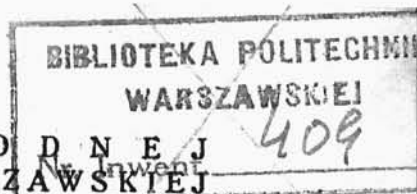


626/627:627.7



K O Ł O I N Ż Y N I E R J I W O D N E J  
S Ł U C H A C Z Ó W P O L I T E C H N I K I W A R S Z A W S K I E J

BUDOWNICTWO WODNE

# ZBIORNIKI I. ZAPORY

CZĘŚĆ I

ZBIORNIKI, ZAPORY CIĘŻKIE.  
ZAPORY WEWNĄTRZ PUSTE.

NA PODSTAWIE WYKŁADÓW I POD REDAKCJĄ  
Prof. D-ra KAROLA POMIANOWSKIEGO

OPRACOWALI  
EUGENJUSZ CHOJNACKI I INŻ. KONSTANTY ŻÓŁCIŃSKI

WARSZAWA — 1934

SKŁAD GŁÓWNY W KOMISJI WYDAWNICZEJ TOW. BRATNIEJ POMOCY  
STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ. WARSZAWA, UL. POLNA 3

1.2.3217



~~2.39~~

~~C. 1039. / I~~



MP.27

BG02P/273-10

## OD WYDAWCÓW.

Rozumiejąc brak w polskiej literaturze technicznej pracy, obejmującej całokształt zagadnień z dziedziny budowy zbiorników i zapór, Koło Inżynierji Wodnej Słuchaczy Politechniki Warszawskiej postanowiło wydać skrypt pod redakcją P.Prof.Dra Karola Pomianowskiego na podstawie wykładów i najnowszych źródeł wskazanych przez Niego.

Oddając niniejszą pracę do rąk Kolegów studjujących i Inżynierów, Koło Inżynierji Wodnej wyraża na tem miejscu serdeczne podziękowanie P.Prof.Drowi K.Pomianowskiemu za podjęcie inicjatywy wydania i za okazaną pomoc przy opracowywaniu niniejszego skryptu. Składamy również podziękowanie kol.E.Chojnackiemu za opracowanie teorii obliczeń zapór i za przygotowanie całości pod względem stylistycznym i układu treści, zaś kol.Senjorowi, inż.K.Zółcińskiemu za opracowanie stenogramu z wykładów.

KOŁO INŻYNIERJI WODNEJ  
SŁUCHACZÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ.



## PRZEDMOWA.

Wydawnictwo niniejsze uzupełnia lukę, jaka istniała dotychczas w dziale podręczników inżynierskich, zwłaszcza w dziedzinie budownictwa wodnego. Skrypt wydany w Warszawie przed kilkunastu laty - wobec rozwoju budowy zbiorników w latach ostatnich - był już przestarzały i niewystarczający. "Zbiorniki i zapory" wydaje Koło Inżynierji Wodnej Słuchaczy Politechniki Warszawskiej w formie skryptu na podstawie wykładów tego przedmiotu w Politechnice Warszawskiej. Forma skryptu została obrana jako mniej kosztowna od książki drukowanej oraz dlatego, że druk książki wymagałby jeszcze znacznie większego przygotowania i rozszerzenia przedmiotu.

Wydawnictwo podaje przedmiot budowy zbiorników i zapór w zakresie zupełnie wystarczającym dla uczącej się młodzieży politechnicznej, zaś dla inżynie-

rów w praktyce przedstawia dostatecznie wyczerpujący skrót przedmiotu i jako taki da im także niewątpliwie pewne pożyteczne wskazówki.

Wydawnictwo obejmuje trzy części: w pierwszej są podane wiadomości o budowie zbiorników oraz obliczenie zapór ciężkich i wewnątrz pustych, w drugiej - obliczenie zapór łukowych, na łukach wielokrotnych i kopulastych, w trzeciej - wiadomości o robotach uzupełniających i dodatkowych, o wykonywaniu zapór, wreszcie podane są wiadomości o groblach ziemnych i z narzutu kamiennego.

Za trud, jaki poniosło Koło przy doprowadzeniu do skutku wydawnictwa, składam jego Zarządowi serdeczne podziękowania.

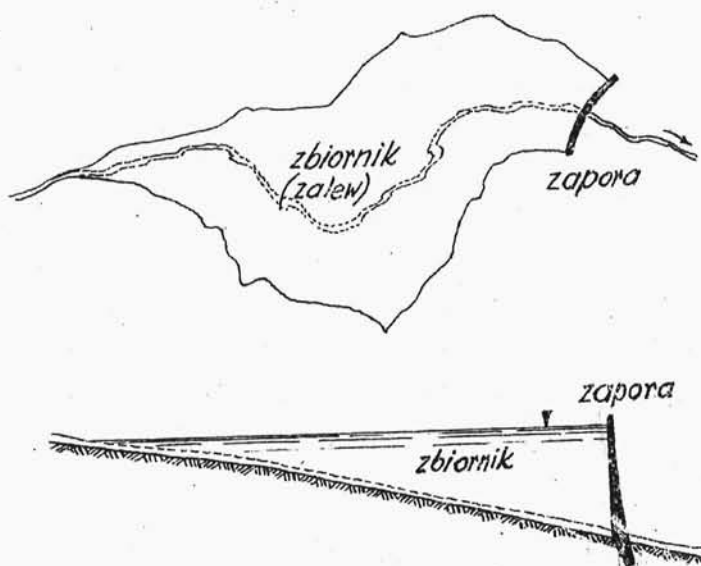
*J. Dąbrowski*  
przew. polif.

Warszawa, w styczniu 1934 r.

# ZBIORNIKI

## WSTĘP.

Zamykając dolinę rzeki zaporą, wywołamy powyżej zapory spiętrzenie wody, spływającej z dorzecza, i na skutek tego utworzenie się sztucznego jeziora, zbiornika wody / rys.1 /.



rys.1.

Woda magazynowana w zbiorniku w ten sposób może być wykorzystana do rozmaitych celów, mianowicie:

1. wytwarzania siły wodnej,
2. zasilania wodociągów,
3. zasilania kanałów i rzek żeglownych,
4. wyrównywania wielkości odpływu wody w rzece,
5. nawadniania.

Wobec dużych kosztów budowy wykonywa się obecnie zbiorniki tak, aby służyły kilku celom jednocześnie.

Pierwsze zbiorniki budowano przeważnie dla celów nawadniania pól / irygacyjne urządzenia przedhistoryczne na Ceylonie, w Indiach Angielskich itd./.

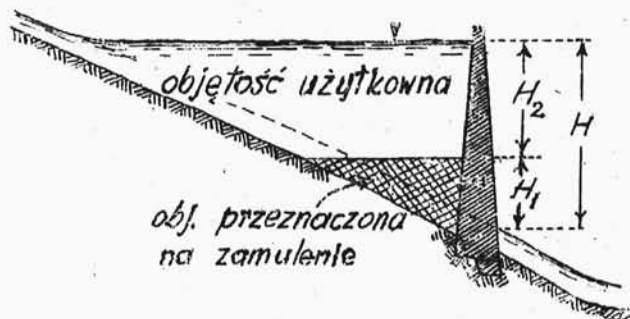
Z zapór budowanych przez Rzymian za czasów Weron - zapory w wąwozach Subiaco zawaliły się dopiero w latach 864, 1052 i 1305.

W Hiszpanji dochowało się dotychczas wiele zapór z czasów maurytańskich. W Ameryce Północnej najstarsza istniejąca zapora /murowana/ znajduje się w Pabellon /Meksyk/; zbudowana była dwieście lat temu, wysokość jej 23,5 m., pojemność zbiornika 1 milion m<sup>3</sup>.



### ZAMULANIE SIĘ ZBIORNIKÓW.

Do zbiornika dopływa wraz z wodą namuł, piasek i rumowisko, które osiada w spokojnej wodzie, podnosząc stale dno. Wskutek tego tylko niecała pojemność zbiornika może być brana w rachubę. Jeśli część zbiornika do wysokości  $H_1$  /rys.2/ przeznaczana się na zamulenie, to wartość użytkowną ma tylko warstwa wody  $H_2$ , leżąca ponad poziomem  $H_1$  i sięgająca do najwyższego poziomu piętrzenia  $H$ .



rys.2.

Zbiornik jest budowlą bardzo kosztowną, więc jego projekt powinien przewidywać możliwie jak największą eksploatację przez zastosowanie odpowiednich urządzeń, mniej lub więcej zapobiegających zamulaniu, oraz przez uwzględnienie odpowiedniej wysokości  $H_1$  tej części zbiornika, która przeznaczona jest na zamulenie.

Zamulanie się zbiorników, gdy w obliczeniach nie jest należycie uwzględnione, jest bardzo niebezpieczne, czego dowodem może być zbiornik w Austin /Texas/, który w ciągu 9 lat swego funkcjonowania stracił 83% swej pojemności. Objętość tego zbiornika spadła w tym czasie z 41,3 milj. m<sup>3</sup> pierwotnej /obliczeniowej/ pojemności do 6,68 milj. m<sup>3</sup> .

Okres normalnej pracy zbiornika powinien trwać kilkadziesiąt lat /zwykle 80....100 lat/ .

Środki przeciwdziałające zamulaniu się zbiorników są rozmaite, zależnie od warunków miejscowych. Przede wszystkim pomaga tu zabudowanie potoków górskich, uregulowanie rzek i zalesienie nagich stoków dolin w dorzeczu zamkniętem zaporą. Wogóle poczynić należy wszystko celem zapobieżenia albo ograniczenia ruchu rumowiska. Często powyżej właściwego zbiornika buduje się drugi, mniejszy, przeznaczony specjalnie na zamulenie.

W wyjątkowych warunkach znajdują się zbiorniki na Nilu, w Egipcie, oraz pewne zbiorniki w Indjach. Tam bowiem pierwszą falę powodziową, najbardziej brudną i niosącą najwięcej namułu, przepuszcza się przez otwory umieszczone w poziomie dna i dopiero czystą wodę z końca fali wezbrania zatrzymuje się

w zbiorniku. Ten wyjątkowy system gospodarki wodnej da się stosować jedynie w tych odrębnych warunkach hydrologicznych, gdzie wezbrania następują w ściśle określonym czasie.

Chcąc obliczyć tę część pojemności zbiornika, którą przeznaczyć trzeba na zamulenie, można posłużyć się wzorem Wilhelma /szczególnie nadającym się do rzek górskich/ :

$$q = 523 \cdot Q \cdot J \quad m^3 \quad \text{rumowiska rocznie,}$$

gdzie  $q$  - objętość toczonego żwiru, piasku i namułu w ciągu roku  $/m^3/$ ,

$Q$  - przeciętna objętość przepływu wody w rzece  $/m^3/\text{sek.}/$ ,

$J$  - wyrównany spadek rzeki w promillach.

Tak więc rzeka, prowadząca  $Q = 92 \text{ m}^3/\text{sek}$  wody, o spadku  $J = 4,1 \text{ ‰}$ , nanosić będzie do zbiornika

$$q = 523 \cdot 92 \cdot 4,1 \approx 197\,000 \text{ m}^3 \text{ rumow./rok}$$

Do tej ilości dodać trzeba zawiesiny /które w zbiorniku osadzą się/ w ilości przynajmniej równej  $q$ . Zatem w danym przykładzie należy przewidywać, że około  $400\,000 \text{ m}^3$  namułu /łącznie z zawiesinami/ rocznie osadzać się będzie w zbiorniku. Jeśli przyjąć 80 - letni okres amortyzacji, to ogólna pojemność zbiornika, przeznaczona na zamulenie, wynie-

sie 32 000 000 m<sup>3</sup> .

Rodan wprowadza rocznie 4,2 milj. m<sup>3</sup> namoku do jez.Genewskiego, a ponieważ jezioro to ma pojemność 89 000 milj. m<sup>3</sup> , więc będzie ono całkowicie zamulone po upływie 21 000 lat, następnie po upływie dalszych 21 000 lat utworzy się na zasypanej przestrzeni spadek 2 % nowego koryta rzeki.

#### PRZEZNACZENIE ZBIORNIKÓW.

##### Wyzyskanie siły wodnych .

Z reguły na każdym zbiorniku wyzyskujemy siłę wodną do wytworzenia energii elektrycznej. Użytkowna ilość wody, znajdująca się w danej chwili w zbiorniku /rys.3/, przedstawia zapas pracy:

$$\frac{Q \cdot H \cdot 2}{1000} = E \text{ kW.}$$

(gdzie  $Q$  jest wyrażone w m<sup>3</sup>,  $H$  w m.), którą woda może wykonać w dowolnej porze/ we wzorze powyższym uwzględnione są już wszelkie straty/ .

Rozpatrując wykresy zapotrzebowania energii elektrycznej na pewnej sieci przeniesienia, przekonamy się, że zapotrzebowanie to zmienia się w ciągu dnia /rys.4/, w ciągu tygodnia /rys.5/ i w cią-