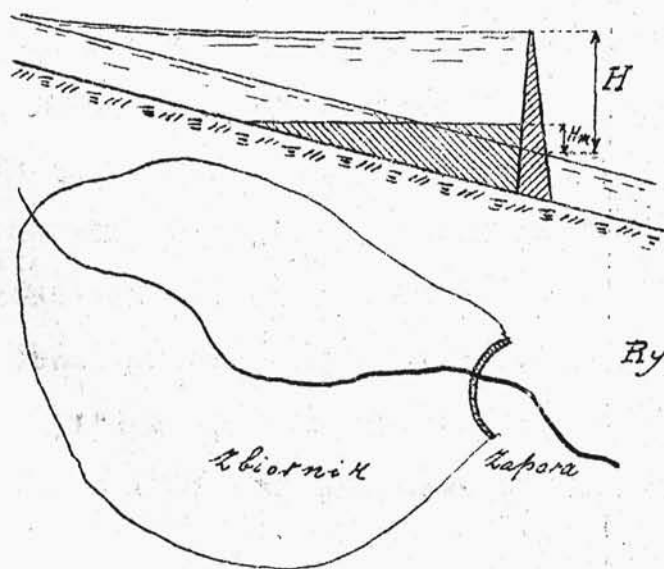


ZAPORY I ZBIORNIKI.

Zbiorniki te służą do: 1. nawadniania, 2. wytwarzania siły, 3. zasilku wodociągów, 4. zasilku kanałów żeglugi, 5. wyrównania stanów wody: a/ podniesienia niskich stanów, b/ obniżenia stanów wysokich.

Jeśli w biegu rzeki postawimy zaporę bardzo wysoko piętrzącą / $H = 100,00$ mtr./ wytworzymy powyżej tej zapory jezioro, zbiornik /rys.316/. Zauważymy, że nie cała woda spiętrzona będzie miała dla nas wartość użytkową. Pewna jej część najniższa / H_{min} min./ musi być przeznaczona na stopniowe zamulenie. Praktyczne znaczenie ma dla



Rys.316

nas war-
stwa wody,
leżąca
ponad war-
stwą H_{min} .
Jeśli rze-
ka prowa-
dzi dużo
rumowiska
zamulenie
się zbior-

nika może przyjąć bardzo poważne rozmiary, co oczywiście uniemożliwi ostateczne należyte użytkowanie zbiornika. Musimy więc zbytniemu zamulaniu przeciwdziałać np. w ten sposób, że powyżej danego zbiornika stawiamy drugi, przeznaczony specjalnie na zamulanie, a przedewszystkiem przez zabudowanie potoków górskich i zalesienie nagich stoków.

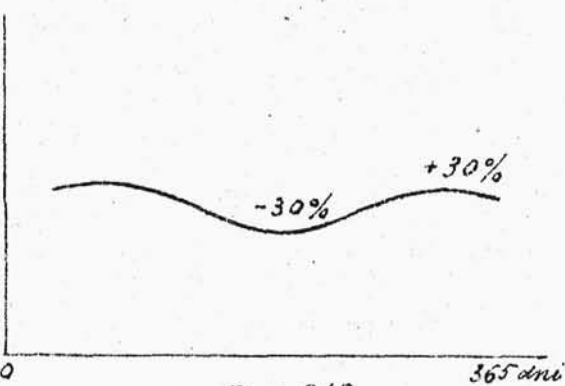
1/ Nawadnianie Ilości wód opadowych w ciągu roku są bardzo zmienne. Są okresy roku, w których mamy nadmiar wody, w innych znów niedobór, suszę. Stosunki takie panują zwłaszcza w południowych stronach jak Indje, wschodnia część Stanów Zjednoczonych, wybrzeże Kalifornijskie, Egipt, gdzie są okresy pozbawione zupełnie opadów, i musimy tam wodą uzyskaną poza okresem wegetacyjnym zasilić okres wegetacyjny. Jak ważną rolę spełniają zbiorniki przy zasilaniu wodą okresów wegetacyjnych dowodzi fakt, że w Ameryce istnieje prawo, na mocy którego dochód ze sprzedaży majątków państwowych i z istniejących już zbiorników, przeznaczony jest wyłącznie na budowę nowych zapór. Szczególnie duże zbudowano w ostatnich czasach zbiorników w Indjach, w ten sposób usunięto tam bardzo częste

pośrednio nieurodza je, głody.

2/. Wytwarzanie siły. Ilość wody w zbiorniku przedstawia nam pewną pracę, którą dana woda może wykonać. Jeśli na osi x będziemy odkładali godziny, zaś na y ilość zużytej energii elektrycznej z jakiegoś zakładu np. w kilowat-
tach - otrzymamy wykres rys. 317. Jak widzimy,



Rys. 317



Rys. 318

zużycie energii w poszczególnych częściach dnia nie są jednakowe; jeśli byśmy zrobili podobny wykres dla całego roku, to wahania ilości zużytej energii dochodziłyby do 30 % .

Z powyższych przykładów widzimy, że rozbiór energii jest bardzo nierównomierny, a więc i zasilanie takiego zakładu nie może być jednostajne, co właściwie bardzo dokładnie możemy usku-

teoznić zapomocą zbiorników, gdyż zakład wodny, postawiony na zbiorniku, ozerpie z niego wodę w ilości potrzebnej na pokrycie chwilowego zapotrzebowania siły. Każdy nadmiar wody magazynuje się w zbiorniku i służy do pokrycia max. zapotrzebowania.

3. Zasilanie wodociągów. W pewnych wypadkach budowa zbiorników dla zasilenia wodociągów jest niezbędna. Jeśli np. miasto jakieś stoi na dziale wód i w terenie nieprzepuszczalnym, wówczas tylko zapomocą zbiornika możemy zaopatrzyć miasto w wodę. Lub jeśli mamy bardzo duże miasto, a wód gruntowych mało, nie wystarczają one dla miasta - i w tym wypadku zbiorniki dają wprost nieocenione usługi. Tak np. w New-Yorku do niedawna zużywano 40 m³/sek. wody /teraz więcej/; takiej ilości wody, wody gruntowe ani też żadna rzeka nie jest w stanie dać; prowadzono sobie w ten sposób, że zbudowano cały szereg zbiorników zasilających wodociągi. Przypomnimy tu jeszcze raz tę bardzo ważną zaletę zbiorników, że możemy z nich ozerpać ściśle takie ilości wody, jakie są nam w danej chwili potrzebne. Podobne zaopatrzenie zbiornikowe ma cały szereg innych miast /np. San Francisco/. Nawet w

miastach średniej wielkości budowa zbiorników jest bardzo korzystna. Jeśli mamy np. miasto jakiegoś o 100,000 mieszkańców i każdy mieszkaniec zużywa $0,1 \text{ mtr}^3$. dziennie, czyli całe miasto zużywa $10,000 \text{ mtr}^3$. dziennie i rocznie 3.650.000 mtr^3 .

Powiedzmy, że w danej okolicy mamy 1000 mm. opadu; niech 36,5 % tego opadu odpływa, to znaczy 365 mm. z metra, zatem 1 km^2 . daje odpływu 365.000 m^3 . Zamykając zatem 10 km^2 . możemy otrzymać 3.650.000 m^3 /rok potrzebnych do zaopatrzenia danego miasta w wodę. Sposób taki jest stosunkowo tani.

Mierzając temperaturę wody w różnych jej warstwach, zauważymy, że ze zwiększeniem głębokości, wahania temperatury są coraz mniejsze. W ten sposób możemy otrzymać pewną temperaturę średnią, charakterystyczną dla danej głębokości warstwy wody. Regulując zatem odpowiednio grubość warstwy, możemy uzyskać odpowiednią temperaturę, co przy wodociągach odgrywa bardzo ważną rolę, dla nich bowiem wymagana jest temperatura 8 - 10°C. Jest to jedna bardzo duża korzyść przy zaopatrywaniu tym sposobem wodociągów.

Z drugiej znów strony, jeśli będziemy pobierać wodę ze zbiornika poniżej 3,0 mtr. zwierciadła wody i powyżej 3,0 mtr. od dna, to otrzymamy wodę mechanicznie zupełnie czystą. Jeśli zaś taka woda stoi w zbiorniku parę tygodni, giną nawet bakterje. Zwykle jednak sterelizujemy taką wodę zapomocą ozonu, chloru, promieni i t.p. metod /filtrować jej już nie potrzebujemy, gdyż jest mechanicznie czysta/.

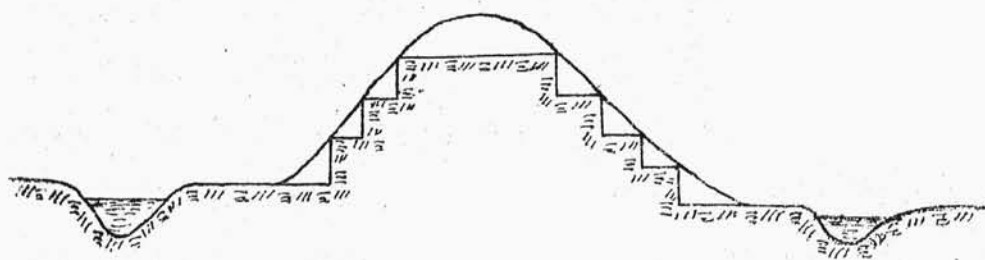
Zbiornik możemy postawić tak wysoko, aby miasto czy też grupę miast zaopatrzyć w wodę grawitacyjnie.

Z tych wszystkich względów zastosowanie zbiorników do celów wodociągowych jest bardzo korzystne.

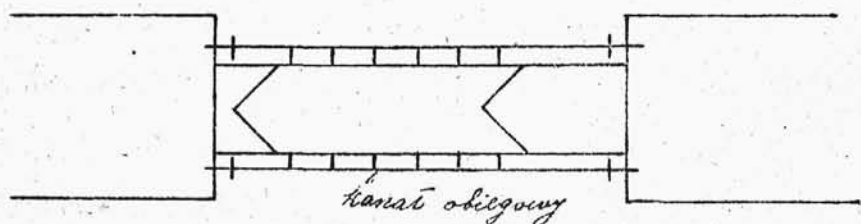
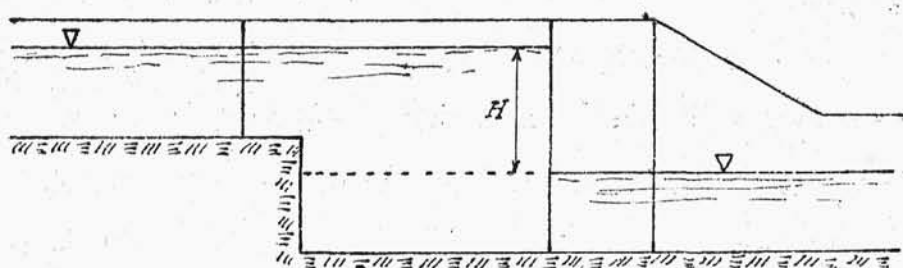
4. Zasilenie kanału żeglugi. Jeśli mamy jakąś rzekę I, na której odbywa się żegluga i drugą rzekę czy kanał II - możemy je z sobą złączyć za pomocą specjalnego kanału.

Kanał taki składa się z całego szeregu słuz komorowych, które urządzone są w sposób *wskazany na ry 320.*

/Uw. Dokładna konstrukcja patrz rys. 437/.



Rys. 319

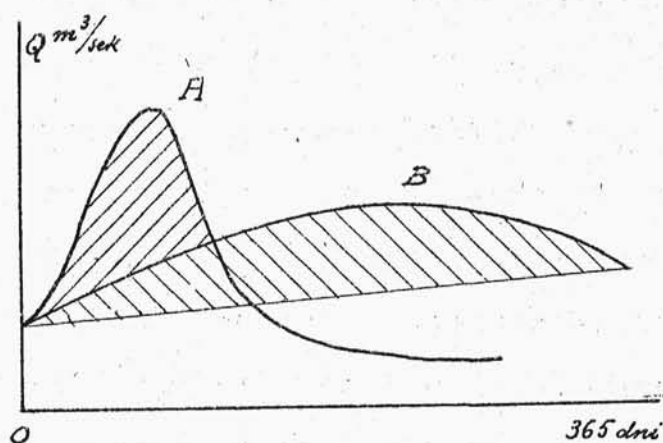


Rys. 320

Dla prześluzowania potrzebna jest zatem ilość wody $a \cdot H$, gdzie a - powierzchnia śluzy. Tak np. w Marna - Saone w miesiącach między majem i listopadem trzeba dodać wody 40.000.000 m³. żeby umożliwić żeglugę. Wody płynące nigdy takiej ilości wody nie byłyby w stanie dać na działo wód i w okresie letnim, t.j. okresie żeglugi.

Pozatem żegluga korzysta bezpośrednio z budowy zbiorników w ten sposób, że podczas niskich stanów wody rzecę dodajemy, w czasie wielkich wód, magazynujemy ją. W ten sposób uzyskujemy:

5. Wyrównanie stanów wody. W ostatnich czasach zaczęto budować specjalne zbiorniki do wyrównywania stanów wody. Tak np. Niemcy w Eder zbudowali zbiornik na Weserze o pojemności 200 milionów mtr³.; podobny zbiornik, lecz o znacznie większej jeszcze pojemności, zbudowano na rzece Missisipi i t.d.



Rys. 321

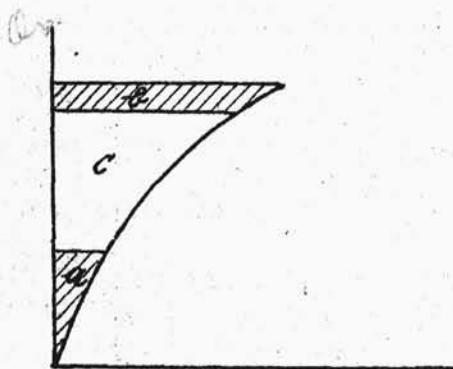
Co się tyczy obniżenia wysokich stanów, to zauważymy, że jeśli na osi odciętych będziemy odkładać czas /dnie/, na

osi rzędnych objętości Q w mtr³/sek. i zrobimy wykres wezbrania, to w górskim biegu otrzymamy krzywą A o wysokiej fali; fala ta jednak posiada tylko niewielkie ilości wód. Natomiast fala nizinna B posiada bardzo znaczne ilości wód. -

Zbiornikiem stosunkowo małej pojemności możemy uchwycić szkodliwą, najwyższą część fali powodziowej w górskim biegu rzeki. W biegu nizinnym, gdzie fala jest płaską i szeroką, zbiornik który miałby powódź obniżyć musiałby otrzymać tak znaczne pojemności, iż praktycznie nie da się to uzyskać.

Ponieważ budowa zbiorników jest bardzo kosztowna, staramy się, by ten sam zbiornik służył jednocześnie do kilku celów. Tak np. ten sam zbiornik może służyć do wyzyskania siły wodnej, zasilku wodociągów i żeglugi, gdyż zadania te bynajmniej się nie wyłączają.

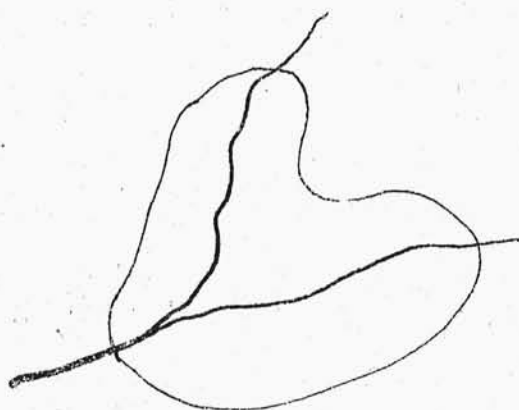
Jeśli na osi y odkładać będziemy pojemność danego zbiornika, to objętość wody będziemy mogli podzielić na kilka części /rys. 322/: dolna część przeznaczona jest na zamulenie, górna część zbiornika na pochwycenie fali powodziowej, środkowa część



Rys. 322

przedstawia objętość wody użytkowej. Przy budowie zbiorników kierujemy się tą zasadą,

żeby przy możliwie najmniejszym spiętrzeniu
pochwycić jaknajwięcej wody, zatem dolina, gdzie
mamy postawić zaporę powinna być możliwie płas-



Rys. 323

ka. Bardzo korzyst-
ne położenie mamy
wówczas np., jeśli
jedną zaporą możemy
zamknąć 2 doliny
/rys. 323/. Co się
tyczy warunków, ja-
kim powinna odpowia-
dać taka dolina, to

przede wszystkim nie może być zamieszkała, prze-
cięta liniami komunikacyjnymi, ze względów zaś
ekonomicznych ziemia powinna być o małej kultu-
rze, wreszcie miejsce, gdzie ma stanąć sama zapo-
ra musi być możliwie wąskie. Pod względem geolo-
gicznym zbiorniki możemy wybudować tylko tam,
gdzie mamy teren nieprzepuszczalny /skała, itp./ -
Najdogodniejsze uwarstwienie jest poziome lub na-
chylone ku zbiornikowi, przyczem cała warstwa po-
winna być jednolita, pochodzić z tego samego okre-
su geologicznego. Nie możemy stawiać zbiornika
tam, gdzie 2 warstwy różnych okresów się stykają.

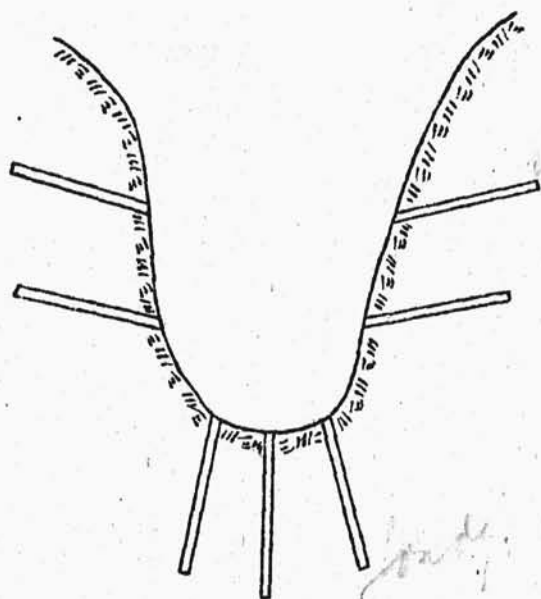
Musimy też zwrócić baczną uwagę, ażeby grunt, gdzie ma stanąć sama zapora, był dostatecznie wytrzymały. - Ze względów ekonomicznych pożądane jest, ażeby materiał, z którego mamy budować zaporę, był na miejscu.

Studja przed budową zbiornika.

Przed przystąpieniem do samej budowy musimy wykonać:

1. studja geologiczne,
2. " terenowe,
3. pomiary przepływu wody,
4. " opadowe.

Studja geologiczne, zmierzają do określenia wszystkich tych warunków, które omówiliśmy w rozdziale poprzednim. Zasadniczo należy, że studja te są bardzo ważne i na mocy nich możemy powiedzieć, czy w danym terenie wogóle można postawić zaporę. Jeśli zapomocą badań stwierdziliśmy, że teren odpowiada wspomnianym warunkom, przeprowadzamy bardziej szczegółowe badania, robiąc t.n.w. sandy, t.j. wykopy, za pomoca których bardzo dokładnie możemy ustalić uwarstwienie terenu. /rys. 324/



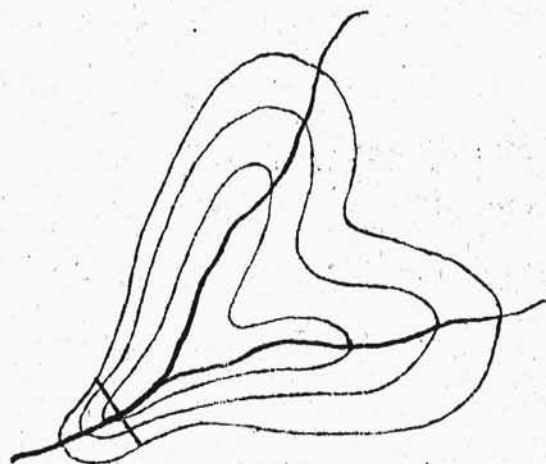
Rys. 324

Pomiary terenowe.

Zdejmujemy zdjęcie sytuacji, a następnie dany teren niwelujemy; zwykle uskuteczniamy to jednocześnie za pomocą tachymetrii. Na podstawie tego zdjęcia rysujemy plan warstwowy w odstępach na ogół co 1,0 mtr;

w miejscu najwęższym, odpowiadającym innym warunkom projektujemy os

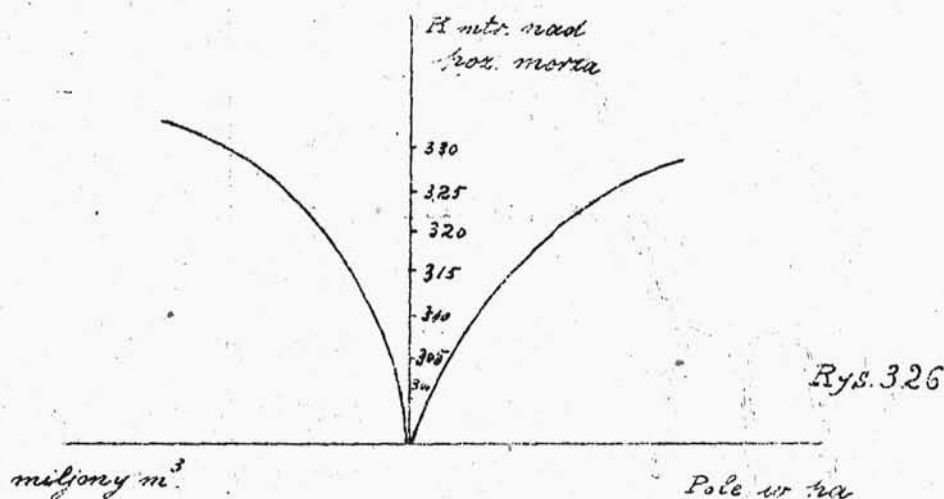
zapory. Odkładając na osi odciętych wielkości salanego pola, zaś na rzędnych wzniesienie wody w metrach nad poziom morza, otrzymamy wykres powierzchni zalanej



Rys. 325

lanej w stosunku do spiętrzenia. O ile zaś na osi odciętych będziemy odkładać objętości wody w milionach mtr³. otrzymamy wykres wyrażający nam zależ-

ność między ilością wody a spiętrzeniem /rys.326/.

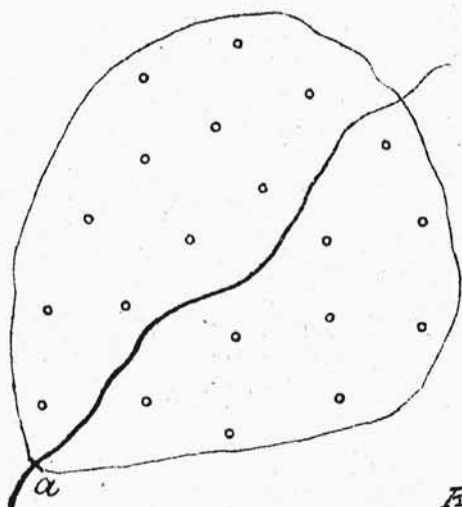


Zwykle staramy się uzyskać przy minimum spiętrzenia maximum objętości wody przy najniższych kosztach, a zatem tak, aby uniknąć wykupu osad ludzkich, przenoszenia linii komunikacyjnych, przebudowy mostów i t.d. Zaznaczyć należy, że istnieje pewna najkorzystniejsza pojemność zbiornika; biorąc następnie pod uwagę warunki terenowe i tylko co wspomniane wykresy - ustalamy poziom piętrzenia.

Pomiary przepływu wody. - Pomiary wydajności rzeki muszą być wykonywane bardzo szczegółowo. - Przy większych rzekach pomiar ten uskuteczniamy za pomocą limnigrafu, a następnie rysujemy krzywą konsumpcyjną; przy mniejszych stosujemy przelew Poncellet'a. Pomiary przytem powinny być wykonywane

możliwie najdłuższy okres *czasu*. Jest zasada, że jak tylko projektujemy jakiś zbiornik, od razu ustawiamy wodowskazy.

Pomiary opadowe. Przypuszczamy, że w punkcie *a* będzie nasza projektowana zapora i obraz dorzecza dla tego miejsca przedstawi się jak na rys. 327. -



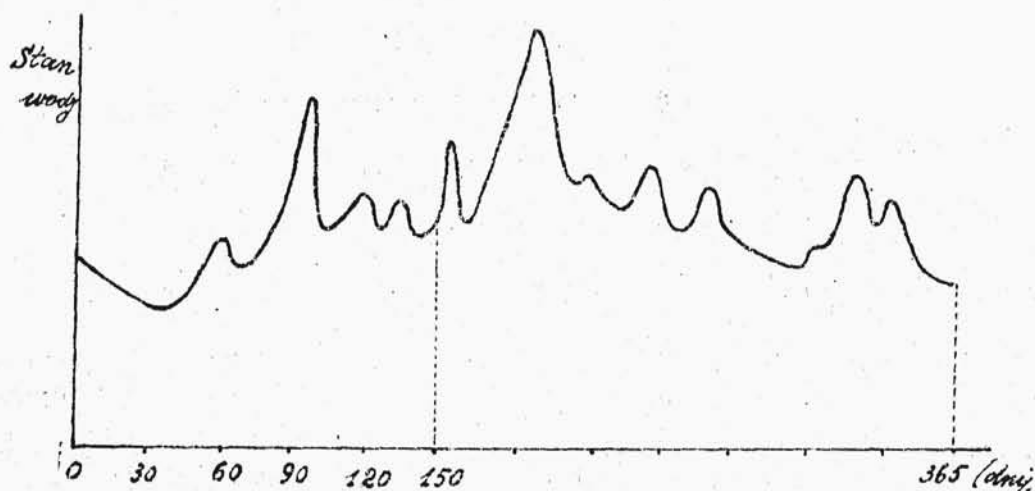
Zakładamy więc cały szereg stacji pomiarowych; stacje te służą nam nie tylko w czasie budowy zbiornika, oddają one też duże usługi

już przy jego eksploatacji w ten sposób, że uprzedzają zbiornik o nadejściu fali wezbrania, na przyjęcie której zbiornik w takim wypadku może się odpowiednio przygotować.

Plan gospodarczy i obliczanie pojemności zbiornika.

Na zasadzie wszystkich tych danych możemy wy-

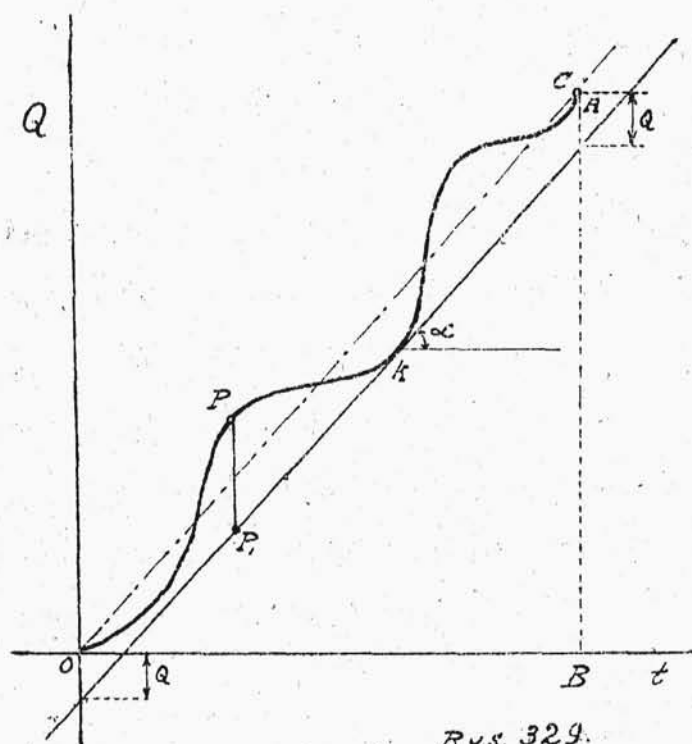
kreślić t.zw. plan gospodarczy.



Rys. 328.

Jeśli dzień po dniu będziemy odcinać ilość przepływającej wody - otrzymamy wykres stanu wody. Jeśli chcemy np. dowiedzieć się, jaką ilością wody rozporządzamy w ciągu pierwszych pięciu miesięcy, w punkcie 150 /dni/ wystawiamy rzędną do przecięcia się z naszą krzywą; pole zawarte między tą rzędną, osiami współrzędnych a daną krzywą, wyraża nam właśnie ilość wody, którą możemy rozporządzać w ciągu tych miesięcy. Krzywa całkowita /rys. 329/ wskazuje nam bezpośrednio dokładną objętość. Jeśli weźmiemy styczną do tej krzywej, to będziemy mogli napisać: $tg L = \frac{dQ}{dt}$

gdzie wyrażenie to oznacza nam elementarny przy-



Rys. 329.

rost obję-
tości. Jeś-
li za ele-
ment czasu
przyjmamy
1 sek. wte-
dy otrzymamy,
że

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dQ}{dt} = Q \frac{m^3}{\text{sek}}$$

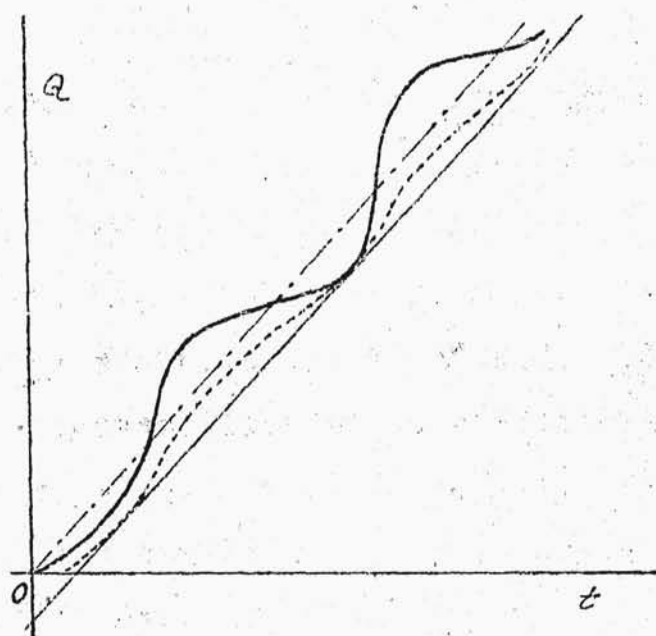
Rzędna $A-B$
przedstawia
nam ilość
wody, która

przepłynęła w ciągu roku / $O-B$ - rok/, zaś prosta
 $O-C$ - średni dopływ roczny. Kreśląc równoległą
do $O-C$ tak, aby była styczną do najniższego
punktu krzywej K , otrzymamy, iż na krzywej su-
mowania dopływu rzędna punktu np. P wyraża nam
całkowitą ilość dopływu do zbiornika, zaś na pros-
tej wyrównanego odpływu punkt P' - gdyby ten prze-
pływ był jednostajny, a zatem rzędna $P-P'$ wyraża
nam ilość wody, jaka powinna być zamagazynowana
w zbiorniku. Zauważymy przytem, że jeśli ta rzęd-

na $P-P$ leży powyżej prostej jednostajnego przepływu OC , to zbiornik musi być przygotowany na przyjęcie takiej ilości wody; jeśli zaś poniżej, zbiornik musi oddać taką ilość wody, by wyregulować stan wody. Jak więc z powyższego wykresu widzimy, żeby zbiornik mógł dać żądane wyrównanie musimy z początkiem gospodarki /punkt 0/ rozpocząć z pewną ilością wody w zbiorniku Q , odpowiadającą przesunięciu prostej wyrównującej. Rok kończymy tą samą pojemnością zbiornika Q .

Jeśli byśmy wykres taki /krzywa całkowita/ wykonali na cały szereg lat i łącząc skrajne punkty znaleźlibyśmy prostą jednostajnego przepływu, otrzymalibyśmy, że pojemność zbiornika powinna być bardzo duża i przekraczałaby nawet całoroczną ilość przepływającej wody. To też takiego rozwiązania prawie nigdy nie stosujemy. Rezygnujemy zwykle z zupełnego wyregulowania, zadawalniamy się mniejszym wyrównaniem /linja przerywana - rys. 330/. Stosując tę metodę z wyliczeń nam wypada, że zbiornik powinien pomieścić od kilku do kilkunastu % całkowitej rocznej wydajności rzeki.

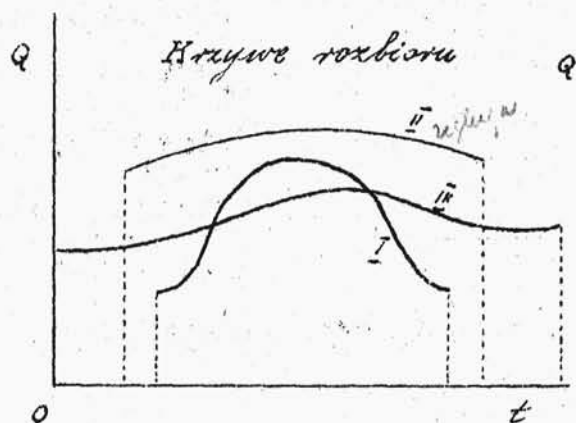
Dla różnych celów gospodarczych potrzebna nam jest różna ilość wody. Jeśli np. weźmiemy pod uwagę



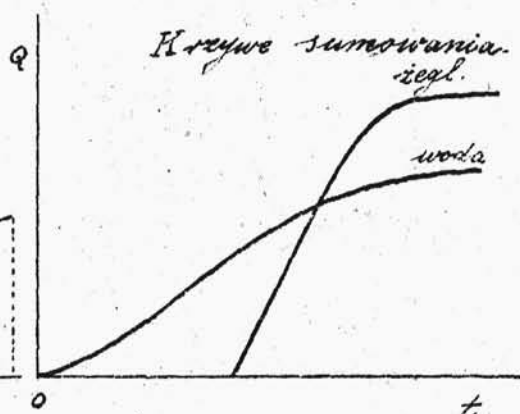
Rys. 330

rok, to dla nawadniania potrzebna jest nam pewna ilość wody, ale tylko w ciągu części roku /krzywa I rys. 331/, dla celów żeglugi inna /krzywa II/, wreszcie dla zasilenia wodociągów jeszcze inne objętości

wody /krzywa III/. Dla każdego z tych celów możemy



Rys. 331

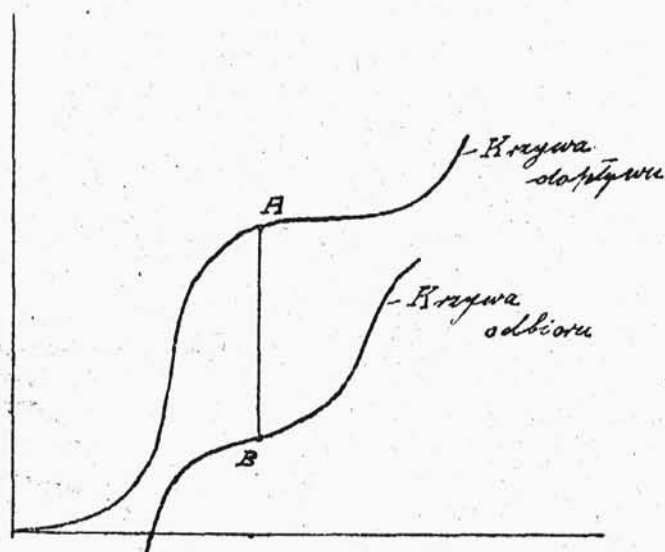


Rys. 332

wykonać krzywe sumowania, z których bezpośrednio możemy odczytać, jaką ilością wody w ciągu określonego czasu musimy rozporządzać dla danego celu

/rys.332/.

Jeśli teraz mamy już krzywą sumowania dopływu wody, to w wykresie gospodarczym krzywe odbioru muszą być dostosowane do celów, jakim mają służyć i naogół muszą mieć rzędne mniejsze od krzywych dopływu /rys.333/. Jeśli zbiornik nasz ma służyć jednocześnie do kilku celów wykonujemy



wykres sumaryczny.
Maximalna różnica rzędnych AB krzywych dopływu i odbioru wody wskazuje jaka ma być największa

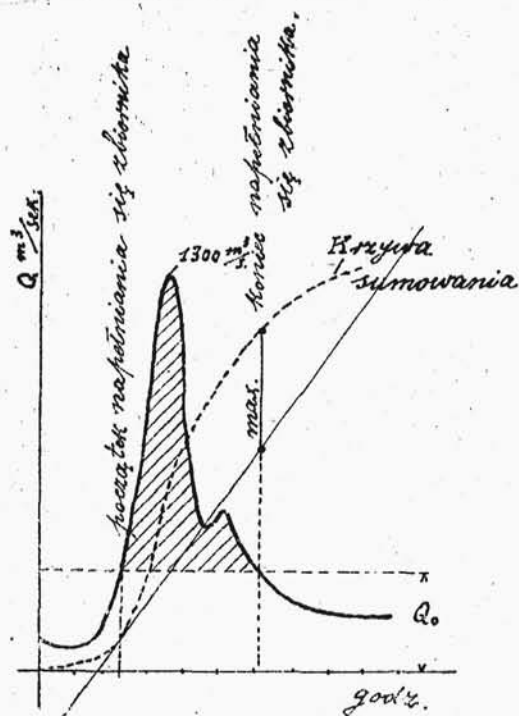
Rys. 333.

pojemność zbiornika.

Wykresy takie robimy za cały szereg lat wstecz, bierzemy okres conajmniej 10-letni, by w tym okresie uwzględnić lata suche i mokre. Na mocy tych

wykresów możemy mieć pewne dane co do stanów wody w przyszłości i określić skrajne granice.

Jednym z zadań zbiorników jest ujęcie fali powodziowej. Jak już wspominaliśmy w rzekach górskich fala jest krótka, lecz wysoka. Tak np. na



Rys. 334.

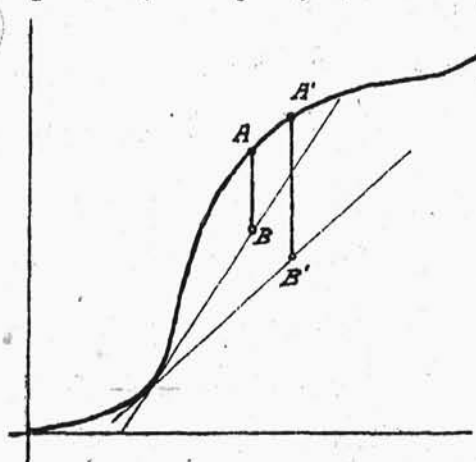
Sole podczas kulminacji fali takiej rzeka płynie do 1300 m³/sek. i w ciągu kilku godzin mija. -

Nadmiar wody, który nie mieści się w brzegach jest wodą powodziową szkodliwą. Woda która się mieści w korycie niech będzie Q_0 . /rys.334/.

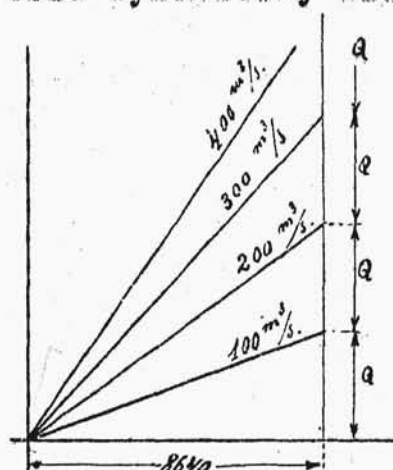
Zatem zbiornik tylko górną tę część fali powinien uchwycić. Np. na tejże Sole w ciągu 10 dni przepłynę wody 166 milj. m³ a w ciągu 30 godzin wezbrania 23 milj. m³. Zatem zbiornik o pojemności 23 milj. m³ w zupełności wystarczy by uniknąć wody powodziowej.

Prościej i jaśniej da się ten wykres wykonać

zapomocą krzywej sumowania. Jeśli wykreślimy sze-



Rys. 335



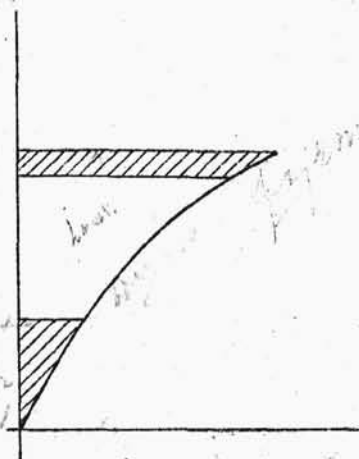
Rys. 336

reg prostych w pewnym nachyleniu, odpowiadającym przepływowi wody $100 \text{ m}^3/\text{sek.}$, $200 \text{ m}^3/\text{sek.}$ i t.d., to prowadząc styczną równoległą do którejś z prostych, np. do prostej charakteryzującej przepływ $400 \text{ m}^3/\text{sek.}$ otrzymamy pewną rzędną AB , charakteryzującą nam wielkość zbiornika dla danego właśnie przepływu.

Zwykle proste te, charakteryzujące przepływ wody /rys.336/, wykonujemy na kalce i kalkę tę nakładamy na krzywą sumowania: wtedy odrazu będziemy mogli określić najdogodniejszy stosunek między max. odpływu wody ze zbiornika, a jego pojemnością.

Ponieważ zbiornik służy zazwyczaj do kilku celów jednocześnie, zatem górną warstwę obliczamy z wykresów tylko co podanych, zaś środkowy zapas

wody na zasadzie wykresów gospodarczych.



Rys. 337

Zauważyć jeszcze musimy, że powodzie mamy zwykle w określonych zgóry terminach, zatem w okresie, w którym nie potrzebujemy się obawiać fali powodziowej część zbiornika, przeznaczoną

na jej uchwycenie, przyłączamy do części użytkowej.

Budowa zbiorników.

Zbiornik powstaje wskutek wybudowania zapory, zamykającej dolinę, czyli grobli. Groble takie bywają:

1. murowane lub betonowe: a/ oporowe,
b/ sklepienia,
2. żelazo-betonowe,
3. ziemne: a/ francuskie,
b/ angielskie,
c/ amerykańskie,
4. z narzutu kamiennego.