



Małe elektrownie wodne

Spis treści

- Wprowadzenie
- Techniczne zasady działania elektrowni wodnych (MEW)
- Techniczne aspekty wpływające na przepływy środków pieniężnych w przypadku małych elektrowni wodnych
- Ekonomia małych elektrowni wodnych
- Główne obszary ryzyka związanego z MEW

Wprowadzenie

- Energetyka wodna stanowi najważniejsze źródło energii, ponieważ nie wytwarza:
 - ✓ dwutlenku węgla,
 - ✓ dwutlenku siarki,
 - ✓ tlenków azotu ani też innych rodzajów emisji do powietrza
 - ✓ odpadów stałych lub ciekłych
- Siłownie wodne wykorzystują *naturalny lub sztuczny spadek rzeki*.

Mała elektrownia
wodna:
< 5 MW

Główne cechy małych elektrowni wodnych (MEW)

- ✓ Przydatność w sytuacji zdecentralizowanego zapotrzebowania na niewielkie ilości energii i na terenach niepodłączonych do sieci.
- ✓ Stanowią własność prywatną, spółdzielczą lub wspólnotową.
- ✓ Krótki okres realizacji, znaczny wpływ na jakość życia na terenach wiejskich
- ✓ Elastyczność w przystosowaniu się do szybkich zmian obciążenia
- ✓ Długotrwała i bezpieczna inwestycja



Techniczne zasady funkcjonowania

✓ Podstawowa technologia MEW

Produkcja elektryczności z energii wody = Proces konwersji energii
w którym

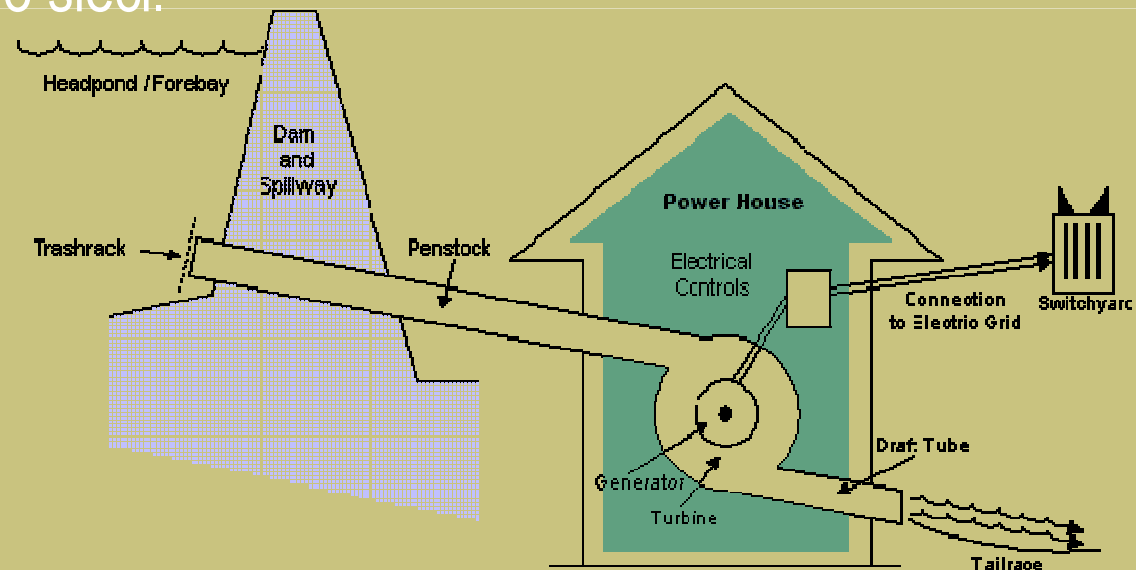
woda jest wydajnym nośnikiem
służącym do przekazywania i
przekształcania energii
przepływu wskutek potencjału
grawitacyjnego, na energię
mechaniczną
i
elektryczną



➤ **Do głównych elementów MEW należą:**

- **Zbiornik** - służy do magazynowania dostępnej energii potencjalnej.
- **System przenoszący** - który zawiera wlot oraz obieg przenoszący, w którym dostępna energia jest przekształcana na energię kinetyczną.
- **Turbina hydrauliczna** - czyli część instalacji, w której energia wody zostaje przekształcona w energię mechaniczną.
- **Podłączenie do sieci energetycznej** - energia elektryczna jest kierowana i przesyłana przyłączem do sieci.

Schemat małej siłowni wodnej



➤ Równanie mocy

$$\text{Moc} = \eta \rho g Q H$$

gdzie:

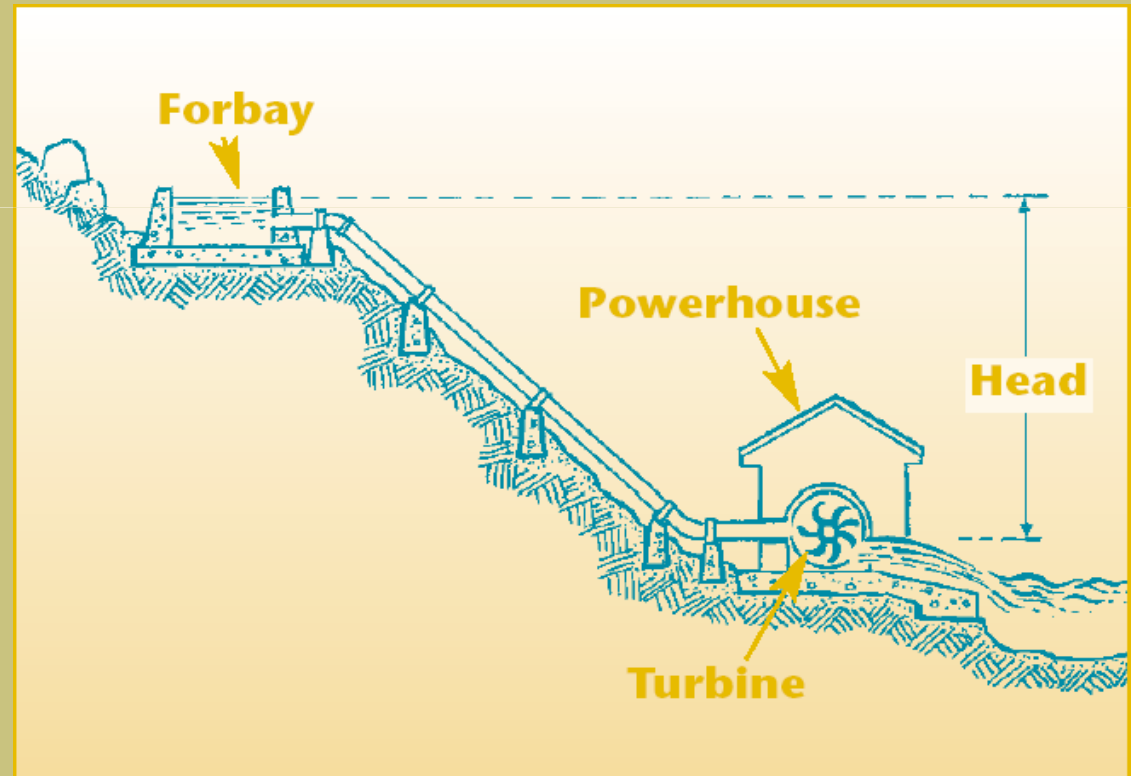
- η to sprawność „uzyskiwana z energii wody” – *na ogół (70-80% dla małej siłowni)*
- ρ to gęstość wody (1000kg/m³)
- g to przyspieszenie ziemskie (9,81m/s²)
- Q to przepływ (m³/s)
- H to różnica poziomów netto (m) (*m. in. obejmuje straty wskutek różnicy poziomów*)

➤ Definicja „różnicy poziomów”

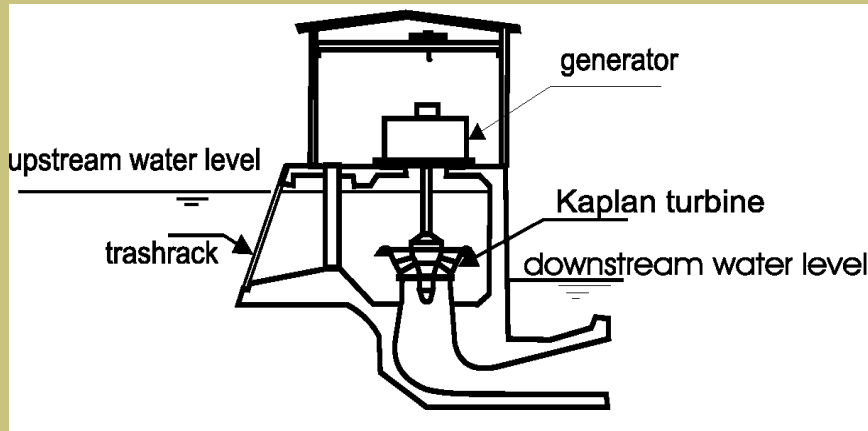
Różnica poziomów to

“wysokość H , z której spada rzeka”

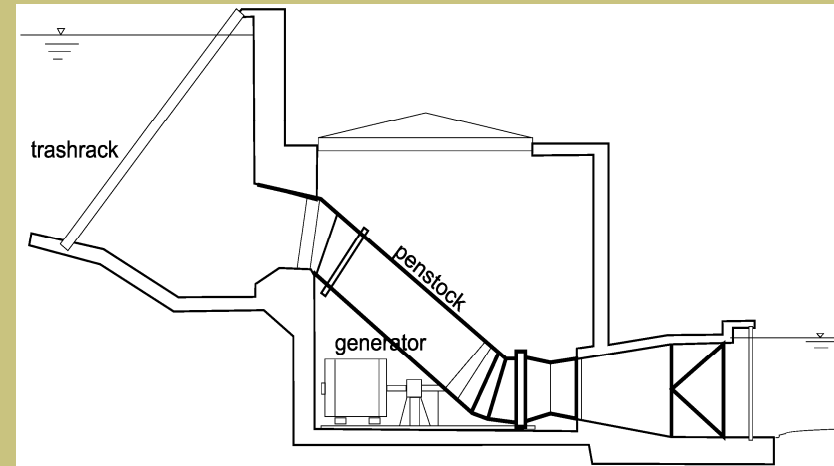
**“Wysokość”
determinuje
użyteczny potencjał
energii w danym
miejscu**



➤ Klasyfikacja MEW

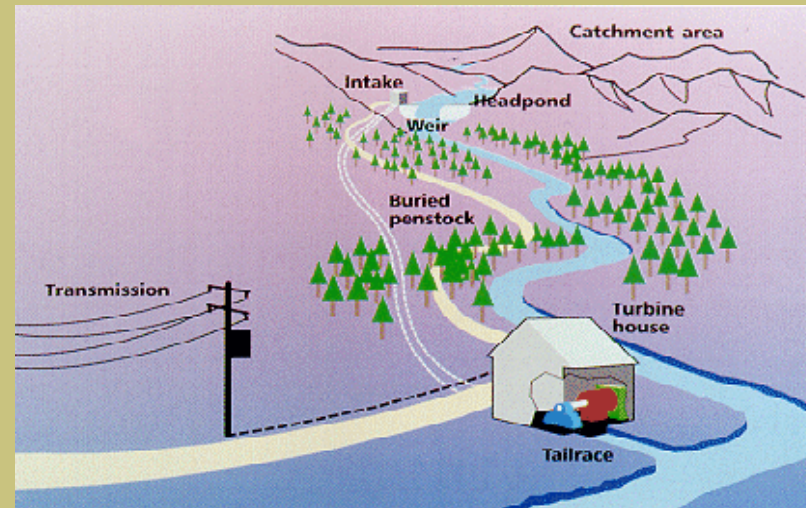


Niskospadowe MEW z tamą, wlewem i budynkiem siłowni



Niskospadowe MEW z jazem zmieniającym kierunek przepływu i krótkim rurociągiem zasilającym

Wysokospadowa mała elektrownia wodna



✓ *Główne elementy MEW*

➤ **Główne elementy techniczne małej siłowni wodnej**

- *Zapora zmieniająca kierunek przepływu lub jaz:*
zmieniają kierunek przepływu, kierują wodę do kanału, tunelu, rurociągu zasilającego lub wlotu turbiny.
- *Kanały do przepływu wody, obejmują zwykle:*
 - ✓ wlot, w którym znajduje się filtr wychytujący śmieci, zastawka i wejście do kanału, rurociągu zasilającego lub bezpośrednio do turbiny, zależnie od rodzaju instalacji .
 - ✓ kanał, tunel i/lub rurociąg, którym woda przepływa do hydrosiłowni w instalacji, w przypadku gdy hydrosiłownia znajduje się w pewnej odległości poniżej wlotu .
 - ✓ wlot i odprowadzenia z turbiny
- *budynek siłowni:*
mieści także turbinę lub turbiny oraz większość elementów mechanicznych i elektrycznych.

➤ Urządzenia elektryczne i mechaniczne małej elektrowni wodnej

Główne elektryczne i mechaniczne elementy MEW to:

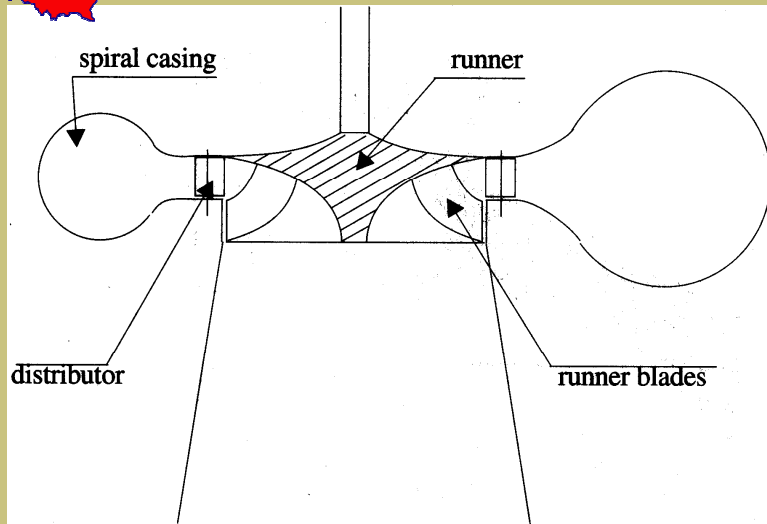
✓ Generatorzy:

generatory *synchroniczne*, które mogą pracować samodzielnie, oraz generatory *indukcyjne* (lub generatory *asynchroniczne*), które muszą współpracować z innymi generatorami

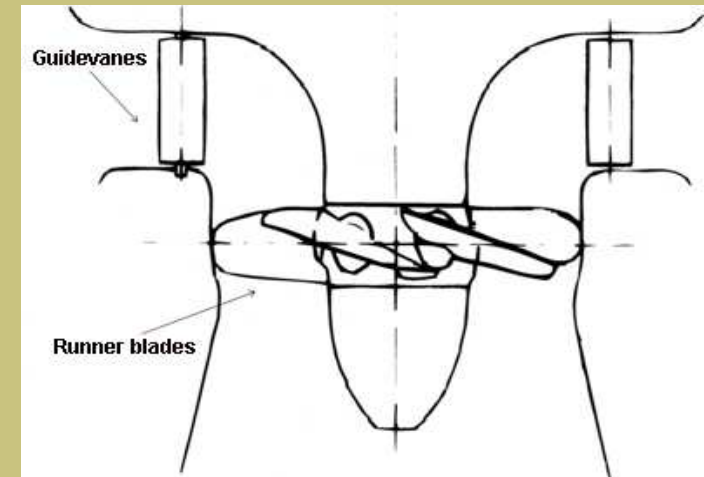
✓ Turbiny:

Klasyfikacja typów turbin

Typ turbiny	Ciśnienie różnicy (m)		
	Wysoka (150...2000 m)	Średnia (50...150 m)	Niska (3...50 m)
<i>Akcyjna</i>	Peltona Turgo	Banki Turgo	Banki
<i>Reakcyjna</i>	-	Francisa	Wirnikowa Kaplana

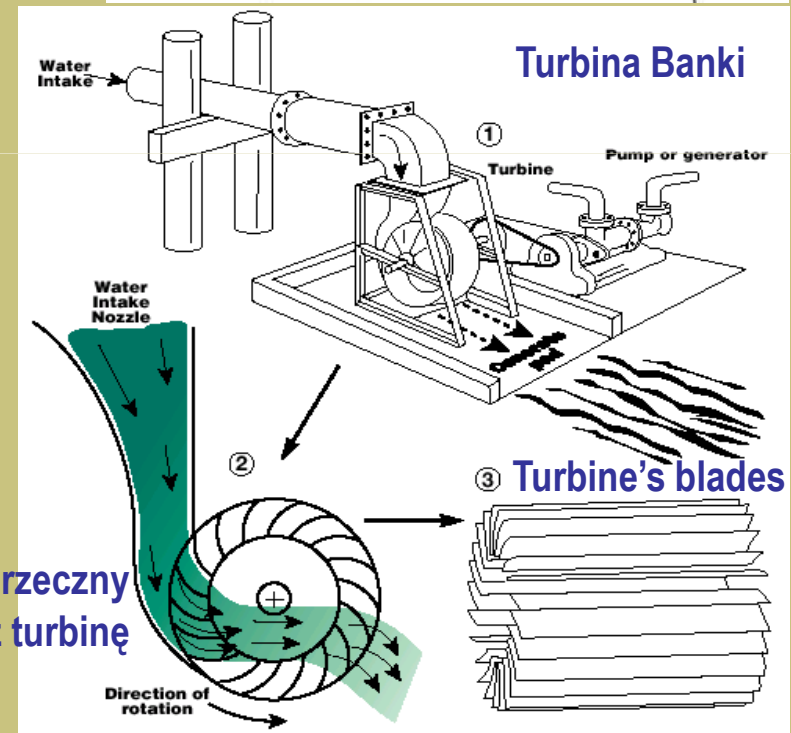
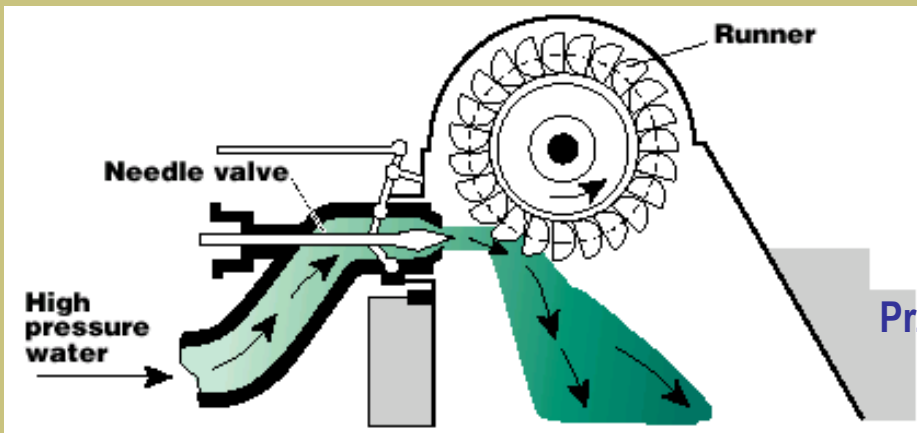


Wodna turbina Francisa



Wodna turbina Kaplana

Pionowa turbina Peltona

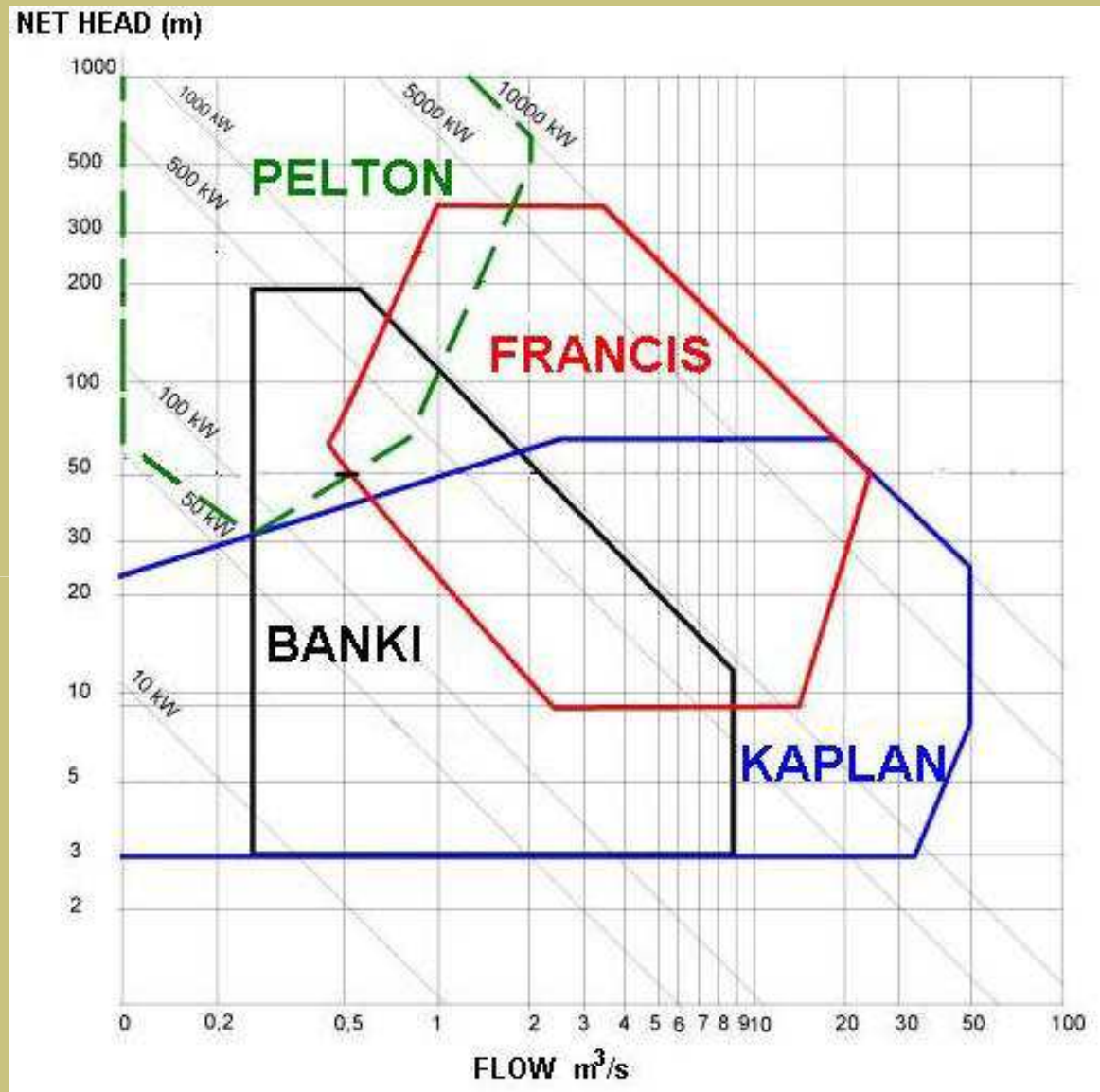


Przekrój poprzeczny przez turbinę

Wykres zakresu pracy MEW

Zakresy pracy dla różnych typów turbin jako funkcja

- różnicy poziomów oraz
- wypływu



➤ Pozostałe mechaniczne i elektryczne elementy MEW:

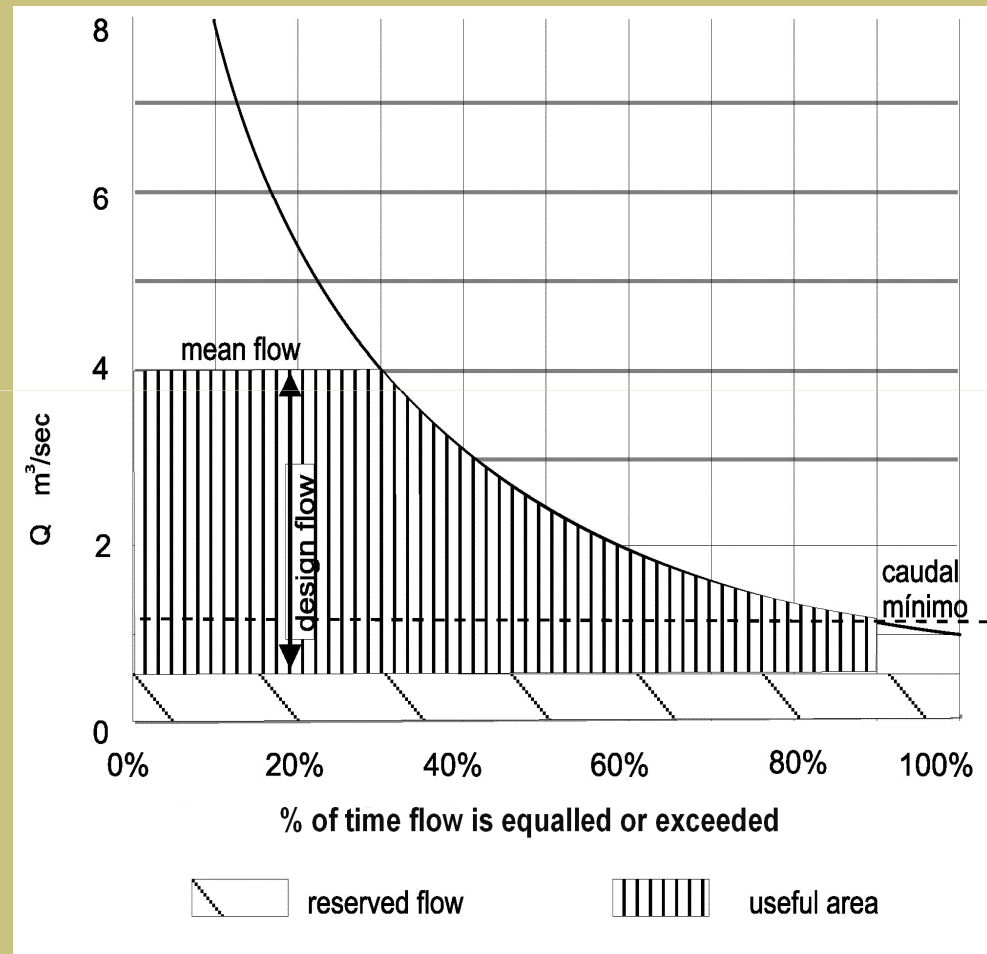
- ✓ przekładnia przyśpieszająca w celu dostosowania idealnej obrotowej prędkości turbiny do prędkości generatora (jeśli jest potrzebna);
- ✓ zawór odcinający turbinę (lub zawory odcinające turbiny);
- ✓ kanał obejścia rzeki oraz układ regulujący (jeśli jest potrzebny);
- ✓ system sterowania hydraulicznego turbiny (turbin) i zaworu (zaworów);
- ✓ elektryczny system sterujący i system ochronny;
- ✓ elektryczna aparatura rozdzielcza;
- ✓ transformatory do obsługi siłowni i przesyłu mocy;
- ✓ urządzenia do obsługi stacji w tym: oświetlenie, ogrzewanie i energia dla systemów sterujących i aparatury rozdzielczej;
- ✓ chłodzenie wody i system smarowania (jeśli jest potrzebny);
- ✓ zasilanie rezerwowe;
- ✓ system telekomunikacyjny;
- ✓ system przeciwpożarowy i zabezpieczający (jeśli jest potrzebny);
- ✓ podłączenie do zakładu energetycznego lub systemu przesyłu i dystrybucji energii

Techniczne aspekty wpływające na przepływy środków pieniężnych w przypadku małych siłowni wodnych

✓ Zasoby wodne

- Ocena zasobów wodnych w danym miejscu powinna być pierwszym krokiem przed podjęciem decyzji o realizacji przedsięwzięcia.
- Potencjał produkcji energii w danym miejscu jest proporcjonalny do iloczynu przepływu i różnicy poziomów.
- Całkowita różnica poziomów jest zwykle wartością stałą, ale przepływ zmienia się w ciągu roku.
- Wybór optymalnych urządzeń hydraulicznych należy poprzedzić oszacowaniem ich możliwości i obliczeniem rocznej produkcji energii oraz wyznaczeniem krzywej przepływu w czasie (FDC).

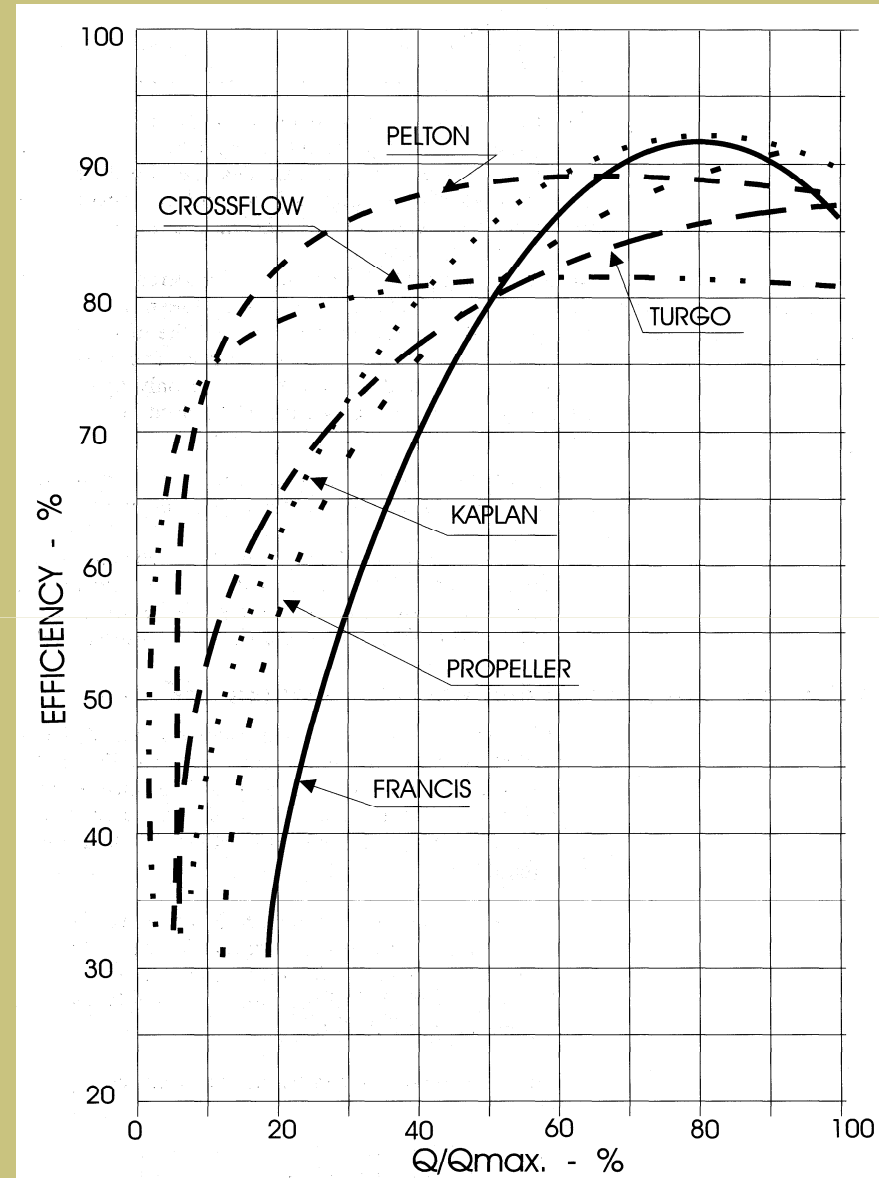
Krzywa przebiegu przepływu (FDC)



✓ Sprawność turbiny

Średnia sprawność różnych typów turbin

- Sprawność spada nagle poniżej określonego procentu wypływu znamionowego.
- Turbiny są projektowane tak, aby działały w sposób umożliwiający osiągnięcie największej efektywności, zwykle przy około 80% wskaźnika maksymalnego przepływu.
- W miarę, jak wypływ oddala się od wskaźnika maksymalnego, odpowiednio spada sprawność hydrauliczna.



✓ *Inne czynniki mające wpływ na produkcję energii w MEW*

- Czynniki ryzyka związane ze **zmniejszeniem produkcji energii** poniżej średniej określonej na etapie projektu wskutek niskiej jakości danych hydrologicznych lub nadinterpretacji tych danych.
- Ryzyko związane z **nieosiągnięciem gwarantowanych parametrów urządzeń**, awarie w wyniku niskiej jakości projektu, produkcji i montażu. Wszystkie aspekty są zabezpieczone jako koszty w umowach z dostawcami sprzętu i wykonawcami.
- **Spadek produkcji energii elektrycznej z powodu „suszy” (małej ilości opadów naturalnych).**
- **Przerwanie tamy** to poważna awaria, która powoduje znaczące skutki, takie jak zamknięcie MEW na dłuższy czas.
- **Zablokowanie przepływu** spowodowane osadzaniem się substancji stałych, co powoduje zwiększenie ilości osadu na dnie jeziora
- **Ekologiczne aspekty** spowodowane przez produkcję energii elektrycznej, konserwację i naprawy.
- Czynniki związane z **przedwczesnym zużyciem urządzeń** stykających się z wodą, narażonych na przepływ mieszaniny cząstek stałych i wody lub wskutek chemicznie korodującego działania wody i czynników związanych z **nieodpowiednią produkcją, konserwacją i naprawami.**

Ekonomika małych elektrowni wodnych

✓ *Nakłady inwestycyjne na MEW*

- MEW charakteryzują się wysokimi nakładami inwestycyjnymi (w porównaniu z innymi technologiami)
- Koszty w dużym stopniu zależą od warunków występujących w danej lokalizacji, warunków naturalnych i wykazują one spore zróżnicowanie.
- Do nakładów inwestycyjnych należą:
 - ✓ budowa (tamy, kanału, maszynowni);
 - ✓ maszyny do produkcji energii (turbiny, generator, transformator, linie energetyczne);
 - ✓ inne koszty (prace techniczne, własność gruntu, rozruch).

Na ogół:

- dla różnicy poziomów od 2,3 do 13,5 m: 1 500 do 9 000 Euro/kW
- dla różnicy poziomów od 27 do 350 m: 1 000 do 3 000 Euro/kW

✓ Koszty operacyjne MEW

- Zwykle uważa się, że siłownie wodne oznaczają niski koszt eksploatacji. Pomimo długiego okresu zwrotu inwestycji (10 lub więcej lat) MEW są często wydajniejsze ekonomicznie wskutek długiego okresu eksploatacji (często ponad 70 lat) oraz niskich kosztów utrzymania.
- Całkowite koszty eksploatacji i utrzymania bez wymiany istotnych części wynoszą w zasadzie około 3-4% kosztów kapitałowych.
- Koszty utrzymania (ubezpieczenie i opłaty za pobór wody, jeśli mają miejsce) stanowią mniejszą część kosztów całkowitych, chociaż w skrajnych sytuacjach również mogą stanowić ważny składnik kosztów.
- Jednostkowe koszty energii elektrycznej w dużym stopniu zależą od liczby godzin produkcji w roku (tzn. dyspozycyjności), które są zróżnicowane w zależności od lokalnych warunków hydrologicznych i meteorologicznych. Właśnie dlatego:
 - koszty energii elektrycznej są niekiedy niższe w siłowniach niskospadowych i uzupełniających MEW.
 - Jednostkowy koszt produkcji energii elektrycznej zależy również od okresu zwrotu inwestycji.

Główne aspekty ryzyka związane z MEW

✓ *Przed – ryzyko inwestycyjne*

- "Ryzyko przedinwestycyjne to ryzyko występujące w okresie przygotowania projektu
- „Ryzyko przedinwestycyjne” może sugerować uzupełniające koszty, a nawet doprowadzić do rezygnacji z projektu:
 - ✓ *Ryzyko określone w studium wykonalności*
 - ✓ *Ryzyko związane z uzyskaniem umów, informacji, licencji, zezwoleń, kredytów*
- W wielu krajach takie projekty są obiektem debaty publicznej, a nawet mogą być przedmiotem lokalnego referendum.

✓ *Ryzyko w okresie budowy*

- ***Ryzyko geologiczno-geotechniczne:***

- ✓ wskutek niewystarczającego zbadania charakterystyki geologicznej miejsca, najtrudniejsze do przewidzenia i kosztowne. Koszty dodatkowe ponoszą inwestorzy, firma zarządzająca projektem a także przedsiębiorcy, a pośrednio nawet banki lub finansiści.

- ***Ryzyko hydrologiczne, podczas powodzi.***

- ✓ niekiedy wysokie w rezultacie niedoszacowania konstrukcji zmniejszających duży wpływ lub wad w montażu i eksploatacji zastawek i łopatek oraz (odpowiednio) utraty możliwości sterowania nimi; może być dzielone pomiędzy firmą zarządzającą projektem i przedsiębiorcami. W konkretnych przypadkach może zostać częściowo objęte umową ubezpieczeniową.

✓ Ryzyko podczas normalnej eksploatacji - okres produkcji

- **Czynniki rynkowe:**

MEW zwykle dostarczają energię elektryczną na rynek lokalny, za pośrednictwem sieci energetycznej lub bez niej. Istnienie tego rynku (przemysłu, niekiedy po prostu mieszkańców) stanowi gwarancję dla banków lub funduszy inwestycyjnych. .

- **Czynniki handlowe:**

Ryzyko wynikające z niepewności wskutek cen wolnorynkowych lub słabości kontraktów na sprzedaż energii. Tak więc przed uruchomieniem kredytów firma zarządzająca projektem może zawrzeć długoterminową "umowę na zakup mocy" oraz "umowę na zakup energii" (obejmującą okres 10-15 lat) na zasadzie "weź i płać" lub "weź albo płać". Wskutek tego zarówno sprzedawca, jak i nabywca, mają ograniczony dostęp do wolnego rynku .

- **Ryzyko związane z przepływem środków pieniężnych:**

aspekty podobne do czynników przedstawionych w poprzednim rozdziale mogą doprowadzić do sytuacji, kiedy producent MEW nie jest w stanie spłacić pożyczki.