

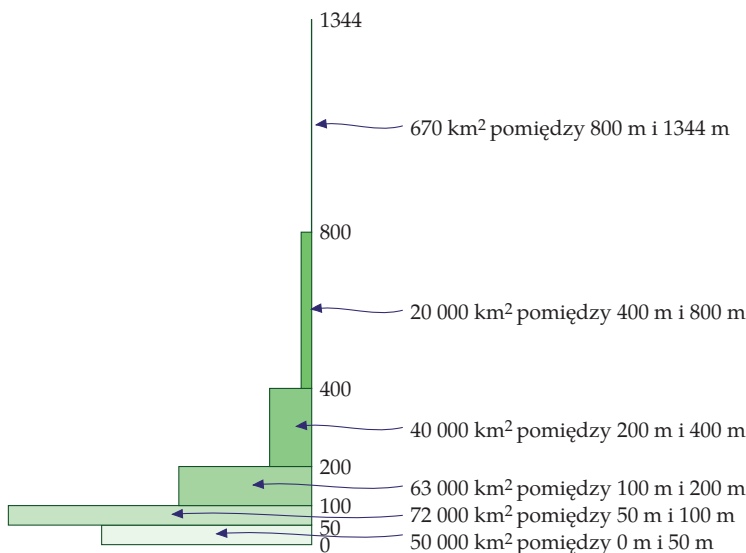
## 8 Hydroenergetyka

By wytworzyć energię hydroelektryczną wody, potrzebna jest różnica wysokości terenu oraz deszcz. Oszacujmy całkowitą energię pochodzącą ze wszystkich opadów, gdy deszcz spływa do poziomu morza.

Dla tej hydroenergetycznej prognozy podzielę Wielką Brytanię na dwie części: niżej położone i bardziej suche obszary (które umownie będę tu nazywał „nizinami”) oraz wyżej położone obszary z częstszymi opadami deszczu (te będę nazywał „wyżynami”). Jako miejsca reprezentatywne dla tych dwóch regionów wybrałem Bedford i Kinlochewe.

Najpierw zajmijmy się nizinami. By oszacować moc grawitacyjnie opadającego tutaj deszczu, pomnożymy ilość opadów deszczu w Bedford (584 mm rocznie) przez gęstość wody ( $1\ 000\text{ kg/m}^3$ ), przyspieszenie ziemskie ( $10\text{ m/s}^2$ ) oraz typową dla nizin wysokość nad poziomem morza (przyjmijmy 100 m). Z tego wynika, że moc na jednostkę powierzchni wynosi  $0,02\text{ W/m}^2$ . Jest to moc na jednostkę powierzchni terenu, na którą spadł deszcz.

Następnie pomnożymy ten wynik przez powierzchnię na osobę ( $2\ 700\text{ m}^2$  przy założeniu, że niziny są równo podzielone pomiędzy 60 milionów Brytyjczyków) i otrzymujemy średnią moc wielkości 1 kWh na osobę dziennie. Wynik ten jest absolutnym maksimum, które można osiągnąć dla hydroenergetyki na nizinach. Oznacza to przegrodzenie tamami wszystkich rzek i perfekcyjne wykorzystanie każdej kropli wody. W rzeczywistości budujemy tamy jedynie na rzekach o znaczącym spadku, których zlewnie są przecież znacznie mniejsze niż całkowita powierzchnia kraju. Duża część wody zanim dotrze do turbin, wyparowuje lub wsiąka w ziemię, dlatego żaden system hydroenergetyczny nie jest w stanie wykorzystać w pełni potencjału energetycznego wody. Tak oto dochodzimy do twardego wniosku dotyczącego wodnego potencjału energetycznego na nizinach: ludziom mogą podobać się małe elektrownie wodne, jednakże na obszarach nizinnych nigdy nie dostarczą one mocy większej niż 1 kWh na osobę dziennie.



Fot. 8.1. Tama Nant-y-Moch, część systemu hydroenergetycznego o mocy 55 MW, w Walii.

Fot. Dave Newbould,  
[www.origins-photography.co.uk](http://www.origins-photography.co.uk)



Rys. 8.2. Wysokości nad poziomem morza dla terenów Wielkiej Brytanii.

Prostokąty ilustrują, ile powierzchni znajduje się na określonej wysokości.

Przejdźmy teraz do wyżyn. Kinlochewe to bardziej deszczowe miejsce. W ciągu roku spada tu 2278 mm deszczu, czyli cztery razy więcej niż w Bedford. Również różnice poziomów są tu znacznie większe – duże powierzchnie ziemi znajdują się ponad 300 m n.p.m. W regionach górskich możliwe jest więc uzyskanie 12-krotnie większej mocy na metr kwadratowy. Czysta moc na jednostkę powierzchni wynosi tu około  $0,24 \text{ W/m}^2$ . Gdyby wyżyny hojnie dzieliły się swoją energią wodną z resztą Wielkiej Brytanii (przy  $1\ 300 \text{ m}^2$  powierzchni na osobę), to górny limit mocy wynosiłby około 7 kWh na osobę dziennie. Tak jak w przypadku nizin maksymalny limit oznacza wyeliminowanie strat wody przy parowaniu oraz wykorzystanie każdej jej kropli.

Na ile jednak powinniśmy oszacować wiarygodny rzeczywisty limit? Przyjmijmy, że na 20% tej wartości, a więc 1,4 kWh dziennie. Po niewielkim zaokrągleniu, przyjmującym możliwość produkcji na nizinach, otrzymujemy **1,5 kWh na osobę dziennie**.

Rzeczywista moc czerpana z hydroenergetyki w Wielkiej Brytanii wynosi obecnie 0,2 kWh na osobę dziennie, czyli nasze 1,5 kWh wymagałoby siedmiokrotnego wzrostu mocy hydroelektrowni.

My również podzielimy Polskę na niziny i wyżyny. Tereny nizinne (poniżej 200 m n.p.m.) zajmują ok. 75% powierzchni kraju – przyjmijmy średnią wysokość nad poziomem morza równą 100 m. Przeciętne wysokości opadów na tym obszarze kształtują się od 450 (Kujawy, Wielkopolska) do 700 mm rocznie (Pojezierze Pomorskie i Mazurskie). Przyjmijmy podobnie jak dla Bedford średnią 584 mm.

Identycznie jak w przypadku nizin w Wielkiej Brytanii otrzymujemy moc na jednostkę powierzchni równą  $0,02 \text{ W/m}^2$ . Na każdego Polaka przypada średnio  $6000 \text{ m}^2$  nizin, a więc otrzymujemy średnią moc wielkości niecałych 3 kWh na osobę dziennie.

Pozostałe 25% powierzchni kraju zajmują tereny wyżynne i górskie. Przyjmijmy, że ich średnia wysokość to 400 m n.p.m. Sumy opadów wynoszą tu od 600 mm na Wyżynach Małopolskiej i Lubelskiej przez 700 mm na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej i w Bieszczadach aż po 1100 mm w Zakopanem i 1700 mm na Kasprowym Wierchu. Terenów wyżynnych położonych poniżej 400 m n.p.m. jest znacznie więcej niż tych położonych powyżej tej granicy. Ponieważ jednak istnieje silny związek pomiędzy wysokością a ilością opadów, musimy zawiązać średni poziom opadów, przyjmując 800 mm rocznie. Daje to moc na jednostkę powierzchni równą  $0,11 \text{ W/m}^2$ . Cóż, nawet na Kasprowym Wierchu nie pada tyle, co w Kinlochewe... Gdyby nasze wyżyny i góry hojnie dzieliły się swoją energią wodną z resztą Polski (przy  $2000 \text{ m}^2$  powierzchni na osobę), to górny limit mocy wynosiłby około 5 kWh na osobę dziennie.

Łącznie niziny i wyżyny dają 8 kWh. Przyjmując, że w praktyce moglibyśmy wykorzystać tę energię w 20 procentach, sumując energię z wyżyn i nizin, otrzymujemy – podobnie jak w Wielkiej Brytanii – **1,6 kWh na osobę dziennie**.

Rzeczywista moc czerpana z energii wodnej w Polsce wynosi obecnie 0,2 kWh na osobę dziennie, czyli nasze 1,5 kWh na osobę dziennie wymagałoby ośmiokrotnego zwiększenia mocy elektrowni wodnych.

## Przypisy i zalecana literatura

Numer strony:

- 63 **Opady deszczu.** – Statystyki pochodzą z centrum pogodowego BBC.
- 64 **Czysta moc na jednostkę powierzchni wynosi tu [deszczu na wyżynach] około  $0,24 \text{ W/m}^2$ .** – Możemy skonfrontować ten wynik z rzeczywistymi danymi dla elektrowni wodnej Loch Sloy, wybudowanej w 1950 roku (Ross, 2008). Powierzchnia zlewni Loch Sloy wynosi około  $83 \text{ km}^2$ ; opady deszczu wynoszą tu około 2900 mm rocznie (to trochę więcej niż 2278 mm rocznie w Kinlochewe). Efektem pracy elektrowni w 2006 roku były 142 GWh rocznie, co odpowiada gęstości mocy równej  $0,2 \text{ W/m}^2$  powierzchni zlewni. Powierzchnia Loch Sloy wynosi około  $1,5 \text{ km}^2$ , więc moc elektrowni na jednostkę powierzchni jeziora wynosi  $11 \text{ W/m}^2$ . Zbocza, wodociągi i tunele doprowadzające wodę do Loch Sloy działają zatem jak urządzenie 55-krotnie zwiększające moc.
- **Rzeczywista moc czerpana z hydroenergetyki w Wielkiej Brytanii wynosi obecnie  $0,2 \text{ kWh}$  na osobę dziennie...** – Źródło: MacLeay i in. (2007); w roku 2006 duże elektrownie wodne generowały 3515 GWh (z instalacji o mocy 1,37 GW), zaś małe elektrownie wodne – 212 GWh ( $0,01 \text{ kWh}$  na osobę dziennie, z instalacji o mocy 153 MW).

W 1943 roku, gdy hydroenergetyka była w fazie rozkwitu, inżynierowie z North of Scotland Hydroelectricity Board oszacowali, że Szkockie Highlands może wygenerować 6,3 TWh rocznie za pomocą 102 instalacji – odpowiadałoby to  $0,3 \text{ kWh/d}$  na osobę w Wielkiej Brytanii (Ross, 2008).

Glendoe, pierwszy nowy projekt na dużą skalę w Wielkiej Brytanii od 1957 roku, będzie generował dodatkową moc 100 MW i oczekuje się, że będzie dostarczał 180 GWh rocznie. Powierzchnia zlewni Glendoe wynosi  $75 \text{ km}^2$ , więc jego gęstość mocy równa jest  $0,27 \text{ W/m}^2$ . Projekt Glendoe był reklamowany jako „wystarczająco duży, by zasilić Glasgow”. Kiedy jednak podzielimy 180 GWh rocznej produkcji pomiędzy wszystkich mieszkańców Glasgow (616 000 osób), to otrzymamy zaledwie  $0,8 \text{ kWh}$  na osobę dziennie. Wystarczy to na pokrycie zaledwie 5% średniego zużycia energii elektrycznej, które wynosi  $17 \text{ kWh}$  na osobę dziennie. To 20-krotne wyolbrzymienie mocy elektrowni może być spowodowane przez skupienie się na jej *szczytowych* osiągnięciach zamiast na wynikach uśrednionych, które są 5 razy mniejsze; kolejnym powodem może być też uwzględnienie mocy potrzebnej do zasilania „domów”, nie zaś całego Glasgow (patrz: str. 347).

El. wodne:  $1,5 \text{ kWh/d}$

Ogrzewanie, klimatyzacja: $37 \text{ kWh/d}$	Biomasa: żywność, biopaliwa, drewno, spalanie odpadów, metan z wysypisk: $24 \text{ kWh/d}$
Podróż samolotem: $30 \text{ kWh/d}$	Elektrownie słoneczne ( $200 \text{ m}^2/\text{o}$ ): $50 \text{ kWh/d}$
Samochód: $40 \text{ kWh/d}$	PV, $10 \text{ m}^2/\text{o}$ : 5
	Ogrzewanie słoneczne: $13 \text{ kWh/d}$
	Wiatr: $20 \text{ kWh/d}$

Rys. 8.3. Hydroenergetyka



Fot. 8.4. Koło wodne o mocy 60 kW