au lieu de: Etant donné toutefois la configuration du terrain. |
| » 23, » 19, | » montés | au lieu de: situés. |
| » 23, » 23, | » une | » un. |
| » 24, » 6, | » va | » vient à. |
| » 24, » 8, | » permise | » voulue. |
| » 24, » 30, | » uniforme | » égale. |
| » 27, » 9, | » cellules. fondues | » cellules, des, fondues. |
| » 27, » 33, | » points principaux | » points. |
| » 29, » 5, | » la distance la | » l'arc le. |
| » 29, » 8, | » pylônes-soutiens | » pylônes. |



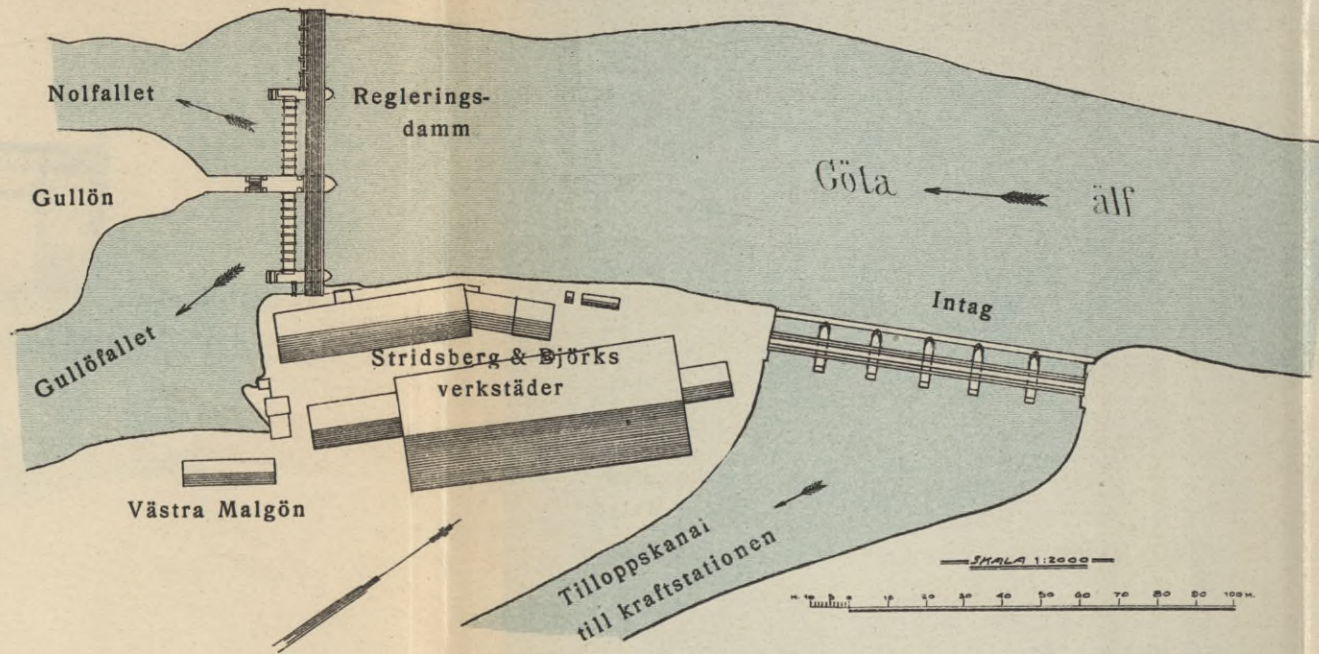
Karta
 öfver
 trakten kring Göta älf
 mellan
 Venern och Lilla Edet
 Carte des environs de Göta Elf
 (Venern - Lilla Edet)

Karta öfver Trollhättan

Plan de Trollhättan

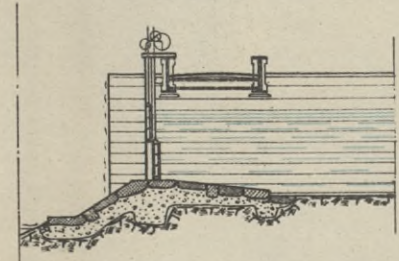


SITUATIONSPLAN

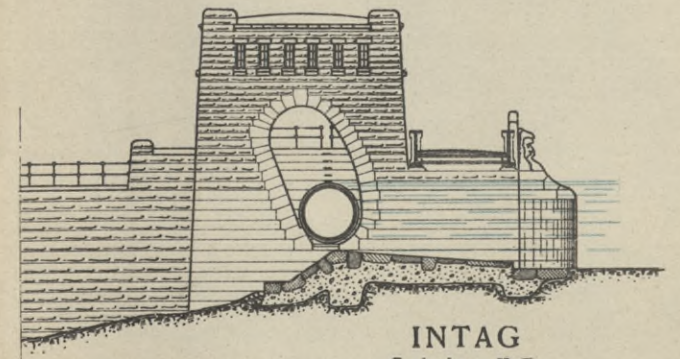


REGLERINGSDAMM

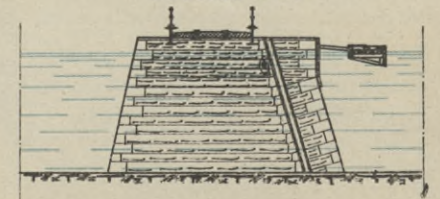
Sektion C-D.



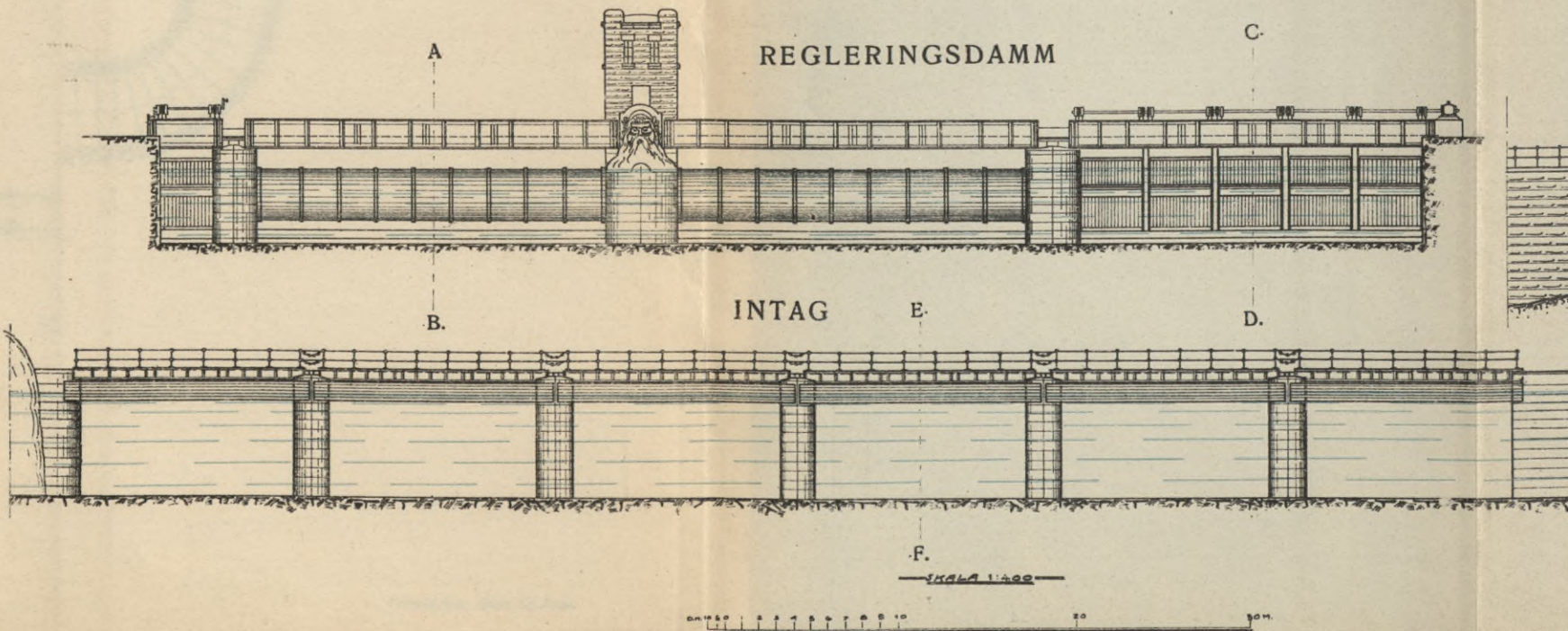
Sektion A-B.



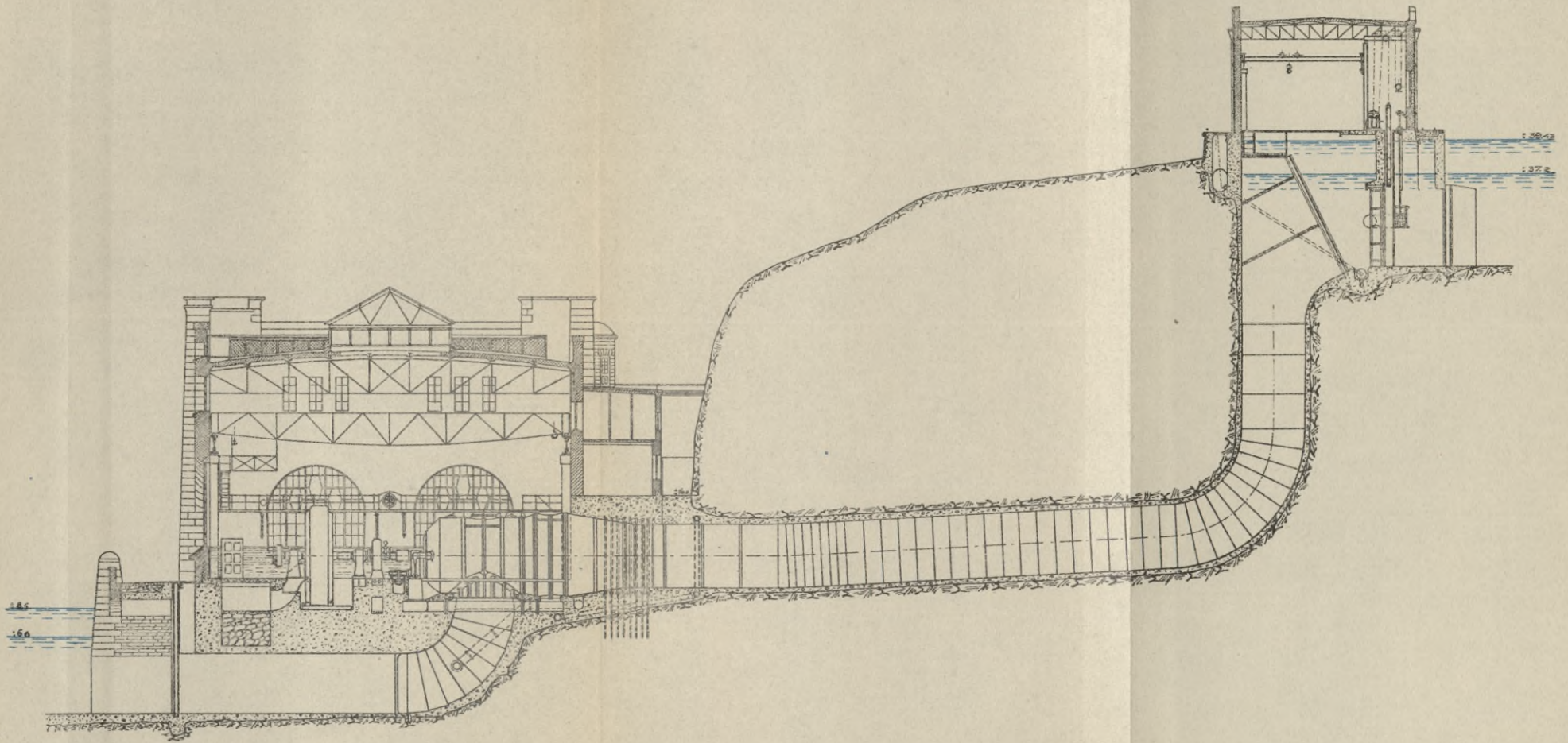
INTAG
Sektion E-F.



REGLERINGSDAMM

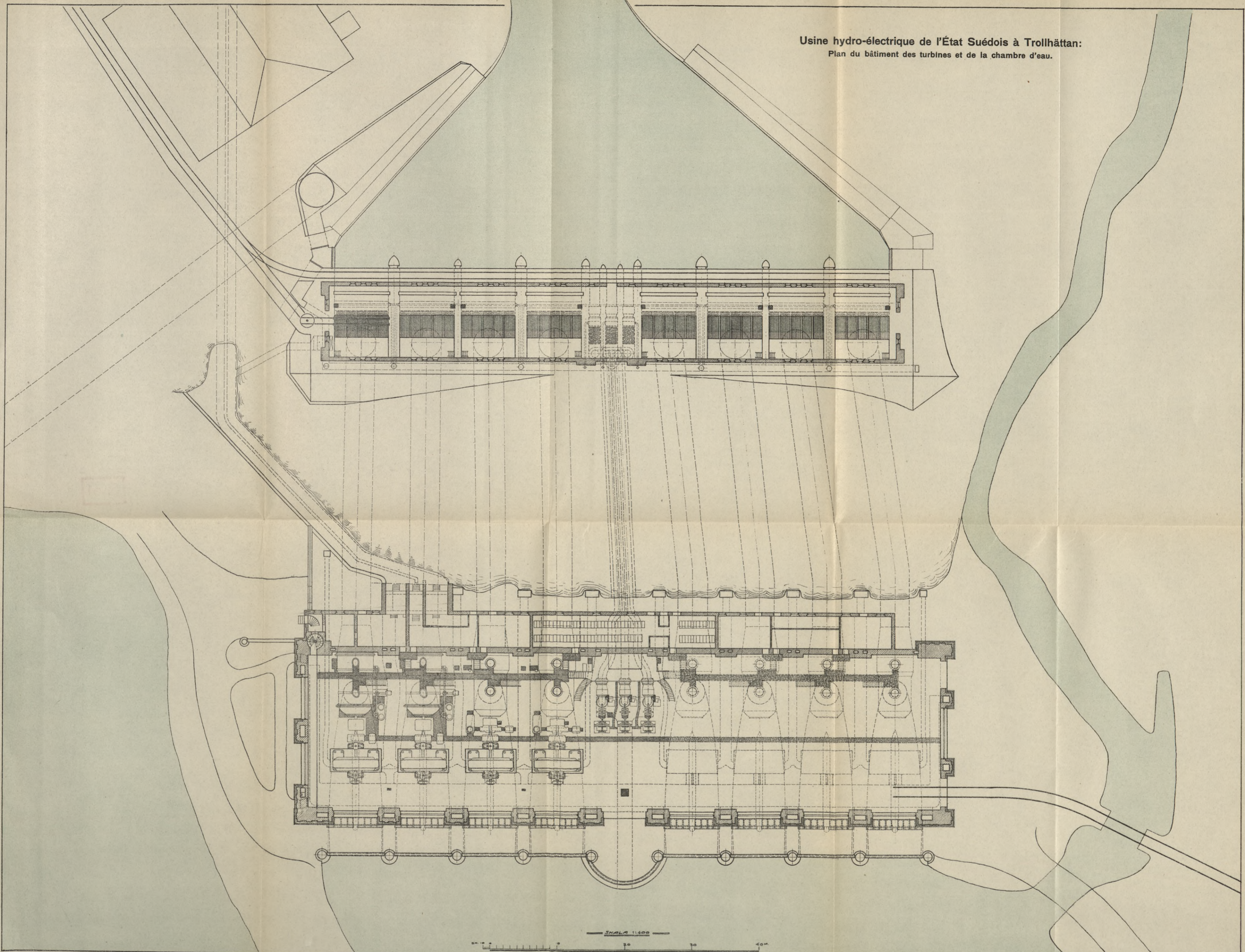


Usine hydro-électrique de l'État Suédois à Trollhättan:
Coupe verticale du bâtiment des turbines et de la chambre d'eau.



— Echelle 1: 400 —

Usine hydro-électrique de l'État Suédois à Trollhättan:
Plan du bâtiment des turbines et de la chambre d'eau.



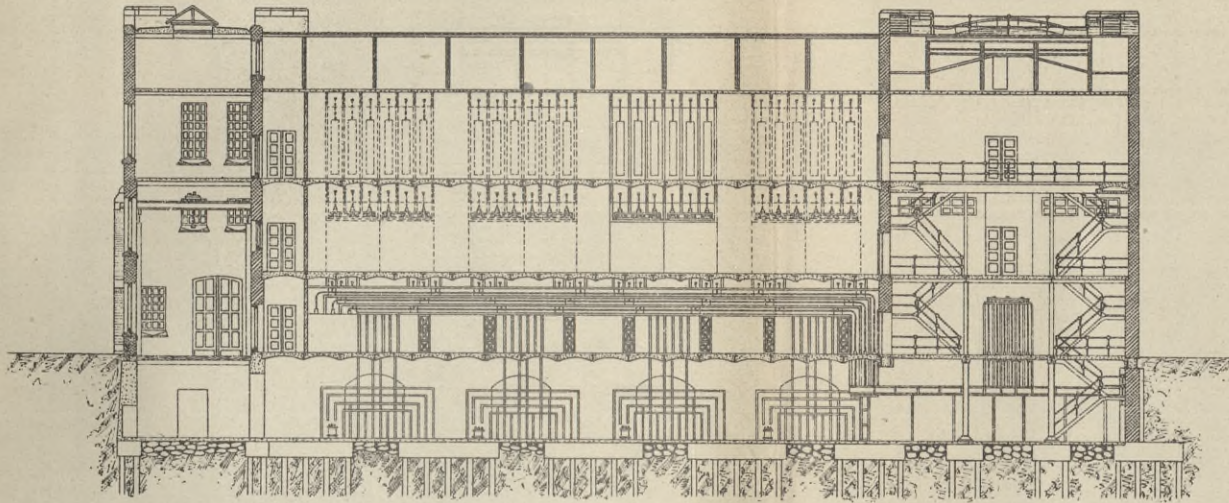
— SKALA 1:400 —
0 10 20 30 40 M.

II 3149

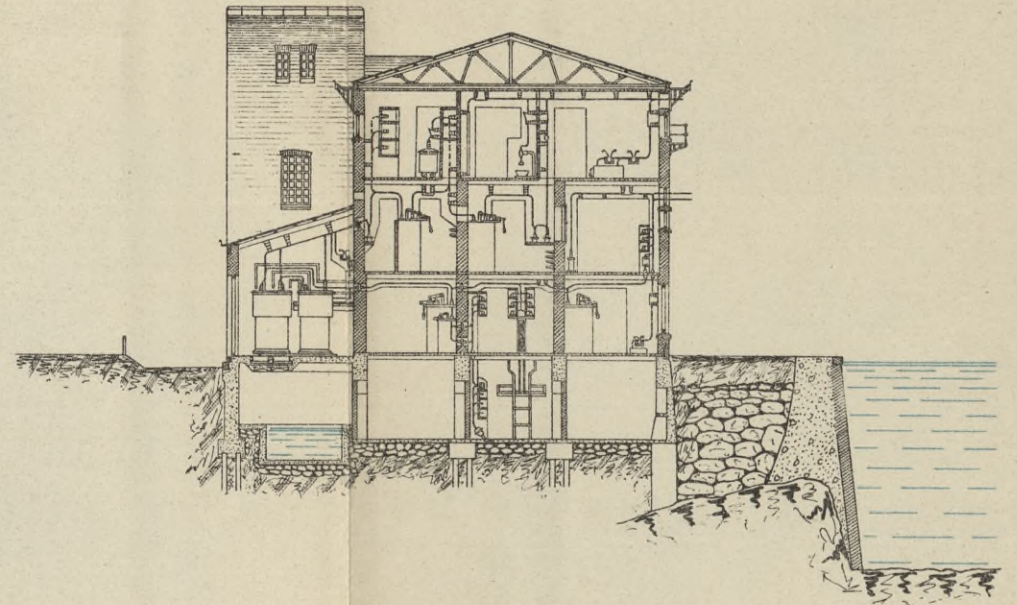
S. 61

Usine hydro-électrique de l'État Suédois à Trollhättan:
Bâtiment de distribution.

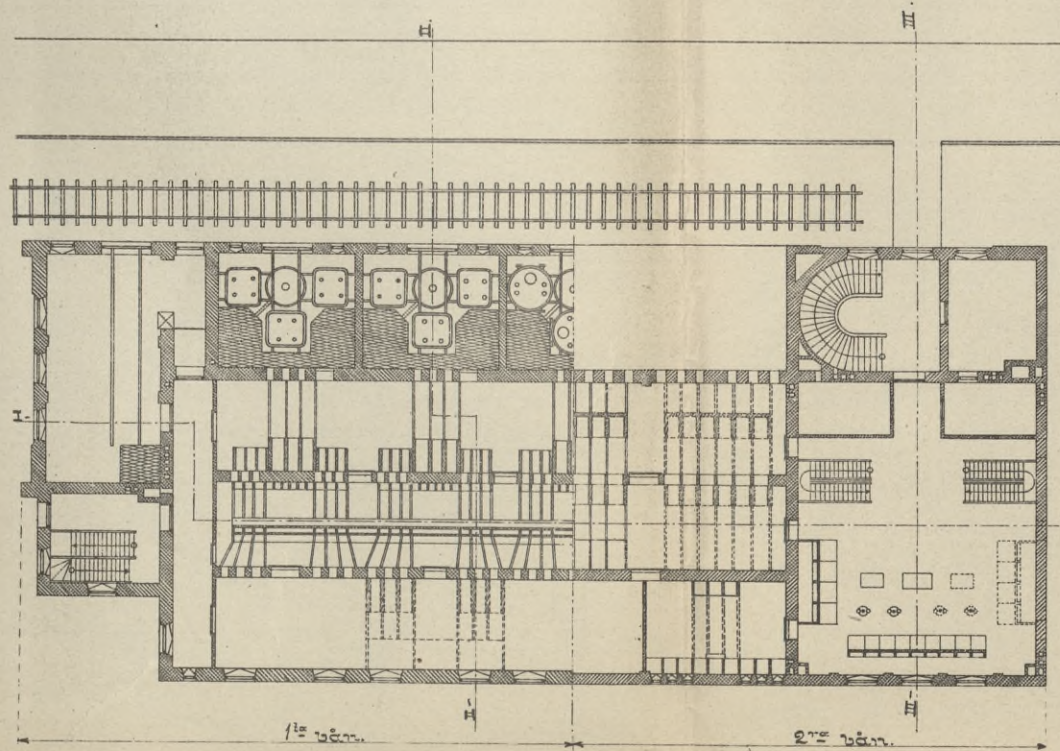
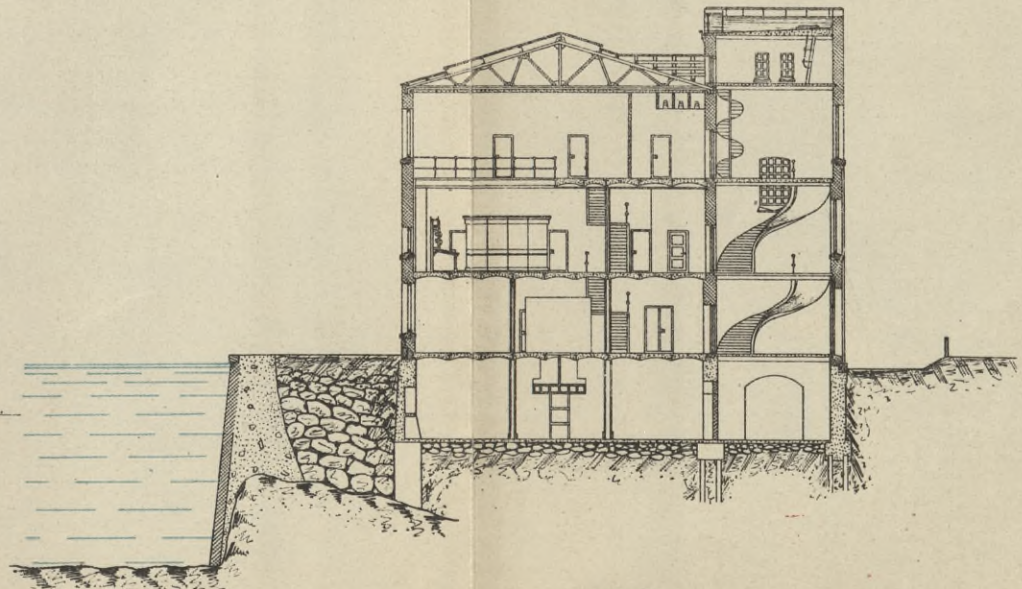
Sektion I-I.



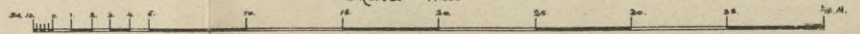
Sektion I-II.



Sektion II-III.



Skala = 1:1400



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

31149

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300017