MAURYCY ALTENBERG,
INŻYNIER ELEKTROTECHNIK

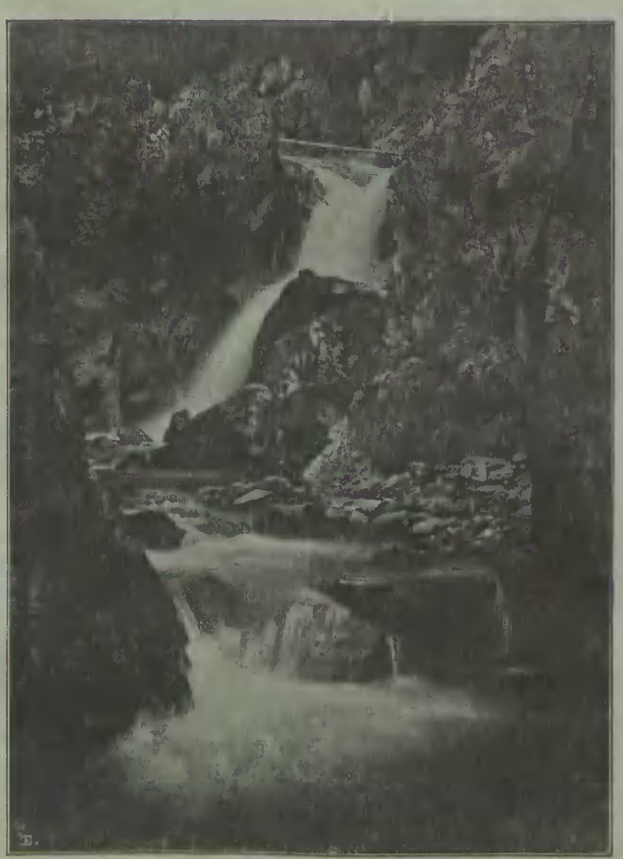
O WYZYSKIWANIU SIŁ WODNYCH

Z OPISEM TRZECH ZAKŁADÓW WODNO-ELEKTRYCZNYCH

HAUTERIVE

VOUVRY

CHÈVRES



LWÓW 1903.
NAKŁADEM TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO.
Z I. ZWIĄZKOWEJ DRUKARNI WE LWOWIE.

Z księgozbioru Kazimierza Mujewskiego.

MAURYCY ALTENBERG,
INŻYNIER ELEKTROTECHNIK

O WYZYSKIWANIU SIŁ WODNYCH

Z OPISEM TRZECH ZAKŁADÓW WODNO-ELEKTRYCZNYCH

(Z DWIEMA TABLICAMI I 24 RYSUNKAMI W TEKŚCIE).

ODBITKA Z „CZASOPISMA TECHNICZNEGO".

LWÓW, 1903.
NAKŁADEM TOWARZYSTWA POLITECHNICZNEGO.
Z I. ZWIĄZKOWEJ DRUKARNI WE LWOWIE, UL. LINDEGO 4.

MUZEUM MORSKIE
BIBLIOTEKA
W GDAŃSKU
5439

9355

Wśród powodzi głosów, które bez końca odzywają się na rozmaitych zjazdach, konferencyach, posiedzeniach, które przepełniają szpalty dzienników w sprawie uprzemysłowienia naszego kraju, w sprawie ekonomicznego podniesienia jego, nie brak także wielu pomysłów rozsądnych, godnych szczegółowego zastanowienia i wymagających dokładnych studyów, aby je potem módz rzeczywiście przenieść z dziedziny bezpłodnych dyskusyi w krainę czynu i zastosowania praktycznego.

Jedną z najszczęśliwszych — zdaniem mojem — myśli jest projekt wyzyskania sił wodnych w Karpatach. Jest to zdaje się nawet myśl za mało ceniona co do możliwych dodatnich skutków w niedalekiej przyszłości; bo jeżeliby studya wstępne okazały tylko średnie ilości siły wodnej dającej się u nas wyzyskać, a co do tego nie ma zdaje się wątpliwości, to mogłoby to już sprawić znaczny przewrót w stosunkach ekonomicznych naszego kraju. Sprawa ta jest zresztą wogóle dość świeżej daty, bo chociaż siły wodnej używano do rozmaitych zastosowań od niepamiętnych czasów, to o wyzyskaniu wody w nowoczesnem słowa tego znaczeniu do wielkich centrali dla wyrugowania pary może być mowa tylko od lat 11, t. j. kiedy podczas kongresu elektrotechnicznego w Frankfurcie nad Menem urządzono przeniesienie siły wodnej uchwyconej na rzece Nekar w Lauffen, zapomocą prądu elektrycznego do Frankfurtu, odległego o 175 *km* przyczem stwierdzono, że dzielność przeniesienia wynosiła 74%. Jeżeli więc dziś w kraju naszym rozpoczniemy pierwsze kroki w tym kierunku, to nie pozostaniemy w tyle po za Europą, a natomiast będziemy mogli korzystać z bogatych doświadczeń ubiegłego dziesięciolecia. Przypatrując się wynikom pracy osiągniętym w innych krajach w tak krótkim czasie, wielkiej liczbie olbrzymich zakładów wyrosłych jakby z pod ziemi możemy tylko stwierdzić, z jaką gorączką wszędzie przemysłowcy i inżynierowie chwytają się wszelkich pomysłów, któreby pozwoliły zniżyć koszta produkcyi. A właśnie z tego stanowiska przeważnie należy zapatrywać się na sprawę wyzyskania siły wodnej; nadszedł czas, w którym kraje upośledzone pod względem bogactwa płodów kopalnych, zwłaszcza węgla, mogą stanąć do śmiałej konkurencyi z krajami dotychczas uprzywilejowanymi pod względem przemysłowym. Górskie kraje jak Szwajcarya, Sabaudya, Lombardya, Skandynawia, Tyrol itd. rozpoczęły energiczną akcyę i wszędzie nowy ten kierunek spotkał się z wielkiem powodzeniem. Tylko jedne Karpaty stoją dotąd niewzruszone, tylko rzeki, jeziora i wodospady galicyjskie mogą z dumą o sobie powiedzieć, że prawie nigdzie ich jeszcze nie więziono ani nie wyzyskiwano; tak, jak gdyby się obawiano psuć harmonię pięknych widoków przyrody przez jazy, kanały, rurociągi, budynki fabryczne, słupy i druty!

Niechże tedy od Towarzystwa Politechnicznego i od organu jego „*Czasopisma Technicznego*“ wyjdzie pierwszy impuls poważny, pierwszy plan szczegółowo opracowany, wyzyskania sił wodnych w naszym kraju.

Pierwsza rzecz przed rozpoczęciem jakiejkolwiek akcyi w kierunku wyzyskania sił wodnych jest zbadanie sumienne stanu wód. Jest to praca mniej łatwa, niżby się wydawało na pierwszy rzut oka. Jak wiadomo na siłę wodną, której można używać do celów przemysłowych składają się dwa czynniki: ilość wody na sekundę i spad. Mając daną ilość wody w litrach na sekundę *(q)* i spad w metrach *(h)*, wiemy, że w miejscu tem jest do dyspozycyi $q \times h$ kilogrametrów czyli $\frac{q \times h}{75}$ koni parowych i przy 75% dzielności turbiny na wale turbinowym możemy odebrać $\frac{q \times h}{100}$ koni parowych użytecznych. Ażeby więc dokładnie wiedzieć, ile siły wodnej w każdem miejscu jest do wyzyskania, musimy znać spad i ilość wody przepływającej w sekundzie. O ile zbadanie spadu jest rzeczą łatwą, o tyle mozolne są roboty około poznania ilości wody; jest to bowiem ilość zmienna, zależna od pór roku i opadów. Trzeba na podstawie wielu pomiarów przez szereg lat wykonywanych znaleść tę ilość wody, na którą można liczyć przez cały rok; ta cyfra bowiem służy za podstawę budowy instalacyi. W pewnych warunkach można stawiać centralę na ilość wody, którą ma się do rozporządzenia tylko przez 9 lub 10 miesięcy do roku, a to jeżeli dałoby się skombinować dwie wody uzupełniające się tak, że gdy jedna ma nizką wodę, druga ma wysoką i na odwrót, albo gdyby się dało wodę w czasie większej wody nagromadzić w jakimś zbiorniku sztucznym albo naturalnym, wreszcie, jeżeliby opłaciło się zbudować rezerwową maszynę parową lub gazową.

Pracę zbadania wodostanów może wykonać tylko instytucya mająca w ręku władzę i ludzi podostatkiem. Prawie we wszystkich krajach roboty tej podejmowały sią lub podejmują rządy i to albo z własnej woli albo pod wpływem agitacyi kół zainteresowanych.

W Szwajcaryi hydrometryczne biuro związkowe od wielu lat prowadzi dokładne pomiary w tym kierunku i ogłasza potem wyniki pomiarów. Pierwsze skatalogowanie sił wodnych wykonał inż. Robert Lauterburg z Berna, który je oznaczył jedną metodą na 253697 KP a drugą na 582833 KP. Praktyka wykazuje, że liczby te są za nizkie, gdyż już w kilku miejscach pracują normalnie siłami wyższemi aniżeli je podał Lauterburg. — Oprócz biura związkowego, każdy prawie kanton prowadzi te roboty oddzielnie, bo wiele centrali w Szwajcaryi jest własnością kantonalną.

W Wirtembergii już w r. 1889 założono biuro hydrograficzne przy ministerstwie dla budowy dróg i robót wodnych. Biuro to posiada 43 państwowych stacyi mierniczych, 24 na Nekarze, 13 na Dunaju, 4 na jeziorze bodeńskiem, po jednej na rzekach Murg i Tauber. Wszędzie notuje się codziennie wysokość poziomu wody i wykreśla się krzywe miesięczne i roczne. Oprócz tego prowadzi biuro pomiary chyżości i profilów na 65 rzekach w 250 miejscowościach przy rozmaitych wodostanach, następnie badania spadków na

tych samych rzekach na długości 4 700 *km*. Wreszcie ogłasza ono wyniki badań i spisy spadków zużytkowanych i jeszcze nie wyzyskanych; według spisu z r. 1899 znajdowało się w Wirtembergii około 45 000 KP siły wodnej na rzekach Nekar, Dunaj, Enz i Nagold; z tej cyfry tylko 16 000 HP było zużytych w przemyśle.

W Tyrolu izba handlowa Insbrucka zajęła się tą sprawą i z polecenia jej C. M. Menghius zbadał rzeki tyrolskie; wyniki jego pracy są zebrane w broszurze p. t. *Tirols Wasserkräfte und deren Verwertung. Innsbruck 1900.*

We Włoszech z polecenia rządu zbadano w r. 1894 zasób energii wodnej i sprawozdanie wykazało 2 000 000 KP możliwych do wyzyskania; w r. 1897 wybrał rząd komisyę, której specyalnie powierzono zbadanie sił wodnych nadających się do wyzyskania dla kolei normalnych; chciano powoli zamienić koleje parowe na elektryczne ze względu na brak węgla we Włoszech. W skład komisyi weszli urzędnicy rządowi i 2 towarzystw kolejowych linii morza śródziemnego i adryatyckiego. Komisya przedłożyła odpowiednie wnioski dyrekcyom obu towarzystw; uchwalono dla wypróbowania najlepszego systemu trakcyi elektrycznej wybudować 3 linie o rozmaitych systemach, jedną z akumulatorami, drugą z przewodami górnymi i prądem 3-fazowym, trzecią z doprowadzeniem prądu stałego zapomocą trzeciej szyny. Najdłuższa z nich Medyolan-Arona długości 130 *km* — jest na ukończeniu; wkrótce zostaną ogłoszone wyniki doświadczeń.

W Szwecyi istnieje t. zw. komitet wodospadów, który ma podobne zadanie. W r. 1899 dyrektor naczelny kolei państwowych Th. Nordström polecił temu komitetowi zbadanie siły państwowych wodospadów, zamierzano zastosować energię elektryczną do całej sieci kolejowej szwedzkiej. Badania przeprowadzone okazały, że dla 5 linii kolejowych położonych korzystnie ze względu na rozprowadzenie prądu, jest do dyspozycyi przez cały rok 141 823 KP; cyfrę tę można podnieść do 276 977 KP podczas ośmiu do dziewięciu miesięcy w roku.

Największe wysiłki i studya na polu sił wodnych w Europie robi Francya, która nie mogąc sprostać konkurencyi bogatej w węgiel Anglii, prześcignięta pod względem przemysłowym przez sąsiednie Niemcy, chwyciła się z całą siłą idei jak najszerszego wyzyskania swoich zasobów energii wodnej zwłaszcza w departamentach Haute Savoie, Isère na stokach Alp, nad Rodanem, u stóp Pirenejów i w niektórych departamentach środkowych. Nie podobna dokładnie powiedzieć, ile Francya ma energii wodnej do rozporządzenia; badania jakkolwiek liczne, były podejmowane przez różne osoby, przedsiębiorstwa i instytucye, jednak nigdzie nie są systematycznie zestawione. Polegając na cyfrach podanych przez R. Tavernier[1]), inżyniera naczelnego dróg i mostów w Paryżu, w 10 departamentach alpejskich i nad Rodanem położonych, jest 3 000 000 KP do wyzyskania przy najniższym stanie wód, a 5 000 000 przy średniej wodzie.

Z polecenia rządu francuskiego odbywają delegaci rozmaitych ministerstw podróże po Szwajcaryi i Włoszech dla dokładnego zaznajomienia się z tamtejszemi instalacyami; uniwersytet w Grenoble, w mieście, które ogniskuje w sobie ruch wodno-elektryczny, urządził specyalny oddział elektrotechniczny dla wykształcenia inżynierów w tym kierunku; wielkie zasługi około propagandy wyzyskania sił wodnych położył inżynier Arystydes Bergés z Lancey; zwłaszcza zachęcał on do użytkowania bardzo wysokich spadków wyżej 500 *m*, które czynią instalacye tańszemi, bo dają wielką siłę przy stosunkowo niewielkich ilościach wody; już 50 do 100 litrów na sekundę daje przy 500 *m* spadu 250 do 500 koni parowych, a wymiary a zatem i koszta przewodów i turbin maleją wprost z ilością wody. Bergés wprowadził szczęśliwą nazwę „węgla białego“ (*Houille blanche*) w odniesieniu do wody i te dwa wyrazy stały się teraz hasłem wielkiej falangi ludzi grupujących się około syndykatu przemysłowców wyzyskujących siły wodne w Grenoble. Syndykat wydaje od maja roku bieżącego miesięcznik p. t. *Houille blanche* poświęcony tej sprawie, a we wrześniu 1902 r. odbył się w Grenoble przy udziale przeszło pięciuset delegatów pierwszy zjazd zwolenników węgla białego, dla wspólnego naradzenia się nad tą ważną dla Francyi kwestyą.

Zupełne pominięcie milczeniem tego kongresu przez naszą prasę codzienną, która skwapliwie notuje zjazdy wszystkich możliwych kierunków naukowych i społecznych, wszelkich partyi politycznych, dziennikarzy, kryminalistów itd. jest w istocie charakterystycznem dla naszych stosunków.

Nie miejsce w artykule tym dawać szczegółowe sprawozdanie z obrad kongresu, ograniczymy się tedy na kilku ważniejszych szczegółach i uchwałach[1]). W kongresie wzięli udział specyalni delegaci francuskich ministerstw rolnictwa, robót publicznych i wojny, kilku byłych ministrów między nimi Hanotaux, a poza tem przeszło 500 inżynierów, przemysłowców, prawników i finansistów. Obrady toczyły się w 2 sekcyach, w ekonomicznej i technicznej. W sekcyi ekonomicznej dyskutowano nad przedłożeniem rządowem wniesionem do izby deputowanych, mocą którego rząd chce unarodowić wszystkie spadki i jako swoją własność wydzierżawiać przedsiębiorcom na ograniczoną liczbę lat; po upływie tego czasu instalacya wracałaby w ręce państwa. Ponadto przedsiębiorca musiałby się zobowiązać dostarczać oznaczonej ilości energii elektrycznej względnie wody państwu i gminom okolicznym po cenie przez państwo oznaczonej. Wreszcie już po 15-tu latach państwo ma prawo odkupić instalacyę. — Przeciwko temu projektowi komisya parlamentarna wystąpiła i zaproponowała zmiany następujące: 1. koncesya nie jest obowiązkową w razie, gdy przedsiębiorca nie potrzebuje korzystać z prawa wywłaszczenia innych właścicieli brzegów rzeki; 2. koncesyę wydaje się na nieograniczony czas i stanowi ona własność nieruchomą. Ale i te zmiany nie zadowoliły przedsiębiorców i z łona ich wyszedł trzeci projekt ustawy, który po prostu chce zatrzymać status quo i żąda tylko w razie zamiaru wyzyskania spadku wody między dwoma punktami rzeki, urządzenia licytacyi publicznej; na tej licytacyi przedsiębiorca nabywa prawa do wody od wszystkich właścicieli pośrednich, płacąc im stosownie do spadku odpowiadającego ich własności. Po bardzo obszernej dyskusyi nad temi trzema przedłożeniami przyjął zjazd szereg wniosków z których wynika, że większość oświadczyła się za trzeciem przedłożeniem.

W sekcyi technicznej przyjęto następujące wnioski:

I. Kongres wyraża życzenie, aby przemysłowcy, właściciele względnie kierownicy instalacyi hydraulicznych zorganizowali studya biegów wody, którą wyzyskują; powinni przytem używać jednolitego systemu według planu, który im nadeszle syndykat z oznaczeniem warunków, dla których ma się pomiary wykonywać celem ułatwienia późniejszego porównania; przy końcu każdego roku mają oni przesłać wyniki pomia-

[1]) *Tavernier. L'utilisation des chutes d'eau dans les Alpes françaises* (w piśmie *Mémoires et compte rendu des travaux de la société des ingénieurs civils de France*“ Maj 1902).

[1]) Porównaj czasop. *Houille blanche* Nr. 5 i 6.

rów syndykatowi właścicieli i przemysłowców wyzyskujących wodną siłę motoryczną, celem zestawienia wszystkich danych. Administracya rządowa ze swej strony zechce jak to uczyniono w kilku krajach zagranicą, udzielać dostatecznych kredytów na studya sił hydraulicznych, ponadto poleci pp. inżynierom dróg i mostów, aby udzielali pomocy przemysłowcom, którzyby chcieli badać bieg wód ich obchodzących, wreszcie, umieści wzdłuż głównych biegów rzek oznaczenia wysokości poziomu, według ogólnej niwelacyi Francyi.

II. Kongres wyraża życzenie, aby „Towarzystwo ochrony malowniczych widoków“ porozumiewało się z syndykatami okręgowymi dla wyzyskiwania sił przyrody, celem możliwego pogodzenia potrzeb estetyki z wymogami przemysłowego życia nowoczesnego, zwłaszcza, gdzie chodzi o ujęcie wysokich spadów w górach.

III. Kongres uchwala: zważywszy, że formuły i przyrządy używane do pomiarów wodnych dają wyniki przybliżone nie wystarczające dla dokładnego oznaczania dzielności turbin; zważywszy dalej, że używanie tych formuł i przyrządów napotyka prawie zawsze w zakładach hydraulicznych na trudności w zastosowaniu, tak, że wyniki są wprost iluzoryczne, kongres wyraża życzenie, aby utworzono stacyę doświadczalną dla turbin, podobną do istniejącej w Ameryce, gdzieby woda była mierzona w naczyniach o znanej pojemności.

Na wypadek, gdyby próby dzielności nie mogły być wykonane w stacyi doświadczalnej, zakład ten powinien posiadać personal doświadczony i przyrządy jak najdoskonalsze, aby módz wykonywać oznaczenia wydajności i dzielności w instalacyach hydraulicznych, już to dla samych przemysłowców, już też w razie nieporozumień między przemysłowcem i konstruktorem.

IV. Zważywszy uchwalone życzenie stworzenia stacyi doświadczalnej dla turbin; zważywszy znaczenie, jakie ma dla przemysłowców pracujących siłą hydrauliczną dokładna znajomość dzielności motoru; zważywszy wreszcie, że oznaczenie dzielności czy to starych czy nowych motorów powinno być wykonane tylko przez inżynierów według tych samych metod doświadczalnych i według jednolitego systemu, kongres wyraża życzenie, aby przemysłowcy wyzyskujący siłę wodną, zjednoczyli się w towarzystwo ogólne zawierające oddziały okręgowe, analogicznie do towarzystw właścicieli instalacyi parowych, względnie, aby porozumieli się z tymi ostatnimi, celem stworzenia sekcyi hydraulicznej; następnie ma się wybrać komisyę, złożoną z niezależnych fachowców dla przestudyowania dróg i środków zmierzających do założenia stacyi doświadczalnej dla turbin, wreszcie, komisya ta ma zażądać od władz publicznych, aby urzędnicy miejscowi dróg i mostów i leśniczy dawali towarzystwu do dyspozycyi wszystkie dokumenty statystyczne, jakie posiadają.

V. Kongres wyraża życzenie, aby przemysłowcy zwracali się przedewszystkiem do fabryk francuskich, przy zamawianiu materyałów potrzebnych dla budowy centrali.

Ostatnie 3 wnioski odnoszą się do przestrzegania przepisów przeciw wypadkom na liniach elektrycznych, do zniżenia taksy kilometrowej przy prowadzeniu linii telefonicznych niezbędnych dla sieci elektrycznej o wysokiem napięciu i wreszcie, do ustalenia taryfy kolejowej dla przewozu produktów elektrochemicznych, na podstawie stosowanej obecnie do innych produktów chemicznych.

Z treści uchwał widać, że chociaż we Francyi już przeszło 100 000 koni parowych wodą jest poruszanych, to dopiero obecnie zabierają się tam do poważnych studyów, pomiarów wody itd. Zjawisko to powtarza się zresztą i w innych krajach, gdzie równolegle z badaniami już się buduje, nie czekając na ścisłe wyniki pomiarów. Najlepszym tego dowodem Ameryka północna, gdzie dokonano wprost olbrzymich dzieł w dziedzinie wyzyskania sił wodnych, a koroną przedsiębiorstw tamtejszych jest wyzyskanie wodospadu Niagary na razie na 100 000 koni parowych; połowa już jest w ruchu i zupełnie rozsprzedana, a druga połowa właśnie w budowie.

Jeżeli imponować musi ruch teoretyczny na polu badania sił wodnych i udoskonalania sposobów przenoszenia energii na odległość, to znacznie więcej zdumiewa praktyczna działalność ostatnich lat piętnastu. Jakby z pod ziemi wyrosły olbrzymie centrale poruszane wodą we wszystkich krajach alpejskich, w Skandynawii, w Ameryce północnej itd. Energie rozporządzalne przestało się już liczyć na setki koni, bo cały szereg nowych instalacyi rozporządza tysiącami, nawet dziesiątkami tysięcy koni parowych. Nie mam zamiaru podawać tu dokładnego zestawienia wszystkich instalacyi zbudowanych w różnych krajach, bo przeważnie brak materyałów odpowiednich, ale ograniczę się do kilku cyfr, które dadzą przybliżone pojęcie o ogromie wykonanej pracy.

W Szwajcaryi, dla której dokładny spis centrali elektrycznych ułożył prof. Wyssling z Zurychu, znajduje się energii elektrycznej nagromadzonej 144 480 koni, a z tego 95% wytwarza się siłą wodną. Instalacyi wytwarzających ponad 4 000 koni jest 11, razem dają one 70 000 koni t. zn. połowę całej energii. Między nimi znajdują się 2 instalacye olbrzymich rozmiarów, mianowicie centrala w Chevres nad Rodanem zasilająca 16 000 końmi Genewę z okolicą i centrala w Rheinfelden nad Renem również o 16 000 HP.

We Francyi istnieje wyżej 150 000 HP uruchomionych wodą, przeważnie dla przemysłu elektrochemicznego. Największy zakład jest nad Rodanem w Jonage, który daje do 18 000 koni dla Lyonu i okolicy. Przeniesienia energii na odległość są śmielsze niż w Szwajcaryi i dochodzą już do 100 *km* (centrala w Avignonet nad rzeką Drac). We Francyi też zaczęto wyzyskiwanie bardzo wysokich spadków, kilkuset metrowych, ale pod tym względem obecnie Szwajcarya prześcignęła Francyę przez powstawanie centrali w Vonvry, gdzie turbiny pracują pod ciśnieniem przeszło 90 *atm.* t. zn. przy spadzie 920 *m*. Woda do tego celu służąca odpływa z jeziora Lac Tanay położonego w górach 1 410 *m* nad poziomem morza. Jeziorko to 42 *m* głębokie jest płytsze i mniejsze od niektórych z naszych stawów w Tatrach, co nasuwa ciekawe analogie o których będzie niżej mowa.

We Włoszech z końcem r. 1898 oficyalna statystyka podaje 878 centrali elektrycznych o 56 616 HP poruszanych wyłącznie wodą, a w ostatnich latach zbudowano, względnie buduje się kilka bardzo wielkich centrali hydro-elektrycznych Z istniejących wymieniam jako najwybitniejsze, centrale w Paderno nad Addą na 12 000 KP przenoszącą energię na 33 *km* do Medyolanu, centralę Vizzola nad Ticinem na 19 000 KP i w Tivoli wytwarzającą 17 000 KP dla Rzymu.

W Norwegii i Szwecyi już oddawna stosowano siłę wodną; w r. 1896 liczono już 100 000 KP wyzyskanych, ale przeważnie nie przenoszono energii na odległość, tylko wyzyskiwano ją na miejscu, w przemyśle celulozy, w tartakach itd. Dopiero w ostatnich latach i tam zaczęto budować stacye hydroelektryczne, z tych największe nad rzeką Glommen w Sarpsfos na 17 000 KP otwarta w r. 1890, budująca się obecnie w Kykkelsrudfos na 28 000 KP i przy wodospadzie Trollhäta na 20 000 KP.

*

Z innych krajów Europy, gdzie w większej ilości wyzyskano siłę wodną, należy wymienić Wirtembergię, Hiszpanię i Tyrol. Ale w pierwszych dwóch krajach przeważają małe centrale, średnio po mniej niż 100 KP. W r. 1899 liczono ilość wyzyskanych koni parowych na 4 rzekach Wirtembergii (Dunaj, Nekar, Enz i Nagold) na 15 831, w Hiszpanii dla samych tylko zakładów elektrycznych na 13 000. W Tyrolu było w r. 1899 centrali elektrycznych 78 o sile 9 700 KP, z tych 8 335 KP było poruszanych wodą. Obecnie mamy w Tyrolu 2 bardzo wielkie instalacye hydroelektryczne, a to w Meranie (6 000 KP) i w Mattrei nad rzeką Sill (6 000 KP).

Co się tyczy Ameryki północnej, to nie ma nigdzie dokładnych zestawień; na podstawie spisu centrali elektrycznych pracujących napięciem wyższem nad 10 000 *volt*. podanego w dziele L. Bella, *Electric Power transmission* (3-cie wyd.) str. 622/4 doszlibyśmy dla Stanów Zjednoczonych, Meksyku i Kanady do cyfry 240 000 KP, a wraz z budującymi się nowymi zakładami na Niagarze na 50 000 KP, można śmiało ocenić energię na 300 000 KP [1]). Stany Zjednoczone zajmują też co do wielu szczegółów w przenoszeniu energii pierwsze miejsce na świecie, że wspomnę na tem miejscu o odległościach przeniesienia dochodzących do 250 *km* i o napięciach prądów przenoszonych, dochodzących do 60 000 *volt*.

Ten krótki wyciąg może już dać niejakie pojęcie o ogromnym rozwoju tej gałęzi techniki. Zachodzi pytanie, skąd się wziął ten niesłychany pęd w wyzyskiwaniu sił wodnych. Odpowiedź jest prosta; dwa względy wpłynęły tu rozstrzygająco: przedewszystkiem rozwój elektrotechniki, który umożliwił przenoszenie ekonomiczne energii na znaczne odległości, a powtóre taniość siły wodnej, która zdolna jest konkurować nawet po przeniesieniu kilkudziesięciokilometrowem z energią wytworzoną na miejscu maszynami parowemi, gazowemi lub innymi motorami cieplikowymi.

Zbadajmy bliżej oba te czynniki; więc najpierw możliwość ekonomicznego przenoszenia energii zapomocą elektryczności. Systemy używane do przenoszenia energii na odległość są: transmisya linowa, ciśnienie wody, ciśnienie zgęszczonego powietrza lub gazu, wreszcie prąd elektryczny. Porównując te systemy ze sobą widzimy, że przy całkowitem obciążeniu na krótką odległość do $^3/_4$ *km*, transmisya linowa jest najtańsza co do kosztów założenia i ruchu, już przy 3 *km* prąd elektryczny i ciśnienie pneumatyczne powietrza przegrzanego dają najdogodniejsze warunki przeniesienia, a ze zwiększającą się odległością prąd elektryczny staje się coraz tańszy w porównaniu z innymi systemami. Różnica jest jeszcze bardziej rażąca, jeżeli zważymy, że w praktyce rzadko przenosi się pełne obciążenie, przeważnie część tylko i to zmienną; tymczasem dzielność wszystkich rodzajów przeniesienia gwałtownie maleje ze zmniejszającem się obciążeniem. Już przy połowie obciążenia transmisya linowa daje według Bella zamiast 68% tylko 46% dzielności, a pneumatyczne ciśnienie powietrza ogrzanego 50% zamiast 65%; podczas gdy dzielność energii elektrycznej spada z 73% na 65%, a przy najnowszych udoskonalonych generatorach o wielkiej wydajności i wysokiem napięciu, można liczyć na dzielność przeniesienia 86·6% przy całkowitem obciążeniu, a prawie 85% przy połowie obciążenia [2]).

[1]) Według dat, o których się dowiedziałem po wydrukowaniu pracy niniejszej w *„Czasop. Techn."* oficyalna statystyka Stanów Zjednoczonych podaje 11 milionów KP zajętych w przemyśle w r. 1900, z tych 2 miliony przypada na siły wodne.

[2]) Porównaj obszerne omówienie rozmaitych systemów transmisyi w dziele Bella: *Electric power transmission* rozdział 2-gi.

Momentem rozstrzygającym, który przeważył szale co do taniości i dzielności na korzyść przeniesienia elektrycznego przed innymi rodzajami transmisyi, było zastosowanie wysokiego napięcia. Wiadomo, że energia elektryczna równa się iloczynowi z natężenia (Ampery) i napięcia (Volty); wiadomo dalej, że straty przy przeniesieniu energii elektrycznej są zależne jedynie od natężenia i to w kwadratowym stosunku, a wcale niezależne od napięcia. Mając tedy przenieść daną ilość energii, otrzymamy straty malejące w stosunku kwadratowym do rosnącego napięcia; przytem i przekrój drutu zmniejsza się z malejącem natężeniem, tak że koszta linii znacznie się zmniejszają. Mając np. przenieść 100 kilowattów (140 KP) na jakąś odległość, to przy tych samych stratach (np. 5% spadku napięcia) będziemy mogli użyć 100 razy cieńszego drutu przenosząc 10 *amp.* o napięciu 10 000 *volt* niż używając prądu 100 *amp.* o 1 000 *volt*. Początkowo wysokie napięcia mało były rozpowszechnione, gdyż powszechnie używane maszyny o prądzie stałym z kolektorami nie pozwalały przekraczać 2 000 *volt*, a system łączenia maszyn w szereg (metoda Thury) nie znalazł należytego poparcia; dopiero wydoskonalenie maszyn o prądzie zmiennym, pozwalające wytwarzać prądy do 10 000 *volt*, a jeszcze bardziej, zastosowanie transformatorów statycznych, które przy 97 a nawet 98% dzielności zamieniały prądy na dowolnie wysokie napięcia, szybko przyczyniły się do stopniowego podwyższenia napięć na liniach elektrycznych, tak że dziś w Ameryce istnieje linia pracująca zupełnie zadowalająco przy 60 000 *volt.*; jest to przeniesienie z centrali w Colgate na 270 *km* do Oakland nad Oceanem Spokojnym. Przeniesienia elektryczne jeszcze bardziej potaniały przez wprowadzenie prądów 3-fazowych, które pozwalają przy stratach zwykłego prądu zmiennego, zaoszczędzić $^1/_4$ ciężaru drutu użytego na przewodniki.

Obok tego rozwoju elektrotechniki wchodzi w rachubę drugi czynnik: taniość siły wodnej. Na pierwszy rzut oka wydaje się sprawa bardzo prostą i naturalną; bo przecież woda nic nie kosztuje, więc założenie i utrzymanie instalacyi musi być niezwykle tanie w porównaniu np. z centralą parową, gdzie węgiel stale pochłania wielkie sumy. Ta jednak na pozór łatwa sprawa, przedstawia się w praktyce o wiele mniej przyjemnie i dzięki przeoczeniu rozmaitych okoliczności, niektóre z dawniejszych instalacyi hydro elektrycznych kosztowały kilka razy drożej niżby kosztowała centrala parowa. Pominąwszy koszta nabycia spadu, które coraz w górę idą, wchodzi tu w grę uchwycenie i odprowadzenie wody, co w niektórych wypadkach jest nadzwyczaj kosztowne; gdzie trzeba prowadzić długie, czasem kilkukilometrowe tunele, kanały, tam wypada dokładnie przeliczyć, czy się przedsiębiorstwo opłaci. Dalszą trudność stanowi chwiejność ilości wody dostarczanej przez rzekę i konieczność stwarzania zbiorników wody dla wypełnienia braków w czasie małej wody a wielkiego obciążenia. Gdzie się nie opłaca urządzenie takiego zbiornika, trzeba stawiać rezerwową silnicę parową. Z tych trudności i z niedostatecznego ich rozwiązania przy bardzo wielu dotychczasowych instalacyach tłumaczy się, dlaczego dotąd energia elektryczna wytwarzana w centralach wodnych nie o wiele jest tańszą od energii sprzedawanej przez centrale parowe, zwłaszcza jeżeli uwzględnimy, że na polu ekonomii maszyny parowej zdziałała technika nadzwyczaj wiele.

Z rozmaitych warunków przyrodzonych wynikają rozmaitej wysokości koszta urządzenia instalacyi hydroelektrycznej. Dla przykładu przytaczam według p. Gin[1])

[1]) *Eclairage electrique* 1901, str. LVIII.

kilka cyfr przedstawiających koszta urządzenia przypadające na 1 KP w rozmaitych centralach wodnych:

Centrala „la Praz“ we Francyi na 13 000 KP — 212 franków na 1 KP;

Centrala Saint Michel de Maurienne we Francyi 4000 KP — 220 fr. na 1 KP;

Centrala Saint Felix en Maurienne we Francyi 3 200 KP — 180 fr. na 1 KP;

Centrala w Jonage nad Rodanem we Francyi 20 000 KP — 1 800 fr. na 1 KP;

Centrala w Hauterive w Szwajcaryi 5 000 KP — 600 fr. na 1 KP;

trali w Jonage, zasilającej Lyon. Centrala ta istotnie kosztowała około 40 milionów franków; trzeba bowiem było odprowadzić Rodan kanałem 18 *km*, a równocześnie zabezpieczyć żeglugę. Jednak już w czwartym roku istnienia dzięki nizkim kosztom ruchu, przedsiębiorstwo przyniosło 4% dochodu od kapitału. Również dość wysokie koszta instalacyi w Hauterive pochodzą stąd, że trzeba było tam odprowadzić wodę Sariny tunelem długim przeszło 9 *km*.

Dla porównania kosztów zakładowych centrali wodnej z parową i gazową, użyję bardzo sumiennych obliczeń inż. O. Millera, które tenże przedłożył na

	I. 5 turbin po 1200 KP i 1 turbina rezerwowa 1200 KP	II. 5 turbin po 1200 KP i 2 rezerwowe maszyny parowe po 1200 KP			III. 4 maszyny parowe po 1500 KP i 1 rezerwowa maszyna 1500 KP			IV. 6 motorów gazowych po 1000 KP i 1 rezerwowy 1000 KP		
Kapitał zakładowy dla 6000 koni parowych w koronach										
A. Kapitał zakładowy na wale motoru wypadający na 1 KP	315	410			354			378		
B. Po przemianie energii mechanicznej na elektryczną kosztuje 1 *kilowatt* na tablicy rozdziałowej	550	706			610			644		
C. Po przeniesieniu energii mechanicznej na 10 *km*, za pomocą dynamomaszyn, linii elektrycznej o napięciu 10000 *voltów* i motorów w stacyach pomocniczych licząc 20% straty w przeniesieniu, wypada koszt 1 KP	595	729			650			675		
D. Przenosząc energię elektryczną na 10 *km* i zużywając jej w stacyach pomocniczych: α) jako prąd zmienny — koszt 1 *kilowatta* przeniesionego	712	880			780			812		
β) jako prąd stały — koszt 1 *kilowatta* przeniesionego	1 000	1 208			1 085			1 122		
Koszta ruchu dla 6000 KP w halerzach										
A. Koszta godziny i konia na wale motoru	0·34	0·72	0·84	0·95	1·31	1·90	2·49	1·18	1·59	2·00
B. Koszta kilowattgodziny na tablicy rozdziałowej	0·70	1·28	1·45	1·62	2·11	2·97	3·84	1·90	2·50	3·10
C. Koszta konia godziny po przeniesieniu 10 *km* jak wyżej	0·77	1·28	1·42	1·55	2·00	2·74	3·48	1·83	2·35	2·87
D. Koszta kilowattgodziny jak wyżej α) prąd zmienny . .	0·87	1·49	1·68	1·85	2·40	3·34	4·28	2·18	2·84	3·49
β) prąd stały	1·38	2·12	2·35	2·57	3·22	4·35	5·46	2·94	3·72	4·50

Uwaga. Potrójne cyfry w rubryce II odnoszą się do cen węgla za 100 *kg* — 2·36 kor. 3·54 kor. względnie 4·72 kor.; w rubryce III również do 3 rozmaitych cen węgla, ale przyjąwszy centralę w okręgu węglowym użył Miller cen odpowiednio niższych za 100 *kg* mianowicie 0·59 kor., 1 kor. 18, względnie 1 kor. 77. W rubryce IV potrójne cyfry odnoszą się do 3 następujących cen za m^3 gazu wylotowego pieców wysokich: 0·12 h., 0·23 h. i 0·35 h.

Centrala w Meranie w Tyrolu 5 000 KP — 400 fr. na 1 KP;

Centrala w Mansboe w Szwecyi 5 000 KP — 260 fr. na 1 KP;

Centrala w Chedde we Francyi 8 000 KP — 220 fr. na 1 KP;

Centrala Saint Béron we Francyi 3 500 KP — 270 fr. na 1 KP;

Centrala Rheinfelden w Szwajcaryi 17 000 KP — 235 fr. na 1 KP;

Centrala Esparragnera w Hiszpanii 2 500 KP — 420 fr. na 1 KP.

Zanim przytoczę dla porównania cyfry odnoszące się do parowych centrali, chciałbym zaraz wyjaśnić, skąd się bierze nieproporcyonalnie wysoka cyfra cen-

VII zjeździe niemieckiego towarzystwa elektrochemicznego w Zurychu [1]).

Dla porównania użył Miller centrali na 6 000 KP na wale motoru; cyfry odnoszące się do centrali wodnej wzięte są z rzeczywistych wydatków centrali w Meranie w Tyrolu na 6 000 KP, którą Miller projektował. Powyżej podano zestawienie dotyczące kapitału zakładowego przypadającego na 1 KP, a następnie kosztów ruchu.

Z zestawienia tego widzimy, że już kapitał zakładowy wodnej instalacyi niższy jest choć niewiele od parowej; stosunek ten zmienia się na korzyść instalacyi parowej lub gazowej, jeżeli trzeba zastosować dla braku

[1]) *Zeitschrift für Elektrochemie* 1900 str. 176 i nast.

wody w pewnych okresach rezerwę parową. Jeżeli zaś porównać wyniki odnoszące się do kosztów ruchu, to instalacya wodna wymaga tylko około $^1/_3$ część a w razie rezerwy parowej nieco więcej niż połowę kosztów potrzebnych na ruch w centrali parowej. Zresztą, nawet gazowa instalacya daje trochę niższe cyfry od parowej. Co więcej, koszt jednej kilowattgodziny przeniesionej z centrali wodnej na 10 *km* jest jeszcze niższy, a w przypadku rezerwy parowej równy kosztowi produkcyi w centrali parowej na miejscu, na tablicy rozdziałowej. Zestawienie to przesunie się jeszcze bardziej na korzyść instalacyi wodnej, jeżeli za ceny węgla wstawimy nie cyfry przyjęte przez Millera dla okręgu węglowego (od 0·59 do 1 kor. 77 za 100 *kg*) ale takie, jakie są w krajach ubogich w węgiel, dokąd trzeba go transportować np. w Galicyi. Przy takich cenach centrala wodna zdolna jest konkurować z parową nie na 10 *km* przeniesienia, ale na znacznie większe odległości. Jeszcze w innym względzie może potanieć energia wytworzona w centrali wodnej. Miller przyjął jako koszt zakładowy centrali swojej według rzeczywistych wydatków przy budowie stacyi w Meranie, 315 kor. na konia parowego. Przy okolicznościach korzystnych cyfra ta może się zmniejszyć o połowę, a nawet może spaść niżej 100 kor.; np. w Vallorbes w Szwajcaryi wynosiła 86 koron.

Ostateczny wniosek, jaki można wyprowadzić z całego zestawienia jest ten, że w krajach, gdzie nie ma węgla, gdzie ceny węgla są względnie wysokie, opłaci się przy wielkich spadach wyzyskiwać siłę wodną i zużywać jej w formie energii elektrycznej przeniesionej na odległość; trzeba jednak wyliczyć zawsze granicę, poza którą już możnaby mieć energię na miejscu wytworzoną parą albo gazem po tańszej cenie aniżeli energię przeniesioną. Odległość przeniesienia ograniczona jest z innej strony wysokością napięcia elektrycznego jakie da się zastosować, uwzględniając że przy odległościach do 100 *km* napięcie musi wynosić do 20 000 *voltów*, a przy odległościach do 250 *km*, jakie w Ameryce zastosowano, trzeba było podnieść napięcie do 60 000 *voltów*. Jest to na razie granica górna, do której dziś się doszło.

Równolegle z taniością kosztów zakładowych i kosztów ruchu spadają ceny sprzedaży energii elektrycznej dla światła i siły. I tu ceny podlegają wielkim wahaniom; gdzie kapitał zakładowy był bardzo wysoki jak np. w Lyonie, tam sprzedają kilowattgodzinę po cenie droższej niż w niektórych instalacyach parowych. W ogóle jednak, średnia cena spadła niżej średniej parowej; przy centralach parowych już bardzo ekonomicznie pracujących sprzedaje się kilowattgodzinę dla oświetlenia najtaniej po 60 *h*, udzielając rabatów przy większem zapotrzebowaniu prądu. W instalacyach wodnych ceny 45 do 50 *h* są dość powszechne, a upusty przy odbiorze większej ilości prądu są tak znaczne, że cena kilowattgodziny spada do 20 *h* i nawet niżej. Jeszcze większe różnice są przy oddawaniu prądu dla motorów. Przy instalacyach parowych nie doszło się nigdzie do ceny niższej aniżeli 110 *K* za jednego konia parowego rocznie, względnie 18 *h* za kilowattgodzinę przy używaniu prądu przez 850 godzin rocznie; przy instalacyach wodnych ceny 88 *K*. i mniej za 1 KP rocznie są dość powszechne, a bywają przypadki, gdzie dla przemysłu elektrochemicznego, cena ta spada niżej 50 *K*. Kilowattgodzina kosztuje dla motorów przy małych ilościach prądu odbieranego do 12 *h*, a przy większych spada do 2 *h* a nawet niżej jednego halerza.

Wyniki, które tu przedstawiłem, odpowiadają dzisiejszemu stanowi rzeczy, ale ponieważ rozwój w ekonomicznem urządzaniu stacyi hydroelektrycznych odbywa się nieustannie i właściwie technika poczyniła dopiero pierwsze kroki w tej nowej dziedzinie, więc jest uzasadniona nadzieja, że cyfry powyższe nie są jeszcze ostatnim wyrazem tego, co się da osiągnąć i że w niedalekiej już przyszłości energia otrzymana siłą wody, będzie mogła bezwzględnie wyrugować parę ze wszystkich krajów ubogich w węgiel.

Ponieważ chciałbym z wywodów swoich przy końcu wyciągnąć szereg wniosków dla Galicyi, pozostaje mi jeszcze jedna ważna kwestya do omówienia, a jest nią zastosowanie energii elektrycznej; bo łatwo ostatecznie nagromadzić w korzystnem miejscu zapasy energii, ale co z nią zrobić; czy można liczyć na zbyt? Odpowiedź na te pytania dają doświadczenia porobione we wszystkich krajach czy one były bardziej lub mniej przemysłowe, czy okolica nadawała się pozornie do zastosowania energii lub nie, a odpowiedź ta wszędzie wypada w tym kierunku, że stworzenie taniej energii wywołuje samo przez się jej zbyt, stwarza nowe potrzeby, powołuje do życia nowe gałęzie przemysłu wzmacnia już istniejące. Oto co pisze przy sposobności otwarcia zakładu „Isarwerke“ koło Monachium Oskar Miller [1]), jeden z najgruntowniejszych znawców urządzeń wodnoelektrycznych i który sam projektował wiele pierwszorzędnych centrali: „Die Isarwerke haben nachdem ihnen die Erlaubniss zur Lieferung elektrischer Ströme nach München versagt wurde, besondere Industriebezirke errichtet, in welchen den Fabriken und Gewerbetreibenden alle die Vortheile zur Verfügung stehen, welche der heutige Stand der Technik zu bieten vermag... Auch Gewerbetreibende, die keine genügende Kapitalien besitzen, um in der Stadt selbst auf theueren Grundstücken kostspielige Motoranlagen zu errichten, können hier alle Vortheile, die sonst nur der Grossindustrie zu Gebote standen, geniessen. Es ist kein Zweifel, dass durch eine derartige Verwerthung dieser bisher unbenützten Wasserkräfte der Industrie ein zur Zeit noch kaum übersehbahrer Nutzen geboten wird... Anlagen, wie die Isarwerke vermögen daher nach den verschiedensten Richtungen bedeutende Vortheile zu bieten und diese werden, wenn sie von den betheiligten Kreisen erst richtig erkannt und gewürdigt werden, sicher dazu führen, dass die vielen und grossen bisher unbenützten Naturkräfte in ähnlicher Weise verwerthet und der gesammten Elektrotechnik neue Gebiete für eine erspriessliche Thätigkeit eröffnet werden“.

Dla przykładu jakie są rozliczne zastosowania energii wytworzonej w wielkiej centrali, przytoczę najpierw kilka charakterystycznych zakładów. W instalacyi w Rathausen koło Lucerny w Szwajcaryi przyłączono do sieci następujące motory:

Liczba motorów	Wydajność poszczególnych motorów w KP	Zastosowanie	Suma energii zużytej w KP	Odległość przeniesienia w *km*
6	10 do 120	Huta żelazna Moosa w Lucernie . . .	200	Do Lucerny na 8 *km*
1	10	Stolarnia mebli Herzoga w Lucernie .	10	
1	12	Szklarnia Herzoga w Lucernie . . .	12	
1	30	Młyn w Lucernie .	30	
4	5 do 25	Warstaty okrętowe w Lucernie . . .	47	
2	10 i 25	Centralny dworzec w Lucernie . . .	35	
1	2·5	Skład drzewa Buchera w Lucernie .	2·5	
1	165	Browar Endelmanna w Lucernie . . .	165	
1	20	Browar Blanca w Lucernie	20	

[1]) *Elektrotechnische Zeitschrift* 1895 str. 703.

Liczba motorów	Wydajność poszczególnych motorów w KP	Zastosowanie	Suma energii zużytej w KP	Odległość przeniesienia w *km*
8	5 do 40	Fabryka maszyn Th. Bell & Spka . . .	150	Do Kriens
1	20	Przędzalnia Schappego	20	
2	12 i 20	Fabryka makaronów	32	
3	15 do 80	Cegielnia w Kriens	145	na 6·8 *km*
1	2·5	Drukarnia „	2·5	
1	19	Wodociąg Gerliswil	19	
1	20	Bracia Ineichen w Inwil	20	
2	5 i 15	Kolejka powietrzna Seethal Hochdorf .	20	11 *km*
1	50	Szewc A. Moss w Lucernie	50	9 *km*
różne mniejsze motory w Lucernie		Lucerna	250	9 *km*
		Razem . . .	1 230 koni par.	

W innej centrali „La Goule“ na pograniczu szwajcarsko-francuskiem, gdzie przemysł zegarkowy jest bardzo rozwinięty, 74 warstatów zegarmistrzów posiada motorki elektryczne od $^1/_{10}$ KP do 15 KP, a ponadto do centrali przyłączono motory w 28 innych warstatach jako to: u tokarzy, cieśli, drukarzy, złotników, piekarzy, masarzy, w fabrykach papieru, wody sodowej, w tartakach i wreszcie do oświetlenia miasteczka St. Imier. Suma energii dochodzi razem do 800 KP.

Taka wielka centrala jak np. Rheinfelden (15 000 KP) stworzyła około siebie nowe centrum przemysłowe; między innemi powstały tam następujące fabryki: Elektrochemische Werke Rheinfelden, Chemische Fabrik Elektron, Aluminiumfabrik Rheinfelden, Natriumfabrik der deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt Frankfurt a/M, fabryka maszyn i mostów A. Buss & Cie w Wyhlen, farbiarnia Joh. Rudy Geigy & Cie, fabryka aniliny w Bazylei, fabryka chemiczna Hoffmann, Laroche & Cie w Grenzach, fabryka tapetów Engeli & Cie, fabryka maszyn G. Knochenhaus w Grenzach; fabryka guzików A. Raymond w Lörrach i drukarnia Dr. Feera w Brombach.

Podobne centrum wyłącznie elektrochemiczne powstało przy wodospadach Niagary.

Ażeby ogólnie rzecz tę rozpatrzeć, podzielimy zastosowanie energii elektrycznej na trzy główne działy: oświetlenie, siłę motoryczną i elektrochemię. Z tych trzech działów właściwie tylko trzeci prawie wyłącznie rozwinął się po zastosowaniu wody jako siły motorycznej, bo tylko w ten sposób można było otrzymać energię po tak nizkiej cenie, ażeby się opłaciło jej zastosowanie do pieców elektrycznych. Dziś olbrzymia część produkcyi elektrochemicznej pochodzi z zakładów odbierających prąd ze stacyi hydroelektrycznych. W Europie według Swana[1]) w 50 największych zakładach elektrochemicznych o łącznej energii 166 278 KP jest woda użyta jako siła motoryczna dla 149 318 KP t. zn. w 89% całej energii, para dla 16 710 KP (10%), a gaz dla 250 KP (1%).

Najważniejsze zastosowanie elektrochemii dotychczas było w fabrykacyi kalcyumkarbidu, która chwilowo przechodzi poważne przesilenie, tak że wiele fabryk było zmuszonych zastanowić robotę; poza tem wytwarzają tą drogą aluminium, alkalie, chlor, kwas azotowy, rafinują miedź i metale szlachetne. Jakkolwiek zakres działania jeszcze mały, ale też dziedzina to nowa i ciągle pojawiają się nowe pomysły i zastosowania, tak że elektrochemia może już dziś stanowić ważną podstawę dla przedsiębiorstw wodno-elektrycznych.

[1]) *Zeitschrift für Elektrochemie* 1901, str. 956.

Pozostaje światło i siła elektryczna; one stanowią na razie największą część odbytu całego prądu. Zwłaszcza oświetlenie pomimo swej ceny stosunkowo wyższej od światła gazowego Auerowskiego znajduje coraz większe rozpowszechnienie i rozstrzyga często o rentowności przedsiębiorstwa. Tania cena światła po małych miasteczkach i wioskach, gdzie się zupełnie nie opłaca stawianie gazowni, wytwarza coraz większe odczuwanie potrzeby porządnego oświetlenia i przyczynia się do coraz szerszego rozpowszechnienia lampek elektrycznych.

Obok tego w godzinach dziennych coraz więcej używają siły elektrycznej do motorów, zwłaszcza, że taryfa dla siły przeważnie jest bardzo nizka. Do tej kategoryi zaliczyć trzeba zastosowanie prądu dla tramwajów, kolejek górskich, drugorzędnych i wreszcie normalnych kolei pierwszorzędnych. O ile dziś tylko tramwaje elektryczne wchodzą poważnie w rachubę, niedaleka przyszłość może dać odpowiednie rozwiązanie dla kolei normalnych i wtedy zbyt prądu znacznie się powiększy.

Zastosujmy wyniki powyższych wywodów do naszych stosunków w Galicyi. Chcąc się zabrać do systematycznej pracy około wyzyskiwania naszych sił wodnych, trzeba je przedewszystkiem dokładnie poznać. Dotychczasowa działalność na tem polu, którą prowadzi rządowa służba hydrograficzna jest niewystarczającą. Wyniki jej badań zebrane są w rocznikach c. k. centralnego biura hydrograficznego, a o ile dotyczą Galicyi, zebrane są w tomach omawiających dorzecze Wisły, Dniestru, Dniepru, Seretu i Prutu. Roczniki te zawierają spostrzeżenia opadu podawane przez stacye ombrometryczne i spostrzeżenia wodowskazowe podawane przez stacye wodowskazowe. W r. 1899 było 257 stacyi ombrometrycznych w dorzeczu Wisły, 147 w dorzeczu Dniestru, a 76 w dorzeczu Seretu i Prutu, 124 stacyj wodowskazowych w dorzeczu Wisły, 52 w dorzeczu Dniestru, a 24 w dorzeczu Seretu i Prutu. Roczniki dają w pierwszej części dzienne wysokości, miesięczne i roczne sumy opadów, wreszcie liczby dni z pewną wysokością opadu; w drugiej części dzienne stany wody, średnie miesięczne i roczne stany, trwanie stanów wód, wreszcie najwyższy i najniższy stan wód w roku sprawozdawczym i od czasu istnienia wodowskazu. Natomiast nie mamy w rocznikach danych tyczących się spadu wód, a dopiero w ostatnim roczniku z r. 1899 jest podanych 35 pomiarów profilu i chyżości na Dunajcu, Białej i Popradzie, tak że na podstawie cyfr tam umieszczonych mamy pojęcie o stosunkowych zmianach ilości wody, ale mało wiemy o bezwzględnych ilościach. Gdyby pomiary w kierunku potrzebnym dla celów wyzyskiwania siły wodnej miały być prowadzone, to należałoby uwzględniać przy wyborze stacyi wodowskazowych bardziej niż dotąd górne biegi górskich rzek i jeziora tatrzańskie a przy pomiarach ilości wody należałoby bardziej zwracać uwagę na nizkie wody. O ile można sądzić, na podstawie pomiarów niwelacyjnych umieszczonych na mapach specyalnych sztabu generalnego (1 : 75 000) rzeki górskie, tatrzańskie, mają wcale znaczne spadki i tak spad Czarnego Dunajca od Błażówki do Nowego Targu wynosi na 25 *km* około 290 *m*, Białego Dunajca od Bochledówki (na północ od Zakopanego) do Nowego Targu na 20 *km* przeszło 200 *m*; spad Dunajca od Nowego Targu do ujścia Popradu na blizko 70 *km* odległości wynosi 280 *m*, spad Popradu od Andrzejówki do ujścia 141 *m* na 32 *km*. Potok Roztoka, odpływ Wielkiego Stawu ma na 3·45 *km* spad 314 *m*; Białka (dopływ Dunajca) ma na 25 *km* 330 *m* spadu. W Galicyi wschodniej głównem źródłem siły byłby Dniestr i dopływy z prawego brzegu. Stryj np. ma na 94 *km* od Wyżłowa do ujścia Oporu 440 *m* spadu, Opór od

Światostawu do ujścia 89 *m* na 16 *km*. Nie gorzej przedstawia się Prut: od ujścia Foreszczanki do mostu przy ujściu Żonki (za Mikuliczynem) na 32·5 *km* spada o przeszło 400 *m*.

W sprawozdaniu komisyi wodnej Sejmu o wniosku rektora Niementowskiego w przedmiocie wyzyskiwania sił wodnych w Galicyi, znajdujemy następujące dane co do spadów rzek: „Skawa ma na przestrzeni 27·9 *km* spad przeciętny 1·05%. Dunajec wypływa w zachodniej części Tatr w wysokości 1 790 *m*; w biegu górnym od wypływu po ujście Dunajca Białego pod Nowym Targiem na długości 30·65 *km* ma spad od 9·47% do 0·94%; w biegu średnim 104·1 *km* aż do ujścia Popradu pod Nowym Sączem spad przeciętny wynosi 0·35%. Biała, dopływ Dunajca okazuje na przestrzeni 29 *km* przeciętny spad 1·6%. Potok Michałówka w Nowotarskiem wypływa w wysokości 1 020 *m* nad poz. morza i płynie zrazu w wąwozie skalistym w spadku 5 do 15% potem na długości 2 300 *m* aż do ujścia do Dunajca 1—2%. Niszkówka koło Nowego Sącza płynie w górnym biegu w spadku 2·5% — w biegu dolnym 0·25%. Więckówka koło Grabna w powiecie brzeskim długa 10·6 *km* ma przeciętnie w biegu górnym 0·6%, w dolnym 0·2% spadu.

Dniestr w swym biegu górnym gdzie ma charakter małego górskiego potoku, płynie w spadzie 0·7% do 0·85%. Spad Stryja wypływającego w wysokości 1 123 *m* nad poz. morza wynosi na długości 127·4 *km* przeciętnie 0·38%. Jeszcze wyżej wypływająca Łomnica ma 110 *km* długości a spad w górnym biegu wynosi 3·8%, w średnim 1·1%, w dolnym 0·3—0·6%; jej dopływy okazują jak już nadmieniono, spady dochodzące do 25 i 30%".

To sprawozdanie komisyi wodnej z 4 lipca 1901 jest właściwie jedynym dokumentem urzędowym dotyczącym sprawy wyzyskiwania sił wodnych w Galicyi. Niestety sprawozdanie to nie przyszło nawet pod obrady sejmu, choć śmiało można powtórzyć za sprawozdaniem, że „obawiać się można, jeżeli w naszym kraju równie jak dotąd i w najbliższej przyszłości nic się nie zrobi dla racyonalnego wyzyskania sił wodnych, to inicyatywa lub akcya, z którą przyjdziemy za lat 5 lub 10 może już będzie znacznie spóźnioną".

Osobna wzmianka należy się jeziorom tatrzańskim, które nietylko mogą stanowić naturalne rezerwy dla wód tatrzańskich, ale same mogą być wyzyskiwane dzięki swojej wielkiej pojemności, wysokości położenia i opadów rocznych. Nie byłbym może tyle śmiały, aby mówić o wyzyskiwaniu siły wodnej ze spadem kilkusetmetrowym, gdyby nie okoliczność, że świeżo w Szwajcaryi wykonano podobne przedsiębiorstwo, które przed kilku miesiącami naocznie oglądałem i przekonałem się o jego wielkiej użyteczności i zupełnem bezpieczeństwie ruchu. Mam na myśli wyzyskanie wody jeziora Lac Tanay położonego w kantonie Wallis 1 411 *m* nad poz. morza, przyczem spad użyteczny z jakim pracują turbiny centrali w Vouvry wynosi 920 *m* [1]). Jeziorko to jest w stanie dostarczać po 10 000 KP przez 3000 godzin rocznie; a jest ono mniejsze, płytsze i niżej położone od kilku naszych jezior; dla porównania przytaczam następujące cyfry:

	Wysokość nad p. m.	głębokość w *m*	powierzchnia w *hekt.*
Lac Tanay	1 411	42	17·2
Wielki Staw	1 676	78	35
Morskie Oko	1 384	40—49·5	33
Czarny Staw Gąsienicowy	1 626	30—47	22·8
Czarny Staw nad Rybiem	1 587	30—60	21·3

Naturalnie, że urządzenie instalacyi z takim spadem jest bardzo tanie; koszta robót hydraulicznych, elektrycznych, budynku itd. kosztowały w Vouvry 800 000 franków na 2000 KP, to znaczy 400 fr. na 1 KP, ale zważywszy, że wielka część robót hydraulicznych jest wykończona dla centrali 10 000 KP, a i budynek odpowiedni zbudowano, to po ustawieniu dalszych jednostek siły aż do zupełnego wyzyskania energii, koszt założenia jednego konia parowego spadnie do bardzo nizkiej cyfry 225 franków.

O ile tedy wolno sądzić z niewielu danych, które można zebrać z dotychczasowych badań, w Galicyi istnieje dużo spadków nadających się do wyzyskania; chodzi tylko o to, aby je przedewszystkiem zbadać, a w tym względzie nietylko należy się domagać rozszerzenia działalności centralnego biura hydrograficznego, ale i Wydział krajowy powinien się sprawą tą zająć, ze względu na jej niesłychaną doniosłość dla kraju. Byłby to zatem pierwszy postulat w tym kierunku.

Jeżeli zacząłem od robót przygotowawczych dla przyszłej akcyi na większą skalę, to należy wspomnieć o konieczności stworzenia szkół średnich i wyższych, względnie kursów specyalnych przy szkołach już istniejących, dla przyszłych monterów, inżynierów itd., którzyby mogli niezależnie od zagranicy u nas w kraju przyszłemi robotami kierować. Jak dotychczas, elektrotechnika tak na Politechnice we Lwowie jak i w Szkole przemysłowej w Krakowie słabo jest postawiona, na część o motorach wodnych w teoryi i budowie maszyn prawie że mniej się poświęca czasu niż na maszyny parowe, o całokształcie instalacyi hydraulicznej niema systematycznych wykładów; o poszczególnych elementach jakoto: o jazach, kanałach, zasuwach, tunelach itd. mechanicy mają słabe wyobrażenie. Nareszcie elektrochemia nie istnieje w programie naszych szkół. Trudno się oglądać na to, że i w innych szkołach austryackich elektrotechnika także źle postawiona, że dopiero teraz w Bernie morawskiem otworzono pierwszy wydział elektrotechniczny, musimy się koniecznie domagać większej subwencyi na laboratoryum elektrotechniczne we Lwowie, względnie budynku z warstatami i laboratoryum dla mechaniki i elektrotechniki i o katedrę elektrochemii. Nadto trzeba dążyć do utworzenia nowej szkoły przemysłowej specyalnie elektrotechniczno-hydraulicznej, a na siedzibę jej należałoby upatrzyć jakieś przyszłe centrum wyzyskania sił wodnych np. Nowy Sącz. To byłby tedy drugi szereg postulatów u kraju i rządu dla przygotowania późniejszej akcyi.

Zastanówmy się teraz nad pytaniem, czy będzie można liczyć w Galicyi na zbyt energii, gdyby ją wyzyskano w wielkich centralach. Pozornie sądząc na podstawie nędzy powszechnej na wsi, braku przemysłu i braku wielkich miast, zdawałoby się, że w Galicyi nie ma przyszłości ani powodzenia dla przedsiębiorstw hydroelektrycznych. Jeżeli jednak zwrócimy uwagę na to, że jedną z ważnych przyczyn, chociaż nie wyłączną braku przemysłu jest droga siła motoryczna z powodu wysokiej ceny węgla, bo np. w Krakowie kosztuje średnio węgiel 16 koron za tonę, a we Lwowie aż 24 koron, podczas gdy w centrach węglowych spada do 6 koron; jeżeli uwzględnimy, że z tych niewielu miast które posiadamy, tylko 12 posiada publiczne oświetlenie gazowe albo elektryczne, a w kilku dopiero projektują oświetlenie gazowe, że tylko w 2 miastach istnieją tramwaje, że zaledwie w kilku miastach można kupić siłę motoryczną gazową albo elektryczną dla przemysłu i to po cenie wcale nieprzystępnej, jeżeli przypomnimy sobie, że nasze miejsca kąpielowe prawie wcale nie korzystają jeszcze z komfortu, jaki daje dobre światło i komunikacya, że nasze centrum naftowe jest zmuszone produkować prąd elektryczny dla światła i siły za drogie pieniądze, w małej instalacyjce parowej lub gazowej, to może zmienimy zdanie pesymi-

[1]) Porównaj: A. Boucher, *Forces motrices du lac Tanay. La plus haute chute d'eau du monde.* Lausanne 1902.

styczne wypowiedziane w pierwszej chwili; a przy jeszcze dokładniejszem zbadaniu warunków doszlibyśmy do przekonania, że zbyt na energią byłby nadzwyczajny, że chwila gdy rozpocznie się poważna praca około wyzyskiwania sił wodnych, będzie pierwszorzędnego znaczenia dla całego kraju.

Dla przykładu, jakby wprost rozchwytano energię, gdyby była do dyspozycyi, wyobraźmy sobie 2 centrale idealne; pierwszą nad Dunajem koło Tylmanowy korzystając ze spadku 97 *m* jaki możnaby uzyskać odprowadzając wodę Dunajca od Czorsztyna do Tylmanowy kanałem długości 10·5 *km*. Nie mogę podać żadnej cyfry co do ilości energii, jakąby można tam wyzyskać [1]), ale ilekolwiek by jej było, zawsze zbyt mógłby być większym niż produkcya. Przedewszystkiem możnaby stąd zasilać prądem wszystkie miejsca kąpielowe okoliczne, gdyż odległość z Tylmanowy do Szczawnicy wynosi tylko 9 *km*, do Żegiestowa 24 *km*, do Zakopanego 40 *km*, do Krynicy 45 *km*; następnie okoliczne miasta: Stary Sącz odległy o 19 *km*, Nowy Sącz o 26·5 *km*, Nowy Targ o 28·5 *km*, wreszcie Kraków mógłby być odbiorcą energii, oddalony od owej idealnej centrali tylko o 75 *km*, co nie przedstawia najmniejszych trudności dla przeniesienia energii.

Jako drugi przykład wziąłbym spad rzeki Stryja między *kotą* 483 p. p. m. (koło Bruchowicy) a miejscowością Dołhe, gdzie Stryj tworzy 2 kolana. Tam możnaby rozmaite kombinacye wyzyskiwania wody urządzić; spad na 3·35 *km* jest 24 *m*, ale większą część spadu możnaby wyzyskać w najwęższem miejscu kolana, gdzie odległość wynosi 750 *m*. I tu znowu byłby punkt znakomity, o ileby większa ilość energii była do dyspozycyi. Wszak centrum naftowe znajduje się w najbliższem sąsiedztwie; odległość do Schodnicy od owego kolana Stryja wynosi 5·25 *km*, do Urycza 7·5 *km*, do Borysławia 13 *km*, do Drohobycza 24 *km*. Poza tem punkt ten odległy jest od większych miejscowości: od Turki 20·6 *km*, od Skolego 22·45 *km*, od Sambora 38 *km*, od Stryja 41 *km*, od Chyrowa 52·5 *km*, od Przemyśla 77·5 *km*, a od Lwowa 90 *km*. Byłoby więc znowu bardzo możliwem wyposażenie miasta Lwowa w tanią energię dla oświetlenia i siły, podczas gdy dziś trzeba płacić za kilowatgodzinę dla oświetlenia 80 halerzy, a dla siły 30 halerzy; nawet używając gazu trzeba płacić za siłę motoryczną przeszło 12 halerzy za konia i godzinę, nie licząc kosztów motoru i instalacyi.

Umyślnie wyliczyłem przy jednej i drugiej centrali znacznie więcej zastosowań, aniżeli onaby mogła zaspokoić, ale ma to być tylko dowodem, jak mało byłoby kłopotu o zbyt energii, a raczej, że nie 2 ale cały szereg średnich i większych centrali miałoby racyę bytu. Bo przecież wcale nie uwzględniam nowych gałęzi przemysłu zwłaszcza elektrochemicznego, które postępują zawsze i wszędzie w ślad za tanią siłą. Nie wspomniałem wcale o możliwości urządzenia kolejek górskich, dojazdów do licznych miejscowości kąpielowych (np. kolej z Muszyny do Krynicy), dokąd przeważnie koleje nie dochodzą, o sieciach komunikacyi drugorzędnej, o urządzeniu komunikacyi przez Pieniny z Zakopanego do Szczawnicy, o tramwajach w Zakopanem itd. Przedstawiam jako odbiorców tylko rzeczy pewne, jak oświetlanie, centra przemysłowe i największe miasta w kraju. Właściwie trzebaby zacząć od 2 wielkich przeniesień energii dla Lwowa i Krakowa. Wszędzie widzimy w okolicach ubogich w węgiel starania miast większych, aby nabyć dla siebie jakąś tanią siłę wodną. Widzimy, że w Szwajcaryi np. Berno sprowadza prąd z Spiez z odległości 40 *km*, Lozanna z St. Maurice odległego o 55 *km*; podobnie Genewa ma 2 stacye hydrauliczne, a już projektują trzecią. To samo widzimy we Francyi, gdzie Lyon nawet bardzo znacznym kosztem wyzyskał siłę Rodanu, a obecnie już poważnie dyskutują projekty przeniesienia siły elektrycznej z Sabaudyi do Paryża na 500 *km* [1]). We Włoszech Medyolan sprowadza prąd z Paderno (53 *km*), Turyn z Mont Cenis (60 *km*), Rzym z Tivoli (25 *km*); w Skandynawii rozpisano w r. 1900 konkurs na centralę hydroelektryczną dla przeniesienia 20000 KP do Chrystianii z Halfredsfos odległego 37 *km*; z nadesłanych 22 projektów, 3 uwieńczono w styczniu 1902 nagrodami, ale na razie nie wykonają żadnego, bo miasto czerpie siłę z centrali Kykkelsrudfos (40 *km*). W Ameryce niektóre miasta jak San Francisco sprowadzają prąd z odległości 250 *km*. Już i w niektórych prowincyach austryackich widzimy podobną tendencyę; Grac postawił centralę w Lebring odległem o 32 *km*, Innsbruk nad rzeką Sill w odległości 8 *km*, Celowiec nad rzeką Gurk w odległości 10 *km*. Mając tedy w odległości mniej niż 100 *km* od Lwowa i Krakowa siły wodne, należy zrobić tu właśnie pierwszą próbę, zwłaszcza że w tym wypadku rentowność przedsiębiorstwa jest zapewniona.

Możemy więc sprowadzić wnioski dotyczące sprawy wyzyskania sił wodnych w Galicyi do trzech następujących:

1. Należy dążyć do rozszerzenia zakresu działania centralnego biura hydrograficznego w kierunku badań ilości wody rzek i jezior galicyjskich dla celów przemysłu, jakoteż zestawienia wszystkich znaczniejszych spadków; należy żądać od Wydziału krajowego względnie za pośrednictwem sejmu rozpoczęcia ze swej strony niezależnie od rządu badań w tymże samym kierunku.

2. Należy domagać się rozszerzenia laboratoryum elektrotechnicznego i zakresu wykładów elektrotechniki jak również zaprowadzenia katedry elektrochemii na Politechnice we Lwowie. Zarazem należy dążyć do założenia przemysłowej szkoły specyalnej hydrauliczno-elektrotechnicznej w Nowym Sączu.

3. Niezależnie od badań stanów wody należy zabrać się do jak najrychlejszego urzeczywistnienia planu przeniesień energii elektrycznej do Krakowa i Lwowa.

Żeby wreszcie przenieść cały plan z papieru i mglistych projektów w dziedzinę bliższą faktycznego postępu i uchwytnych wyników, powinno np. Towarzystwo Politechniczne dać inicyatywę do ustanowienia stałej komisyi złożonej z hydraulików, elektrotechników, ekonomistów i finansistów, którzyby sprawę popchnęli naprzód starając się po sumiennem przedyskutowaniu rozpocząć energiczną działalność w kierunku wyrażonym w trzech wyżej sformułowanych wnioskach.

Na zakończenie chciałbym zaznaczyć, że artykuł niniejszy ma głównie na celu zapoczątkowanie żywej dyskusyi nad tą bardzo ważną dla kraju kwestyą i spodziewam się, że wszyscy, którzy znają tę rzecz z blizka i lepiej odemnie, mieszkając w kraju i mając zajęcie pozwalające na przygodne lub stałe badanie naszych wód, zechcą zabrać głos, nie szczędząc wyrazów krytyki.

[1]) Według sprawozdania biura hydrograficznego jest w Dunajcu pod Tylmanową przy średniej wodzie 9·91 m^3 wody; co do Czorsztyna, to nie ma danych.

[1]) L. Mahl, *Réseau général des forces naturelles hydro-électriques*. Paris 1902.

OPIS

trzech typowych instalacyi wodno-elektrycznych w Szwajcaryi.

1. Opis centrali hydroelektrycznej w Hauterive.

(z tablicą IX).

Przed dwoma miesiącami puszczono w ruch nową stacyę centralną elektryczną w kantonie fryburskim w Szwajcaryi; centrala ta przeznaczona do wytwarzania 10 000 HP, a na razie zainstalowano generatory na 4 000 HP. Zdziwić może niejednego przyzwyczajonego do stosunków galicyjskich, co też za cel ma stawianie tak wielkich centrali w malutkim kantonie, liczącym mniej mieszkańców niż miasto Lwów, bo tylko 128 000, w kantonie zupełnie nie przemysłowym, nie uczęszczanym przez turystów, a zarazem jednym z uboższych w Szwajcaryi. A jeszcze większe będzie zdziwienie czytelnika, jeżeli się dowie, że główne miasto kantonu Fryburg, posiada już dawno własną centralę elektryczną na 600 HP, a nadto kanton zbudował kilka lat temu wielką centralę w Montbovon na 4 000 HP, która już od 2 lat była przeciążona, tak że wprost była potrzeba postawienia nowego zakładu.

Fakt ten jednak stanie się bardziej zrozumiały, jeżeli weźmiemy pod uwagę, że Szwajcarzy już od długiego czasu zrozumieli, że wyzyskując spady swoich rzek mogą wytwarzać bardzo tanio siłę i przenosić ją ekonomicznie w postaci prądu elektrycznego, a ludność poznała dość prędko, o ile przyjemniej można sobie życie urządzić korzystając z taniej energii dla celów porządnego oświetlenia, komunikacyi wygodnej, wodociągów i siły motorycznej nawet w najmniejszem miasteczku lub na wsi. Zdziwienie nasze ustąpi miejsca zazdrości, jeżeli dowiemy się, że w najmniejszej wiosce kantonu jest, albo niebawem będzie zaprowadzone światło elektryczne, że ze światła korzystają nawet oddzielnie w polu stojące zabudowania lub folwarki, że urządza się sieć drugorzędnych kolei elektrycznych, tak aby nawet wszystkie podrzędne miejscowości mogły z tego korzystać, że nieliczne w kantonie istniejące fabryki i cały szereg pracowni rzemieślniczych prawie wyłącznie używa prądu elektrycznego jako siły motorycznej, że wreszcie coraz częściej na wsi używają motorów elektrycznych do młócarek i innych maszyn rolniczych.

Siłą, która dostarcza wszystkich tych dobrodziejstw jest spad rzeki Sariny (pobocznej Aaru, dopływu Renu). Sarina przepływa kanton wzdłuż na przestrzeni blizko 55 kilometrowej; uchwycono ją 3 razy na tej długości: pierwszy raz u wejścia do kantonu koło Montbovon, drugi raz koło Thusy odprowadzając wodę tunelem do centrali w Hauterive, a nareszcie trzeci raz pod samym Fryburgiem.

Artykuł niniejszy poświęcony jest wyłącznie opisowi urządzeń hydraulicznych i elektrycznych dotyczących przedsiębiorstwa Thusy-Hauterive *).

Roboty wodne i ziemne. Woda, która pracuje w centrali ma okrągło 60 metrów spadu w ilości 10 m^3 na sekundę. Dla otrzymania tego spadku trzeba było rzekę uchwycić koło Thusy w odległości przeszło 9 kilometrów od Hauterive. Roboty te rozpoczęto w listopadzie roku 1898. Zbudowano przedewszystkiem jaz, którego położenie widoczne jest na fig. 1. (w tekście), przekrój na fig. 1. Tabl. IX., a widok na fig. 2. Tabl. IX. Długość jazu wynosi 64 *m*, szerokość 7·5 *m*, a wysokość 1,4 *m*, podczas gdy fundamenta sięgają 8·5 *m* w głąb. U góry opatrzony jest systemem zastaw ruchomych, wysokich na 0·7 *m*, które opadają automatycznie przy większej wodzie przez napór wody i pozwalają nadmiarowi wody przejść do pierwotnego łożyska.

Fig. 1. Sytuacya jazu i kanału dopływowego.

Woda nagromadzona przed jazem wpływa do otwartego kanału dopływowego, zbudowanego z betonu wzmocnionego (systemu Henebique'a). Przed wejściem do kanału są umieszczone najpierw 2 belki drewniane pod kątem rozwartym, wklęsłą stroną zwrocone ku kanałowi, następnie krata utworzona z szeregu kątówek pionowo ustawionych aż do dna dla wstrzymania grubszych przedmiotów, gałęzi, kamieni itp. a dopiero za tem znajdują się zasuwy. Jest ich 6 po 3 ustawione obok siebie na szerokość kanału. Przednie zasuwy są wysokie 0·7 *m* i podnosi się je przy nizkiej wodzie, tak że dają przepływ wody do 1 *m* wysokości. W razie wysokiej wody przednie zasuwy zostają na dole, przed nimi zbierają się na dnie kamienie i żwir, a woda przepływa ponad niemi znowuż słupem wysokim do 1 metra przez podniesienie tylnych 3 zasuw wysokich 1 *m*. Zasuwy te widać na fig. 3 Tabl. IX. Przez zasuwy dostaje się dokładnie potrzebna ilość wody do kanału otwartego długości 383 *m*, o przekroju trapezowym, przyczem podstawa ma 3 *m*, wysokość 4·3 *m*, a boki są nachylone pod 45° do podstawy.

Przy końcu kanału znajduje się przelew dla nadmiaru wody i zasuwa dla wypuszczania żwiru, namułu i innych naleciałości naniesionych przez prąd. Wreszcie przez drugą kratę żelazną ze sztab bardziej zbliżonych wpływa woda do tunelu. Wejście do tunelu przy próżnym kanale pokazuje fig. 4. Tabl. IX.

Tunel ciągnie się na długości 9 217 *m* i stanowi najpoważniejszą i najdroższą część przedsiębiorstwa. Położenie jego względem Sariny można dokładnie śledzić na mapie fig. 5. Tabl. IX. Robotę tunelu rozpoczęto w 11 miejscach równocześnie w t. zw. oknach, z tych 4 przy rzece położonych po ukończeniu nie zamurowano, ale opatrzono je zasuwami i służą one teraz do oczyszczania tunelu z naniesionego żwiru. W tym celu zniża się łoże tunelu przed każdem z tych 4 okien na długości 100 *m* tak, że tworzy się zagłębienie na 2 *m* bezpośrednio przy oknie. Otwierając zewnątrz zasuwę wypuszczamy wodę, która przepłukuje tunel i zabiera naniesione do zagłębienia zanieczyszczenia.

Przekrój tunelu jest podobny do przekroju tunelów kolejowych, u dołu prostokątny, u góry półkolisty, szerokość wynosi 3·6 *m*, wysokość części prostokątnej, a zarazem największa wysokość powierzchni zwilżonej jest 2·75 *m*, a promień koła u góry 1·8 *m*; przekrój tunelu wynosi 15 m^2, przekrój największy słupa wody 10 m^2. Spadek na długości całkowitej wynosi 5·63 *m* t. zn. 0·6 *m* na *km* bieżący; prędkość średnia przepływu wody waha się między 1·08 *m* — 1·14 *m* na sekundę.

*) Na tem miejscu muszę podziękować p. inż. F. Delisle autorowi projektu, za liczne informacye, których mi udzielał z wielką gotowością.

Woda zawarta w tunelu stanowi dla instalacyi sztuczną akumulacyę energii na godziny największego obciążenia. Właściwie bowiem centrala jest w stanie dać co najwięcej tylko 10 $m^3 \times 60$ m spadu t. zn. 6 000 HP na wale turbinowym (przy 75% dzielności turbin), ale dzięki temu, że tunel jest niejako zbiornikiem wody i nadto, że czas największego obciążenia centrali, kiedy motory na linii jeszcze pracują, a oświetlenie już się zaczyna, trwa w zimie od godziny 5-tej wieczór do 8-mej wieczór t. zn. 3 godziny, więc jeżeli policzymy ilość wody, którą można dodatkowo mieć z tunelu przez 3 godziny, to otrzymamy dla najniższego stanu wody według właśnie co wykonanych pomiarów w październiku b. r. możliwość pracowania 9 276 końmi parowymi. Oczywiście przez te 3 godziny poziom wody w tunelu będzie opadał, ale po 12-tej w nocy, kiedy obciążenie bardzo spada, ma woda czas wrócić znowu do pierwotnej wysokości.

Przy końcu tunelu znajduje się budynek zawierający przelew dla nadmiaru wody, zasuwę do oczyszczania i 3 zasuwy do wprowadzenia wody do rurociągu. Rur ma być 3, ale na razie 2 ułożono, a dla trzeciej zarezerwowano miejsce. Zanim woda dostanie się do rur przechodzi przez trzeci system kratek żelaznych o bardzo gęstych sztabach. Woda wypływająca przelewem i zasuwą oczyszczającą dostaje się przez tunel 307 m długi nad brzeg Sariny, gdzie tworzy bardzo piękny wodospad wysokości 32 m.

Wszystkie zasuwy wyżej wymienione podnosi się ręcznie. Rurociąg z blachy stalowej sprowadza wodę do centrali o 59 m niżej położonej. Górna część jego przechodzi tunelem podziemnym, dolna jest odkryta; cała długość jednej rury wynosi 126·3 m, średnica 1·6 m, a grubość blachy idąc ku dołowi w miarę wzrostu ciśnienia podnosi się od 5 m/m do 11 m/m; spadek rury wynosi 64% na długości 101·75 m, dalsza część jest poziomo ułożona i spoczywa na podstawach betonowych.

Wnętrze budynku zawierającego koniec tunelu i początek rurociągu pokazuje fig. 6. Tabl. IX, sam rurociąg widać na fig. 7. Tabl. IX.

Urządzenie mechaniczne. Rury odprowadzające wodę są blizko końca w części poziomej opatrzone kurkami, ktorymi wypuszczcza się powietrze podczas napełniania rury, a ponadto zamknięte są klapami poruszanymi hydraulicznie z wnętrza budynku. W tym celu znajduje się nad końcem rury kopuła żelazna, w której porusza się tłok pod ciśnieniem wody na dół lub w górę; do tłoka przymocowany jest drążek osadzony ekscentrycznie na klapie, który ją może obrócić o 90°. Wodę pod ciśnieniem odprowadza się z przed klapy do rurociągu wewnątrz sali maszyn, a stamtąd kurkiem trzydrożnym można ją wprowadzić albo do jednej rury prowadzącej do góry kopuły (dla spuszczania tłoka) albo do drugiej kończącej się u dołu kopuły (dla podniesienia tłoka). Rurociąg wewnątrz sali ma również połączenie z manometrem, który pokazuje każdej chwili ciśnienie. Całe to urządzenie staje się automatycznem w razie nagłej straty ciśnienia w jednej z 2 rur głównych np. w razie pęknięcia; wówczas klapa w drugiej rurze sama spada z powodu nierównomiernego rozkładu ciśnień i zamyka dopływ wody do turbin.

Tylną część budynku z wylotami rur i z rurą rozdzielającą, o której mowa poniżej pokazuje fig. 2. w tekście.

Z dwóch tych rur głównych przechodzi woda do poprzecznej rury rozdzielającej o średnicy 1·8 m, ciągnącej się wzdłuż budynku fabrycznego. Od niej odgałęziają się na razie 2 rury o średnicy 0·4 m i 4 rury o średnicy 1·2 m, wprost już prowadzące do turbin. W rurze rozdzielającej znajdują się znowu symetrycznie od środka o 1·25 m oddalone 2 klapy pozwalające rurę dowolnie zamknąć z jednej strony, ażeby tylko lewa albo prawa strona zasilała odpowiednią połowę turbin. Klapy te są również uruchomione hydraulicznie. W rurze tej mamy dalej 3 wyloty u dołu zamknięte klapami ręcznie poruszanemi, które się otwiera dla wypuszczenia wody w razie napraw lub czyszczenia. W rurach pro-

Fig. 2. Budynek z rurami rozdzielającemi.

wadzących do turbin poszczególnych są nareszcie znowuż klapy ręcznie poruszane i u dołu wentyle dla wypuszczania wody.

Całą część tę t. zn. rurociąg główny, rurę rozdzielającą i hydrauliczne urządzenie klap wykonała firma Th. Bell & Spka w Krienz koło Lucerny.

Budynek, w którym mieszczą się urządzenia mechaniczne i elektryczne jest cały z betonu; wymiary jego są 63 m na 20 m. Ogólny widok jego pokazuje fig. 3. w tekście, widać na niej również po lewej

Fig. 3. Ogólny widok centrali i wodospadu.

stronie wodospad. Na fig. 8. Tabl. IX. pokazano przekrój przez budynek w związku z rurociągiem i ujściem tunelu.

W sali głównej może się pomieścić 10 maszyn po 1200 HP i 3 po 100 HP; na razie jednak zainstalowano tylko 4 maszyny większe i 2 mniejsze. Turbiny dla maszyn 1200 konnych są promieniowe, woda przechodzi z wewnątrz na zewnątrz, średnica zewnętrzna koła biegunowego wynosi 1·29 m. Przy 59 m spadu turbina zużywa 2 085 litrów wody na sekundę, wykonuje 300 obrotów w minucie. Osadzona jest na osi pionowej, u dołu opatrzona rurą ssącą. Koło kierujące ma 35, a koło biegunowe 36 łopatek.

Regulacya turbiny jest systemu Piccarda, polegającym na przesuwaniu się płaszcza walcowego z blachy

*

8 *mm* między kołem kierującem a biegunowem, który ruchem w pionowej linii zamyka częściowo lub całkowicie dopływ wody do koła biegunowego. Ruchami tego płaszcza kieruje automatycznie regulator odśrodkowy zapomocą całego szeregu przeniesień i bardzo pomysłowo urządzonych szczegółów. Przekrój przez turbinę wraz z rurą dopływową, ssącą i regulatorem przedstawia nam fig. 4. w tekście.

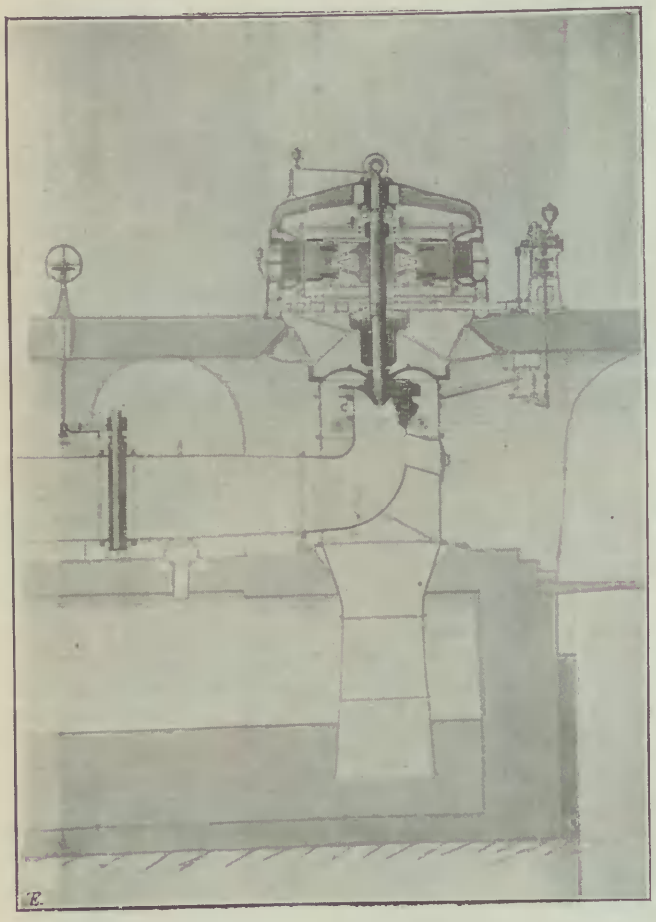


Fig. 4. Przekrój dynamomaszyny i turbiny.

Dla maszyn wzbudzających 100 konnych są turbiny małe, również na osi pionowej, promieniowe, od wewnątrz zasilane, o 600 obrotach na minutę, o średnicy zewnętrznej koła biegunowego 0·832 *m*, a średnicy wewnętrznej 0·620 *m*. Koło biegunowe ma 36 łopatek, podczas gdy koło kierujące składa się tylko z 2 łopatek naprzeciw siebie umieszczonych; regulacya odbywa się przez przesuwanie się zasuwek w tych łopatkach, co pozwala większej albo mniejszej ilości wody dostać się do koła biegunowego. Zasuwki odbierają ruch przez szereg podobnych przeniesień jak u wielkich turbin od regulatora odśrodkowego. Turbina nadto posiada koło zamachowe ważące 900 *kg*.

Regulacya okazuje się bardzo czuła i pod każdym względem doskonała; podczas prób maszynę 1200 konną prawie całkowicie obciążoną nagle zupełnie odładowano, wówczas regulator natychmiast całkiem zamknął dopływ wody, liczba obrotów maszyny, która podniosła się chwilowo na 340, spadła na 220, a po 2 dalszych wahnieniach wróciła do normalnej liczby 300 obrotów na minutę.

Turbiny pochodzą z fabryki Piccarda i Pictet a w Genewie.

Urządzenia elektryczne. Generatory elektryczne 3-fazowe z fabryki Alioth w Bazylei są umieszczone na tym samym wale co odpowiednia turbina; wykonywują więc 300 obrotów na minutę. Zbroje nawinięte w gwiazdę wytwarzają normalnie 8500 *volt* napięcia sprzężonego i 55 *amp.* w jednej fazie przy obciążeniu bez samoindukcyi (lampki żarowe itd.), a do 70 *amp.* przy obciążeniu indukcyjnem (motory asynchroniczne itd.), jeżeli przyjmiemy różnicę faz cos $\varphi = 0{\cdot}8$.

Maszyny są o zbroi zewnętrznej stałej a induktorach rotujących; biegunów jest 20, więc prąd zmienny ma 50 okresów na sekundę.

Induktory odbierają prąd wzbudzający (110 *v.*, 45 *a.*) zapomocą szczotek i pierścieni rotujących. Do wytwarzania tego prądu służą 100-konne dynamomaszyny o prądzie stałym, wytwarzające przy 600 obrotach na minutę 110 *volt.* i 500 *amp.* Maszyny są 6-biegunowe o zbroi uzwojonej w bęben, o wzbudzeniu upustowem, wprost osadzone na osi pionowej mniejszych turbin.

Tak ciężar wielkich jak i małych generatorów spoczywa na szyjowem łożysku o rotujących w oliwie pierścieniach, ochładzanem wodą. Podczas ruchu jednak, większa część ciężaru jest odładowana przez ciśnienie wody na piastę koła biegunowego turbiny. Przy wielkich maszynach ciężar spoczywający na łożysku wynosi 15 000 *kg*, a dzięki odładowaniu podczas ruchu zmniejsza się na 3 000 *kg*.

Podczas prób pokazało się, że powierzchnia ciśnienia wody była za wielka, tak że przy całkowitem obciążeniu nietylko ciężar cisnący na dół był odładowany, ale jeszcze woda podnosiła maszynę o blizko 2 *cm*. Zaradzono temu przez zmniejszenie powierzchni piasty koła biegunowego, a odpowiednie zwiększenie powierzchni koła kierującego.

Przekrój maszyny 1 200-konnej uwidoczniony jest na fig. 4 w tekście; ogólny widok sali maszyn na fig. 5 w tekście.

Fig. 5. Sala maszyn.

Tablic rozdzielczych mamy tyle, ile maszyn. Tylko małe maszyny wzbudzające o prądzie stałym mają wspólną tablicę, na której znajduje się dla każdej z 3 maszyn po jednym voltmetrze na 150 *volt*, po jednym ampermetrze na 500 *amp.*, jeden przerywak 2-biegunowy i jeden przerywak automatyczny; nadto ma każda maszyna reostat dla regulowania upustu i urządzenie pozwalające regulować równocześnie wszystkie 3 upusty.

Od aluminiowych szyn tej tablicy przechodzi prąd stały przez 2 przerywaki 2-biegunowe do tablic poszczególnych generatorów trzyfazowych. Na każdej tablicy takiej znajduje się ampermetr dla prądu stałego wzbudzającego na 100 *amp.*, reostat dla prądu wzbudzającego, ampermetr dla prądu zmiennego na 80 *amp.*, przez który przechodzi prąd redukowany na nizkie napięcie, 2 *voltmetry* na 9000 *volt.*, przez które przepływa prąd transformowany specyalnym transformatorkiem; jeden

z nich podaje napięcie sieci, drugi napięcie sprzężone maszyny; dalej są lampki fazowe dla łączenia maszyn równolegle. Wreszcie mamy przerywak 2-biegunowy dla prądu wzbudzającego, przerywak potrójny w oleju dla prądu o wysokiem napięciu i mały przerywak dla lampek fazowych. Rama tablicy jest drutem miedzianym połączona z ziemią dla uniknięcia niebezpieczeństwa wobec obsługujących przyrządy.

Prąd o wysokiem napięciu po przejściu przez przerywak olejowy dostaje się do sali połączeń, gdzie wszystkie przewodniki przeprowadzone są jeszcze raz przez system przerywaków olejowych, opatrzonych ubezpieczeniami w postaci cienkich drucików miedzianych 0·5 *m/m* do 1 *m/m* średnicy. Druciki są całkiem zanurzone w oleju, tylko górna część wystaje i ta zawsze przetapia się w razie nadmiernego wzrostu natężenia prądu; łuk powstający gaśnie zaraz dzięki obecności oleju.

Dopiero po przejściu przez ubezpieczenia dostają się przewodniki do 2 systemów szyn aluminiowych; szyny te tworzą 2 razy po 3 zamknięte prostokąty ciągnące się wzdłuż ścian na izolatorach porcelanowych; każdą maszynę można załączyć na jeden z tych 2 systemów, z których jeden służy do prób, a od drugiego odchodzi w 4 rogach sali po 4 linie, razem 12 linii trzyfazowych. Te szyny główne opatrzone są trzema woltmetrami elektrostatycznymi z ebonitu, przez które przechodzi wprost wysokie napięcie każdej fazy. Przewodniki odchodzące na linie poszczególne przeprowadzone są jeszcze przez ampermetr z komutatorem, który pozwala odczytać ilość amperów na dowolnej linii przez nastawienie odpowiednie komutatora. Po przejściu przez ten przyrząd, przewodniki dostają się do ostatniego szeregu przerywaków olejowych, opatrzonych ubezpieczeniami z drutu miedzianego, a każdy przerywak przeznaczony jest dla jednej linii; można tu tedy każdą linię oddzielnie załączać lub wyłączać. Są one umieszczone w dwóch wieżyczkach u szczytu budynku. Każda faza każdej linii opatrzona jest nadto piorunochronem systemu Siemensa *(Hörnerblitzableiter)*, a wyładowania atmosferyczne dostają się po drutach i przez opór hydrauliczny do ziemi.

Szemat połączeń elektrycznych przedstawia Tablica XI, widok sali połączeń fig. 6 w tekście.

W sali połączeń jak wspomnieliśmy wyżej, znajduje się oprócz szyn głównych, system szyn próbnych. Od nich przeprowadzono prąd do sztucznych oporów utworzonych

Fig. 6. Sala połączeń.

z 3 słupów wody w rurach glinianych; dla chłodzenia woda przepływała przez rury, a prąd dostaje się do środka 3 przewodnikami zakończonymi płaskiemi spiralami miedzianemi, które można było odpowiedniem przeniesieniem z odległości zanurzać więcej albo mniej w słupie wody. U dna rur były znowu 3 podobne spirale krótko spięte między sobą drutem miedzianym i odprowadzone do ziemi. Przez zbliżanie górnych 3 spirali do dolnych zmniejszano opór wody i stopniowo podwyższano liczbę amperów i w ten sposób można było maszyny obciążyć aż do 1 200 koni parowych.

Próby wykonane na maszynach były następujące: najpierw zdjęto charakterystykę krótkiego spięcia przez bezpośrednie połączenie 3 przewodników wychodzących z maszyny, następnie zdjęto charakterystykę przy kole łącznikowem otwartem t. zn. gdy maszyna daje napięcie ale żaden prąd nie krąży w kole; wreszcie obciążono maszynę sztucznie oporami hydraulicznymi i znaleziono wzbudzenia potrzebne dla uzyskania normalnego napięcia 8 550 *volt*. Wyniki tych pomiarów podają nam poniższe tablice jak też i dyagramy w fig. 7 w tekście z których:

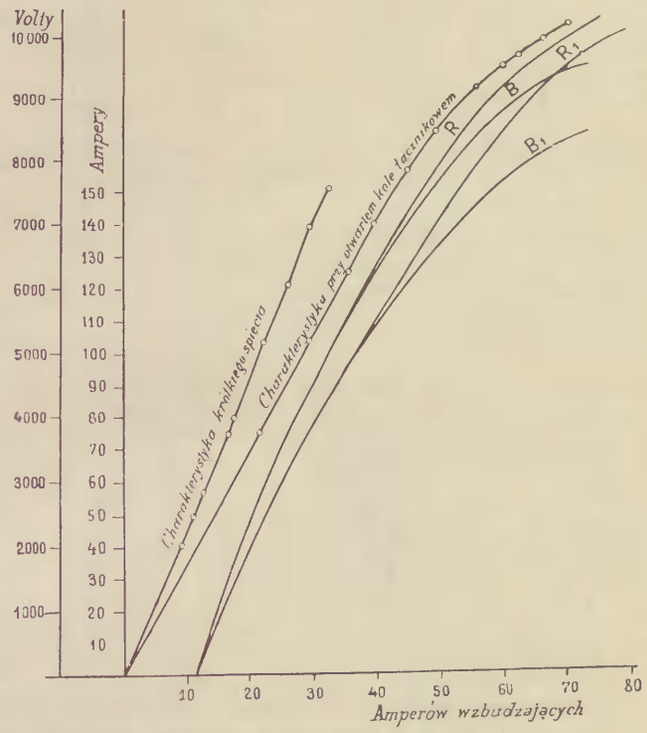


Fig. 7. Dyagramy dynamomaszyn.

R oznacza dyagram obciążenia 53 *A* według Rotherta a *B* według Behn-Eschenburga — dla cos $\varphi = 1$.

R_1 oznacza dyagram obciążenia 53 *A* według Rotherta a B_1 według Behn-Eschenburga — dla cos $\varphi = 0{\cdot}75$.

I. Charakterystyka krótkiego spięcia:

Prąd wzbudzający w *amp.*	Natężenie przy krótkiem spięciu w *amp.*
9·5	40·5
10·8	50
12·9	56·5
16·7	76
17	80
22·4	103·5
26·2	121
30	139
33	151

II. Charakterystyka przy prądzie otwartym:

Siła elektromotoryczna w *volt.*	Prąd wzbudzający w *amp.*	Napięcie prądu wzbudzającego w *volt.*	Liczba obrotów na minutę
10 100	71	141	295
9 900	67	141	296
9 650	62·8	141	296
9 500	60	142	296
9 100	56·5	142	296

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ

Siła elektromotoryczna w *volt.*	Prąd wzbudzający w *amp.*	Napięcie prądu wzbudzającego w *volt.*	Liczba obrotów na minutę
8 460	49·7	135	297·5
7 800	45·2	129	297·5
7 000	40	129	297·5
6 250	36	119	297·5
5 200	29·7	112	297·5
3 800	21·7	90	297·5

III. Dyagram obciążenia dla napięcia sprzężonego 8 550 *volt*:

Liczba obrotów na minutę	Natężenie prądu w *amp.*	Prąd wzbudzający w *amp.*	Liczba kilowatów dla cos $\varphi = 1$	Liczba koni parowych
306	10	49·7	147	200
305	20	50	294	400
303	29	51	426	580
301	35·6	51·8	525	712
301	40·3	52	595	805
300	46	52·5	680	925
300	50	53·2	735	1000
297	53	53·5	780	1060

Oprócz tych prób, robiono jeszcze inne puszczając maszynę jedną w ruch jako generator, a drugą jako synchronmotor luzem, co nam daje przy pomocy watmetru pracę potrzebną na bieg motoru luzem; przyczem zmieniając prąd wzbudzający otrzymuje się prąd oddany przez motor w funkcyi prądu wzbudzającego jako krzywą kształtu *V*. Oto wyniki tych doświadczeń:

Prąd wzbu- w *amp.*	Prąd motoru w *amp.*	Straty na bieg luzem odczytane na watmetrze w *kilowatach*
41·4	38·2	150
41·5	38·5	151·2
45	23·2	99
50	7·5	46·8
51·8	3	17·4
54	7·2	3
57	14	—
59	21	—

Z charakterystyk przy otwartem kole łącznikowem i przy krótkiem spięciu, można graficznie znaleźć spadek napięcia przy obciążeniu maszyny dowolnie wysokiem i przy jakiemkolwiek przesunięciu faz między natężeniem i napięciem. Można to wykonać według metody Behn-Eschenburga albo Rotherta, z których pierwsza daje za wielkie, druga za małe wyniki. Po wykonaniu wykreślenia dla 53 *amp.* odpowiadającego 1 100 koniom otrzymujemy przy zgodnych fazach (cos $\varphi = 1$) spadek napięcia 9·7% i 5·53% więc średnio 7·61%, przy różnicy faz cos $\varphi = 0{\cdot}75$, 20·6% i 9·55%, średnio 15·07%; w rzeczywistości według dyagramu obciążenia dostajemy dla obciążenia bez samoindukcyi na 1 100 KP spadek napięcia 3·6% a więc jeszcze mniejszy od średniej wartości teoretycznej.

Sieć o wysokiem napięciu. Z centrali rozchodzą się przewodniki na razie w 7 głównych kierunkach, a to 6 przewodników o średnicy 7 *mm* do Morat (16·5 *km*)[1]) z odgałęzieniem do Fräschels (27 *km*); 6 przewodników 7 *mm* do Avenches (14 *km*) z odgałęzieniami do Payerne (24 *km*), Salavaux (16 *km*), Grand Cour (24 *km*), Cudrefin (22·5 *km*), Nant (24·2 *km*) i Morat (20 *km*); 6 przewodników 7 *mm* do Payerne, z których dopiero 3 doprowadzono do Prez (7 *km*), reszta w budowie; 6 przewodników 8 *mm* do Romont (17 *km*); 3 przewodniki 8 *mm* do Avry (10 *km*); 3 przewodniki 6 *mm* do Fryburga (5 *km*) i wreszcie 6 przewodników (3 o 7 *mm* średnicy, 3 o 8 *mm*) przez Schmitten (15 *km*), Flamatt (20 *km*) linią, którą się dopiero buduje, a która w przyszłości będzie może przenosiła energię elektryczną do Berna. Plan sieci o wysokiem napięciu uwidoczniony jest na fig. 8 w tekście.

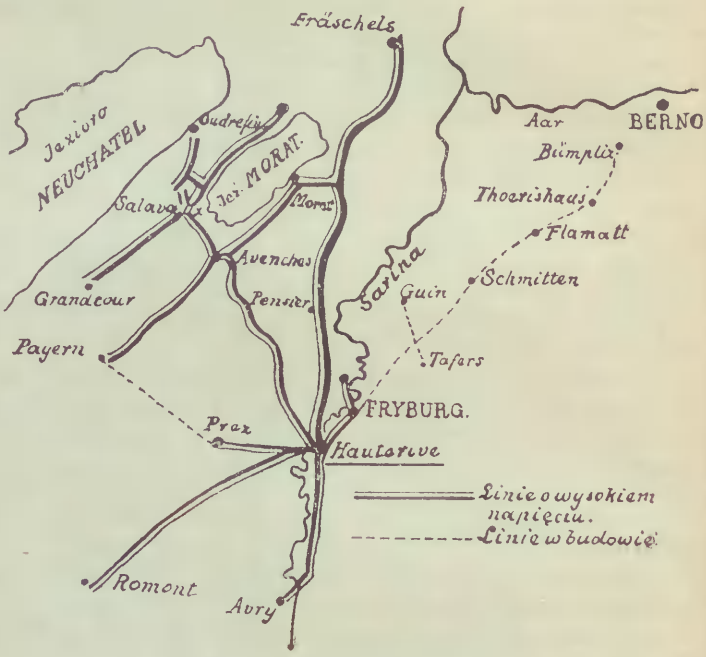


Fig. 8. Plan sieci o wysokiem napięciu.

Prąd o wysokiem napięciu prowadzi się do głównych transformatorów, w których napięcie zniża się z 8 500 *volt* na 500 *volt*. Transformatory te zasilają obwody o 2 do 3 *km* w promieniu. Od tych transformatorów idą linie drugorzędne, które dostarczają prądu motorom 3-fazowym a reszta po ponownej transformacyi w każdem miejscu odbytu na 110 *volt* służy do oświetlenia.

Prąd centrali w Hauterive ma służyć do poruszania całego szeregu tramwajów, a raczej kolei drugorzędnych; z tych na razie wyoudowano tylko kolej elektryczną z Fryburga do Morat długości 22 *km*. Do poruszania kolei służy prąd stały o 800 *volt*., który wytwarza się w 2 stacyach pomocniczych w Pensier i Morat, gdzie synchronmotory 150-konne 3-fazowe o 8 000 *volt*. poruszają dynamomaszyny o prądzie stałym. Przy obu stacyach znajdują się baterye akumulatorów dla ujednostajnienia obciążenia maszyny *(Pufferbaterie)*.

System trakcyi jest z doprowadzeniem prądu za pomocą 3-ciej szyny umieszczonej z boku toru na izolatorach; szyna ta dla bezpieczeństwa jest oszalowana deskami z obu stron. Przy krzyżowaniu się toru z drogami, prąd przeprowadzano podziemnie, na stacyach zaś umieszczano przewodniki górne na słupach. Dziennie kursuje po 8 pociągów w każdą stronę; pociąg składa się z jednego wozu motorowego 4-osiowego II i III klasy na 48 osób wagi 40 *ton* i z 3 wozów do przyczepiania po 10 *ton*; wóz ma 2 motory o sile po 150 HP.

Ceny sprzedaży światła i siły.

1. Światło można odbierać albo według zegara po 50 centimów za kilowatgodzinę przy instalacyach większych powyżej 250 świec albo płacąc ryczałtem według poniżej podanej taryfy.

Dla lamp łukowych liczy się hektowat skonsumowany za równorzędny z 30 świecami lampy żarowej.

Według cennika tego najtańsza kwota za kilowatgodzinę oświetlenia w razie gdy używa się światła 5·5 godzin dziennie przeciętnie wyniosłaby 18·9 centima t. zn. prawie tyleż halerzy.

[1]) Cyfry w nawiasie podane oznaczają odległości w *km* od centrali Hauterive.

Liczba godzin oświetlenia na rok	Kategorya lokalu do oświetlenia	Cena za świecę roczną	Cena roczna za lampę o 5 świecach	10 świecach	16 świecach	25 świecach
		franków				
0—500 godzin: 1½ godziny dziennie albo do 7 wieczór	Sypialnie, salony, piwnice, wychodki, pralnie prywatne, strychy, stodoły, warstaty z 11-godzinnym dniem roboczym, biura	0·70	3·50	7·00	11·20	17·50
500—1000 godzin: 2¾ dziennie albo do 8½ wieczór	Warstaty nie podlegające ustawie fabrycznej, pokoje w domach gościnnych rzadko zamieszkałe, jasne kuchnie, piwnice sklepów, restauracyi i hotelów, stajnie	1·00	5·00	10·00	16·00	25·00
1000—1500 godzin: 4 godziny dziennie do 10 wieczór	Pokoje mieszkalne, kuchnie, korytarze w prywatnych mieszkaniach, sklepy	1·20	6·00	12·00	19·20	30·00
Oświetlenie dowolną liczbę godzin	Hotele, restauracye, domy gościnne, korytarze, piwnice wychodki publiczne, oświetlenie uliczne	1·30	6·50	13·00	20·80	32·50
0—150 godzin rocznie	Taryfa specyalna dla minimum 100 świec w lokalach mało uczęszczanych jak: kościoły, sale zgromadzeń i zabaw, ogrody	0·30	—	—	4·30	7·50

2. Siłę znowuż można odbierać według zegara i wtedy płaci się 30 centimów za kilowatgodzinę, jeżeli motor jest w ruchu tylko w godzinach fabrycznych; 7 centimów za siłę odbieraną dzień i noc przynajmniej przez 14 godzin na dobę; wreszcie 7 centimów dla motorów będących w ruchu tylko przez dzień t. zn. w godzinach dokładnie określonych dla każdego miesiąca, kiedy nie używa się światła.

Jeżeli zaś nie chce się odbierać siły według zegara, to obowiązuje następująca taryfa dla motorów będących w ruchu 11 godzin dziennie t. zn. w godzinach fabrycznych, co odpowiada mniej więcej 3 300 godzinom rocznie:

Wydajność motoru	Abonament roczny 1 konia w frankach	Zużycie energii przez motor w wattach na konia
do ½ HP	350	—
od ½ „	300	—
„ ¾ „	275	—
„ 1 „	250	960
„ 2 „	235	940
„ 3 „	225	920
„ 4 „	218	900
„ 5 „	212	880
„ 6 „	207	860
„ 8 „	200	840
„ 10 „	196	830
„ 12 „	193	820
„ 15 „	190	810
„ 20 „	185	800
„ 25 „	182	800
„ 30 „	180	800
„ 40 „	175	800
„ 50 „	170	800
„ 70 „	163	800
„ 100 „	156	800

Powyżej 100 HP ustanawia się ceny według osobnej umowy. Przy użyciu energii przez dzień i noc podwyższa się ceny taryfy o 30%; przy używaniu tylko w dzień t. zn. w godzinach kiedy niema światła zniża się ceny o 30%.

Według taryfy najtańsza cena za konia godzinę wynosiłaby 4·8 centima; przy większych zapotrzebowaniach np. dla fabryki elektrochemicznej pracującej dzień i noc siłą conajmniej 1 000 KP oddanoby energię za cenę znacznie niższą, w każdym razie mniej niż za 1 centima za konia i godzinę. Są to ceny tak nizkie, że z nimi żadna centrala parowa konkurować nie może.

Koszta instalacyi były stosunkowo jak na centralę wodną dość znaczne, a to z powodu budowy tunelu; przedstawiają się one w cyfrach okrągłych następująco [1]):

Budowa jazu	fr.	151 000
Kanał dopływowy ze śluzami .	„	133 500
Tunel	„	2 319 000
Budynek zawierający ujście tunelu i zasuwy . . .	„	135 000
Budowa drogi i mostu dla centrali	„	133 000
Ochrona brzegów	„	36 000
Budynek fabryczny	„	426 000
Turbiny	„	124 500
Dynamomaszyny	„	310 000
Zakupno gruntów	„	26 500
Koszta inne w robotach hydromechanicznej części . .	„	90 500
Materyały, inwentarz, koszta stajni	„	290 500
Odsetki	„	667 500
Razem . . .	fr.	4 843 000

Jeżeli przyjmiemy jako podstawę dalszego rachunku 10 000 KP, to dostaniemy jako koszt założenia przypadający na 1 KP hydraulicznego cyfrę 460 franków czyli około 20% drożej, niżby wypadło na centralę

[1]) Według danych przedstawionych Naczelnej Radzie kantonalnej przez dyrektora robót publicznych na sesyi w listopadzie 1902.

parową równych rozmiarów. 1 KP na wale turbinowym kosztuje 490 franków, a po przemianie na energię elektryczną, gdy opuszcza centralę, koszt wzrasta na 560 franków. Już ta cyfra nie różni się wiele od cyfry, którąbyśmy dostali przy użyciu pary jako siły motorycznej, a jeszcze bardziej przesuwa się cena na korzyść wody po przeniesieniu na odległość. Cyfr odnoszących się do budowy linii i kosztów konia parowego przeniesionego na odległość 25 *km* na razie podać nie można, bo zestawienia odnośne jeszcze nie są wygotowane, ale już teraz można stwierdzić, że koszta te są dość znaczne, gdyż bardzo wiele miejscowości drobnych przyłączono do sieci, tak że czasem koszta linii względnie ich amortyzacya więcej będzie wynosiła niż dochód z odpowiedniego miasteczka z obwodem.

Opierając się jednak na doświadczeniach porobionych w innych kantonach i zresztą na własnej centrali w Montbovon, władze kantonalne, a raczej dyrekcya robót publicznych (w której skład wchodzi profesor uniwersytetu fryburskiego, nasz rodak p. Józef Kowalski) nie wahała się podjąć dzieła, które wymagało wielkich wkładów, które może przez rok lub dwa nie będzie przynosiło zysków, ale którego powodzenie późniejsze jest zapewnione, a dla mieszkańców kantonu jest pod każdym względem wielkiem dobrodziejstwem.

2. Opis centrali hydroelektrycznej w Vouvry.

Wśród wielu zakładów wodno-elektrycznych rozrzuconych po wszystkich stronach Europy i Ameryki, wyróżnia się jedna instalacya szwajcarska, korzystająca z wody jeziorka górskiego Lac Tanay położonego podobnie jak nasze stawy tatrzańskie wysoko w górach na 1 410 *m* nad poziomem morza. Centrala sama położona u stóp góry blizko Rodanu w Vouvry otrzymuje wodę pod ciśnieniem 92 *atm.* t. zn. ze spadem 920 *m*. Jest to cyfra bardzo wysoka w porównaniu ze wszystkiem, co dotąd zrobiono; instalacya wymagała specyalnych studyów w swej części hydraulicznej, tak że warto się nią dokładniej zająć. A i ten wzgląd przemawia jeszcze za aktualnością tego opisu, szczególniej w *Czasopiśmie technicznem*, że mamy w Galicyi zbiorniki wód podobnie położone, więc możnaby z doświadczeń coś skorzystać dla kraju.

Pomysł wyzyskania tak niezwykłego źródła siły powstał, jak to się nieraz dzieje w Szwajcaryi, przez wyczerpanie energii w innej centrali, mianowicie w Vuargny nad rzeką Grande Eau. Centrala ta zasilała w pierwszym rzędzie stacyę klimatyczną Montreux i okolice położone nad jeziorem Genewskiem. Zapotrzebowanie prądu wzrastało bardzo szybko, tak że przedsiębiorstwo musiało w okolicy szukać nowych zasobów energii. Robiąc badania odpowiednie wpadli kierownicy Towarzystwa na pomysł zbadania jeziora Tanay odległego od dotychczasowej centrali o 12 *km*. Studya hydrologiczne wykonywane przez dłuższy czas wykazały, że dorzecze jeziora wynosi 7·5 km^2; wysokość roczna opadów taka, że można po odrzuceniu ilości na odparowanie przyjąć 1·60 *m*. Mamy tedy zbiornik z roczną ilością wody dwanaście milionów metrów kubicznych, które można zużyć, nie zmniejszając ilości wody w samem jeziorze.

Przyjmując miejsce ustawienia turbin o 920 *m* niżej, to przy 75 % dzielności, jeden koń na godzinę zużyłby okrągło 400 *l* wody; a 12 milionów m^3 przedstawia 30 milionów konio-godzin rocznie czyli:

30 000 koni po 1 000 godzin rocznie
albo 15 000 „ „ 2 000 „ „
„ 10 000 „ „ 3 000 „ „

Na razie ustawiono w centrali 4 jednostki po 500 KP, a więc razem 2000 KP; budynek, uchwycenie wody i część przewodów jest już przewidziana na 10 000 KP.

Roboty wodne i ziemne. Dla uchwycenia wody jeziorka skorzystano z naturalnego odpływu, który znajduje się 15 *m* poniżej średniego zwierciadła wody i dostarcza 346 *l* na sekundę; jest to ilość na razie wystarczająca, bo równa 3 024 KP na wale turbin. Na przyszłość przewidziana jest galerya powyżej owego odpływu, której jeszcze nie wykończono zupełnie od strony jeziora. Pozostaje jeszcze 7 *m* skały do przebicia, a wykonanie odroczono do czasu, kiedy okaże się potrzeba rozszerzenia instalacyi. Odpływ kończy się u wylotu pierwszego tunelu zamkniętego murem wzmocnionym belkami żelaznemi; przez zamknięcie wystaje 5 rur, z tych jedna o średnicy 80 *cm* służy jako właz, trzy o średnicy 40 *cm* służą dla wpływu wody i są zakończone od strony jeziora wygięciami ku górze; w wygięcia te wchodzą stożkowe zatyczki zawieszone na łańcuchach. Łańcuchy podnosi się w górze 30 *m* wyżej, gdyż tak głęboki jest odpływ; przy wysokiej wodzie trzebaby dla odemknięcia rury użyć przeszło 3 000 *kg* siły, jeżeli woda ciśnie tylko z jednej strony. Dla zapobieżenia temu umieszczono piątą rurkę o średnicy 10 *cm*, którą się przepuszcza najpierw wodę na przeciwległą stronę zamknięcia i przez to odładowuje się zatyczkę. Tunel, który następuje stanowi niejako rezerwoar dla wody długości 300 *m* a o przekroju 3 m^2; kończy się znowu zamurowaniem z cementu wzmocnionego, przez które przechodzi rura służąca za właz o średnicy 80 *cm*, 2 rury o średnicy 40 *cm* opatrzone klapami z pływakami i jedna również 40 *cm* średnicy służąca do odprowadzania wody przepłukującej tunel. Woda wchodzi do drugiego tunelu długości 100 *m*, przekroju kołowego o średnicy 1·80 *m*, którego oś jest prawie prostopadła do osi pierwszego; wpływ wody odbywa się automatycznie, bo gdy zapotrzebowanie wody w turbinach rośnie, poziom wody przed wypływem z pierwszego tunelu opada, pływaki u klap otwierają rury i potrzebna ilość wody wpływa; poziom sam jest regulowany przez przelew. Z drugiego tunelu przechodzi woda rurą z blachy nitowanej 5 *mm* grubej o długości 100 *m* i średnicy 80 *cm* do trzeciego tunelu długości 800 *m*, a stamtąd znowu do rury o średnicy 80 *cm* na długości 1 200 *m*. Ten ostatni rurociąg o spadku 0·5 % ciągnie się wzdłuż platformy 3 *m* szerokiej i spoczywa 2 *m* głęboko w ziemi, aby go zabezpieczyć od spadających kamieni a wodę od zamarzania w zimie. Przy końcu tego rurociągu *B* (fig. 9)

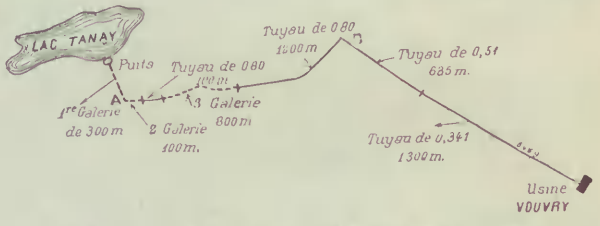


Fig. 9. Sytuacya jeziora Tanay i przewodów.

w sklepionej piwnicy znajduje się część opatrzona trzema wylotami o średnicy 50 *cm*. Dwa wyloty są na razie zatkane pełnemi zamknięciami i będą używane gdy okaże się potrzeba, trzeci wylot służy jako początek właściwego przewodu cisnącego. Do tego punktu cały spadek wynosi tylko 21 *m*; tu też umieszczono wentyl bezpieczeństwa dla zamknięcia dopływu w razie pęknięcia rur gdzieś poniżej na drodze do centrali. W razie nagłego zamknięcia woda daje silne uderzenie, a dla zapobiegnięcia jakiemuś wypadkowi z tego powodu, umieszczono przy końcu przewodu zaraz obok wentyla rodzaj komina blaszanego o średnicy 40 *cm* a wysokości 25 *m*.

Za wentylem przewód cisnący spada gwałtownie na długości 1 940 *m* o 900 *m*. Rury używane dla tego przewodu są ze stali Martina-Siemensa, bez szwów

grubsze spawane ręcznie, cieńsze kalibry na walcowni. Krysy rur mają występy odpowiednio dopasowane (fig. 10) a połączone są 2 pierścieniami nasadzonymi oddzielnie na każdą krysę i ściągniętymi śrubami. Jako szczelniwa użyto krążka asbestowego oprawionego z obu stron w cienką blachę miedzianą. Wkładka ma przed ściśnięciem 3 *mm* grubości a po dociągnięciu śrub zaledwie ułamek milimetra. Rury są ułożone w rowie 1·50 *m* głębokim i przysypane ziemią, aby zapobiedz zamarzaniu. Kierunek jest prawie prostolinijny, ale nie można było uniknąć wielu małych odchyleń, zbaczających od linii prostej o jakie 10°. Odchylenia te uzyskiwano zastosowaniem dodatkowych krys o jednej po-

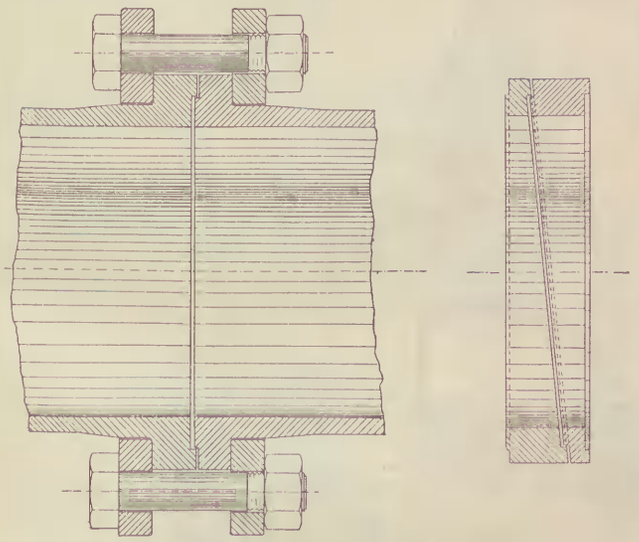


Fig. 10. Połączenie rur.

wierzchni skośnej (fig. 10). Obracając te zakończenia kluczem specyalnym, można było otrzymać kąty dowolne poniżej 10°. Dzięki temu systemowi zupełnie nowemu, unika się wszelkich kolan zginanych, które trzeba naprzód przygotować, a które często nie dają dokładnie kąta wymaganego, względnie, nie potrzeba rur na miejscu zginać czy to na gorąco czy na zimno przez co się zawsze materyał osłabia.

Rury wszystkie były na miejscu wypróbowane na ciśnienie o 50% wyższe od normalnego, a normalne ciśnienie nigdzie nie przewyższa $7^1/_2$ *kg* na 1 mm^2.

Rurociąg składa się z dwóch części; pierwsza długości 635 *m*, średnicy wewnętrznej 500 *mm* o grubości ścian od 7 do 11·5 *mm*. Przy końcu tej części znajduje się rura fasonowa w kształcie litery **U** z wyrostkiem połączonym z głównym przewodem; dwa końce wystające, opatrzone klapami o średnicy 300 *mm* dają początek dwom odgałęzieniom długim po 1 300 *m*, o średnicy zewnętrznej 341 *mm*, a o grubości ścian 8 do 18 *mm*. Plan jeziora i przewodów uwidoczniono na fig. 9.

Do transportowania wszystkich rur tak przewodu pierwszego o 80 *cm* średnicy jak i dalszych używano kolejki linwowej, zbudowanej przez firmę Ceretti & Tanfani w Medyolanie. Szczegóły tej konstrukcyi uwidoczniono na fig. 11 i 12. Linwy przeprowadzono na 15 wieżach drewnianych odległych od siebie od 60 *m* do 600 *m*; wysokość wież dochodzi do 30 *m*. Długość linwy w jednym kierunku wynosi 1·7 *km*, udźwig wynosi jedną tonę; czas trwania transportu aż pod górę wynosi pół godziny. Dla uruchomienia kolejki służy jednofazowy motor elektryczny 15-konny, wykonujący 1 000 obrotów na minutę. Koszt tej kolejki wynosi 60 000 franków.

Rury transportowano do najbliższej wieży powyżej miejsca przeznaczenia, a stąd sprowadzano je na dół, wstrzymując sznurami albo wieloklubami.

Rurociąg wykonała fabryka J. P. Piedboeuf w Düsseldorfie.

Przed samem wejściem do zabudowania maszynowego w Vouvry oba odgałęzienia rurociągu opatrzone

Fig. 11. Stacya dolna kolei linwowej.

Fig. 12. Kolej linwowa.

są klapami stalowemi 300 *mm*, poruszanemi ręcznie. Ciśnienie na każdą klapę wynosi 65 000 *kg*, z tego też powodu są one opatrzone (tak jak wszystkie następne klapy i zamknięcia) małą rurką doprowadzającą wodę z przeciwległej strony dla odładowania ciśnienia.

M. Altenberg.

Budynek instalacyjny z betonu wzmocnionego ma kształt prostokąta 66 *m* długiego a 14 *m* szerokiego. W dolnej części budynku znajdują się rozgałęzienia rur i wszystkie zamknięcia dopływów.

Każda z dwóch głównych gałęzi rur rozdziela się na 2 ciągi, z których każdy zasila po 2 turbiny 500-konne. Tu znajdują się również rury dla odpływu wody, cementowe, o średnicy 40 *cm* dla każdej jednostki 500 konnej.

Urządzenia mechaniczne i elektryczne. Bezpośrednio za klapami ręcznemi wyżej wspomnianemi w obu odgałęzieniach rurociągu, które służą do zamykania dopływu wody w razie napraw, znajduje się druga klapa uruchomiana hydraulicznie, a zamykanie i otwieranie jej odbywa się z odległości, ze sali maszyn. Tej klapy używa się w razie jakiegoś wypadku. Zamyka się ona tak szybko, że przy pierwszej próbie sama stała się powodem wypadku; uderzenie wody wstrzymanej przerwało rurociąg. Dla zapobieże-

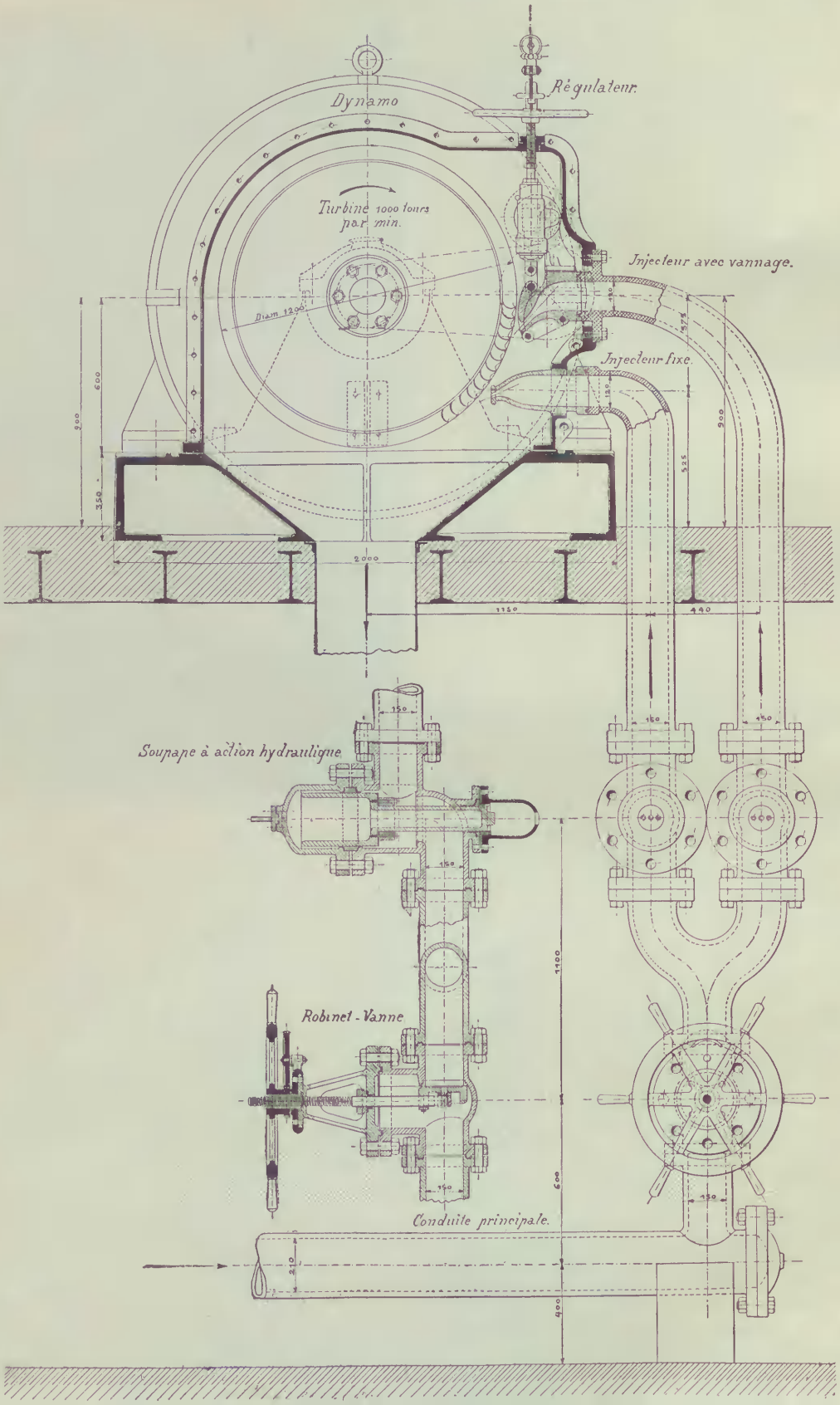


Fig. 13. Turbina z Vevey na 500 koni i doprowadzenie wody.

nia podobnym wypadkom na przyszłość opatrzono klapę drugim dopływem o małej średnicy o automatycznem działaniu. Przy zamykaniu klapy początkowo nie ma niebezpiecznych uderzeń a to dopóty, dopóki przekrój dopływu jest większy od otworów, którymi woda wpływa do turbin będących w ruchu w danej chwili. Dopiero gdy się te przekroje zrównają, dalsze zmniejszanie chyżości wody staje się niebezpiecznem; a chyżość wynosi w tej chwili jeszcze 0,7 chyżości normalnej. Jeżeli się chce zapobiedz nagłym uderzeniom wody, względnie wielkość uderzenia zredukować do ilości dozwolonej, trzeba, aby zmiany chyżości odbywały się w ściśle określonym przeciągu czasu. P. Michaud, inżynier z Lozanny, którego systemu są regulatory turbin w niniejszej centrali, zajął się przestudyowaniem tej kwestyi i postawił formułę sprawdzoną doświadczeniem na czas trwania okresu zamykania klapy, od chwili wyrównania przekrojów dopływu i odpływu:

$$T = \frac{2 L V}{g B}$$

W formule tej L oznacza długość przewodu w metrach, V chyżość wody w przewodzie w metrach na sekundę, g jest przyśpieszenie ziemskie, wreszcie B wzrost ciśnienia wyrażony w metrach słupa wody, czyli wielkość uderzenia dopuszczalnego. — Wspomniany wyżej drugi przewód o mniejszej średnicy zaczyna działać dopiero w chwili niebezpiecznego zmniejszania się przekroju i wówczas reguluje czas dalszego zamykania się, według formuły Michaud.

Dopływy do turbin o średnicy wewnętrznej 150 *mm*, wznoszą się pionowo po dwie od rury 210 *mm* poziomej (obacz fig. 13). Woda przechodzi najpierw przez klapę ręcznie otwieraną, opatrzoną urządzeniem do odładowania ciśnienia, a następnie rozdziela się na 2 przewody, które otwiera się hydraulicznie, manewrując kurkami przy tablicy rozdzielczej. Przewody kończą się wylotami kierującymi, które zastępują właściwe koło kierujące. Wylotów kierujących jest dwa, a to jeden z nich o przekroju stałym, drugi o przekroju zmiennym do regulowania ilości wody dopływającej. Zastosowano 2 wyloty, ponieważ nie było danych co do zużywania się materyału przy wypływie wody o podobnem ciśnieniu; obawiano się zbyt szybkiego zużycia. Dlatego też miało się używać wylotu do regulowania do chwili zupełnego obciążenia motoru 500 KP; następnie gdy się łączy generator elektryczny równolegle z drugim, to drugi motor obejmuje regulacyę, a pierwszy pracuje wylotem o stałym przekroju. Większą część godzin pracowałby tedy wylot stały, a wymiana w razie zużycia nie przedstawiałaby wielkich kosztów i trudności, bo nie ma w nim części ruchomych, a tylko samo zakończenie trzebaby wymienić. Doświadczenie po kilkuset godzinach ruchu nie wykazało jednak żadnego śladu nadpsucia. Zdaje się więc, że zużywanie się turbin pochodzi w większej części z nieczystej wody, aniżeli z chyżości wody spowodowanej spadem.

Obecnie zainstalowane 4 turbiny 500-konne są po dwie rozmaitych systemów. Dwie są kołami Peltona z bronzu o regulatorach hydraulicznych (fig. 13). Osadzone są na końcu osi dynamomaszyn, co ma tę dobrą stronę, że oszczędza się jedno łożysko, zyskuje się na miejscu, a przy montowaniu nie ma obawy, aby z pozostałymi dwoma łożyskami zboczyć od linii prostej. Te koła Peltona pochodzą z fabryki „Ateliers de construction mécanique“ w Vevey.

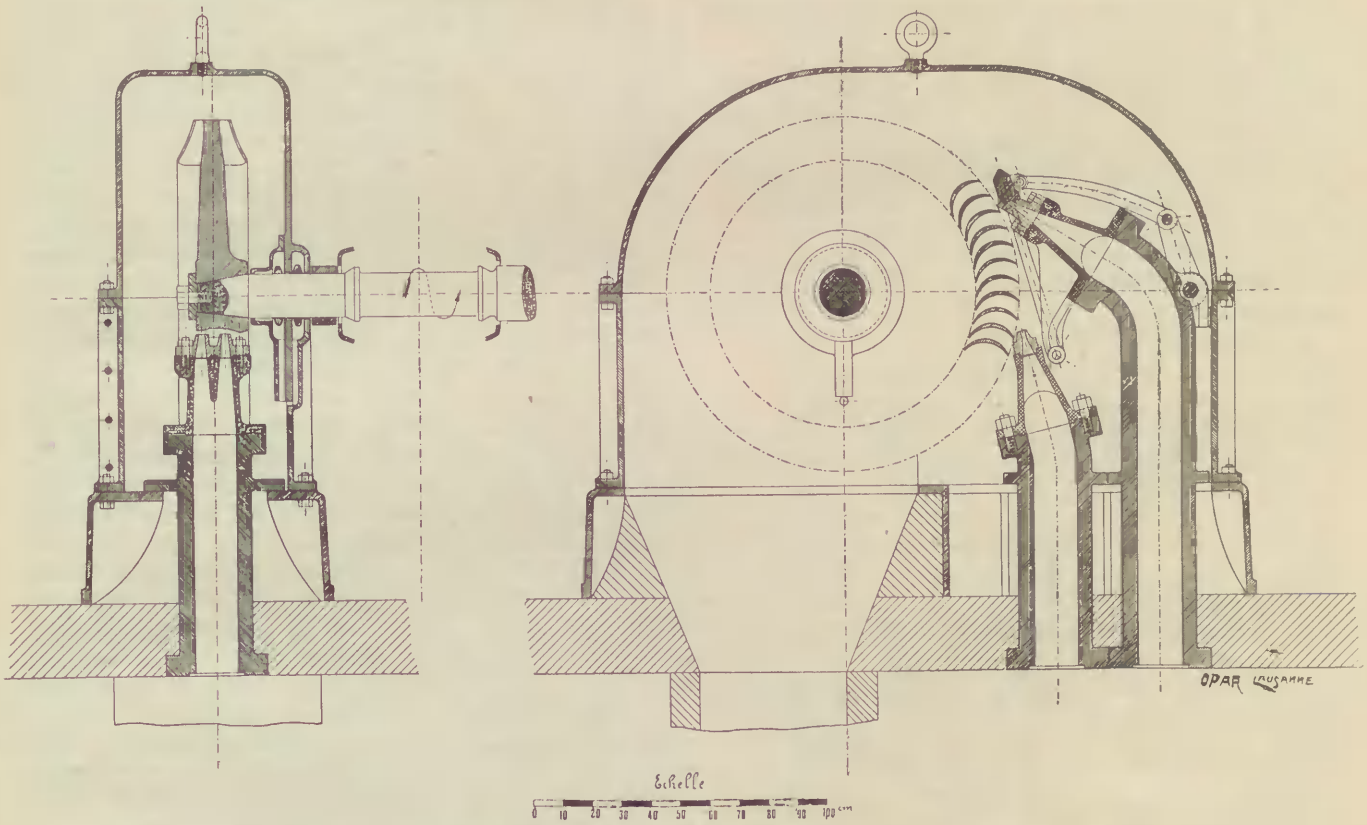


Fig. 14. Turbina syst. Duvillard na 500 koni.

Dalsze 2 turbiny z fabryki Duvillard z Lozanny są rownież opatrzone dwoma wylotami, stałym i zmiennym. Koło biegunowe osadzone na końcu osi stanowi pełną tarczę laną, opatrzoną z dwu stron szeregiem lanych łopatek (fig. 14). Wyloty rozdzielające mają po 2 otworki przekroju 2 cm^2; każdy zasila 250 KP. Otworki wylotu stałego są okrągłe, zmiennego prostokątne. Średnica koła biegunowego jest 1·20 *m*, liczba obrotów normalnie 1 000 na minutę. W razie nagłej przerwy prądu, w chwili kiedy regulator nie jest w ruchu, liczba obrotów mogłaby dojść prawie do 2000; ale jeszcze przy tej chyżości materyał wytrzymałby działanie siły odśrodkowej, gdyż przy obliczeniu uwzględniono taki wypadek i wykonano konstrukcyę tak, aby i wtedy żadna część nie była narażona więcej niż na 3 *kg* na cm^2.

Oprócz tych wielkich turbin są jeszcze 2 małe turbiny dla maszyn wzbudzających, również z fabryki Duvillarda, o konstrukcyi podobnej, tylko że koło biegunowe ma łopatki z jednej strony i że ma tylko jeden wylot rozdzielczy i to zmienny, do regulacyi ręcznej. Wylot ten ma otworek okrągły o średnicy 5 *mm*, a dla regulacyi wsuwa się w otwór trzpień zakończony ostrzem konicznem (fig. 15). Turbiny są

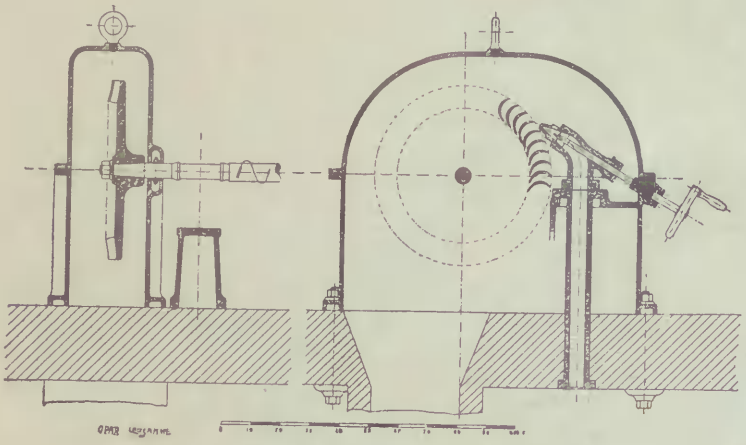


Fig. 15. Turbina syst. Duvillard na 25 koni.

25-konne o średnicy 0·6 *m*, wykonują na osi poziomej normalnie 2000 obrotów na minutę.

Osobna wzmianka należy się regulatorom wielkich turbin 500-konnych z Lozanny, konstrukcyi p. Michaud.

Zasada regulacyi jest następująca: Na osi pionowej uruchomionej wprost od turbiny przeniesieniem pasowem i parą kół stożkowych jest osadzony regulator odśrodkowy. Ruchom jego w dół i górę przymusowo towarzyszy okrągła część *A* (fig. 16) wewnątrz

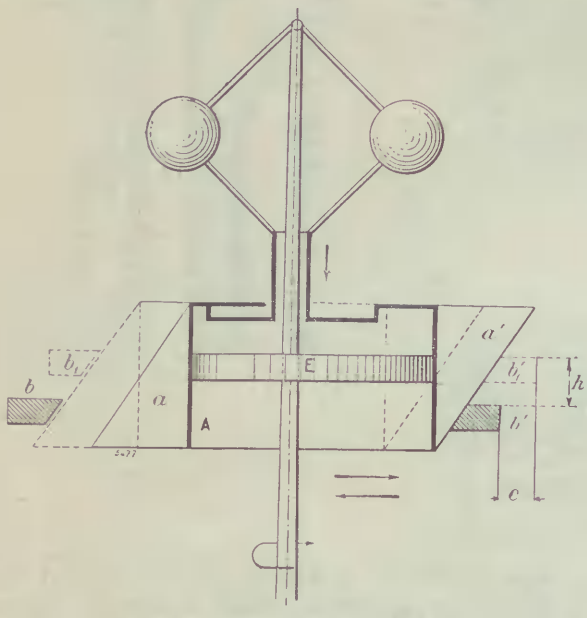


Fig. 16. Regulator syst. Michaud.

pusta; część ta jednak nie odbywa ruchu obrotowego. Na 2 przeciwległych stronach tej części znajdują się występy *a*, *a'*, których krawędzie zewnętrzne są równoległe do siebie a nachylone do pionu. Na osi regulatora jest nadto zaklinowany wewnątrz rury *A*, ekscenter *E*, który wprawia część *A* wraz z występami *a a'* w ruch wahadłowy w kierunku poziomym. — Zamykanie i otwieranie wylotu dopływowego turbiny odbywa się po kilku przeniesieniach przez ruch poziomej ramy, opatrzonej dwoma nosami *b b'*, których odległość jest trochę większa, niż odległość brzegów *a a'*, tak że one podczas ruchu w normalnem położeniu nie dotykają się. Jeżeli rama z nosami *b b'* przesuwa się od lewej ku prawej stronie, powoduje otwieranie się wylotu dopływowego, w przeciwnym kierunku zamykanie. Jeżeli więc motor zaczyna zwalniać, regulator opada, wraz z nim opada część *A* z występami *a a'* i przy końcu ruchu wahadłowego na prawo uderza o nos *b'* i posuwając go powoduje ruch ramy dźwigniowej ku prawej stronie, przez co powiększa się przekrój otworu dopływowego. To samo następuje w dalszym ciągu przy następnych obrotach regulatora, jak długo motor zwalnia, aż nastąpi równowaga. Zniżeniu się położenia części *A* o *h* odpowiada przesunięcie się ramy dźwigniowej o *c*.

Generatory elektryczne są 2 systemów: dwa o zbroi ruchomej i wzbudzeniu niezależnem, wytwarzanem w oddzielnej maszynce o prądzie stałym; pochodzą one z fabryki genewskiej „Compagnie d'industrie électrique". Dalsze dwa z fabryki Brown, Boveri & Co. w Baden są o zbroi stałej a induktorze ruchomym, a maszynka wzbudzająca umieszczona na wspólnej osi. Pierwszy z tych systemów z wzbudzeniem niezależnem okazał się w praktyce lepszym.

Generatory wytwarzają prąd zmienny jednofazowy o 5500 *volt.* napięcia, 60 *amp.* i 50 okresach na sekundę; są na wspólnej osi z turbinami, tak że wykonują 1000 obrotów na minutę; induktory są 6 biegunowe. Zastosowanie prądu jednofazowego do sieci jest rzadkością, zwłaszcza w nowych instalacyach; tutaj trzeba go było z konieczności wprowadzić, bo jak wspomniałem we wstępie, centrala w Vouvry ma za zadanie uzupełniać braki centrali w Vuargny, a ta oddawna posługiwała się prądem jednofazowym; chodziło o to, aby maszyny dwu centrali mogły pracować równolegle ze sobą. Dzięki temu urządzeniu centrala w Vuargny nietylko pokonuje niebezpieczeństwo małej wody, ale może normalnie obciążyć się energią, przewyższającą średni stan wody. Maszyny w Vouvry puszcza się w ruch po obiedzie o godzinie $3^1/_2$, kiedy obciążenie na sieci wzrasta przez zaświecanie coraz nowych lamp; załączenie maszyn równolegle do generatorów w Vuargny nie nastręcza trudności dzięki lampkom fazowym. Wieczorem o 10-tej, kiedy obciążenie zmalało, wyłącza się maszyny.

Innym powodem, dlaczego prąd jednofazowy można było zastosować jest okoliczność, że do sieci załączono prawie wyłącznie światło w miejscowościach klimatycznych nad jeziorem genewskiem (Vevey, Clarens, Montreux, Territet, Chillon, Villeneuve); motorów prawie wcale nie ma, a właśnie motory stanowią słabą stronę systemu jednofazowego. Gdzie się motory znajdują np. w samej centrali dla warstatu reparacyjnego i dla kolejki linwowej, używają kondensatorów dla stworzenia sztucznej fazy przy puszczaniu w ruch.

Prąd wzbudzający wytwarza się w 2 maszynach oddzielnych, o prądzie stałym, o napięciu 110 *volt.*, natężeniu 140 *amp.*; maszyny są na wspólnej osi z małemi turbinami i wykonują 2000 obrotów na minutę. Jako rezerwa prądu wzbudzającego służy baterya akumulatorów systemu Pollaka z fabryki w Marly (w Szwajcaryi).

Dalsze 2 maszyny wzbudzające są umieszczone na osi generatorów odpowiednich.

Prąd po wyjściu z maszyn przechodzi do tablic rozdzielczych. Tablic tych jest 3. Pierwsza mała dla prądu stałego maszyn wzbudzających i bateryi akumulatorów, opatrzona 3 ampermetrami na 200 *amp.*, jednym na $\pm$ 150 *amp.* dla bateryi; po jednym woltmetrze na 150 *volt* i na $\pm$ 150 *volt.* Woltmetr nadto opatrzony kluczem przemiennym o 3 stykach. Wreszcie są na tablicach umieszczone dwa przerywaki automatyczne i reostaty dla induktorów.

Prąd jednofazowy o wysokiem napięciu przechodzi przez 2 tablice umieszczone w głębi sali, jedna przed drugą; pierwsza służy do załączania lub wyłączania poszczególnych maszyn, względnie do łączenia ich równoległego. Tablica jest przeznaczona na 10 maszyn; na razie jednak umieszczono przyrządy dla 4 maszyn. Do każdej maszyny należy ampermetr na 100 *amp.*, woltmetr z transformatorkiem redukującym napięcie na $^1/_{50}$, tak że podziałka jego do 150 *volt* odpowiada 7 500 *volt.*; przerywak dwubiegunowy w oliwie, lampka fazowa, klucz do załączania prądu wzbudzającego, wreszcie reostat, ampermetr na 60 *amp.* i woltmetr na 150 *volt.* dla prądu wzbudzającego.

W tyle za tą tablicą znajduje się druga tablica o 4 polach, gdzie się załącza prąd na 4 główne centra sieci; na każdem polu jest przerywak dwubiegunowy w oliwie, woltmetr zredukowany w stosunku 1 : 50 na 150 *volt*, a każda linia za tablicą przechodzi przez Siemensowskie piorunochrony.

Cztery pola na tablicy tej odpowiadają: pierwsze centrali w Vuargny (Aigle), które się załącza podczas dnia, kiedy prąd przychodzi z Vuargny i przez Vouvry bywa wysyłany do dalszych 3 centrów sieci; dalej mamy Miex, Bouveret i Montreux. Najdalszy punkt sieci jest oddalony od Vouvry o 12 *km*.

Teraz parę słów o finansowej stronie przedsiębiorstwa. Koszta gruntów, prawa do wody, budynku, maszyn, wszystkich robót hydraulicznych wynosiły około 800 000 fr., t. zn. że na jednego konia z instalowanych 2000 przypada 400 franków na tablicy rozdzielczej. Jednak koszta dalszych 2 000 koni będą wynosiły tylko 300 000 fr., bo najważniejsze roboty już są wykonane, tak że wówczas przy 4 000 koniach cena spadnie na 275 franków na konia. Będzie to już kwota dość nizka, ale dopiero po zupełnem wyzyskaniu energii na 10 do 12 000 KP osiągnie się cyfrę bardzo nizką, 225 franków na 1 KP.

Cena sprzedaży nie jest wyjątkowo nizka, bo towarzystwo wyzyskujące tę centralę zastosowało się do cen dawnej centrali w Vuargny. Oprócz gmin Vouvry i Miex, które dostają oświetlenie publiczne za darmo, a prywatne po 60 centimów za świecę rocznie, wszyscy inni abonenci płacą jednolitą taksę 1·20 fr. za świecę rocznie bez względu na liczbę godzin, przez które korzystają ze światła. Odpowiada to cenie 35 cent. za kilowattgodzinę, jeżeli się dziennie 3 godziny świeci, a 21 centimów za 5 godzin świecenia.

Na zakończenie niech mi będzie wolno serdecznie podziękować p. A. Boucher'owi, dyrektorowi przedsiębiorstwa, którego uprzejmości zawdzięczam, że wszystkie szczegóły urządzenia, zwłaszcza części hydraulicznej, pokazano mi z największą dokładnością.

3. *Opis urządzeń hydroelektrycznych Genewy w Chèvres.*

Z matematyczną dokładnością powtarza się wszędzie zjawisko, że raz urządzone instalacye dla wytwarzania i rozdzielania taniej siły, pociągają za sobą nowe potrzeby i co za tem idzie, konieczność zwiększania instalacyi i zakładania nowych. Na szczegół ten zwróciłem uwagę przy opisie poprzednich dwóch nowych centrali: Hauterive powstało po wyczerpaniu energii w Fryburgu i Montbovon; Vouvry po wyczerpaniu Aigle, a centrala w Chèvres pod Genewą po wielkim, a bardzo szybkim rozwoju zakładu hydraulicznego Coulovrenière.

Zakładowi Coulovrenière warto poświęcić kilka słów ze względu na to, że jest on jednym z nielicznych, które używają wody pod ciśnieniem do przenoszenia siły na odległość. W r. 1886 puszczono w ruch w budynku la Coulovrenière nad Rodanem zaraz po jego wypływie z jeziora Genewskiego, 5 turbin po 220 KP połączonych wprost z pompami. Do roku 1895 instalacya wzrosła do 18 podobnych grup, a ilość energii będąca do dyspozycyi, wyczerpała się zupełnie. Woda z pomp wtłacza się do 2 sieci rur; sieć o nizkiem ciśnieniu 65 *m* powyżej poziomu jeziora, o rozgałęzieniu 82 *km*, jest przeznaczona dla miasta zarówno jako wodociąg, jakoteż dla dostarczania siły motorom w liczbie 130, o łącznej sprawności 230 KP. Motory są przeważnie tłokowe o wahających cylindrach. Sieć o wysokiem ciśnieniu przeznaczona dla zasilania okolic aż do odległości 10 *km* w promieniu, ma ciśnienie 140 *m* nad poziomem jeziora, rozgałęzienie wynosi 93 *km*, liczba motorów 207 w łącznej sprawności 3092 KP. Cena sprzedaży jednego KP spadała stopniowo z 1200 fr. w r. 1886 na 400 fr., a nawet na 140 fr. przy odbiorze najmniej 100 KP. Przy odbiorze energii z liczeniem konsumcyi na zegarze, płaci się za 1 m^3 wysokiego ciśnienia 7 do 2 centimów. Zyski z tych urządzeń były znaczne i wzrastały stale od kwoty 274 462 franków w r. 1880, do 1 035 022 franków w r. 1900. W cyfrach tych mieści się zysk z wody do picia i dla motorów; zyski odnoszące się do samych motorów wynosiły 48 034 do 395 889 fr.

Po zupełnem wyzyskaniu Rodanu w tem miejscu, trzeba było dla podjęcia robót nowych, posunąć się w dół rzeki; toteż w styczniu 1893 uchwalono pierwsze kredyty dla wyzyskania Rodanu pod Chèvres, w odległości 6 *km* od Genewy.

Jeżeli daję tu opis urządzeń zakładu tego, to przedewszystkiem z powodu, że stanowi on uzupełnienie poprzednich opisów centrali w Hauterive i Vouvry tak pod względem robót wodnych, jak i co do urządzeń mechaniczno-elektrycznych. Dla porównania tych 3 stacyi niech posłuży poniższa tabelka.

	Spad w *m*	Ilość wody w m^3	Rodzaj prądu wytworzonego
Vouvry	920	1	Prąd zmienny jednofazowy
Hauterive	60	9	Prąd zmienny trzyfazowy
Chèvres	4·3 do 8, 5	120 do 300	Prąd zmienny dwufazowy

Roboty wodne i ziemne [1]). Rodan po wyjściu z jeziora genewskiego i po złączeniu się z dopływem Arwą, okazuje zmiany ilości wody od 1 228 m^3 przy gwałtownych wezbraniach do 120 m^3 przy bardzo małej wodzie. Spad można było otrzymać albo przeprowadzając wodę tunelem na 1·3 *km* pod Vernier dla uzyskania 4 *m* różnicy poziomów, albo przez spiętrzenie wody koło Chèvres jazem, przez co zyskiwało się przy nizkiej wodzie 8·5 *m*, przy wysokiej 4·3 *m* spadku. Wybrano tę ostatnią kombinacyę. Jaz zbudowano bezpośrednio przed budynkiem turbinowym, a dla regulowania przepływu nadmiaru wody, wybrano konstrukcyę jazu ruchomego, złożonego z 6 zasuw, które się dowolnie dają podnosić przepuszczając dołem odpowiednią ilość wody.

Podścielisko jazu ułożone jest z betonu, pokrytego deskami jodłowemi 20 *cm* × 20 *cm*. Między słupami znajdują się na podścielisku betonowem w miejscach, gdzie zasuwy spadają, dna z lanego żelaza. Szczyt podścieliska znajduje się na wysokości 361·25 *m* nad poziomem morza; lane płyty wystają o 25 *cm* w górę.

Zasuwy, wchodzą między 2 przyczółki i 5 filarów. Przyczółek lewy przypiera do brzegu i jest wzmocniony murem w przedłużeniu osi jazu, 2 *m* szerokim, a 4 *m* długim. Nadto wzdłuż brzegu ustawiono jeszcze 2 mury oporowe, jakby 2 skrzydła przyczółka. Przyczółek prawy stanowi punkt wyjścia dla tamy oddzielającej rzekę od kanału odpływowego, a z drugiej strony przedłuża się do budynku maszynowego i wprowadza nas do kanału dopływowego (obacz plan na fig. 17.). Filary wznoszą się o jednakowym przekroju (3 *m* × 17 *m*) aż do wysokości 9·75 *m* nad podścielisko, t. zn. do koty

[1]) Porównaj: Turretini, Usine de Chèvres. Genewa 1900.

371·50 *m*, a powyżej zwężają się na 3 *m* × 4 *m* na wysokość 4·80 *m*. Część ta służy jako tor dla zasuw i jako podpora mostu, na którym umieszczono windy do podnoszenia zasuw. Przyczółki i filary są z betonu, u dołu wzmocnionego płytami lanemi grubości 3 do 4 *cm*.

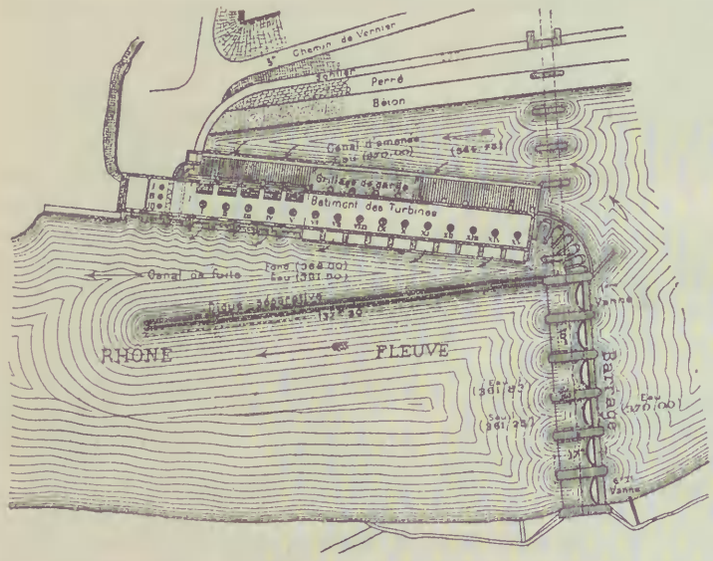


Fig. 17. Plan sytuacyjny.

Zasuwy składają się każda z 18 arkuszy blachy, 13 względnie 16 *mm* grubej, których rozmiary uwidoczniono na szkicu fig. 18. Do blach tych przytwierdzono 9 zasztywnień konstrukcyi żelaznej parabolicznej, których łuki działają na

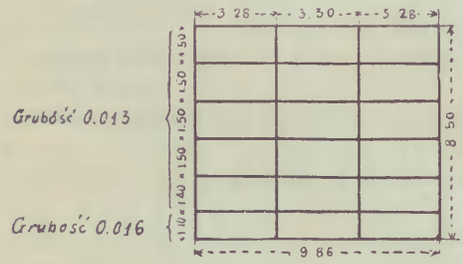


Fig. 18. Rozkład blach zasuwy.

ciągnienie. Obliczenie było wykonane na obciążenie 50 *ton* na jedno zasztywnienie; próby hydrauliczne dochodziły do 60 *ton*. Rzeczywiste ciśnienie wody na zasuwę całkowicie obciążoną wynosi: $8\,5 \times 10 \times \frac{8{\cdot}5}{2} =$ $= 361{\cdot}25$ *ton*, stąd na jeden łuk wypada dziewiąta część, czyli okrągło 40 *ton*.

Do zasuw przytwierdzone są przy brzegach szyny kształtu *U*, dokładnie wyheblowane od strony odwróconej od zasuwy; odpowiednie szyny przytwierdzone są do filarów, a między te 2 systemy wchodzi szereg rolek ułatwiających podnoszenie. Dla szczelności mamy jeszcze 2 systemy szyn profilowych, z których jedne kształtu podwójnego *T* są przytwierdzone do filarów, drugie kształtu *Z* do zasuw; między obie wsadzono część cylindryczną, która przez ciśnienie wody zaszczelnia zasuwę przy filarach.

Zasuwy mają u góry po obu końcach po 2 rolki, przez które przechodzą linwy stalowe, służące do zawieszania i podnoszenia zasuw. Linwy te przechodzą przez 2 koła *h* umieszczone na mostku dla obsługi, a w dalszym ciągu są do nich przytwierdzone przeciwciężary *g* (ob. fig. 19.) dla wyrównania ciężaru zasuwy. Aby koła *h* wprawić w ruch, znajduje się na mostku winda o podwójnem przeniesieniu, która porusza zapomocą 2 par kół stożkowych 2 wały pomocnicze; na nich osadzono po 2 ślimaki, uruchomiające już koła *h*, tak że od jednej windy obracają się 4 koła *h* przynależne do jednej zasuwy. Dla poruszania windy potrzeba wysiłku 34·6 *kg* na korbach, czyli po 17·3 *kg* na 2 ludzi. Przyjąwszy chyżość obwodową na korbie 80 *cm* w sekundzie, otrzymamy dla zasuwy w tym samym czasie drogę 620 razy mniejszą; a chyżość na minutę wypadnie 0·077 *m* dla zasuwy. Jeżeli tedy 2 ludzi miałoby po kolei podnosić wszystkie zasuwy, to w godzinie podnieśliby je o $\frac{0{\cdot}077 \times 60}{6} = 0{\cdot}77\ m.$

Przypuszczając, że przez stratę czasu wysokość ta zmniejszyłaby się do 60 *cm*, to jest to jeszcze zupełnie wystarczające, bo doświadczenie pokazało, że przy największych wezbraniach, przyrost godzinny poziomu wody wynosi 25 *cm*.

Przy największej wodzie (fig. 20.) zwierciadło wody podnosi się do wysokości 366·75 *m* n. p. m. Przy normalnej wysokiej wodzie w lecie, zwierciadło górne dochodzi do 368·6 *m*, dolne do 364·2 *m*. Woda, którą należy przepuścić pod zasuwy, jako nadmiar, wynosi około 550 m^3; na jedną zasuwę przypada $\frac{550}{6} = 87\ m^3$. Przy szero-

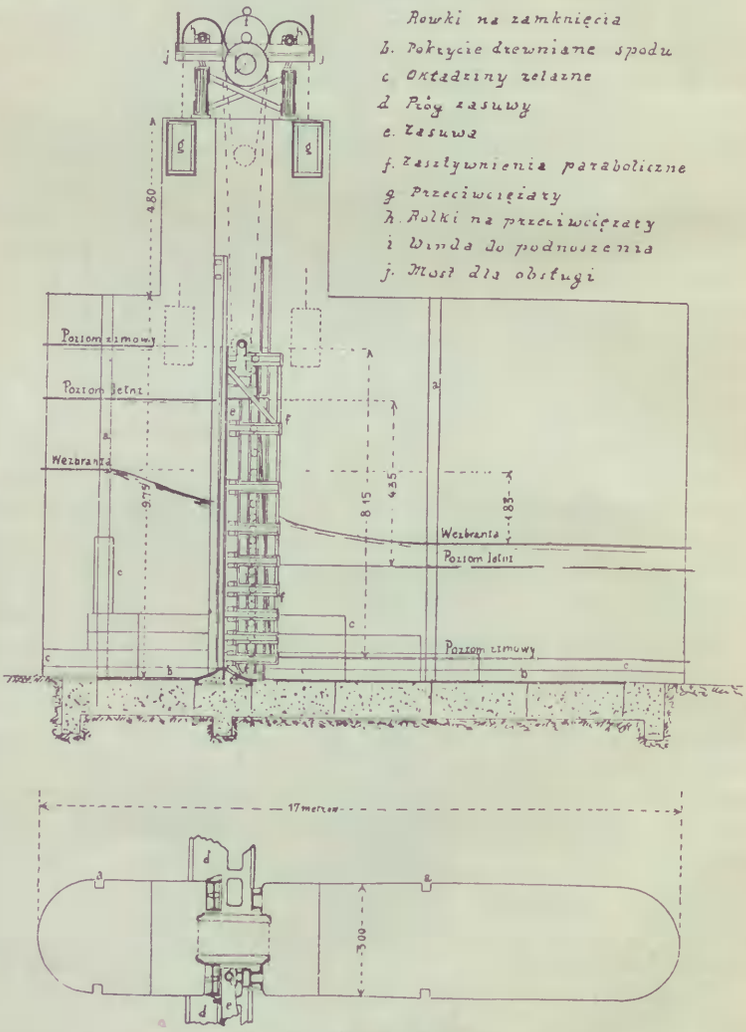


Fig. 19. Przekrój jazu.

kości zasuwy $l = 10\ m$, otrzymamy wysokość otworu a przyjąwszy oznaczenia jak na fig. 20.:

$$Q = m\,l\,a\sqrt{2g(H-h)}, \quad \text{stąd:} \quad a = 1{\cdot}55\ m.$$

Przy największej wodzie trzeba zasuwę podnieść do poziomu 366·75 *m*, czyli jeszcze o 3·7 *m*. Pracę tę można uskutecznić za: $\frac{3{\cdot}7}{0{\cdot}077}$ = 48 minut.

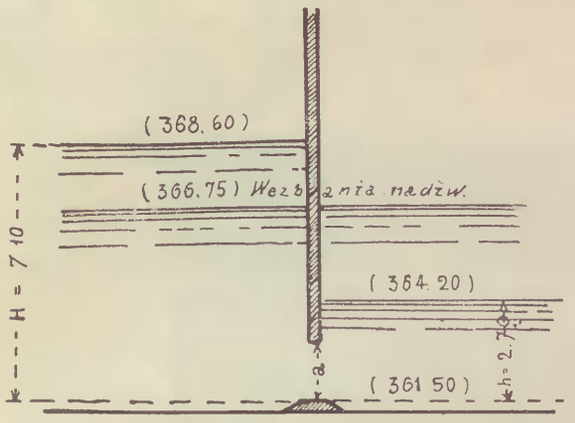


Fig. 20. Poziomy wody przy wezbraniach.

Cały jaz ma między przyczółkami długość 75 *m*, a szerokość 16 *m*.

Woda spiętrzona przed jazem wpływa do kanału dopływowego, którego dno zaczyna się 15 *m* w górę za osią jazu; przy górnem narożu budynku, kanał ma 40 *m* szerokości, wzdłuż budynku zwęża się stopniowo (fig. 17.) i dochodzi w najwęższem miejscu do 14 *m*. Dno kanału jest na wysokości 364·75 *m*.

Kanał odpływowy przeciwnie, zaczyna się od części zwężonej 9 *m* i rozszerza się stopniowo do 36 *m*; dno jego jest na wysokości 359 *m*. Od koryta rzeki oddziela kanał tama, długości 137·5 *m*, przekroju trapezowego, wysoka 3·8 *m*, szeroka u dołu 2 *m* u góry 1 *m*. Cała tama i fundament zbudowane są z betonu.

Budynek maszynowy ma wymiary 136·75 *m* na 12·4 *m*, wykonany cały z betonu. W dolnej części jest 18 przedziałów, w których umieszczono pompy oliwne dla regulatorów turbin, turbiny dla maszyn wzbudzających i turbiny główne. W górnej części jest jedna wielka sala maszyn, a tylko w dolnem skrzydle jest kilka małych pokojów dla usługi i biur.

Urządzenia mechaniczne i elektryczne. Konstrukcya turbin dla instalacyi, musiała być zastosowana do następujących warunków: 1. w czasie niskiej wody spad 8·5 *m*, sprawność 1 200 KP; 2. w czasie wysokiej wody spad 4·3 *m*, sprawność 800 KP; 3. w obu przypadkach stała liczba obrotów 80 na minutę, aby umożliwić bezpośrednie sprzężenie dynamomaszyn z turbinami. Warunkom tym odpowiada w zupełności turbina wykonana w fabryce Escher, Wyss & Spka w Zurychu, której przekrój uwidoczniono na fig. 21.

Turbina jest podwójna, t. zn. składa się z dwóch oddzielnych turbin, jedna nad drugą, zaklinowanych na wspólnej osi. Turbina dolna jest sama w ruchu podczas małej wody, przy wyższym spadzie; turbina górna jest przeznaczona na czas wysokiej wody i wówczas razem z dolną daje 800 KP.

Obie turbiny są reakcyjne, koniczne, o 3 koronach łopatek. Dzięki tej konstrukcyi można było otrzymać stosunkowo wysoką liczbę obrotów i wielkie przekroje przejścia wody przez koło kierujące i biegunowe.

Z górnej turbiny, która pracuje częściowo ssąco, woda uchodzi kanałem z betonu wzmocnionego formy litery *S* do kanału odpływowego.

Koła kierujące mają specyalną konstrukcyę łopatek, uwidocznioną na fig. 22., dla regulacyi zapomocą zasuwy podzielonej na analogiczną liczbę części, o ruchu obrotowym około osi pionowej. Zamykanie lub otwieranie łopatek odbywa się równocześnie na 3 koronach koła, a mechanizm jest bardzo dokładny, tak że można otrzymać nadzwyczaj małe przesunięcia. Regulacya jest hydrauliczna z użyciem ciśnienia oleju o 16 *atm.*, wytworzonego w specyalnych pompach. Olej ciśnie na tłoki 3 cylindrów, 2 różniczkowych i środkowego regulującego. Regulator odśrodkowy działa na wentyl środkowego cylindra i przez większe lub mniejsze podnoszenie wentyla, sprowadza zmianę ciśnienia, a co za tem idzie, ruch tłoka, a z ruchem tym związane są odpowiednie ruchy mechanizmu regulującego.

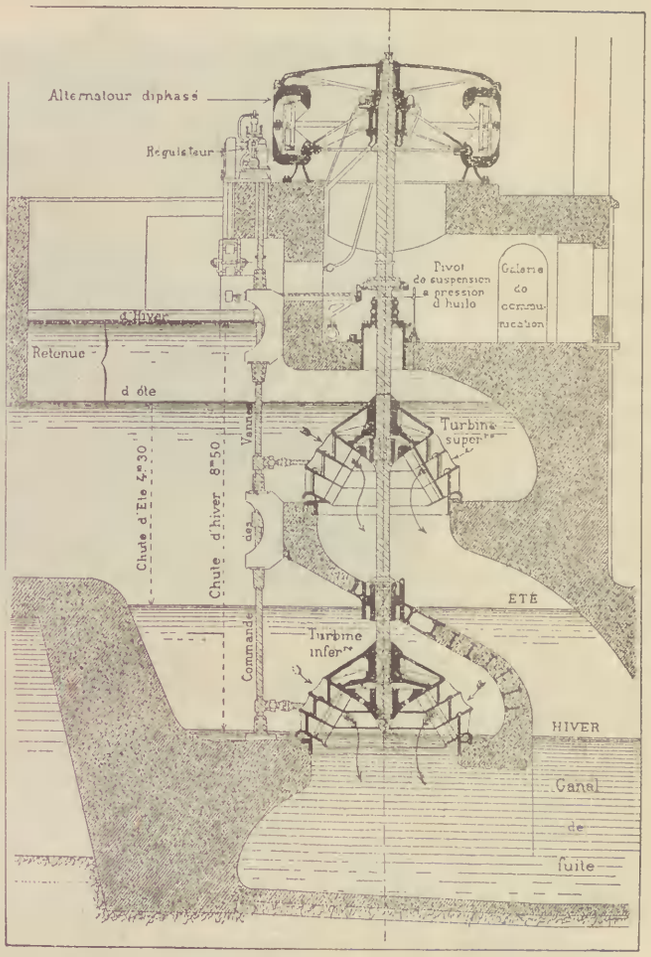


Fig. 21. Przekrój przez turbiny i dynamomaszynę.

O dokładności regulacyi świadczą cyfry następujące: Przy nagłej zmianie obciążenia o 300 KP liczba obrotów spada o 3%, przy zupełnem, chwilowem odładowaniu, spada liczba obrotów o 3 do 5%, ale już po 4 lub 5 sekundach regulator sprowadza stan normalny.

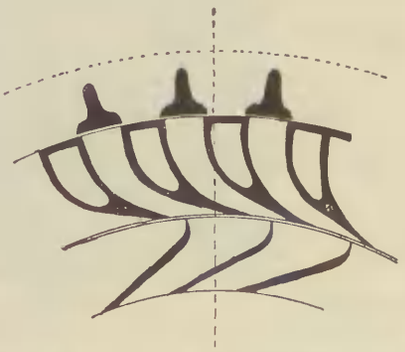


Fig. 22. Regulacya koła kierującego turbiny.

Konstrukcya wyżej opisana odnosi się do 5 pierwszych grup. Przy dalszych 10 zaprowadzono drobne zmiany, a mianowicie, doprowadzenie wody urządzono z zewnątrz zamiast z wewnątrz. Nadto na kołach

kierujących i biegunowych są tylko 2 korony łopatek i to cylindryczne, a nie koniczne; wreszcie 5 z tych dalszych turbin jest więcej przystosowanych do pracy przy wysokim spadzie, 5 do nizkiego spadu, a liczba obrotów została podwyższona do 120 na minutę.

Turbiny dla maszyn wzbudzających w liczbie trzech są koniczne ale pojedyńcze, o sprawności po 150 KP, o 150 obrotach na minutę, przy spadach równie zmiennych 3·3 i 8·5 *m* i spotrzebowują na sekundę 1 000 do 1 760 *l*.

Maszyny elektryczne są dwufazowe 3 typów. Pierwszych 5 są typu Thury z fabryki genewskiej „Compagnie de l'Industrie électrique“ o osi pionowej, są one wprost sprzężone z turbinami; z przekroju fig. 21 widać, że zbroja i nawinięcie magnetyczne induktoryum są nieruchome; każde z nich składa się z dwóch połów połączonych w kształcie litery *C*. Dla indukowania prądów, więc dla zmiany liczby linii sił magnetycznych służy obracający się zewnętrznie cylinder w postaci dzwonu, opatrzony 34 zębami na wewnętrznej powierzchni. Nawinięcie zbroi składa się z 34 cewek umieszczonych na płasko naprzeciw zębów części ruchomej; nawinięcie induktoryum stanowi wstęga miedziana o przekroju prostokątnym.

Maszyny dają dowolnie, prąd jednofazowy lub dwa prądy jednofazowe, których fazy różnią się o 90° t. zn. prąd dwufazowy; zmianę tę można otrzymać przesuwając względne położenie górnej i dolnej części zbroi, z których każda ma osobne zwoje.

Maszyny dają 1 200 KP przy napięciu 2 750 *volt*, chyżości 80 obrotów na minutę, co odpowiada 45 zmianom na sekundę; łącząc obie połówki zbroi w szereg, otrzymujemy prąd jednofazowy o napięciu 5 500 *volt*. Wydajność maszyn dochodzi do 93% przy pełnem obciążeniu t. zn., kiedy każda faza wytwarza 150 *amp.* przy 2 750 *voltach*. Prąd wzbudzający dla induktora wynosi 45 *amp.*

Fig. 23. Sala maszyn.

Ciężar całej maszyny wynosi 70 *ton*, ciężar osi i części ruchomej 12 *ton*; dodawszy do tego ciężar turbin, wody itd. otrzymamy na łożysko ciśnienie 36·05 *ton*. Ciśnienie to odładowane jest ciśnieniem oliwy o 15 *atm.* działającej na 2 powierzchnie odpowiednich wymiarów, z których górna złączona jest z głównem łożyskiem i dopasowana dokładnie do dolnej.

Dalszych 9 maszyn, z których 5 pochodzi z fabryki Browna, Boveriego & Spki w Baden (w Szwajcaryi) a 4 z firmy genewskiej „Compagnie de l'Industrie électrique“ są o zbroi zewnętrznej stałej, induktorach wewnętrznych ruchomych o 46 biegunach na osi pionowej. Wykonują 120 obrotów w minucie, dając prąd dwufazowy o 5 500 *voltach* i 45 zmianach w sekundzie;

Fig. 24. Widok ogólny instalacyi.

5 z tych maszyn może dawać dowolnie 5500 albo 2750 *voltów*.

Wreszcie 15-ta maszyna jest o prądzie stałym dla dostarczania energii fabryce elektrochemicznej „La Volta“ wystawionej tuż obok centrali w Chèvres; jest to maszyna typu Thury o 12 biegunach, wytwarza prąd o 208 *volt.* i 4000 *amp.*

Trzy maszyny dla prądu wzbudzającego dostarczone przez fabrykę Oerlikon, wytwarzają prąd o 750 *amp*, 115 *volt.*, przy 150 obrotach na minutę. Są to maszyny o prądzie stałym, o ruchomej zbroi umieszczonej na pionowej osi turbinowej; induktor składa się z 6 biegunów.

Widok sali maszyn przedstawia fig. 23; widok całej instalacyi z jazem fig. 24

Tablice rozdzielcze są dwojakie; każda maszyna ma własną małą tablicę marmurową, opatrzoną 2 ampermetrami, po jednym dla każdej fazy i przerywakiem, pozwalającym maszynę połączyć z główną tablicą lub z kanalizacyą oddzielną

Główna tablica, ciągnąca się wzdłuż ściany podłużnej, składa się z 34 części: 6 części jest przeznaczonych na maszyny wzbudzające o prądzie stałym; 11 na prąd dwufazowy o 2750 *voltach*, 3 na dwufazowy o 5500 *voltach*, 2 dla transformatorów zmieniających prąd o 2750 *voltach* na 5500 *voltów*, 2 dla kabli podziemnych, 2 dla linii powietrznych. Każda maszyna ma po jednym ampermetrze w każdej fazie, woltmetr i lampkę fazową, przerywak dla wysokiego napięcia i ubezpieczenie, umieszczone w grubej porcelanowej rurze. Maszyny i przewody o 2750 *voltach* z jednej strony, a te o 5500 *voltach* z drugiej strony, tworzą dwa oddzielne systemy szyn, podzielone na tyle części, ile jest maszyn. Dwa woltmetry wskazują napięcie na szynach; wreszcie 2 woltmetry połączone cienkimi drucikami z siecią w Genewie, pokazują napięcie sieci i pozwalają je regulować.

Sieć. Głównym odbiorcą prądu wyżej opisanej instalacyi jest miasto Genewa. Do miasta poprowadzono dwie linie podziemne kablami, długości 5·825 *km*. Pierwszy przewód składa się, ze względu na prąd dwufazowy z 2 oddzielnych linii, przez które przechodzą prądy o różnicy faz 90 stopni. Każda linia składa się z 2 razy 7 kabli miedzianych o 70 mm^2 przekroju; każdy kabel składa się z 7 drutów o średnicy 3·6 *mm*. Kable umieszczone są w kanale betonowym; przewodniki spoczywają na specyalnych cegłach, co pół metra umieszczonych, z odpowiedniemi zagłębieniami dla zachowania stałej odległości między poszczególnymi kablami. Druga linia składa się z 4 przewodów kabli ołowianych (armirte k.) o przekroju 2×150 mm^2.

Prąd płynący kablami jest o napięciu początkowem 2750 *volt.*; spadek napięcia dopuszczalny po drodze wynosi 350 *voltów*, tak że w Genewie są ustawione transformatory na napięcie 2400 *volt.*, które zniżają napięcie na 500 *volt.* dla motorów, tramwajów i dla oświetlenia publicznego lampami łukowemi [1]), a na 110 *volt.* dla oświetlenia prywatnego. Zanim prąd dostanie się do poszczególnych transformatorów, musi przejść przez tablicę rozdziałową, umieszczoną w małym budyneczku koło ogrodu św. Jana w Genewie, gdzie można włączać lub wyłączać poszczególne sekcye miasta.

Dla zasilania mniejszych gmin kantonu prądem, poprowadzono 3 linie powietrzne o 5000 *volt.* Jedną lewym brzegiem Rodanu o 4 drutach, przekroju 97·5 mm^2 do La Chapelle, Plainpalais, Carouge, Corsier; drugą i trzecią prawym brzegiem rzeki o przewodnikach przekroju 28 mm^2 względnie 97·5 mm^2 dla gmin Vernier, Meyrin, Grand Saconnex, Pregny, Bellevue, Genthod i Versoix. Linie są długości 14 względnie 7·5 *km*.

Prąd ten 5000 *v.*, transformuje się dwukrotnie, najpierw na 500, a następnie na 120 *voltów* dla użytku abonentów.

W mieście Genewie dawniejsza instalacya dla tramwaju i oświetlenia, używała prądu stałego z siecią o 3 przewodnikach, tak że dla możliwości pracowania równoległego starych maszyn z nowemi, ustawiono szereg komutatorów rotujących dla zamiany prądu dwufazowego zmiennego, na stały.

Dla oświetlenia służą 2 komutatory po 100 *kw*; prąd dwufazowy przetransformowany na nizkie napięcie 70 *volt.* wchodzi do maszyny 4 pierścieniami i obraca ją jako motor, równocześnie zaś wytwarza na tej samej zbroi (pierścień Gramme'a) prąd stały, który odbiera się zwykłym kolektorem. Maszyna 14-biegunowa posiada 2 zbroje obok siebie, które można niezależnie puszczać w ruch; każda z nich wytwarza prąd o 450 *amp.* przy 110 *volt.* i 385 obrotach na minutę.

Dla tramwajów istnieją 3 grupy podobne, każda o sprawności 150 *kw*. Zbroje są nawinięte w bęben o 320 zębach, obracają się z szybkością 336 obrotów na minutę. Prąd 2-fazowy wchodzi o zniżonem napięciu 360 *volt.*, a prąd stały wytwarza się o napięciu 560 *volt.* i 268 *amp.*

Tych 5 grup komutatorów pochodzi z fabryki Alioth w Bazylei.

Rozwój fabryki i koszta instalacyi. Ponieważ pierwszą maszynę w Chèvres puszczono w ruch w lutym 1896, więc można dziś mieć przybliżony pogląd na rozwój podobnego przedsiębiorstwa.

Co do uzupełniania instalacyi dalszemi grupami silnic i prądnic, to sprawa poszła bardzo prędko, bo w r. 1896 puszczono w ruch 4 maszyny, w r 1897 jedną, w r. 1898 dwie, a w r. 1899 resztę tj. 8 maszyn.

Co do rozwoju rozległości sieci, to pojęcie przybliżone daje nam następująca tablica:

	Długość całkowita linii o wys. napięciu 31 grudnia każdego roku w *metr.*					
	1896	1897	1898	1899	1900	1901
Linie podziemne	18552·7	33801·3	35771·25	38298·1	38392·1	47287
Przewody powietrzne	10425	37311	43145	43145	43145	44815
Suma . . .	28977·7	71112·3	78916·25	81443·1	81537·1	92102

Przy końcu r. 1902 wynosiła długość sieci o nizkiem napięciu 90 *km*.

Co się tyczy wyprodukowanej w Chèvres ilości kilowattgodzin, to rozwój można wyczytać z następującego zestawienia:

w r. 1896	1342362	*kw godz.*
„ 1897	3669876	„
„ 1898	9517262	„
„ 1899	28066483	„
„ 1900	31111454	„
„ 1901	23740542	„

Nagły spadek produkcyi w r. 1901 o blizko 25% pochodzi stąd, że w roku tym nastąpił w całej Europie zastój w fabrykacyi kalcyum karbidu i fabryka „La Volta“ w Chèvres, która do tego czasu pochłaniała dużo prądu, prawie że zmuszona była zastanowić swoją produkcyę. Jak później zobaczymy, przychody

[1]) Ciekawy jest szczegół, że lampy łukowe nie są zasilane szeregowo, ale równolegle, każda opatrzona transformatorkiem zniżającym napięcie z 500 na 40 *voltów*. W ten sposób lampy są od siebie niezależne.

w tym roku (1901) nie tylko się nie zmniejszyły, ale owszem wzrosły, bo wzrosła liczba abonentów na światło, co przynosi znacznie większe przychody, niż zastosowanie dla elektrochemii, której przeważnie oddaje się prąd po niesłychanie nizkiej cenie.

Dla poglądu na wzrastanie odbioru światła elektrycznego, przytaczam zestawienie liczb lamp żarowych zainstalowanych w poszczególnych latach:

1896 r. . .	4 134 lamp	1899 . .	11 953 lamp
1897 „ . .	7 562 „	1900 . .	12 382 „
1898 „ . .	10 141 „	1901 . .	10 860 „

W końcu r. 1902 było do sieci przyłączonych:

82 000 lamp żarowych (z tego przeszło $^3/_4$ dziesięcioświecowych);

325 lamp łukowych do oświetlenia publicznego;

256 lamp łukowych abonentów;

53 motorów w drobnym przemyśle o łącznej sprawności 14 KP, pracujących na sieci 120 *volt*;

106 motorów o łącznej sprawności 807 KP, pracujących na sieci dwufazowej o napięciu 550 *volt*;

14 motorów dla wielkiego przemysłu, o łącznej sprawności 4 200 KP, załączonych wprost do sieci o wysokiem napięciu.

Nadto znajdowało się na sieci 500 transformatorów o rozmaitych stosunkach przenośnych, o łącznej sprawności 5 200 KP.

Ażeby rozpatrzyć finansową stronę tej instalacyi, musimy przedewszystkiem zestawić koszta budowy. Przedstawiają się one w następujący sposób:

Koszta studyów wstępnych . .	16 813·50 fr.
Jaz	780 570·50 „
Kanał dopływowy	158 074·75 „
Budynek maszynowy . . .	1 286 409·85 „
Kanał odpływowy	101 261·30 „
Roboty dodatkowe	36 022·85 „
Turbiny i dynamomaszyny . .	2 616 408·— „
Sieć o wysokiem napięciu, transformatory i ich pomieszczenie	2 361 751·75 „
Sieć drugorzędna w mieście Genewie	406 456·— „
Koszta wywłaszczenia	253 914·15 „
Tereny dla przemysłowców (obok centrali)	53 212·25 „
Most w Chèvres i droga . . .	33 736·— „
Procenta podczas budowy . .	185 371·80 „
Nieprzewidziane wydatki . . .	154 784·45 „
Razem . . .	8 444 787·15 fr.

Przeciętna liczba koni parowych, jaką się ma do dyspozycyi w ciągu roku, wynosi około 16 000 KP; na jednego KP przypada więc kapitał zakładowy 528 franków. Cyfra ta nie jest wysoka, uwzględniając, że są tu już policzone wszystkie koszta transformacyi i rozdziału prądu.

Aby powiedzieć cośkolwiek o rentowności przedsiębiortwa, przytoczę ostatni drukiem ogłoszony budżet za r. 1901 [1]):

Rozchody.

Koszta biura i administracyi . .	10 092·10 fr.
Płaca kierownika instalacyi . .	4 000·— „
Odszkodowanie personalowi za wypadki i choroby	6 417·05 „
Ogrzewanie	1 548·50 „
Oświetlenie	3 024·25 „
Utrzymanie budynków	7 415·35 „
„ jazu	42 976·55 „
„ turbin	65 947·10 „
„ dynamomaszyn . .	67 967·75 „
Utrzymanie kabli	16 486·85 fr.
„ linii powietrznych .	17 121·15 „
„ narzędzi i masz. pom.	3 549·45 „
Koncesye	751·45 „
Smary i oleje	23 988·70 „
Asekuracye i podatki	14 731·40 „
Fundusz rezerwowy	42 500·00 „
Czysty zysk bez uwzględnienia procentów i amortyzacyi . .	376 263·40 „
Razem . . .	**704 781·05** fr.

Przychody.

Przychody z dostarczania energii elektrycznej	661 791·25 fr.
Oświetlenie publiczne	38 513·35 „
Rozmaite dochody	4 476·45 „
Razem . . .	**704 781·05** fr.

Miasto odlicza 3·5% od kapitału zakładowego i odpisuje 1·2% na amortyzacyę, rozłożoną na 40 lat; po uwzględnieniu tych dwóch pozycyi zostaje się jako właściwy dochód z r. 1901 kwota 58 430 franków i 10 centimów. Jestto dość mało, bo tylko 0·71% kapitału zakładowego. Nie jestto jednak dowodem nierentowności tego rodzaju instalacyi. Przedewszystkiem bowiem jak widać ze sprawozdania za r. 1901, instalacya zaledwie w czwartej części oddawała energię, jaką jest w stanie wytworzyć. Liczba godzin, przez które maszyny były w ruchu, wynosiła 53 117, co odpowiada przeciętnie 6·07 maszynom w ruchu przez 365 dni po 24 godzin, a przecież maszyn jest 15. Porównując ilość kilowattgodzin wyprodukowanych przez każdą maszynę w poszczególnych miesiącach z godzinami, przez które ona była w ruchu, przekonywujemy się, że największe obciążenie maszyny było 700 *kw*, a często spadało ono do 500 i poniżej, podczas gdy maszyna przy całkowitem obciążeniu powinna dawać 825 *kw*. Licząc sprawność wszystkich maszyn na 11 000 *kw* i przypuściwszy, że byłyby one w ruchu 360 dni po 20 godzin, otrzymalibyśmy okrągło 80 milionów kilowattgodzin rocznie, a więc blizko 4 razy tyle, ile instalacya w rzeczywistości wyprodukowała w r. 1901 (23 740 542 *kw. godz.*). Dochody mogłyby więc wzrość prawie w czwórnasób; rozchody nie powiększyłyby się prawie wcale. Podwajając jednak tylko przychody okrągło np. na 1 500 000 fr. a zwiększając rozchody wraz z amortyzacyą z 650 000 na 900 000 fr. otrzymujemy jako czysty dochód kwotę 600 000 fr. czyli już 10 razy większą, aniżeli w r. 1901, zatem 7·1% od kapitału zakładowego.

Z drugiej strony, pozornie mała rentowność instalacyi pochodzi stąd, że jestto przedsiębiorstwo kantonalne, a powszechnie znanem jest, że wszelkie przedsiębiorstwa będące własnością czyto gminną, czy krajową, kantonalną lub rządową, z reguły przynoszą mniejsze dochody, aniżeli przedsiębiorstwa prywatne, gdyż władze więcej dbają o wygodę mieszkańców, mniej się liczą z kosztami, mniej mają wyrachowania na wyśrubowanie zysku, aniżeli kapitalista prywatny. Że prywatne konsorcyum w przypadku takim więcej potrafi uzyskać, dowodem choćby przedsiębiorstwo podobne na Rodanie koło Lyonu, gdzie kapitał zakładowy wynosił blizko 50 milionów franków na średnio 18 000 KP i już w czwartym roku istnienia instalacyi uzyskano 2 miliony franków czystego zysku, czyli 4%. Naturalnie, że ceny sprzedaży energii w Lyonie są znacznie wyższe, aniżeli w Genewie, są jednak dość tanie dla uzyskania tak wielkich obrotów.

Na zakończenie niech mi będzie wolno podziękować pp. Thury i Graizier z Genewy za pozwolenie zwiedzenia instalacyi i za łaskawie mi udzielone wyjaśnienia i wskazówki.

[1]) *Ville de Genève. Services industriels. Compte rendu pour 1901. Genève 1902.*

CENTRALA W HAUTERIVE.

Fig. 5. Położenie tunelu względem Sariny.

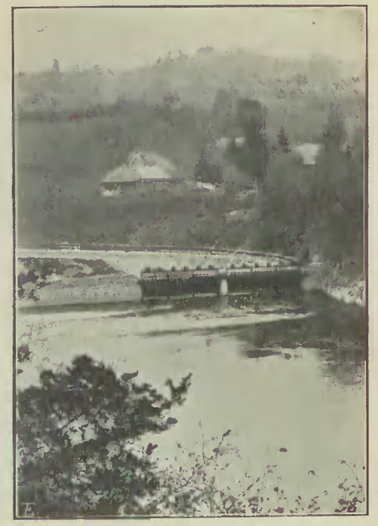


Fig. 3. Widok zasów.

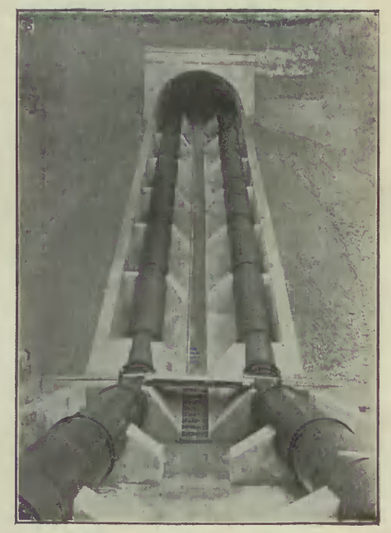


Fig. 7. Rurociąg.

BARRAGE MOBILE ET DÉVERSOIR

coupe en travers

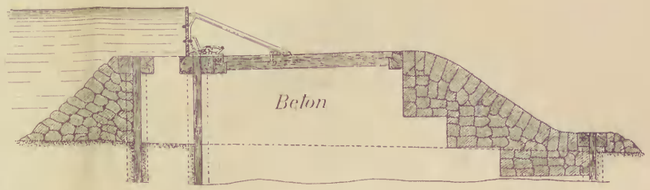


Fig. 1. Przekrój jazu.

Fig. 2. Widok jazu.

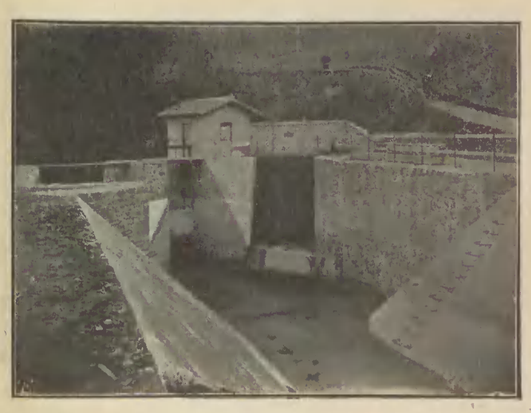


Fig. 4. Wejście do tunelu.

Fig. 6. Początek rurociągu.

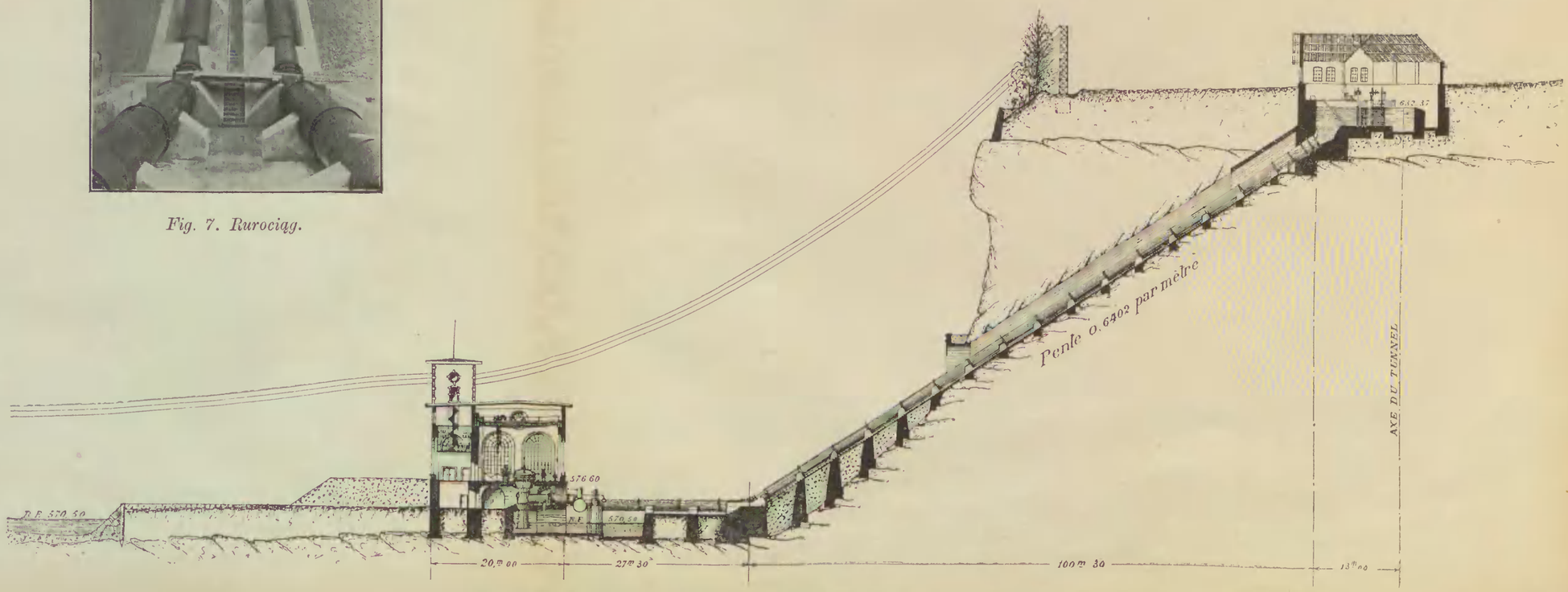
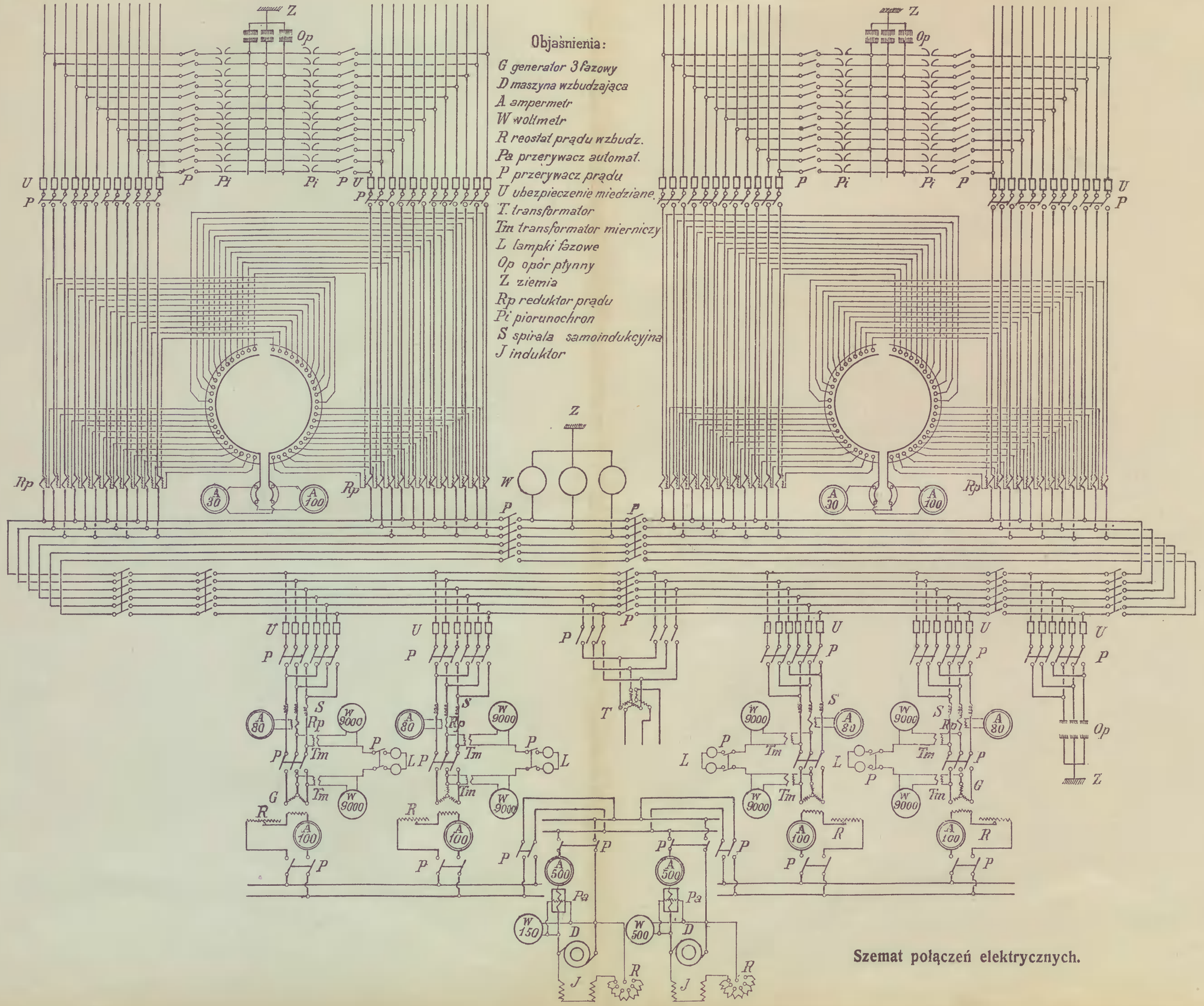


Fig. 8. Przekrój przez urządzenie ujścia tunelu i rurociąg.

Objaśnienia:

G generator 3 fazowy
D maszyna wzbudzająca
A ampermetr
W woltmetr
R reostat prądu wzbudz.
Pa przerywacz automat.
P przerywacz prądu
U ubezpieczenie miedziane.
T transformator
Tm transformator mierniczy
L lampki fazowe
Op opór płynny
Z ziemia
Rp reduktor prądu
Pi piorunochron
S spirala samoindukcyjna
J induktor



Szemat połączeń elektrycznych.

BIBLIOTEKA
Muzeum
Morskiego
w Gdańsku
III 5439