

czne ułatwienie przez wzgląd na niezmiennie ustalenie aparatów dozujących. Przyjmując kryteria wytrzymałościowe podane na początku można orzec, że ze względu na wytrzymałość, najniższymi wartościami współczynnika c/w , do których wolno zejść są: dla betonów o dozowaniu cementu 300 kg/m^3 , $c/w = 1,6$ dla betonów 250 kg/m^3 , $c/w = 1,65$.

Są to oczywiście wartości skrajne i podniesienie ich jest ze wszelkich miar pożądane do granic, na jakie pozwoli urabialność betonu.

U r a b i a l n o ść.

Jak już wspominałem przy omawianiu przyjętych wymagań dla betonów, sprawa urabialności nastręcza pewne trudności, bowiem przy grubszym kruszywie zarówno opady stożków Abramsa jak i rozplawy na stole Grafa nie dają dobrego kryterium liczbowego dla określenia konsystencji i związanym z nią pojęciem urabialności. Przy przeprowadzeniu doświadczeń daje się bowiem zauważyć, że w wielu wypadkach następuje rozsyp powodowany przypadkowym ułożeniem większego (zwłaszcza spłaszczonego) ziarna, a betony o minimalnym opadzie stożka jednakże dają się zupełnie dobrze układać w formach nawet przez zwykłe działanie. Nie poruszam tu przydatności innych metod określania urabialności, wspominać jedynie o stosowanych w Rożnowie. Jednakże — jak można sądzić z literatury — brak jest dotychczas właściwego doświadczalnego sposobu, dającego bezwzględnie dobrą charakterystykę urabialności. Z konieczności zatem zatrzymano się na dobieraniu najwłaściwszego dozowania wody przez obserwację podatności mieszaniny do łatwego układania w formach.

W trakcie badań dało się wyraźnie zauważyć, że w betonach o mniejszym dozowaniu cementu, dla osiągnięcia tej samej urabialności należy stosować niższą wartość współczynnika c/w niż przy betonach bogatszych w cement (porównując naturalnie betony o podobnym uziarnieniu kruszywa). Nie zagłębiając się tu w obszernie rozpatrywanie różnych czynników wpływających na dozowanie wody, ograniczę się jedynie do stwierdzenia, że na podstawie szeregu doświadczeń dla przyjętych krzywych przesiewu ustalono następujące współczynniki: przy dozowaniu 300 kg/m^3 $c/w = 1,9$, przy dozowaniu

250 kg/m^3 $c/w = 1,7$. Otrzymana przy tych współczynnikach konsystencja betonu odpowiada temu, co można określić jako beton plastyczny (półciekły) nadający się do ubijania.

Ustalone wartości współczynników c/w leżą powyżej minimalnych granic potrzebnych ze względów na wytrzymałość, oraz odpowiadają dobrym wynikom pod względem przesiąkliwości (rys. 4). W ten sposób doszliśmy do całkowitego ustalenia składu betonu zaproponowanego do budowy zapory w Rożnowie.

Poniżej podaję ostateczny skład betonu ustalony na podstawie przytoczonych badań. Ilości materiałów zestawione są wagowo w kg na 1 m^3 betonu.

	K r u s z y w o				Ce- ment	woda	c/w
	0.25-2	2-10	10-30	30-80			
% skład kruszywa	27.8	16.6	27.8	27.8	—	—	—
Mieszanina dla bet. okł.	550	323	550	550	300	158	1.9
Mieszanina dla korp. zap.	550	323	550	550	250	147	1.7

U w a g a: ze względu na małe różnice dozowania cementu dla celów praktycznych ustalono te same ilości wagi na 1 m^3 betonu.

Przytoczyłem tu wyniki prac laboratoryjnych przeprowadzonych dla ustalenia mieszanin betonu.

W praktyce dozowania te może ulegną pewnym zmianom zwłaszcza przy zastosowaniu wibrowania, ilości wody zapewne ulegną zmniejszeniu, na co wskazują zarówno badania przytaczane w literaturze jak i niektóre badania przeprowadzone w Rożnowie. Ponieważ jednak zagadnienie wibrowania wymaga obszerniejszego omówienia i większej ilości badań niż te, które były przeprowadzone dotychczas w Rożnowie, przeto odkładam to do omówienia w innym artykule.

Czy inne czynniki przy wykonaniu wielkich mas na budowie nie nakażą również pewnych zmian w składzie betonu i czy ustalone mieszaniny należyście spełnią stawiane im wymagania — pokaże praktyka.

Doc. Dr Inż. Kazimierz Wóycicki

Zapory wodne budowane przez Rząd Federalny St. Zjednoczonych Ameryki Północnej.

(dokończenie)

COLORADO RZEKA CUDÓW I ZAPORA BOULDER.

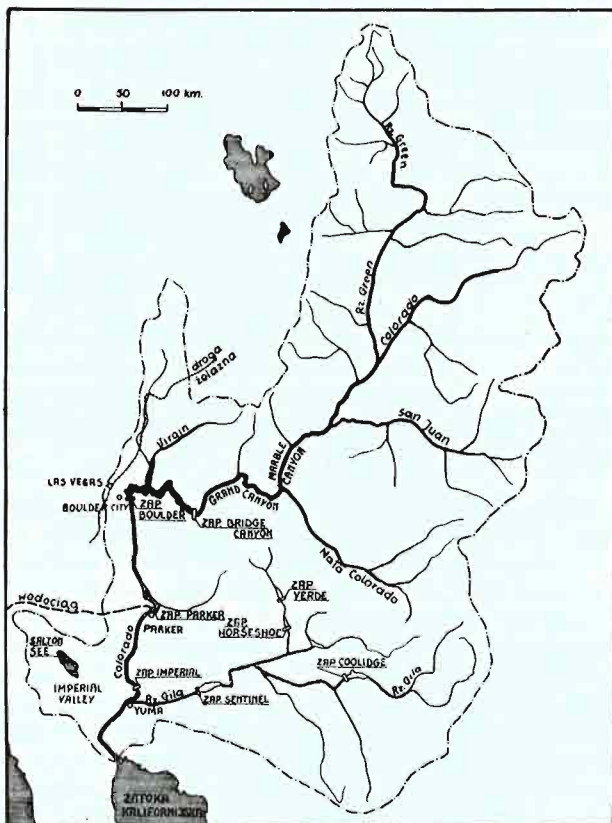
Nim przystąpię do opisu zapory Boulder, aby wyjaśnić genezę projektu, muszę parę słów poświęcić rzece Colorado.

Od źródła do ujścia Colorado ma długość 2.736 km i zasilana jest wodami z dorzecza 631.920 km². Główna część spływu, gdyż prawie 75% po-

chodzi z lodowców i śniegiem pokrytych szczytów górskich, tworzących dział wód na północnym krancu jej dorzecza. Niegdyś wody rzeki miały bieg krótszy nim dosięgły morza. Rzeka, niosąc wielkie ilości namulów i osadzając je przy ujściu, utworzyła olbrzymią deltę. Procesy górotwórcze, wypiętrzające szczyty Sierry, wyniosły również i ujście rzeki, zmieniając jej łóżysko w suchy ląd; rzeka wówczas zaczęła się na nowo przedzierać,

przerzynając swą drogę w materiale przez siebie złożonym.

Gdzie bieg rzeki był powolny wyrzeźbiła ona sobie szerokie łozysko; tam zaś, gdzie różnice terenu większe i siła prądu duża, przecięła wąskie i stosunkowo głębokie doliny. Rejony te podlegały trzem wielkim wypiętrzeniom, sięgającym 600—900 m powyżej poziomu morza. Kolejno następowały po sobie wypiętrzenia i zalewy. Zmiany te trwały w okresie 5-ciu geologicznych er, a Colorado pracowała i bezustannie złobiła swe koryto przez piaski i skały. W ten oto sposób powstały jej potężne kaniony, zaliczone do cudów natury, to też Amerykanie zowią Colorado rzeką cudów.



Rys. 21. Dorzecze rz. Colorado.

Złobiąca siła rzeki wzmagana była przez erozyjne podmuchy wiatru i deszcze. Suma tych sił erozyjnych była olbrzymią, dość powiedzieć, że nie ma miejsca w dorzeczu, któreby nie uległo mniejszej deniwelacji niż 300 m, a na przestrzeni 518.000 km² dorzecza wyniosła ona średnio 1.800 m. Erozja przecięła różnego rodzaju wapień, piaskowce, kwarcyty i granity a nawet na odcinku 80-cio kilometrowej długości rzeka wycięła swe koryto w lawie, która, wylawszy się z niegdyś czynnych wulkanów, zapełniła jej koryto na głębokości 60—90 metrów. Obecnie rzeka rzeźbi swe koryto w wielkiej masie twardego czarnego gneisu.

Colorado jest wyjątkiem wśród wielkich rzek świata. Prócz wyróżniających ją cech fizycznych różni się ona przede wszystkim od innych rzek o podobnej wielkości tym, że wysiłki ludzkie wykorzystania jej w jakikolwiek sposób były dotychczas bezskuteczne. Po przeszło stu latach jej poznania przez białego człowieka służy mu tylko w nieznacznym stopniu, pozwalając wyzyskać nie-

co swą potencjalną energię. Te cechy rzeki tym bardziej uwydatniają wielkość wykańczonego projektu zapory Boulder, pozwalające na ujarzmienie rzeki i jej wykorzystanie do rozlicznych celów, które przez tak długi czas zdawały się nie do osiągnięcia.

Colorado niesie ku zatoce Kalifornijskiej olbrzymie ilości materiału zawieszonego. Średnia zawartość namułu wynosi 0,8% całkowitego przepływu. Te masy osadzone rokrocznie przy ujściu rzeki zmieniły całkowicie topografię jej końcowego biegu oraz zatoki Kalifornijskiej. W dawniejszych czasach północny brzeg zatoki sięgał na 240 km w głąb obecnych terenów. Stopniowo rzeka zamulała zatokę, tworząc jednocześnie jakby przetamowanie górnej jej części, odcinając w ten sposób północną część od właściwej zatoki. Z biegiem wieków teren uległ stopniowej kolmatacji a wody wyparowały, pozostając tylko w najgłębszej części terenu, zwanej Salton Sink, względnie Sea, i w ten sposób powstała dolina zwana Imperial. Teren odciętego obszaru spada ku najniższemu miejscu, w którym tafla wodna leży o 85 m niżej normalnego poziomu wód Pacyfiku.

W dalszym ciągu rzeka podnosiła stopniowo swe koryto, tak że dzisiaj płynie przez deltę, która w kilku miejscach leży do 60 m wyżej ponad pobliskim terenem. W okresach wielkich powodzi wody Colorado mogą się wzniesć powyżej stworzonej przez rzekę tamy i przelać się w stronę Salton Sea. Stanowi to stałą wielką groźbę dla mieszkańców doliny Imperial. Dolina ta jest nadzwyczaj żyzna, jednak wielki jest tu brak opadów, stąd też powstał projekt nawodnienia uprawnych pól wodą z Colorado, zrealizowany w postaci 840 km kanałów głównych i lateralnych.

Nad mieszkańcami doliny Imperial stale wisiała jednak groźba wylewu kapryśnej rzeki. W roku 1904 część wód Colorado przedostała się w stronę doliny przez kanały nawadniające, powodując zalewy a w skutku, do chwili zamknięcia w lutym 1907 miejsca przerwanego przez rzekę, podniesienie się zwierciadła wody Salton Sea o 22 m. Gdyby wysiłki walczących z żywiołem wodnym nie były uwieńczone pomyslnym skutkiem groziło zalanie całej doliny Imperial i nim masy nagromadzonej wody wyparowałyby wiele wieków musiałoby minąć.

Walka była niezmiernie trudna wobec nadzwyczaj małej zwięzłości materiału podłoża. Pale bite na 21 m głębokości były po zabiciu przesuwane z miejsca lub zmiotane. Szybki dowóz kamieni, żwiru umożliwił usypanie stopniowo ochronnego wału, uszczelnionego następnie przeciwko przesiekaniu. Zwycięstwo okupione było kosztem 2 milionów dolarów.

Rzeka była powstrzymana, lecz nie zwyciężona, a podnosząc swe dno na wysokość około 3 m rocznie znowu w roku 1909 zagroziła zalewem, przerywając się przez swój brzeg o 47 km poniżej Yumy.

Koszta robót ochronnych wyniosły do roku 1930 — 7 mil. dolarów, przy czym nie wlicza się w tę kwotę sum przeznaczonych corocznie w wysokości 1,4 mil. dolarów na oczyszczanie z namułu wody pobieranej do nawodnień.

Od czasu uruchomienia urządzeń nawadniających w dolinie, przed 29-ju laty, powierzchnia uprawna wzrosła do 62.000 ha, a ludność do 75.000 głów. Roczna wartość produktów rolnych w dolinie Imperial oceniana jest na 100 mil. dolarów. Istniały więc ekonomiczne podstawy dla ochronienia tak żywej i produkcyjnej okolicy przed groźącym jej stale, ze strony kapryśnej Colorado, potopem. Sytuację można było radykalnie zmienić przez powstrzymanie fali powodziowej rzeki, jej zmniejszenie, spłaszczenie. Cel ten osiągnięty zostaje przez wybudowanie zapory Boulder.

Od chwili pierwszego pomysłu do czasu ostatecznego skryształizowania się projektu budowy zapory upłynęło 25 lat.

Z uwagi na różne fizyczne i klimatyczne warunki Colorado można ją podzielić na trzy odcinki. Partia zlewni utworzona przez część stanów Colorado, New Mexico, Utah i Wyoming nadaje się do użycia wód rzeki dla nawodnienia i wyzyskania sił wodnych w jednakowym stopniu. Środkowy odcinek długości 800 km rzeki, płynącej w kanionach o wysokich, prawie prostopadłych brzegach i spadzie 900 m, nieposiadający prawie zupełnie miejscowego spływu, nadaje się w wysokim stopniu do wyzyskania energii, natomiast prawie zupełnie nie nadaje się do celów nawodnienia. Dolna część Colorado o długości 480 km, płynąca w południowej części Arizony i południowo-wschodniej Kalifornii o spadzie 150 m, nadaje się przede wszystkim do wykorzystania dla rolnictwa. Komisja rządu centralnego, utworzona dla uzgodnienia sprzecznych żądań poszczególnych zainteresowanych stanów, podzieliła dorzecze na dwie części — górną, obejmującą część Arizony, Colorado, New-Mexico, Utah, Wyoming powyżej Lees Ferry i dolną, składającą się z części Arizony, Kalifornii, Nevady, New-Mexico, Utah, leżących poniżej Lees Ferry.

Przepływ Colorado, wynoszący średnio rocznie 21 miliardów m³, podzielono w ten sposób, że użytkownicy części dolnej otrzymać mogą 10,5 miliarda m³, górnej 9,25 miliarda m³.

Duży spad w partii kanionów wyznaczał miejsce budowy zapory w tym odcinku rzeki. Należało tak wybrać miejsce pod zaporę, by stworzyła ona dostatecznie duży zbiornik i tak położony, by linia przesyłowa dla wytwarzanej energii, przeprowadzona do miejsc zbytu, nie była zbyt długa. Wybór padł na Black Canyon, na 724 km rzeki od zatoki Kalifornijskiej. Podłoże doliny i brzegi wytworzone są tu ze skał wybuchowych, rzeka płynie wąską doliną, głęboko wciętą w prawie prostopadłe brzegi.

Ze względu na bezpieczeństwo osiedli wzdłuż dolnego biegu Colorado oraz doliny Imperial budowla piętrząca musiała być specjalnej mocy i trwałości. Zdecydowano się więc na ciężką przegrodę betonową o olbrzymiej wysokości i masie. Wysokość jej wynosi 222 m, szerokość u podstawy 198 m, w koronie 13,7 m; długość 360 m w koronie, a wartość masy betonu 2.675.000 m³. Spód fundamentu sięga 46 m poniżej poziomu niskiej wody w rzece.

Zadania zapory są następujące 1) retencja fal powodziowych, 2) regulacja przepływów, 3) zatrzymanie namulów i 4) wyzyskanie energii wody.

Powyżej zapory stworzony zostaje zbiornik o pojemności 37.620.000.000 m³, o długości 185 km,

posiadający największą szerokość 13 km i głębokość przy najwyższym poziomie piętrzenia 177 m. Powierzchnia zbiornika 58.700 ha, długość linii brzegowej 885 km. Z pojemności zbiornika przeznacza się na zamulenie 863.000.000 m³, dla celów użytkowych 17.270.000.000 m³, retencyjnych fali powodziowej 11.720.000.000 m³. Jest to największy zbiornik sztuczny, zbudowany przez człowieka. Będzie on w stanie zamagazynować blisko siedmiokrotnie większą ilość wody, niż słynny zbiornik Assuan na Nilu, przy podwyższonej zaporze Assuańskiej. W zbiorniku pomieści się prawie dwuletni przepływ rzeki Colorado.

Na zaporze instaluje się zakład wodny o mocy 1.350.000 kW., tj. około 1/4 mocy, która może być wyzyskana na Colorado. Turbiny pracować będą na średnim spadzie 158 m, spadek maksymalny wynosi 177 m. Według obliczeń cena jednostkowa energii stałej wynosić będzie 1,65 centa za kWh, sezonowej 0,5 c. Dochód ze sprzedaży energii ma w ciągu 50 lat wynieść 373 milionów dolarów.

Wobec wielkiej ilości niesionego namułu zbiornik będzie stopniowo nim zapełniany, roczna ilość osadów wyniesie 169 mil. m³. Jeśli nie wybuduje się powyżej zapor powstrzymujących namuł, zbiornik zamuli się całkowicie w ciągu 222 lat. Spodziewanym jest, że po upływie 10 lat od uruchomienia urządzenia, wody płynące poniżej zapory zmienią swoją zawartość, oczyszczą dno piaszczyste i żwirowe, co będzie wielkim zyskiem dla terenów nawadnianych i miast z Los Angeles na czele, które czerpać mają wodę do swych wodociągów z Colorado.

Budowę rozpoczęto w roku 1931, przewidując 6,5 letni okres budowy. Miejsce budowy znajduje się w okolicy pustynnej, zupełnie niezamieszkałej. Klimat jest bardzo przykry, szczególnie w okresie każdorocznego sezonu letniego. Zupełny brak roślinności, nawet najdrobniejszej trawki, — słońce niemiłosiernie palące tak, że czarne powierzchnie lawn nie pozwalają na dotknięcie ich ręką. Istne piekło na ziemi.

Dla umożliwienia przewozu olbrzymich ilości materiałów, ciężkich maszyn i urządzeń, zapewnienia łatwego i szybkiego dostępu do placu budowy, zaopatrzenia w tanią energię, oraz wybudowania pomieszczenia dla pracowników w tym pustynnym kraju i klimacie, wybudowano przede wszystkim koleje żelazna, drogi, długą linię przesyłową prądu, oraz osiedle robotnicze.

Długość linii kolejowej od głównej linii Union Pacific Railroad, łącznie z liniami obsługującymi teren budowy wynosi 84 km. W czasie największego natężenia roboty transport dzienny (24 godziny) materiałów na budowę dochodził do 300 wagonów. Drogi asfaltowe o długości 37 km. Linie przeniesienia 357 km długości pod napięciem 88.000 V przeprowadzono z San Bernardino-California. Zużycie miesięczne prądu wynosiło 4 mil. kWh.

Tereny mieszkalne wybrano w odległości 11 km od Black Canyon o położeniu 600 m wyższym, niż poziom rzeki, ze względu na korzystniejsze warunki terenowe i klimatyczne. Dzielnica, w której mieszczą się biura administracji rządowej, została zbudowana dla stałego zamieszkania, pozostałe dzielnice dla czasowego — na okres budowy. Stałe budynki mają służyć za mieszkanie personelowi

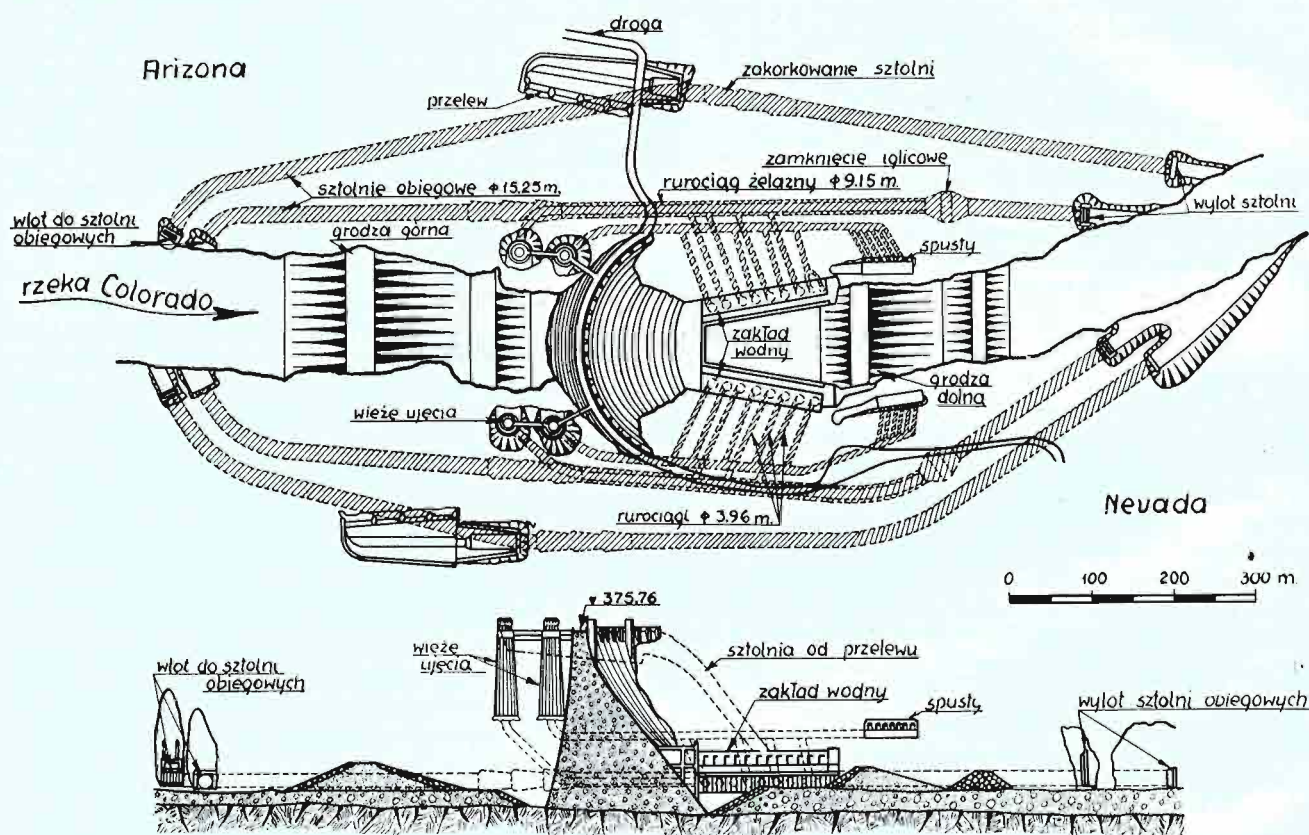
obsługującym zapórę, zakład i zbiornik oraz na pomieszczenie turystów, których spodziewany jest duży napływ. Już w czasie budowy ilość odwiedzających wyniosła w 1934 roku 266.435, a tylko w lutym 1935 — 40.000 osób.

Ludność osiedla dochodziła do 6.000 osób. Domy były wielopokojowe z mieszkaniami jednopokojowymi dla kawalerów na 172 osób i rodzinne osobne domki. Zaopatrzone je we wszelkie wygody, są one ogrzewane i chłodzone powietrzem. Miasto zaopatrzone w wodę, czerpiąc ją z rzeki. Jest ona oczyszczana z mułu, odbarwiana, zmiękczana, filtrowana i chlorowana. Zużycie wody wynosiło na mieszkańca (średnio w roku) 490 litrów dziennie, zaś w dnie letnie 780 litr. Na budowę osiedla wydano 2 mil. dolarów.

Wybudowano różnego rodzaju środki transportu na placu budowy, — początkowo transport odbywał się łodziami i barkami, później zbudowano lekkie mosty wiszące, oraz kolejki kablowe w ilości 5 o nośności po 25 ton, dwie z nich miały b. dużą rozpiętość — 785 m. W ciągu lat pracy należało dostarczyć na teren budowy ponad 8 milionów tonn materiału.

kład wodny, do wypuszczania wody dla potrzeb użytkowników poniżej, oraz dla regulacji przepływu; rurociągi i system wypustów dla doprowadzenia wody z wież ujęcia do zakładu, względnie do urządzeń spustowych; zakład wodny.

Program budowy przewidywał przede wszystkim przewiercenie i obudowę sztolni, wykonanie grodz, przygotowanie wykopu fundamentowego pod zapórę, jej wybudowanie łącznie z urządzeniami dodatkowymi oraz zakładem wodnym, następnie instalację turbin, generatorów i całego jego wewnętrznego urządzenia. Jednocześnie z zakładem budowano urządzenia spustowe i łączące je przewody z wewnętrznymi sztolniami obiegowymi. Przy wykończaniu wież ujęcia i urządzeń spustowych zamknięto wlot do sztolni obiegowej wewnętrznej, piętrząc przez częściowo wykonaną zapórę wodę i przeprowadzając ją, regulując zasuwami, przez zewnętrzną sztolnię obiegową od strony Nevady. W około rok później zasuwę w sztolniach zamknięto, przeprowadzając wodę przez ujęcie w formie wież, umieszczone o 80 m powyżej dna starego koryta rzeki i wypuszczając ją przez zasuwę iglicowe urządzeń spustowych.

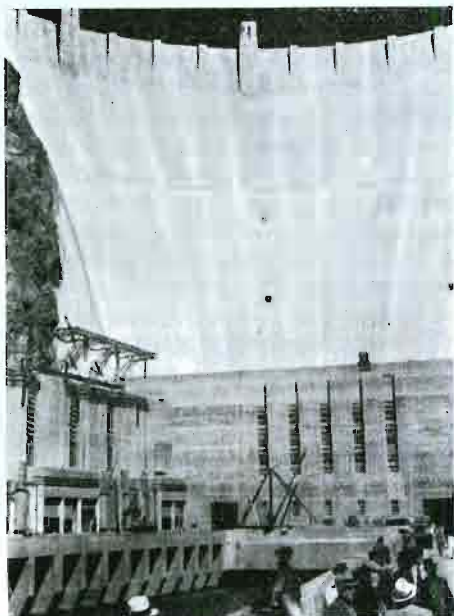


Rys. 22. Svtuacja i przekrój zapory Boulder na rz. Columbii.

Całość konstrukcji przedstawia się następująco. Cztery sztolnie obiegowe o średnicy 17,1 m, po dwie z każdej strony rzeki dla skierowania przez nie wód rzeki w czasie budowy; dwie grodze, zamykające miejsce budowy zapory, skierowujące wody do sztolni, oraz pozwalające osuszyć wykop fundamentowy; zapora piętrząca maksymalnie wodę o 178 m; dwa przelewy, po jednym z każdej strony kanionu dla odprowadzenia wielkich wód; cztery wieże jako ujęcie wody ze zbiornika na za-

Dla umożliwienia wyrobienia masy betonu, zainstalowano olbrzymie urządzenia. Kruszywo i piasek dostarczany był z miejsca składu o 16 km powyżej zapory po stronie Arizony. Dla transportu zbudowano trzy linie kolejowe. Główne urządzenia sortowni składały się z gryzaków kamieni o ponad przepisowej średnicy, serii stalowych wież złączonych transporterem taśmowym, baterii płócdek i sortowni piasku, systemu sortującego kruszywo i ładującego je na wagony. Materiał ze składu był ła-

dowane dźwigami linowymi, pojemności 3,8 m³ do wagonów 50-io tonowych i przewożony do sortowni koleją, przekraczając rzekę po moście na palach. Stąd materiał szedł na urządzenia mieszające. Sortownia była w stanie przesortować 700 ton materiału na godzinę średnio, przy maksymalnej wydajności 1.000 ton/godzinę.



Rys. 23. Widok na zapórę od dolnej wody.

Betoniarnie były zainstalowane dwie, jedna w pobliżu dna kanionu o 1.200 m powyżej zapory, druga na brzegu Nevady w odległości 180 m od zapory. Obydwie zaopatrzone były w najnowsze urządzenia do automatycznego odważania, dawkowania i w wiele betoniarek o pojemności 3 m³. Dolna betoniarnia dostarczająca beton na zapórę do czasu wyprowadzenia jej na wysokość 100 m przestała być czynną w grudniu 1934 r. Wydajność obu 350 m³/godzinę.

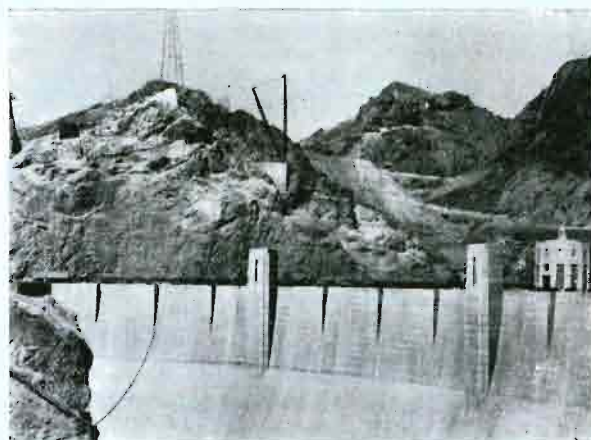
Maksymalna wydajność obu betoniarni wynosiła 10.000 m³ dziennie, osiągnięta zaś na budowie 7.650 m³.

Woda czerpana była z Colorado i po oczyszczeniu z namułu pompowana do zbiorników, umieszczonych przy betoniarniach.

Cement, przychodzący wagonami, był przeprowadzany pneumatycznie do stacji mieszającej go

i stąd znowu pneumatycznie do betoniarni, — rurą 150 mm do silosów stacji górnej i rurą 225 mm 1,6 km długości do stacji dolnej. Mieszanie cementu odbywało się dlatego, żeby otrzymać cement o różnych właściwościach chemicznych, oraz dla otrzymania bardziej jednolitego produktu cementu, tego samego typu, dostarczanego przez różne fabryki.

Dla zmniejszenia do minimum skurczu w masie betonu stosowano specjalny rodzaj cementu o możliwie niskiej temperaturze wiązania. Szereg przeprowadzonych doświadczeń doprowadził do wniosku, że najkorzystniej będzie użyć dwa rodza-



Rys. 24. Widok na koronę zapory.

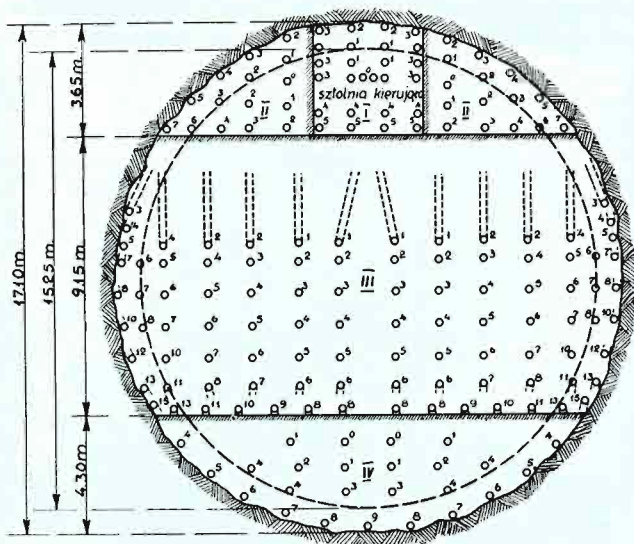
je cementu — 2 typy o różnej temperaturze wiązania: typ A o niższej i B o wyższej. Zasadniczo pierwszy używany był w okresach cieplejszych, drugi w sezonach niższych temperatur. Odpowiednio do potrzeby mieszano również obydwa rodzaje, dla osiągnięcia określonej ciepłoty wiązania. Do budowy zapory używany był głównie typ A. Jego właściwości były następujące: temperatura wiązania o 33% niższa od temperatury zwykle stosowanego cementu, znacznie lepsza zdolność przerabiania i przez to dobroć betonu przy małym stosunku wody (głównie ze względu na znacznie dokładniejsze i drobniejsze zmielenie), wzrost wytrzymałości na razie powolny, końcowa jednak wytrzymałość większa, niż betonów wykonywanych przy użyciu normalnych rodzajów cementu.

Stosunki składników mieszaniny betonu o niskiej ciepłocie wiązania były następujące:

Składniki	Średnica ziarn mm	Stosunek mieszaniny	Ciężar objętoś.	Ciężar własc.	Procent przestrzeni wolnych
Cement	—	1.00	—	—	—
Piasek	—	2.45	1.73	2.64	33
Drobny żwir	6.4—19	1.75	—	—	—
Średni "	19.0—38	1.96	—	—	—
Gruby "	38.0—76	1.66	—	—	—
Kamienie	76—229	2.18	—	—	—
Żwir razem	—	—	1.93	2.69	28
Łącznie kruszywo i piasek	—	—	2.17	2.67	17
Woda	—	0.54	—	—	—

Stosunek mieszanki wynosił: 1 część cementu na 9,5 części pozostałych składników. Wszystkie betony wibrowane.

Budowę sztolni rozpoczęto wierceniem sztolni kierujących 3,65 × 3,65 m, umieszczając je pod samym wierzchem przekroju. Wiercenie prowadzono z obu stron i od środka, dochodząc do tego miejsca przez sztolnię boczną. Wiercenie było więc rozpoczęte w 16-u punktach. Przekrój dalej powiększono do rozmiarów 12,8 × 17,10, a w końcu do definitywnej średnicy wiercenia 17,10 m. (rys. 25).



Rys. 25. Rozkład punktów wierceń przy budowie sztolni obiegowych.

Do wierceń używano specjalnych urządzeń zwanych „Jumbos”. Każde z nich w postaci żelaznego rusztowania posiadało do 30 świrdrów, poruszanych sprężonym powietrzem. Można było dzięki temu wywiercić i załadować około stu otworów 6-io metrowej głębokości w przeciągu 4-ch godzin pracy. Wstrzeliwanie się następowało odcinkami około 5-io metrowej długości, rozluźniając do 1.000 ton skały, usuwanej normalnie w ciągu 4-ch godzin przy pomocy bagrów łyżkowych elektrycznych o pojemności 2,7 m³ oraz zeskładów wagonowych 6—7,6 m³ pojemności.

Dla obsługi świrdrów wykonano dużą instalację sprężającą powietrze o wydajności 460 m³/minutę. Sprężarki te następnie użyto do urządzenia chłodni wody, cyrkulującej w przewodach zabetonowanych w masie zapory, wstawiając odpowiednio w maszynie cylindry z amoniakiem.

Wiercenie ukończono w maju 1932 r. Ilość wystrzelanej skały wyniosła 1.150.000 m³, na co zużyto 1.615.000 kg dynamitu tj. 1,405 kg dynamitu na 1 m³.

Sztolnie zostały obudowane płaszczem betonowym średnio na grubość 0,90 m, przy czym spód betonowano normalnym sposobem, boki—posługując się szalowaniem stalowym o wadze 250 ton w odcinku 240 metrowym. Górny łuk budowano, używając poprzedniego rusztowania stalowego, wstrzeliwując beton pod ciśnieniem 7 atmosfer. Beton do-

starczany był z betoniarni dolnej. Po wykonaniu płaszczki wiercono w nim otwory aż do skały, włączając w nie cement dla jej uszczelnienia, oraz zapewnienia nieuszczelnności pomiędzy płaszczem i skałą. Powierzchnie zewnętrzne pokryto natryskiem specjalnej mieszanki asfaltowej. W obudowie umieszczono 229.000 m³ betonu w ciągu okresu 368 dni.

W listopadzie 1932 roku można było wody rzeki przeprowadzić przez sztolnie od strony Arizony. W tym celu zbudowano przez rzekę most na koźlach nieco poniżej wlotów do sztolni i z chwilą, gdy część wód zaczęła płynąć sztolniami, rozpoczęto sypanie w poprzek rzeki tamy dla skierowania całej wody Colorado do sztolni. W ciągu 24-ch godzin most był pokryty tamą, podniesioną następnie wyżej i rozszerzoną. Podobna tymczasowa grodzia była usypana powyżej wylotów sztolni. Przestrzeń między nimi została osuszona i przystąpiono do wykopów pod górną i dolną grodzą ochronną. Grodze budowane były z warstw ubijanej ziemi, a skarpy wzmocnione i ochronione przez nasypy kamienne lub płyty betonowe. Dla uniemożliwienia przesączania się wody w miejscu połączenia się grodz z brzegiem, wybudowano na całą wysokość grodz jakby betonowe sztywne złączone ze skałą brzegu, zaciętymi powierzchniami zaś — z zaporą ziemną. Skarpę odwodną grodz górnej ubezpieczono płytami żelbetowymi grubości 15 cm, a dla uniemożliwienia przesiąkania dołem zabito żelazną ścianką szczelną. Poniżej dolnej grodz usypano tamę kamienną dla ochrony grodz od wpływu falowania, wynikającego z burzliwości ruchu wypływających ze sztolni wód. Skarpy wewnętrzne ochronione były nasypem kamiennym.

Materiał na grodze dostarczany był wagonami, sypany warstwami i ubijany 6-tonowymi palczastymi walcami. Budowa trwała dwa miesiące. Górna grodz ma szerokość 230 m u spodu, 21 m w koronie, wysokość 30 m i długość 147 m; dolna 150 m, 15 m i 20 m wysokości. Koszt sztolni i grodz wyniósł 23 mil. dolarów.

Po skończonej budowie usunięto dolną tamę kamienną i osyp kamienny, zaś materiał grodz wybagrowano i wrzucono do rzeki, która poniosła go w dół. Grodz górna pozostaje na miejscu.

Bardzo trudną i niebezpieczną robotą było oczyszczenie skalnych partii przyczółkowych zapory ze względu na miejscami prawie prostopadłe ściany, oraz znaczną ich wysokość. Robotnicy pracowali na linach lub w koszach, wierząc otwory dla wystrzeliwania skały.

Wykopy pod przyczółki zapory rozpoczęto po skierowaniu wód przez sztolnie obiegowe na krótko przed ukończeniem grodz, prowadzono je odpowiednio do łukowego kształtu górnej części zapory, mającej pracować jako łuk, przechodząc dalej w formę przęstą dolnej masywnej części zapory. Roboty szły w szybkim tempie. Bagry pracowały po 24 godziny na dobę, ilość wydobytego piasku, żwiru i skały wyniosła przeszło 380.000 m³.

Odkrywka skalna wykopu została oczyszczona i 6 lipca 1933 r. rozpoczęto betonowanie. Wydajność średnia dzienna wynosiła 4.052 m³ maksymalna 6.116 m³. Skała pod fundamentem zapory została uszczelniona zastrzykami cementu, pionowymi na głębokość 9 m i ukośnymi na głębokość

30 i 50 m, pod ciśnieniem dochodzącym do 7 atmosfer.

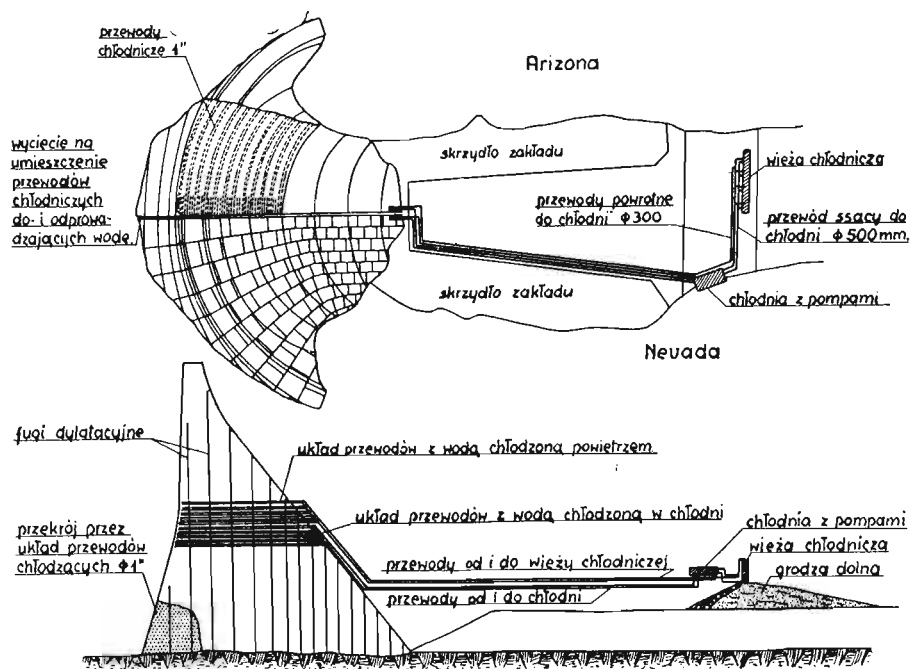
W drugiej połowie lata 1935 r. roboty betonowe zakończono, zużywając na ułożenie w budowlę 2.675.000 m³ betonu przy pomocy 1.200 ludzi i nowoczesnych maszyn niespełna dwa lata.

Zapora, jak wspomniano, jest typem zapory ciężkiej w dolnej swej części i łukowej w górnej, o promieniu osi 150 m, a wadze całkowitej około 6,5 mil. ton.

Umieszczenie tak olbrzymiej masy betonu w konstrukcji w ciągu stosunkowo krótkiego czasu zmuszało do pewnego systemu pracy i budowy. Przy użyciu Portland-cementu temperatura wiązania, wynikająca z procesów chemicznych stosunkowo znacznie wzrasta i gdyby chłodzenie miało następować samoczynnie, to z uwagi na olbrzymią masę, upłynęłoby przeszło 150 lat, nim temperatura wnętrza zapory zrównałaby się z temperaturą

Początkowo chłodzono beton wodą o temperaturze nieco niższej od temperatury powietrza, a mianowicie 18,4°C, a następnie wodą z chłodni o temperaturze 4,4°C aż do pożądanego ochłodzenia betonu. Rury chłodzące zaopatrywane były w wodę z ciągu głównego, średnicy 300 mm, dochodzącego do powierzchni powietrznej zapory, posiadającego od tego miejsca przewody \varnothing 150 mm, zmontowane poziomo, w wycięciu idącym w środku w poprzek zapory; wycięcie to zabetonowywano, gdy skończono chłodzenie odpowiadającej mu warstwy zapory. Rury, doprowadzające wodę, były starannie izolowane korkiem.

W wycięciu układano dwa ciągi \varnothing 150 mm; od jednego odgałęziały się rury 1 calowe chłodzące, idące wzdłuż zapory, zakręcające przy przyczółku zapory o 180° i wracające znów przez masę zapory do drugiego ciągu zbiorczego \varnothing 150 mm. W ten sposób w pierścieniach rurowych, zabetonowywanych



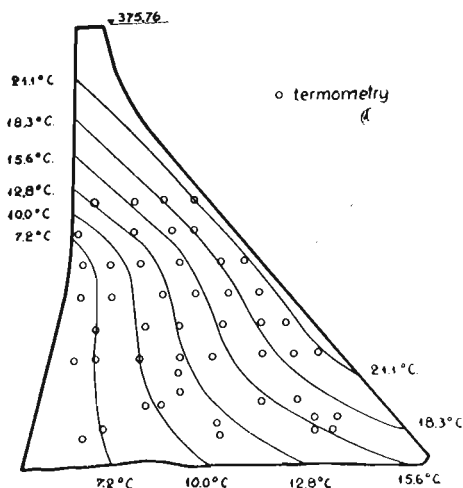
Rys. 26. Układ chłodzenia betonu zapory Boulder.

otaczającego ją powietrza. Niejednostajne chłodzenie masy betonu wywołałoby naprężenia, powodujące w skutku pęknięcia. Dla uniknięcia tego, zapora była budowana stopniowo w postaci kolumn o wymiarach w rzucie $7,6 \times 9,10$ m od strony dolnej wody i $15,2 \times 18,2$ m od strony górnej, przy czym w masie betonu umieszczone były jednocalowej średnicy rury, chłodzące wzdłuż budowli (w odstępie pionowym 1,5 m i poziomym 1,75 m) oraz rury dla wprowadzenia zaprawy pod ciśnieniem wzdłuż ścian kolumn. Beton, dostarczany w cylindrycznych kubłach o pojemności 6,1 m³, był kładziony warstwami 1,5 grubości i to w ten sposób, że dostarczano go w miejsca kolumn, położone bliżej dolnej wody, pozwalając na ułożenie się jego według naturalnej skarpy, następną warstwę otrzymywano z końca przeciwnego, w ten sposób otrzymywano klinowanie się warstw. Ściany pionowych bloków miały zażębienia w odstępie 3-ch m. Różnica w wysokości sąsiednich bloków dochodziła do 10,7 m.

w masie betonu, krążyła woda, poczynając od stacji chłodzącej związanej ze stacją pomp i wracając po nagrzaniu ciepłem wiązania betonu do niej dla ochłodzenia. Pierścienie rur 1 calowych posiadały długość 66—410 m, przy średniej długości 157 m. Rury 1 calowe łączone były na specjalne złącza, pozwalające na przesunięcie się rury, odpowiednio do powstającego skurczu betonu. Różnica w temperaturze wody wchodzącej w masę betonu i wychodzącej wynosiła 4° C, wahając się od 2,2° do 6,7°C. Ze względu na różne temperatury otoczenia zewnętrznego od strony odwodnej i powietrznej, chłodzenie tak prowadzono, aby osiągnąć przewidywany ostateczny rozkład temperatur w masie zapory (rys. 27).

Po ochłodzeniu pewnej warstwy zapory do określonej temperatury, przewód zaopatrujący przenoszono wyżej, szpary zaś na połączeniach ścian kolumn wynikłe z ochłodzenia i skurczenia betonu wypełniano przy pomocy wciśniętego przez rury, posiadające otwory, mleka cementowego.

Wypełnianie szwów następowało dla ochłodzonej masy betonu w warstwach 15 metrowych a ciśnienie wtłaczania dochodziło do 21 atm. Sekcje ochłodzone mogły następnie przyjąć temperaturę otaczającego powietrza. W ten sposób osiągnano ścisły kontakt poszczególnie zabetonowanych kolumn, uniknięto sił rozciągających oraz osiągnięto doskonały kontakt poszczególnych warstw zapory z brzegami kanionu.



Rys. 27. Rozkład temperatur w masie zapory po ochłodzeniu betonu.

Stacja chłodnicza zaopatrzona była w trzy kompletne jednostki w ruchu i jedną zapasową oraz pompy tłoczące wodę. Sprawność stacji była równoważna produkcji 1.000 ton lodu w ciągu 24 godzin. Przepływ wody przez każdy pierścień wynosił 15,0 litrów na minutę. Masa wody cyrkulującej w jednostce wynosiła 23,0 m³ na minutę. Długość rur chłodzących w zaporze okrążyło 925 km, a rur dla uszczelniania zaprawą 322 km.

Ze względu na wysokie temperatury letnie, połączone z b. małą wilgotnością powietrza, zwrócono specjalną uwagę na zraszanie zewnętrznych powierzchni betonu. W okresie lata zajęta była przy tym w dzień stale grupa 17-u, w nocy 12-u robotników.

Dla stałej kontroli temperatury oraz badania zachowania się masy betonu zainstalowano wewnątrz zapory elektryczne termometry, tensometry oraz dylatacjometry. Aparaty pozwalają na jednoczesne określanie zmian długości i naprężeń. W dolnej części zapory stwierdzono otwarcie się fug do 1,6 mm.

Wpływ ze zbiornika będzie regulowany, odpowiednio do ilości wody przechodzącej przez turbiny, przez iglicowe zasuwy spustów. W wyjątkowych wypadkach, gdyby zbiornik był pełny, jako wynik niespotykanych wielkich powodzi, lub zachodziła potrzeba przygotowania górnej warstwy zbiornika na przyjęcie nadchodzącej fali powodziowej dla przepuszczenia nadmiaru wody służyć mają dwa przelewy zamknięte klapami bębnowymi, z których woda przechodzić będzie przez krótki kanał do zewnętrznych sztolni obiegowych.

Każdy przelew jest w stanie przepuścić 5.660 m³/sek., w sumie odpowiada to maksymalnemu obserwowanemu przepływowi wody w Black Canyon. Długość przelewów wynosi po 198 m. Kłapy bęb-



Rys. 28. Wlot do sztolni obiegowej przy przelewie lewobrzeżnym.

nowe wysokości 4,90 m zamykają partie między filarami o świetle 30,5 m. Kłapy podniesione leżą w poziomie 3,20 m niższym niż poziom korony zapory. Przy budowie przelewów wydobyto około 460.000 m³ skały, ułożono 100.000 m³ betonu, oraz zużyto 2.000 ton żelaza na kłapy bębnowe.

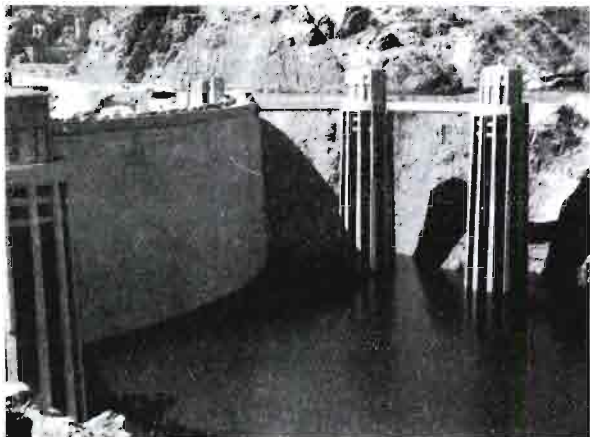
Przy poborze wody roboczej do zakładu oraz normalnej regulacji poziomu wody w zbiorniku woda przechodzić będzie przez ujęcie wybudowane w formie wież, po dwie z każdej strony zapory, stąd wchodzić będzie do rur, idących na turbiny lub do rurociągów, prowadzących ją do urządzenia spustowego lub wewnętrznej sztolni obiegowej.



Rys. 29. Przelew lewobrzeżny.

Wieże połączone są z koroną zapory mostkami. Dla umieszczenia wież wykonano ścięcie i wycięcie brzegów kanionu, a umieszczono je o 80 m powyżej koryta rzeki ponad częścią zbiornika przeznaczonego na zamulenie. Wieże mają kształt pustych cylindrów o wysokości 120 m i średnicy 25 m u dołu i są zaopatrzone w zamknięcia cylindryczne u podstawy i na wysokości 45 m od niej. W ścianach wycięte są na całą wysokość podłużne otwory, zaopatrzone w kraty. Przewidziano również możliwość zamknięcia otworów przez zasuwy, pozostawiając w kolumnach wież wnęki. Zasuwy cylindryczne mają średnicę 11,0 m i 3,35 m wysokości, a wagą po 227.000 kg. Wyciągi elektryczne, podnoszące zasuwy, znajdują się w pomieszczeniach na wierzchu wież. Konstrukcja zawiera 227

ton żelaza w zasuwach, 64.000 m³ betonu i 6.500 ton żelaza w zbrojeniach. Użyto około 100 kg na 1 m³ żelbetu.



Rys. 30. Widok na zapórę od górnej wody.

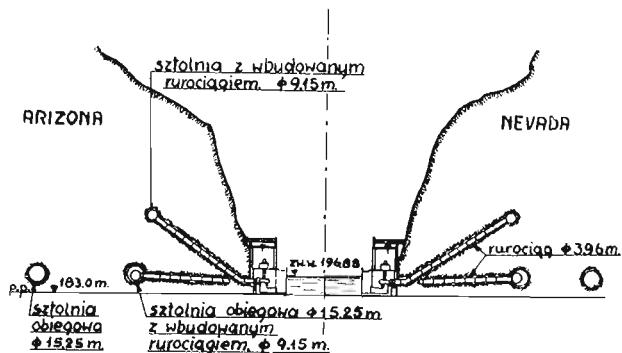
System przewodów roboczych i spustowych założony obustronnie składa się z szeregu sztolni. Od drugiej wieży ujęcia idzie pionowy szyb, wystrzelany do średnicy 14,5 m, obetonowany płaszczem 0,60 m grubości, przechodzi on dalej łukiem pionowym o promieniu 21 m w sztolnię o średnicy strzelania 9,4 m, z końca której odgałęziają się przewody do urządzenia spustowego. W sztolniach umieszczone są rury stalowe — w części początkowej o średnicy 9,15 m na odcinku do sztolni dojsciowej, skąd redukuje się początkowo średnice do 7,5 m, a następnie do 6,0 m przy wejściu do dwóch końcowych przewodów spustu. Rury są obudowane w sztolni w części łukowej na początku i końcu odgałęzień oraz przy sztolni dojsciowej. Długość przewodu wynosi 472 m po stronie Arizony i 419 m po stronie Nevady.



Rys. 31. Wieże ujęcia.

Od sztolni poziomej przebite są poprzecznie cztery sztolnie średnicy 6,3 m, obudowane płaszczem

betonowym 0,46 m grubości. Wewnątrz umieszczone są rurociągi 3,96 m średnicy, doprowadzające wodę do turbin, wsparte na blokach betonowych, łącząc się z rurociągiem 9,0 m średnicy. Rurociągi są zaankrowane u góry i u dołu. Ich długość 100 m (Nevada) i 94 m (Arizona).



Rys. 32. Przekrój przez koryto rzeki w miejscu umieszczenia zakładów.

Sztolnia dojsciowa ma przekrój $7,9 \times 13,10$ m i długość 45 m, obetonowano ją tylko w dnie. Jej zadaniem jest umożliwienie dostępu do sztolni podłużnej dla zainstalowania w niej rurociągu 7,5 i 9,0 m średnicy.

Sztolnie wypustowe w liczbie sześciu idą poziomo, mają długość 42,7—53,3 m, były wystrzelane w formie podkowy (3,96 m) i nieobetonowane. Rury spustowe, o 2,59 m średnicy ułożono pośrodku każdej sztolni, a przestrzeń między płaszczem i skałą zabetonowano. U wylotu każdego przewodu są założone podwójne zamknięcia w formie zasuw, oraz 2,13 m średnicy zamknięcia iglicowe. Budynki zamknięć mieści się o 51 m wyżej koryta rzeki, a dojscie do niego prowadzi przez sztolnię i windę.



Rys. 33. Budynek zamknięć wypustów prawobrzeżnych.

Górne wieże połączone są z wewnętrznymi sztolniami obiegowymi; od nich odgałęziają się, podobnie jak poprzednio, cztery przewody do turbin.

Po spełnieniu swego zadania sztolnie obiegowe zewnętrzne zostały zamknięte korkiem betonowym na długości 90 m, bezpośrednio przed wejściem z wieży pierwszej oraz w odległości 206 m od wylotu. Korek dolny jest zaopatrzony w sześć

zasuw oraz 1,83 m średnicy zamknięcia iglicowe.

Przeważna część rurociągów była zbyt dużych rozmiarów aby można je było transportować koleją, z tego względu musiały być one robione na miejscu. Dla tego celu była przez przedsiębiorcę zbudowana kosztem 0,5 mil. dol. na miejscu budowy fabryka, w odległości 2,4 km od przyczółka zapory. Arkusze blachy przywożone były koleją. Na przewód średnicy 9,15 m, arkusz ważył 20 ton — dla każdego dwóch arkuszy trzeba było osobnego wagonu.

Wszystkie przewody są spawane. Szwy sprawdzano specjalnym przyrządem prześwietlającym je promieniami X. Wszelkie defekty wskazane na fotografii były starannie usuwane. Aparat uruchamiano prądem o napięciu 300.000 volt. Gotowe odcinki z czasowo umieszczonym wzmocnieniem szkieletowym wewnątrz wprowadzano do pieca, w którym podwyższano się temperaturę do 620° C. Rurę przetrzymywano w tej temperaturze na przeciąg ilości godzin odpowiadającej grubości blach w calach, a następnie ochładzano w ciągu kilku godzin. Procedura ta miała zredukować naprężenia wynikłe przy walcowaniu i spawaniu. Wnętrze rury asfaltowano, zewnętrzną powierzchnię po starannym oczyszczeniu pokrywano minią.

Dla transportu odcinków rur do kanionu używano specjalnego urządzenia transportowego na walcach ciągniętych przez traktory. Nad kanionem zbudowana była kolejka linowa o udźwigu 200 ton, przy pomocy której odbywał się dalszy transport. Ciekawą szczegół konstrukcyjny kolejki stanowi lina nośna, składająca się nie z pojedynczej liny, a z sześciu o 8,9 mm średnicy, umieszczonych w odstępach 46 cm od środków. Rozpiętość lin wynosi 360 m, a maksymalna wysokość podnoszenia 180 m. Wózek jeżdżący na 48 kółkach waży 19 ton. Liny napięte są na wieży o konstrukcji stalowej, odpowiednio zakotwione z jednej strony stałe, z drugiej przeciwwagą. Szybkość pionowa dla obciążenia powyżej 40 ton wynosi 9 m/minutę, przy mniejszym — 42 m/minutę, szybkość pozioma wózka — 72 m/minutę.



Rys. 34. Widok na prawobrzeżną część zakładu wodnego.

Budowę zakładu wodnego rozpoczęto w 1934 roku, pierwszą jednostkę uruchomiono w 1936 r.

Zakład przytyka bezpośrednio do zapory, w planie ma kształt litery U, o długości ramion 190 m i środkowej części 90 m, tak że całkowita

długość jego wynosi 470 m. Wysokość zakładu od fundamentu do dachu — 80 m. Całkowita moc, która ma być zainstalowana, dochodzi do 1.835.000 KM w piętnastu jednostkach po 115.000 KM oraz dwóch mniejszych po 55.000 KM. Ilość wytwarzanej energii stałej, nie licząc sezonowej, wynosi 4,24 miliardy kWh. Na razie instaluje się 4-y jednostki normalnej wielkości i jedną małą dla obsługi własnej, dalsze w miarę wzrastającego zapotrzebowania energii. Turbiny Allis-Chalmers o przepłyku 56—85 m³/sek. i ilości 180 obr./minutę — pracować będą na spadzie od 129—177 m, średnio 158,5 m. Moc stałą określa się w wysokości 663.000 KM, co odpowiada stałemu przepływowi przy minimalnym spadzie 480,0 m³/sekundę, względnie rocznemu odpływowi 15.137.000.000 m³. Rurociągi w zakładzie przed turbinami są zamykane przy pomocy zamknięć motylkowych.



Rys. 35. Widok z korony zapory na zakład i spusty.

Linia przesyłowa prądu biegnie do Los Angeles i południowej Kalifornii. Długość jej 435 km, napięcie 275.000 V. Ilość materiałów zużytych: 26.457 ton stali konstrukcyjnej, 2.617 km przewodników i 253.700 izolatorów porcelanowych. Budowę rozpoczęto z siedmiu miejsc, zbudowano przeszło



Rys. 36. Widok na „Black Canyon” powyżej zapory.

320 km dróg w dziewiczych okolicach dla umożliwienia przewozu materiałów i ludzi.

Koszt budowy zapory łącznie z wydatkami na urządzenia nawadniające w dorzeczu dolnej Colorado, określa się na 185 milionów dolarów.

PROJEKT ROZWOJU DOLINY TENNESSEE

Projekt powyższy, opracowany przez powołany decyzją Kongresu komitet doliny Tennessee (TVA — Tennessee Valley Authority), obejmuje całkowite uporządkowanie gospodarki wodnej w dolinie rzeki Tennessee, dopływu Ohio oraz łącznie z tym rozwój ekonomiczny terenów dorzecza. Ma być to wielki eksperyment regionalny rozwoju terytorium, obejmującego częściowo siedem stanów: Wirginia, North Carolina, Kentucky, Georgia, Alabama, Tennessee, Missisipi. W genezie powstał jako dalsze rozwinięcie projektu zakładu wodnego w Muscle Shoals i związanej z nim fabryki sztucznego nawozu.

Projekt przewiduje: stworzenie kanału żeglugi od miasta Knoxville do ujścia Tennessee do Ohio na długości 1.050 km; zapewnienie dostatecznego minimalnego przepływu wody; regulację przepływów wody; całkowitą zmianę stosunków spływu wód powodziowych w dorzeczu rzeki Tennessee, co wpłynie również korzystnie pod tym względem na rzekę Missisipi; wyzyskanie energii wody przez stworzenie bardzo poważnego źródła energii elektrycznej; zalesienie terenów górskich dorzecza; rozwój większej liczby ośrodków przemysłowych, lecz o niezbyt dużym zaludnieniu, olocznych połączeniami rolniczymi jako wzajemne uzupełnianie się; rozwój rolnictwa i w związku z tym częściowe wykorzystanie wytwarzanej energii elektrycznej na produkcję sztucznych nawozów; rozwój turystyki oraz, łącznie z nim i w łączności z projektowanym rozwojem ekonomicznym całości terytorium objętego projektem, budowę gęstej sieci dróg.

Rzecz jasna, że realizacja całości tak szerokich zamierzeń wymagać będzie wielu lat pracy oraz w pewnym stopniu doświadczeń. Projekt został już, dzięki osobistym wpływom przyjaciół politycznych Roosevelta, głównie senatora Norris'a oraz decyzji Prezydenta, zatwierdzony i wszedł na drogę częściowej realizacji.

Rzeka Tennessee jest dopływem Ohio, wpadającej do Missisipi w pobliżu miasta Cairo; drenu-

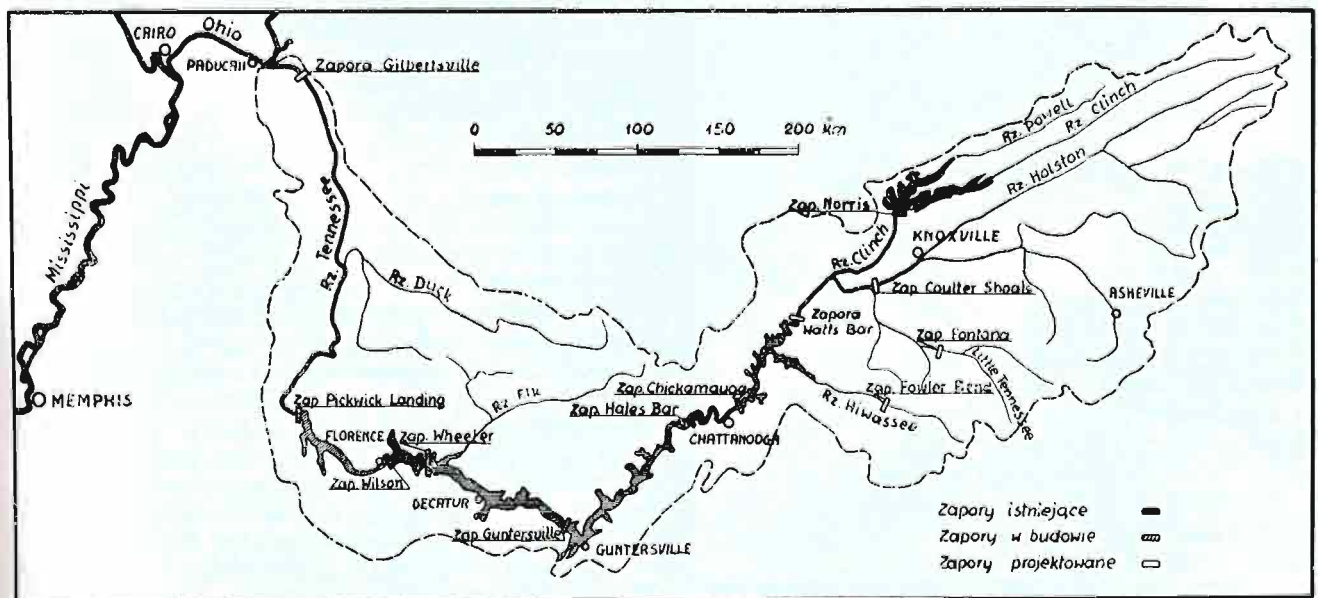
je ona dorzecze o obszarze 105.150 km². Opady średnie rocznie wynoszą 1.320 mm, przy wahaniami w latach suchych i mokrych od 1.000 do 1.500 mm. Spływ średni odpowiada warstwie wody grubości 610 mm. Dolina rzeki znajduje się na drodze wędrówek burz, to też ze względu na charakter swej zlewni nawiedzana jest przez silne powodzie, które swym wpływem sięgają poza nią, odbijając się bardzo niekorzystnie przy spotkaniu z falą powodziową Missisipi. Przepływy rzeki, dochodzące przy ujściu do wartości 8.410 m³/sek. stanowią 20% objętości szczytów fali Missisipi.

Dolina odznacza się różnorodnością i obfitością bogactw naturalnych. Około połowa powierzchni dorzecza pokryta jest lasami i z tego powodu jest dość rozwinięty przemysł drzewny. Znajdują się w niej pokłady żelaza, węgla oraz rudy innych minerałów. Pozostała część dorzecza znajduje się pod uprawą rolną oraz pastwiskami, jednak gospodarka nie jest prowadzona intensywnie. Liczba mieszkańców tego obszaru wynosi 2,5 miliona głów, tj. okrągło 24 mieszkańców na km². Z powyższej liczby $\frac{1}{4}$ mieszka w miastach.

Od dawna, gdyż już od roku 1852 myślano o uregulowaniu rzeki na odcinku od ujścia do miasta Knoxville, opracowując coś około 19-u projektów. Transport ze względu na trudności żeglugi rozwijał się powoli, tak, że wzrósł od 1892 do 1934 roku od 400.000 do 2.800.000 ton rocznie.

Stosunki geologiczne, topograficzne, spad rzeki są wyjątkowo korzystne dla konstrukcji wysokich zapór. To też po rozpatrzeniu możliwości, odrzucono projekty kanalizacji rzeki wielu niskimi stopniami, decydując się, ze względu na szereg korzyści, na większą koncentrację spadu w mniejszej ilości wyższych zapór.

W profilu podłużnym (rys. 38) i sytuacji (rys. 37) wykazano miejsca już istniejących budowli piętrzących, budowanych obecnie i projektowanych do wykonania. Po zrealizowaniu całkowitym projektu, rzeka piętrzona będzie w 9-ciu stopniach: Gilbertsville, Pickwick Landing, Wilson, Wheeler, Gunterville, Hales Bar, Chickamauga, Watts Bar, Coulter Shoals. Prócz tych zapór poniżej Wilson projekto-



Rys. 37. Dorzecze rz. Tennessee.