

*Instytut Geotechniki i Budownictwa Drogowego*

WYDZIAŁ NAUK TECHNICZNYCH  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

*Budowle hydrotechniczne*

**Wykład 5**

⇒ **Zbiorniki zaporowe**

*dr inż. Ireneusz Dyka – pok. 3.34 [ul. Heweliusza 4]*

*<http://pracownicy.uwm.edu.pl/i.dyka>*

*e-mail: [i.dyka@uwm.edu.pl](mailto:i.dyka@uwm.edu.pl)*

## *Zbiornik zaporowy*

*- zbiornik antropogeniczny, utworzony przez spiętrzenie wód rzecznych zaporą, wybudowaną zazwyczaj w miejscu zwężenia doliny rzeki.*



## *Zbiorniki sztuczne*

*... rzadziej zdarza się, aby zbiornik powstał bez budowy obiektu piętrzącego wody rzeki (Al – Habbanijjah, Ar-Razzaza i As-Sarsar w Iraku oraz Karun w Egipcie), powstałe przez zatopienie obniżenia terenu wodą doprowadzoną kanałem.*



# Rys historyczny

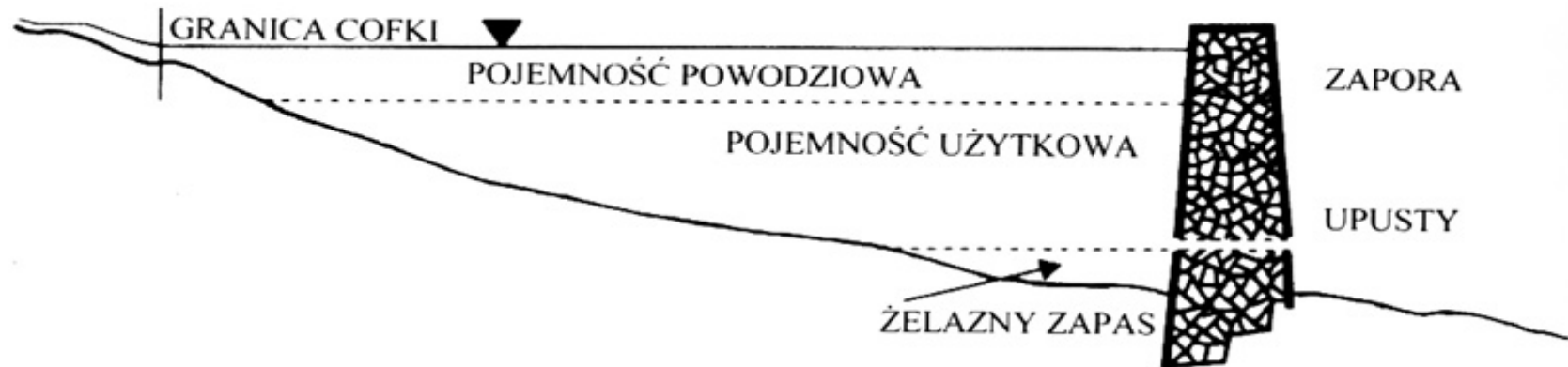
- ✓ *Egipt, Babilonia - najstarszy zbiornik zaopatrujący w wodę powstał w Memfis*
- ✓ *Najstarszy funkcjonujący zbiornik-znajduje się w Syrii na rzece Orontes - powstał w 1310 p.n.e.*
- ✓ *do 1949 r. na świecie wybudowano około 5000 wielkich zapór, a pod koniec XX w. było ich już ponad 45 tys. w 140 państwach.*
- ✓ *Polska-XX w .- powstaje kilka zbiorników zaporowych na rzece Kamiennej i in. z inicjatywy Stanisława Staszica dla potrzeb Staropolskiego Okręgu Przemysłowego.*
- ✓ *Większość sztucznych jezior Polski znajduje się na rzekach sudeckich, karpackich i rzekach pojezierzy. Najstarsze z nich zostały wybudowane na przełomie XIX i XX w. (np. Mylof na Brdzie w 1897 roku, Pilchowice na Bobrze w 1912 roku). Po II wojnie światowej uruchomiono już tylko 20 dużych zbiorników retencyjnych.*

# Charakterystyka zbiornika zaporowego

Parametry charakteryzujące zbiorniki zaporowe:

- ✓ pojemność (całkowita, użytkowa, a w niej wyrównawcza, czyli eksploatacyjna oraz powodziowa (rezerwa) przeznaczona jedynie do czasowego magazynowania wody);
- ✓ powierzchnia zbiornika i powierzchnia zlewni;
- ✓ wysokość podpiętrzenia;
- ✓ długość, szerokość i głębokość
- ✓ szybkość wymiany wody.

# Elementy charakterystyki zbiornika zaporowego



# Klasyfikacja zbiorników zaporowych ze względu na:

## I. Wielokrotność wymiany wody:

- przepływowe(reolimniczne)-woda wymienia się częściej niż 10 razy w roku.
- mało przepływowe - limniczne

## II. Roczne wahania poziomu wody ( $W_{WZ}$ - wskaźnik wahań zwierciadła wody, $=H_{maks}/A_{sr}$ )

$W_{WZ}$	Podział zbiorników wodnych	Przykłady zbiorników
$1,0 \leq W_{WZ} \leq 2,0$	Zbiorniki o wyjątkowo dużych wahaniami	Sromowce Wyżne
$2,1 \leq W_{WZ} \leq 4,0$	Zbiorniki o bardzo dużych wahaniami	Turawa
$4,1 \leq W_{WZ} \leq 6,0$	Zbiorniki o dużych wahaniami	Solina
$6,1 \leq W_{WZ} \leq 8,0$	Zbiorniki o średnich wahaniami	Włocławek
$8,1 \leq W_{WZ} \leq 10,0$	Zbiorniki o małych wahaniami	Rożnów
$10,1 \leq W_{WZ} \leq 12,0$	Zbiorniki o bardzo małych wahaniami	Siemianówka
$W_{WZ} > 12,1$	Zbiorniki o znikomym wahaniami	Czechowice

### III. Usytuowanie i charakter :

- **górskie** - są odpowiednikiem górskich jezior naturalnych;
- **przełściowe** charakteryzują się gwałtownym spadkiem brzegów, dość szybkim prądem, są zwykle chłodne lub umiarkowanie chłodne, niewielkie, a jeśli o większej powierzchni - to głębokie;
- **nizinne** - są zwykle szersze od poprzednich, o niższych, łagodnie opadających brzegach i słabym prądzie wody. Są one zwykle umiarkowanie ciepłe. (takimi mogą być też płytsze zbiorniki przełściowe), zwykle do 10 m głębokości, lub ciepłe.



# Funkcje zbiorników zaporowych

- ❖ gromadzenie wód na potrzeby ludności i przemysłu,
- ❖ wykorzystanie energii wodnej (hydroenergetyka),
- ❖ ochrona przed powodziami lub utrzymanie żeglowności rzeki poprzez zmniejszenie nieregularności przepływów wody,
- ❖ wykorzystanie w celach irygacyjnych,
- ❖ rozwój turystyki, rekreacji i sportu.

# Zaopatrzenie w wodę

- Według Raportu Światowej Komisji Zapor Wodnych wiele zbiorników wodnych zostało zbudowanych w celu zapewnienia wody dla rosnących potrzeb komunalnych i przemysłowych, a około 12% wielkich zapór na świecie traktuje się jako zapory, których głównym zadaniem jest zaopatrywanie w wodę.
- W przybliżeniu 1/3 wielkich aglomeracji miejskich na świecie wykorzystuje wody zgromadzone w zbiornikach zaporowych. Do takich miast należą m.in. Nowy Jork, Boston, San Paulo, Moskwa, Teheran.

# Zbiornik Goczałkowicki

**Zbiornik Goczałkowicki** (tzw. **Jezioro Goczałkowickie**) – sztuczny zbiornik wodny położony na terenie gminy Goczałkowice-Zdrój (województwo śląskie), utworzony na Wiśle w 1956 r. Został zalany w miejscowości Zarzecze.

Zajmuje powierzchnię 3200 ha, ma pojemność 168 mln m<sup>3</sup>.

Jest to zbiornik retencyjny zaopatrujący w wodę pitną większą część Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Pełni także inne funkcje, jak: przeciwpowodziową, technologiczną oraz wodociągową.

Wjazd na teren akwenu jest zabroniony. Nie można tam także uprawiać żadnych sportów wodnych, co zupełnie ogranicza potencjał wypoczynkowo-rekreacyjny zbiornika. Okolice zbiornika są miejscem lęgowym wielu gatunków ptaków.

# Zbiornik Goczałkowicki



# ***Energetyka wodna***

L.p.	Hydroelektrownia	Rzeka	Państwo	Moc [MW]	Rok uruchomienia
1	Trzy Przelomy	Jangcy	Chiny	18200	2011
2	Itaipu	Parana	Brazylia, Paragwaj	12600	1982
3	Guri	Caroni	Wenezuela	10300	1986
4	Tucuri	Tocantins	Brazylia	8370	1984
5	Grand Coulee	Kolumbia	USA	6809	1942
6	Sajańska	Jenisej	Rosja	6400	1989



**Zapora Itaipu na rzece Parana  
(Paragwaj/Brazylia),  
wysokość 225 m, typu betonowego  
–filarowa (1982)**

# Zapora Trzech Przełomów, Chiny



## Wiadomości ogólne

- Zbudowana na rzece Jangcy w centralnej prowincji Chin – Hube
- Rozpoczęcie budowy w 1993 r., a zakończenie 2006 r.
- Koszt przedsięwzięcia waha się w granicach 25-77 mld dolarów amerykańskich
- Największa elektrownia wodna na świecie



# Dane techniczne

- Długość zapory: 2309 m
- Wysokość zapory: 185 m
- Średnia szerokość: 1,2 km
- Tama piętrzy wodę do: 175m
- Długość sztucznego zbiornika powstałego w wyniku budowy tamy: **630 km**
- Głębokość sztucznego zbiornika: 75m (do 130 m)
- Powierzchnia sztucznego zbiornika: 60 tys. ha
- Łączna ilość zmagazynowanej w akwenu wody: 39,3 biliony litrów (39,3 mld m<sup>3</sup>)
- Wydajność 102,5 tys. m<sup>3</sup> wody na sekundę
- Sekcja przelewu spływowego - 483 m długości
- Docelowo elektrownia wodna wyposażona jest w 26 zestawów turbin, każda z nich o mocy 700 MW i o wadze 400 ton



Cel  
budowy

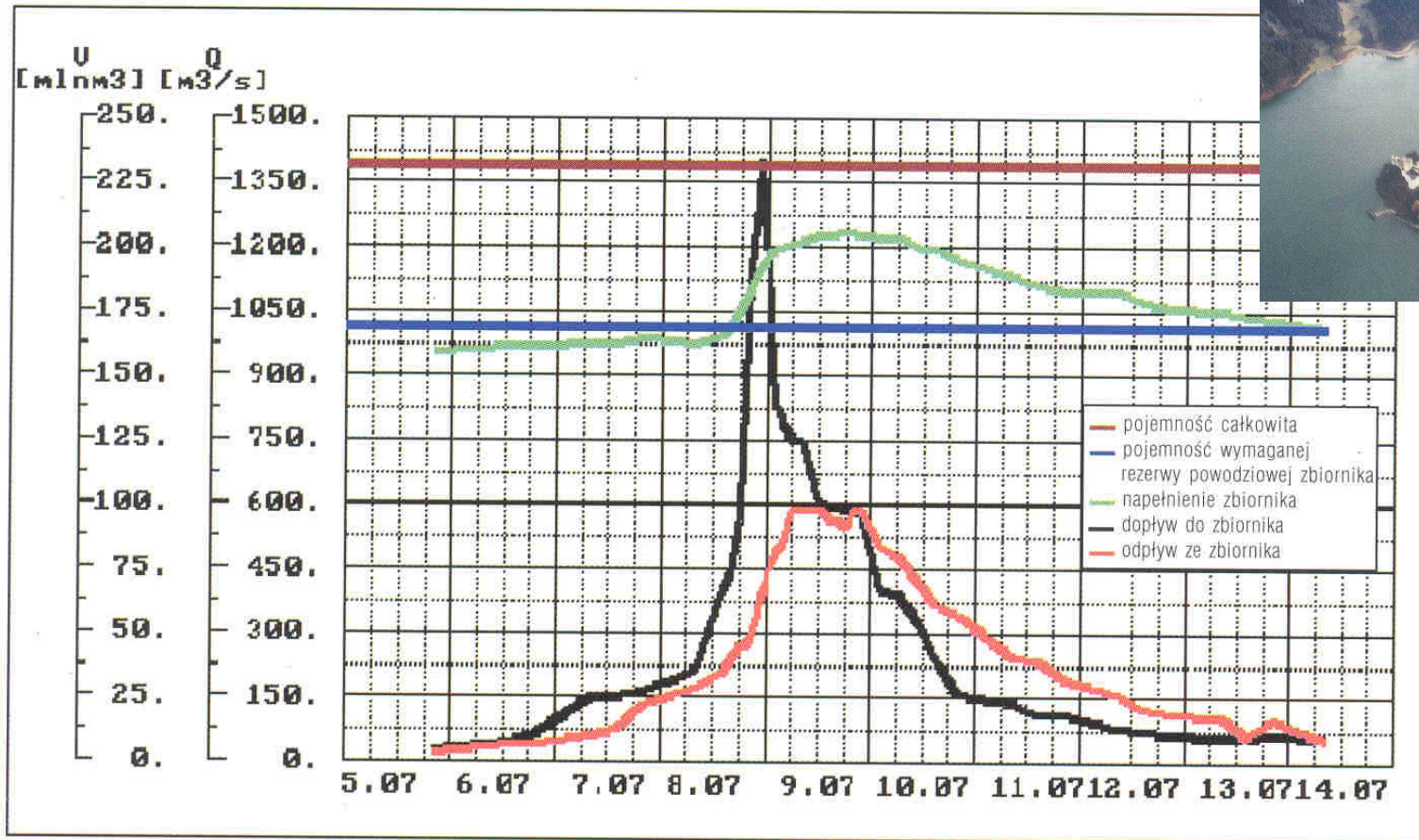
Opanowanie  
powodzi

Zapotrzebowanie  
na energię

# Konsekwencje budowy zapory

- Wysokość poniesionych kosztów
- Zatopienie części dobytku kulturowego
- Zalanie 60 tys. ha gruntów wzdłuż brzegów
- Przesiedlenie ok. 1,5 mln ludzi
- Budowa tysięcy nowych domów
- Wyginie prawdopodobnie 50 rzadkich gatunków flory i fauny
- Ochrona przeciwpowodziowa

# Funkcje zaporowych zbiorników retencyjnych: ochrona przeciwpowodziowa



Rys. 3.7. Gospodarka powodziowa na zbiorniku Czorsztyn

**Zbiornik zaporowy w Czorsztynie - redukcja fali wezbraniowej w lipcu 1997 roku**

# Zbiornik Nasera



Zbiornik Nasera-sztuczny zbiornik zaporowy powstały w wyniku przegrodzenia Nilu Wysoką Tamą Asuańską w 1960r.

Jest to jedno z największych sztucznych jezior świata: jego powierzchnia wynosi 5250 km<sup>2</sup>, długość 510 km, pojemność całkowita 157 km<sup>3</sup>, a głębokość sięga 180 m.

Jego utworzenie pozwoliło uregulować bieg Nilu, zapobiegać powodziom, rozwinąć żeglugę i rybołówstwo oraz produkcję energii elektrycznej. Jednocześnie jednak jego utworzenie spowodowało ewakuację ludności z tych terenów, pola rolników przestały być używane w naturalny sposób.

## *Funkcje zaporowych zbiorników retencyjnych:*

### **nawodnienia**

- Według Raportu Światowej Komisji Wielkich Zapór rolnictwo na terenach nawadnianych dostarcza około 40% produkcji rolnej (w tym 16% terenów jest nawadnianych dzięki zaporom), a największa część wody słodkiej na świecie pobierana jest do celów nawadniania.
- Krajami, w których zbiorniki zaporowe służą wyłącznie lub w stopniu dominującym nawadnianiu są m.in.: Egipt, Algieria, Sri Lanka, Kuba, Pakistan, Syria, Maroko.

## *Funkcje zaporowych zbiorników retencyjnych:*

### **żegluga śródlądowa**

- Jednym z najlepszych sposobów poprawy żeglowności rzek okazało się budowanie zapór i spiętrzanie wód rzecznych.
- Zbiorniki zaporowe pomagają utrzymać ciągłość żeglugi w okresach niskich stanów wód oraz gwarantują bezpieczną głębokość nurtu w przypadku istnienia na dnie przeszkód takich, jak np.: progi i mielizny.
- Aby przegradzająca rzekę zaporą nie stała się przeszkodą dla statków, wyposaża się ją w urządzenia umożliwiające ich swobodny przepływ, np.: śluzy i podnośnie.

# *Funkcje zaporowych zbiorników retencyjnych:*

żegluga śródlądowa



## *Funkcje zaporowych zbiorników retencyjnych:*

- *turystyka i rekreacja,*
- *rybactwo,*
- *zasilanie warstw wodonośnych,*
- *eksploatacja złóż kruszywa za pomocą sprzętu pływającego,*
- *splaw drewna,*
- *funkcje przeciwpożarowe,*
- *funkcje militarne lub obronne.*

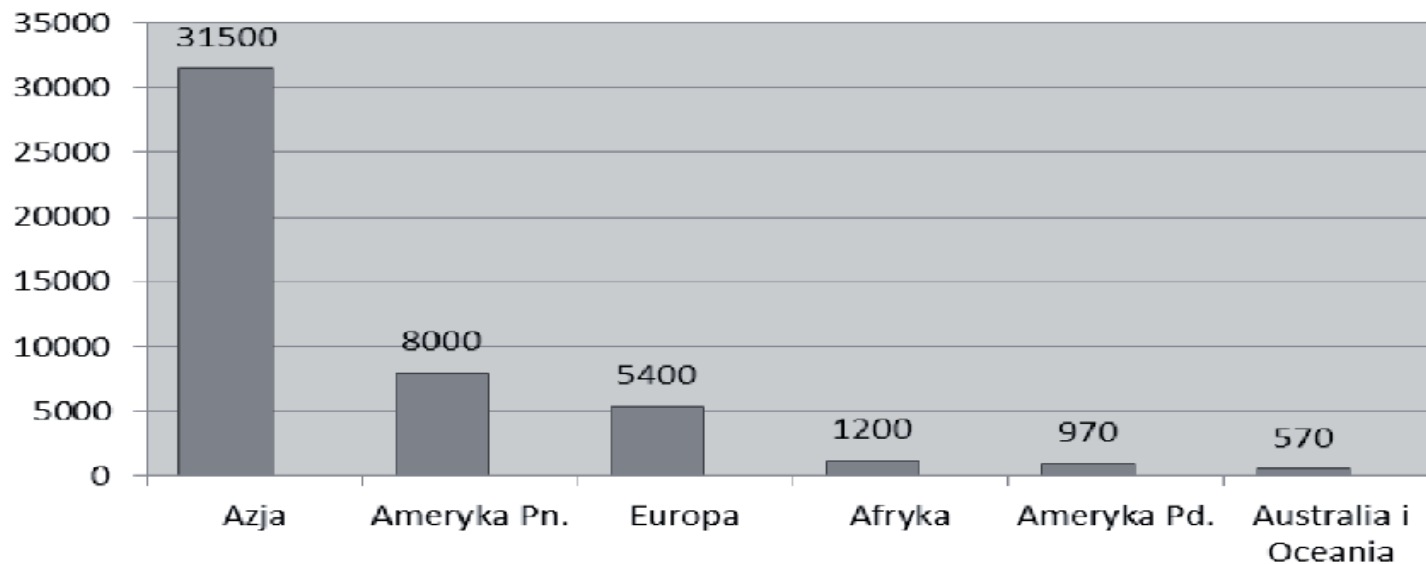


# ***Rozmieszczenie zbiorników zaporowych na świecie***

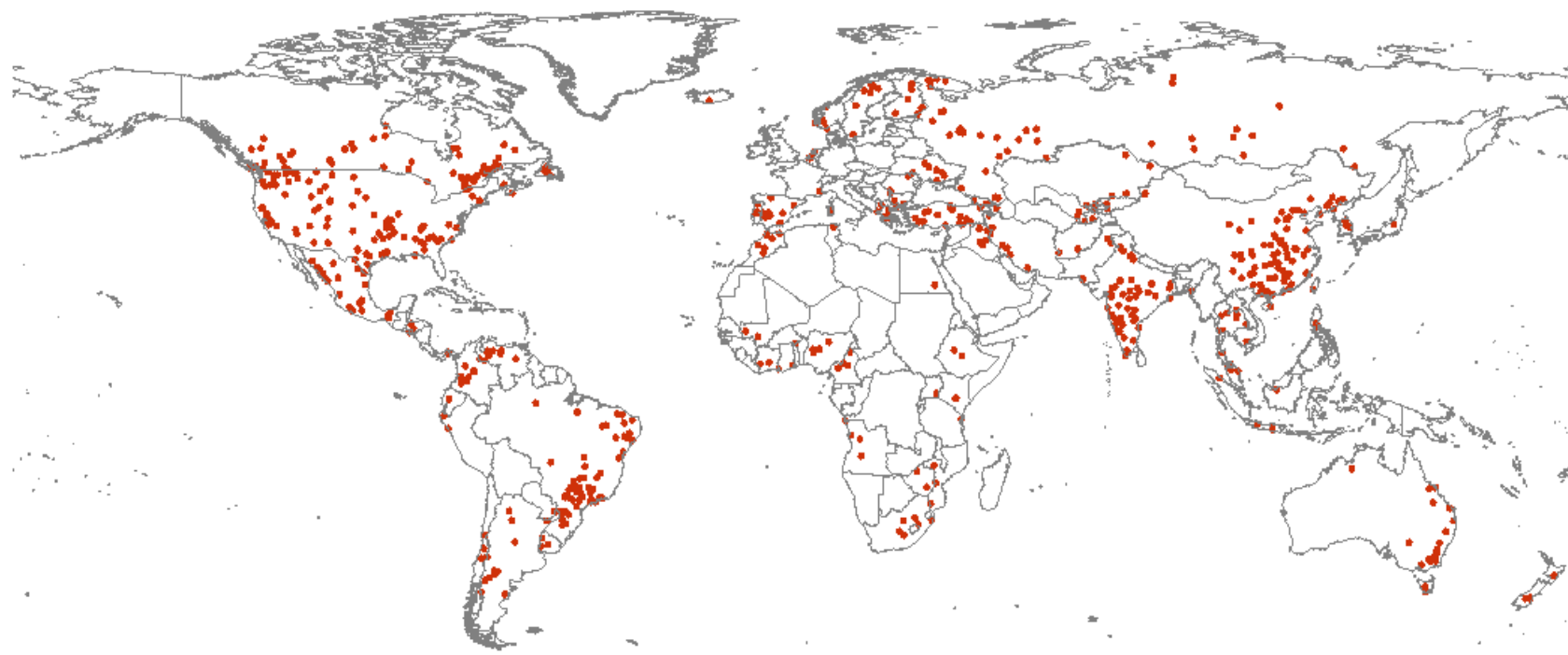
## ***Światowy Rejestr Zapór (World Register of Dams)***

- rejestr prowadzony przez Międzynarodową Komisję Wielkich Zapór (International Commission on Large Dams – ICOLD).

- **Chiny (ok. 22000),**
- **Stany Zjednoczone (6575),**
- **Indie (4291),**
- **Japonia (2675),**
- **Hiszpania (1196)**



Legend  
 □ countryborders  
 ● Dams and Reservoirs



# ***Rozmieszczenie zbiorników zaporowych na świecie***

# Największe sztuczne zbiorniki na świecie

Zbiornik	Rzeka	Państwo	Pojemność [km <sup>3</sup> ]	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Rok uruchomienia
Kariba	Zambezi	Zambia	181,6	5 960	1959
Bracki	Angara	Rosja	169,3	5 860	1964
Nasera	Nil	Egipt	168,9	5 126	1970
Akosombo	Wolta	Ghana	148,0	4 856	1965
Daniel Johnson	Manicouagan	Kanada	141,8	4 654	1968
Guri	Caroni	Wenezuela	136,0	4 462	1986
Williston Bennet	Peace	Kanada	108,0	1 650	1968
Krasnojarski	Jenisej	Rosja	73,3	2 150	1971
Zejski	Zeja	Rosja	68,4	2 740	1975
Cabora Bassa	Zambezi	Mozambik	64,8	2 850	1976
Sanmenxia	Huang-he	Chiny	64,0	2 350	1979
Smalwood	Churchill	Kanada	61,7	2 280	1980
Le Grande	Le Grande	Kanada	61,2	2 025	1982
Chapeton Poti	Parana	Argentyna	60,6	1 760	1989
Ust-Ilimski	Angara	Rosja	59,3	1 945	1980
Kujbyszewski	Wołga	Rosja	57,8	1 905	1955
Caniapiscau	Caniapiscau	Kanada	57,5	2 177	1981
Zajsan	Irtysz	Kazachstan	53,1	1 820	1966
Wainganga	Wainganga	Indie	50,7	1 663	1987
Trzech Przełomów	Jangcy	Chiny	39,3	1 045	2006

# ***Wielka Tama Asuańska***

*Za czasów faraonów było tak, że co roku wylewające wody Nilu nanosiły żyzne osady.*

*Wzbogacone w ten sposób gleby pozwalały na rozwój rolnictwa wzdłuż i w delcie rzeki.*

*Wiązało się to również z powodziami nawiedzającymi nadrzeczne tereny i utrudniającymi życie mieszkającym tam ludziom.*

*Trzeba było coś z tą niedogodnością zrobić...*

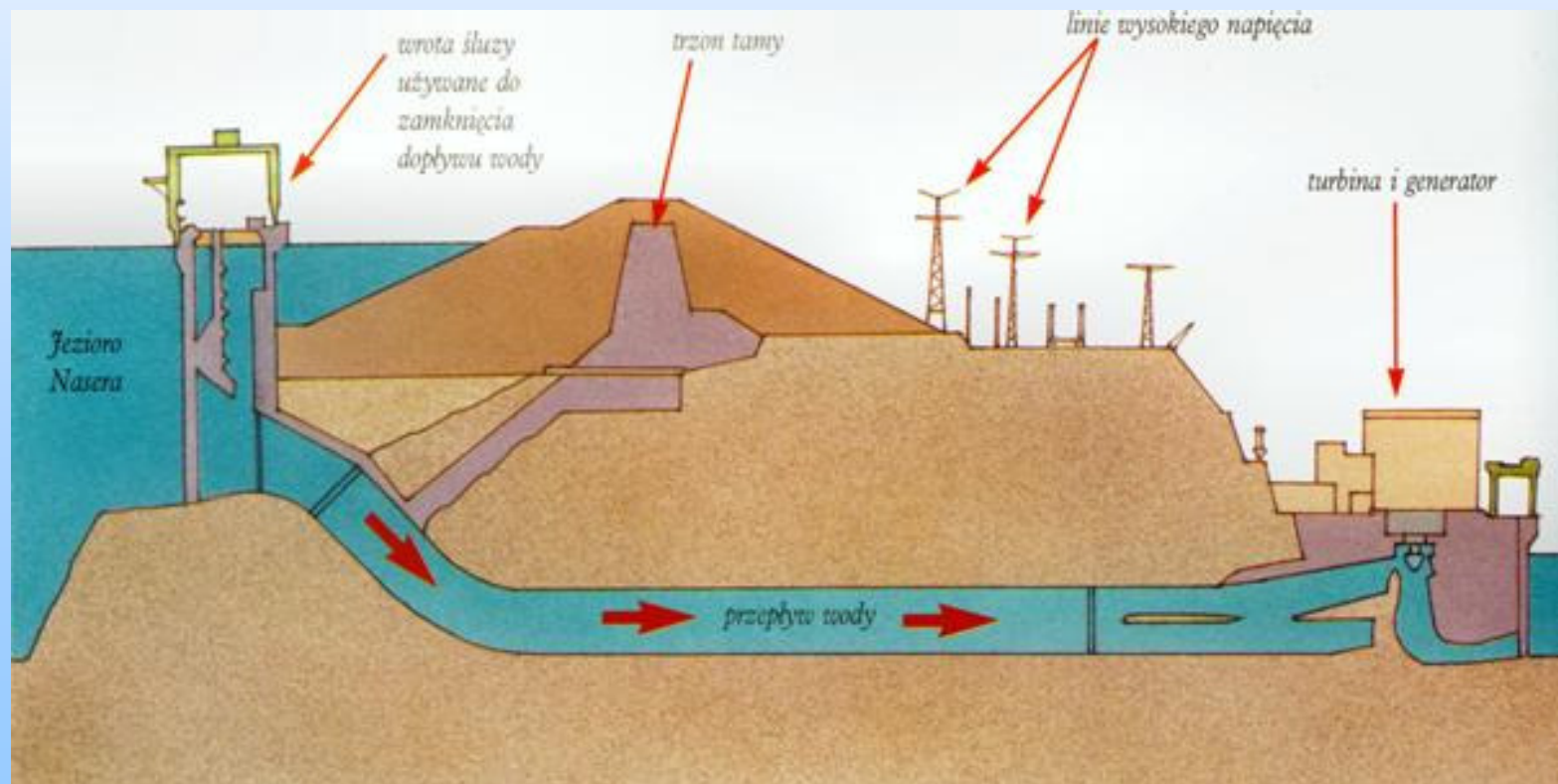
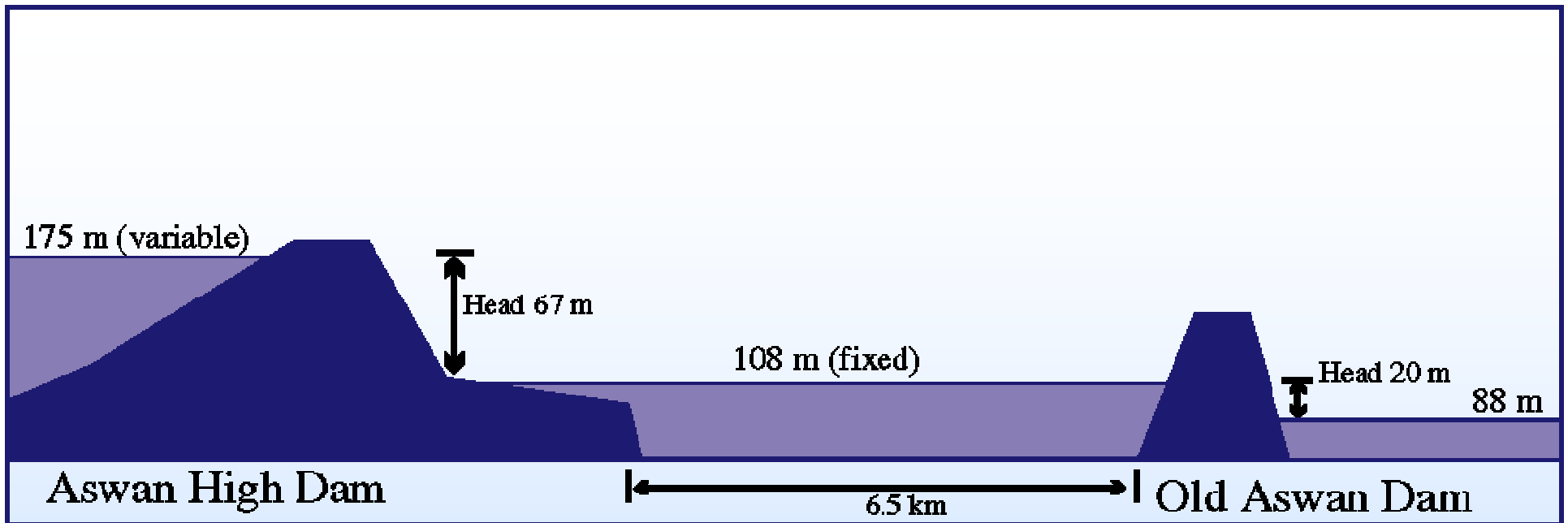
Tamę Asuańską, zwaną obecnie Starą, skonstruowali Brytyjczycy niedaleko Asuanu. Była to wówczas największa na świecie murowana zapora z podporami, pomiędzy którymi znajdowały się śluzy. Przepuszczano przez nie wodę niosącą żyzne osady.



- Stara Tama Asuańska okazała się dawać niewystarczającą ochronę przeciwpowodziową.
- W dodatku w 1946 r. woda niemalże przelała się przez zaporę, co skłoniło władze Egiptu do rozważenia budowy nowej, większej tamy zamiast podwyższania istniejącej po raz kolejny.
- Konstrukcję Wielkiej Tamy Asuańskiej zaczęto planować po rewolucji Nasera w 1952 r., a same prace trwały w latach 1960-1970.

# ***Wielka Tama Asuańska***









- Długość zapory wynosi 3 830 metrów
- *Wysokość 111 metrów*
- *Szerokość przy podstawie wynosi 980 metrów, a u szczytu – 40 m*
- *Do jej budowy zużyto 43 miliony metrów sześciennych materiału*
- *Maksymalna przepustowość wynosi 11 000 metrów sześciennych na sekundę*



# PROBLEMY PODCZAS BUDOWY

W czasie budowy tamy pojawił się też problem ochrony dziedzictwa starożytnego Egiptu. Już w latach 50. archeologowie zaczęli podnosić alarm, że budowa tamy grozić będzie zalaniem ważnych zabytków.

W 1960 r. rozpoczęło się ich ratowanie, przesunięto m.in. Świątynię w Abu Simbel. Spiętrzenie wód sprawiło także, że wyspa File, na której znajdowała się świątynia Izydy, przez 9 miesięcy w roku jest zalana.

W 1970 r. rozpoczęto przenoszenie świątyni na pobliską wyspę Agilkia, a prace zakończono dziesięć lat później.

Wysoka Tama umożliwiła regulację poziomu wody na Nilu oraz zapanowanie nad kapryśnymi wylewami rzeki.

Konstrukcja przyczyniła się do znacznego zwiększenia powierzchni ziemi uprawnej w Egipcie. Umożliwiła także rozwój rybołówstwa w obrębie Jeziora Namera

Oprócz spodziewanych korzyści przyniosła także duże problemy. Jednym z nich jest zmiana klimatu w południowym Egipcie, która spowodowała znaczny wzrost opadów deszczu.

# CIEKAWOSTKA

Z materiału użytego do budowy Wielkiej Tamy można by było zbudować 17 piramid Cheopsa. Ale gdyby tama pękła, to cały Egipt, włącznie z piramidami i Sfinksem, spłynęłyby do Morza Śródziemnego 😊

# Zbiornik Wolta

**Zbiornik Wolta** jest największym sztucznym zbiornikiem na świecie położonym w Ghanie na powierzchni prawie 8502 km<sup>2</sup>.

Zapora spiętrza wody rzek Białej Wolty i Czarnej Wolty, które dawniej zbiegały się, tworząc rzekę Wolta, obecnie mierzoną od zapory do Oceanu Atlantyckiego.

Jezioro Wolta zostało utworzone w roku 1965 po zbudowaniu zapory Akosombo. Z powodu ukształtowania jeziora, 78.000 ludzi zostało przesiedlonych do nowych okręgów.

Na tamie zbudowano elektrownię wodną produkującą elektryczność dla wielu państw.

Na zachodnim brzegu jeziora położony jest park narodowy Digya.

# Negatywny wpływ zbiorników zaporowych

## **Niekorzystnymi zjawiskami, wywołanymi spiętrzeniem rzeki oraz utworzeniem jeziora zaporowego, są:**

- ✧ podniesienie się zwierciadła wód gruntowych w jego otoczeniu;
- ✧ wywieranie mniej lub bardziej wyraźnego wpływu na klimat miejscowy;
- ✧ rozwój fitoplanktonu, a także zakrzewianie się roślinności wodnej i bagiennej, która zarasta strefy brzegowe i obszar wokół końca cofki, gdzie zachodzą okresowe wahania poziomu wody i następuje odsłanianie dna. Należy podkreślić, że rozwój flory brzegowej i bagiennej pociąga za sobą rozmnażanie owadów błotnych, w szczególności komarów, będących roznosicielami malarii;
- ✧ zatopienie dolin rzeki, gdzie bardzo często koncentrują się uprawy, pociąga za sobą wyłączenie ich z użytkowania rolniczego;
- ✧ konieczność przesiedlenia ludności, która zamieszkiwała tereny doliny zamienionej w jezioro;
- ✧ likwidacja dróg biegnących doliną rzeki, która uległa spiętrzeniu. W miejsce likwidowanej drogi konieczna jest budowa nowych połączeń;
- ✧ utrata lub zagrożenie zabytków architektonicznych i historycznych.

## Największe sztuczne zbiorniki w Polsce

Zbiornik	Rzeka	Rok uruchomienia	Całkowita pojemność mln m <sup>3</sup>
Solina	San	1968	472
Włocławek	Wisła	1970	408
Jeziorsko	Warta	1990	202,8
Rożnowski	Dunajec	1941	193
Goczałkowicki	Wisła	1956	168
Dobczycki	Raba	1986	127

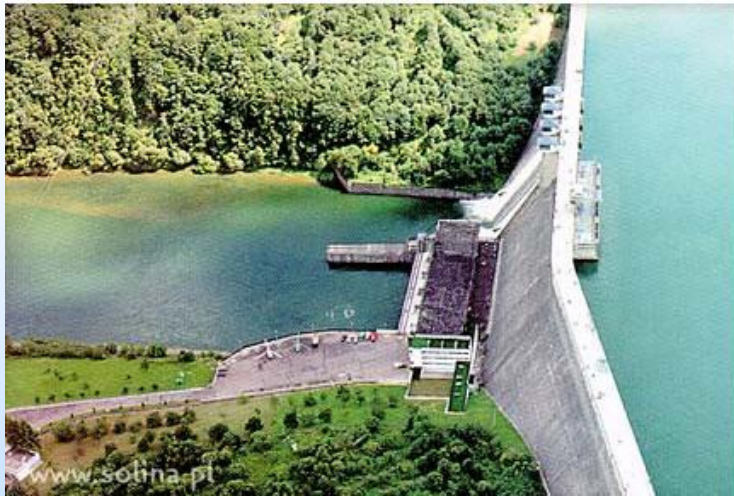


# Zbiornik Soliński(Solina)

**Zbiornik Soliński** (tzw. **Jezioro Solińskie**) – jezioro zaporowe (zbiornik retencyjny) położone w województwie podkarpackim w pobliżu miejscowości Solina. Dawna wieś Solina znajduje się na dnie obecnego jeziora. Zostało ono tworzone w 1968 roku poprzez spiętrzenie wód Sanu i Solinki przez zaporę, która ma 81,8 m wysokości (najwyższa w Polsce) i 664 m długości.

Maksymalna głębokość zbiornika to 60 m przy zaporze. Poniżej zapory znajduje się elektrownia wodna o mocy 200 MW. W wodach tego jeziora występuje duża różnorodność gatunków ryb, głównie sandacze oraz okonie, ale również duże okazy boleni, leszczy i płoci. Na całym jeziorze obowiązuje strefa ciszy (zakaz używania silników spalinowych). Jego szczególną cechą (w porównaniu z akwenami nizinnymi) spowodowaną wpływem wysokich brzegów jest zmienność i nieprzewidywalność wiatru. Jezioro ma bardzo rozwiniętą linię brzegową (ok. 166 km przy średnim stanie wody), z licznie występującymi zatoczkami – ujściami strumieni.

# Zbiornik Soliński



# Zbiornik Włocławski

**Zbiornik Włocławski** (tzw. **Jeziro Włocławskie**) - sztuczny zalew na środkowej Wiśle powstały w 1970 r. ze spiętrzenia wód na zaporze wodnej we Włocławku. Rozciąga się w górę rzeki aż do Płocka. Zbiornik Włocławski jest największym pod względem powierzchni sztucznym zbiornikiem w Polsce.

Zbiornik cechuje się kształtem jeziora rynnowego o długości 58 km i średniej szerokości 1,2 km.

Zbiornik pełni trzy zasadnicze funkcje:

- **retencyjna** - w okresie wezbrań wody na Wiśle zbiornik zatrzymuje w dużej części falę powodziową;
- **energetyczna** - na tamie we Włocławku znajduje się Elektrownia Wodna Włocławek;
- **turystyczna** - nad Jeziorem Włocławskim rozwinęły się następujące ośrodki turystyczne: *Zarzeczewo, Wistka Królewska, Soczewka,*

# Zbiornik Włocławski



# Zbiornik Jeziorsko

**Zbiornik Jeziorsko**, zbiornik retencyjny na Warcie, największy akwen w regionie łódzkim, liczy sobie 42,3 km<sup>2</sup> powierzchni i 202,8 mln m<sup>3</sup> pojemności.

Zbiornik wybudowano w celu regulacji przepływów rzeki i nawadniania użytków rolnych, ponadto spełnia funkcje rekreacyjne i energetyczne. Zapora czołowa zbiornika została wykorzystana do wytwarzania energii w elektrowni wodnej o charakterze przepływowym o mocy 4,89 MW.

# Zbiornik Jeziorsko



## **Zbiornik Rożnowski(Jezioro Rożnowskie)**

– sztuczny zbiornik wodny w województwie małopolskim, powstały w wyniku spiętrzenia rzeki Dunajec, w celu wybudowania Elektrowni Rożnów.

Jezioro Rożnowskie, zarysem przypominające nieregularne "S", liczy od 18 do 20 km długości. . Głębokość zbiornika zmienia się również w zależności od stanu wody - koło zapory wynosi około 30 m, ale w południowej części przy niskich stanach wody tworzą się płycizny i muliska.

Nieregularny kształt jeziora uwarunkowany jest morfologią doliny Dunajca. Silnie rozwiniętą linię brzegową cechują liczne półwyspy oraz zatoczki znajdujące się u ujścia potoków wpadających do Dunajca. Począwszy od zapory jezioro tworzy zakole o szerokości około 500 m.

# Zbiornik Rożnowski

Podstawowe funkcje zbiornika:

- **przeciwpowodziowa** (polega na wyrównaniu przepływów i ochronie dna dolin przed powodzią, zmniejszenie fali powodziowej Dunajca i Wisły),
- **energetyczna** (wykorzystanie wody do produkcji energii elektrycznej oraz regulowanie dobowych wahań przepływów, wywołanych pracą elektrowni Rożnow),
- **zaopatrzenia w wodę,**
- **rekreacyjna i turystyczna.**



# Zbiornik Rożnowski

