



Odnawialne zasoby energii (OZE) i sposoby ich wykorzystania w Gminach

Prof. dr hab. inż. Jacek Zimny

AGH Kraków

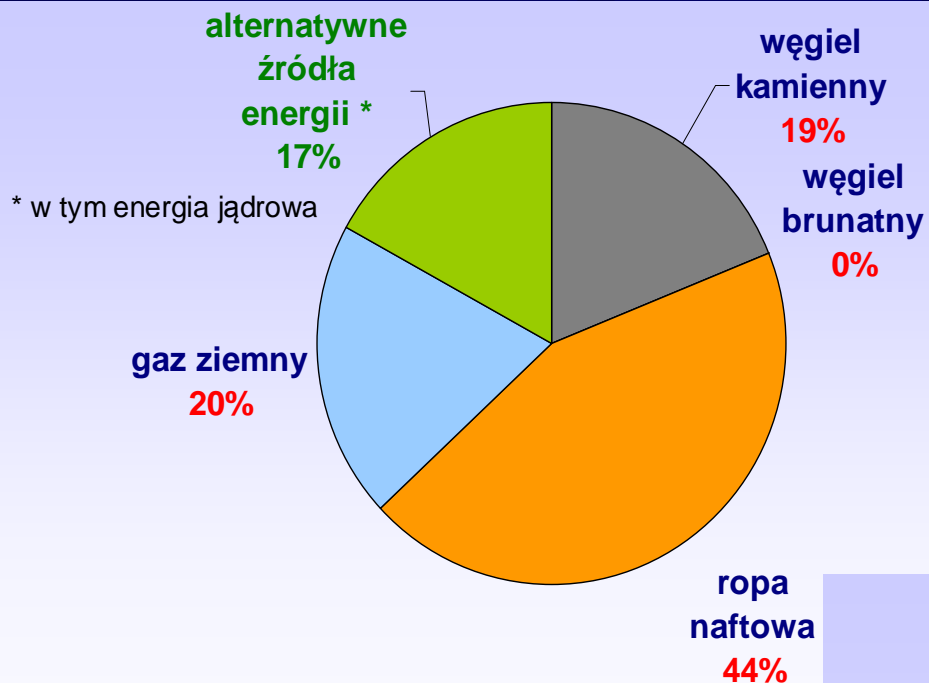
Przewodniczący

Polskiej Geotermalnej Asocjacji (PGA)

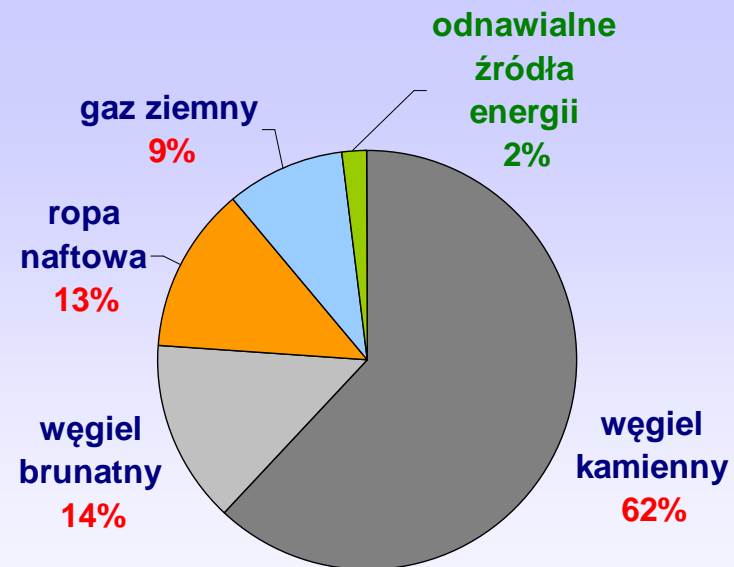
1. Struktura zużycia paliw



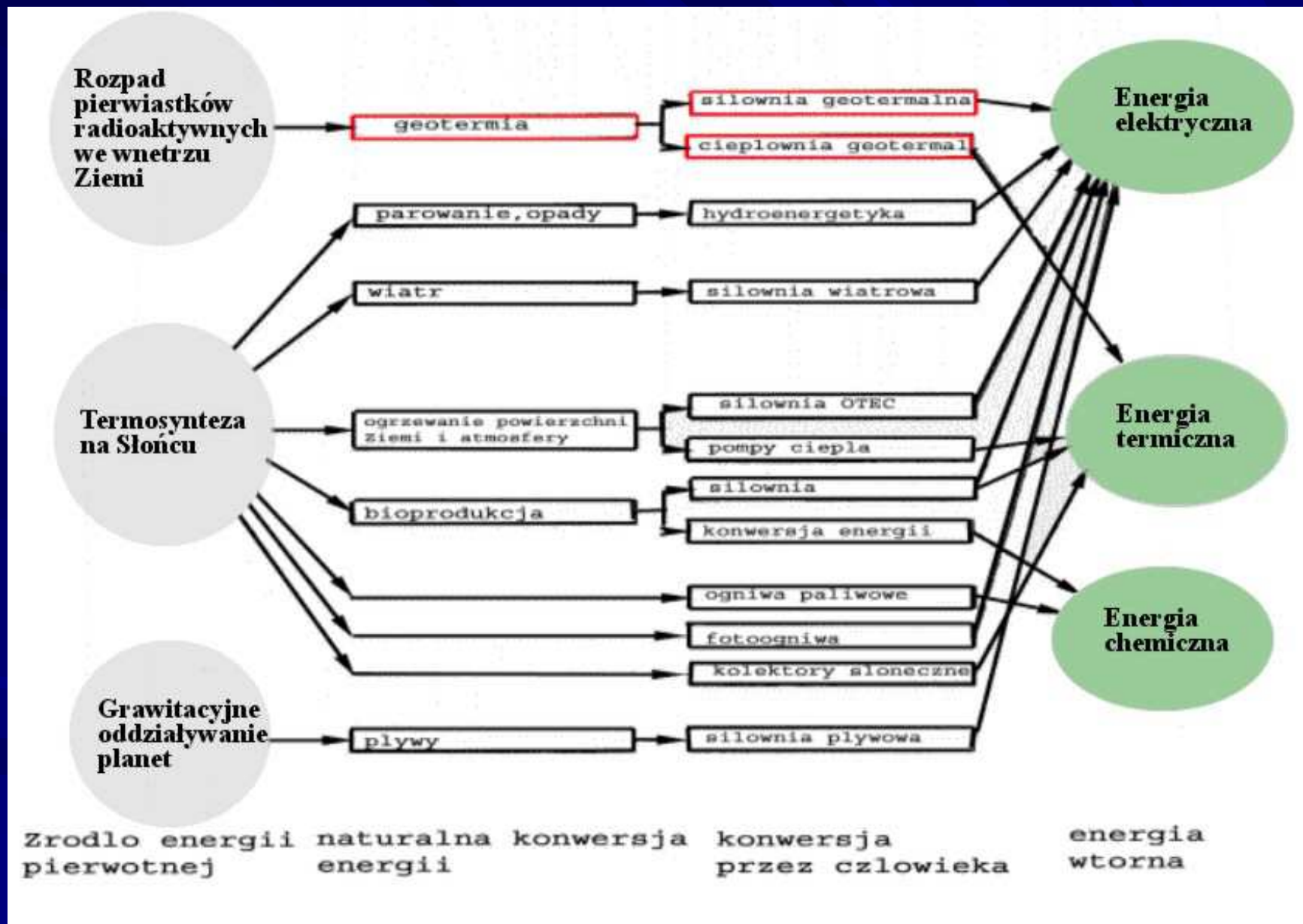
w Unii Europejskiej



i w Polsce



Łańcuch przekształceń energii: źródło energii pierwotnej - naturalna konwersja energii - konwersja energii przez człowieka - energia wtórna



Odnawialne zasoby energetyczne Polski

- Uszeregowanie technicznego potencjału energetycznego odnawialnych zasobów energii (OZE)

Kolejność	Zasoby energii odnawialnej	Potencjał energetyczny	Udział Procentowy
1	Energia geotermalna	625 000 PJ/rok	99,8% (!)
2	Biomasa	407 PJ/rok	0,2 %
3	Energia słoneczna	280 PJ/rok	
4	Energia wiatru	140 PJ/rok	
5	Energia wodna	43 PJ/rok	
Razem		625 870 PJ/rok	

POLSKA: 4 000 PJ/rok (2002)

2. Zasoby energii słonecznej

Potencjalna energia użyteczna promieniowania słonecznego w kWh/m²/rok w Polsce



Rejon	kWh/m ² /Rok	Półrocze Letnie (IV-IX)	Sezon letni (VI-VIII)	Półrocze zimowe (X-III)
Pas nadmorski	1076	881	497	195
Wschodnia część Polski	1081	821	461	260
Centralna część Polski	985	785	449	200
Zachodnia część Polski z górnym dorzeczem Odry	985	785	438	204
Południowa część polski	962	682	373	280
Południowo-zachodnia część polski obejmująca obszar Sudetów z Tuchowem	950	712	393	238

Energia Słoneczna



Zasoby potencjału energetycznego, określanie:

Wg PN – B – 02025, 1999 „Pomiary nasłonecznienia”:

- średnia wartość energii uzyskanej przez kolektory słoneczne w okresie od III-X wg PN = 1000 kWh/m²;
- na 1 osobę (c.w.u. = 1,5 m² kolektora)

Potencjał energii słonecznej dla kolektorów słonecznych można określić wg wzoru:

$$E_{ks} = B_{wr} \times M_{wr} \times 4000[\text{MJ/rok}] \times 0,4 + B_{jr} \times 4 \times 4000[\text{MJ/rok}] \times 0,8 + B_h \times M_h \times 4000 [\text{MJ/rok}] \times 0,5/3,6 [\text{GWh/rok}]$$

B_{wr} – ilość budynków wielorodzinnych,

M_{wr} – mieszkańcy w budynkach wielorodzinnych,

B_{jr} – budynki jednorodzinne,

B_h – hotele,

M_h – mieszkańcy hoteli.

Wykorzystanie energii słonecznej

■ Produkcja energii cieplnej

- Kolektory słoneczne
 - Produkcja ciepłej wody użytkowej
 - Wspomaganie centralnego ogrzewania

■ Produkcja energii elektrycznej

- Fotowoltaika

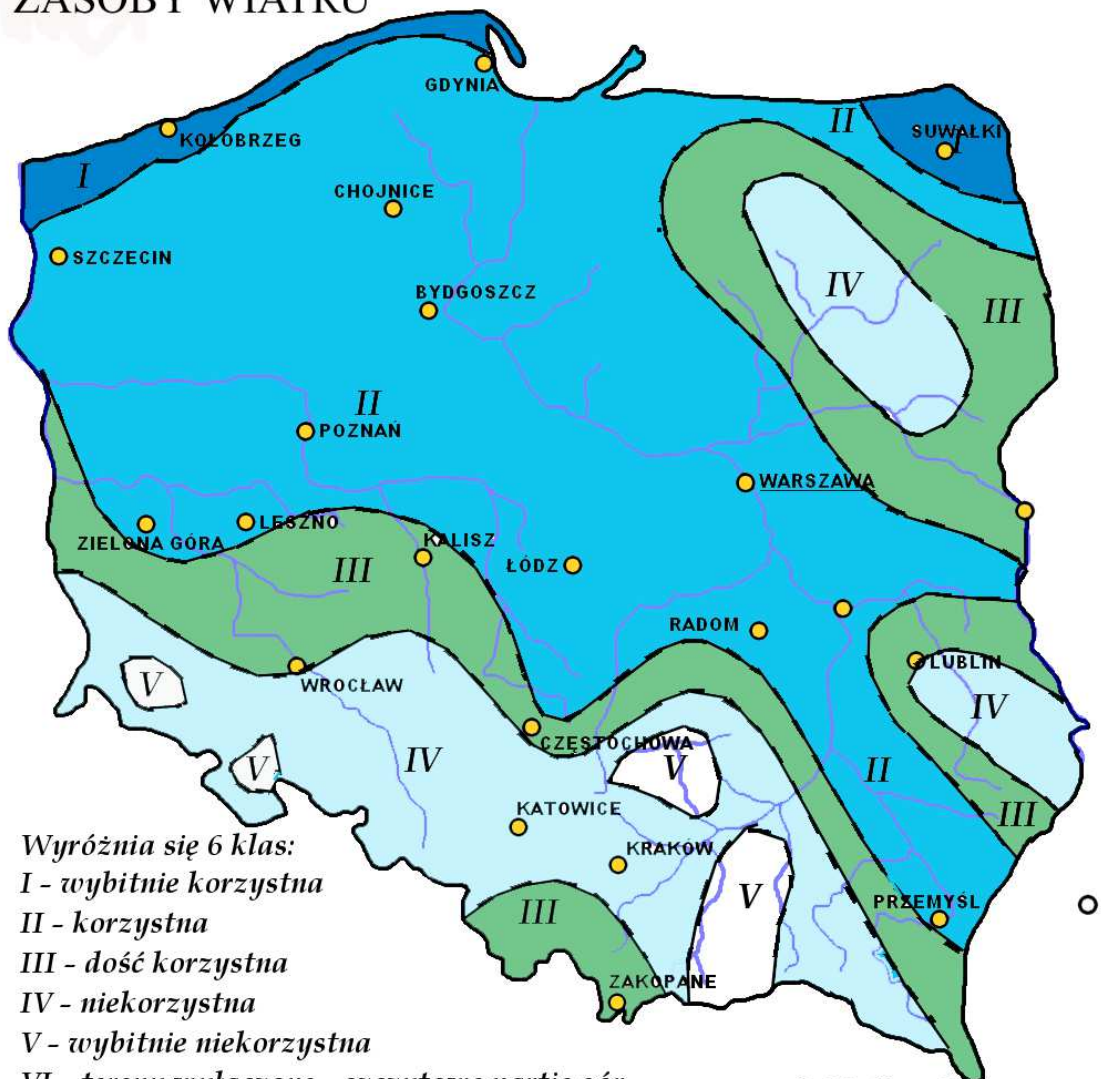


Zapotrzebowanie:

- gmina średnio: 3 000-8 000 mieszkańców – 90 GWh/rok
- Potencjał techniczny kolektorów słonecznych – 25% gminy [GWh/rok]
- Potencjał techniczny fotowoltaiki – 30% pot. tech. kolektorów słonecznych.
- Potencjał ekonomiczny fotowoltaiki = 10 % potencjału technicznego energii słonecznej gminy.

3. Zasoby energii wiatrowej

ZASOBY WIATRU

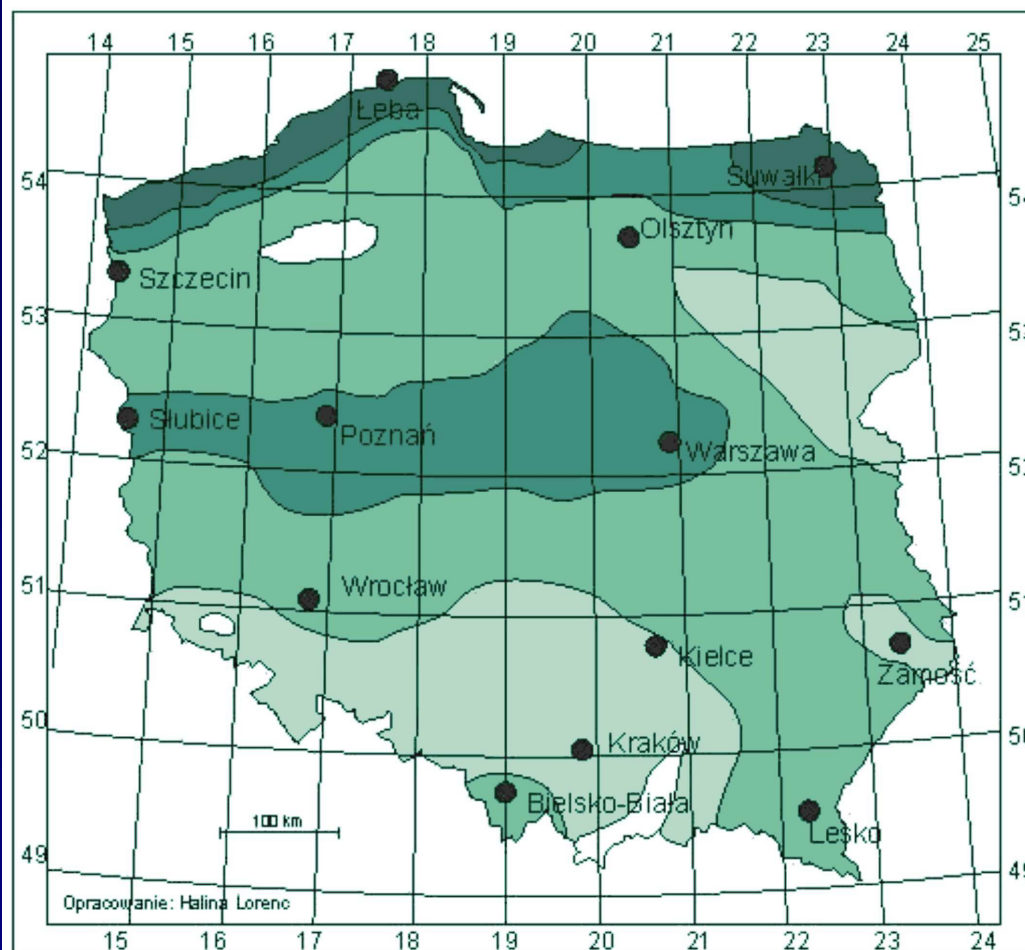


- Wyróżnia się 6 klas:
I - wybitnie korzystna
II - korzystna
III - dość korzystna
IV - niekorzystna
V - wybitnie niekorzystna
VI - tereny wyłączone - szczytowe partie gór

prof. Halina Lorenc

Strefy energetyczne wiatru w Polsce

Mezoskala



- Strefy:
- I - Wybitnie korzystna
 - II - Bardzo korzystna
 - III - Korzystna
 - IV - Mało korzystna
 - V - Niekorzystna

Ośrodek
Meteorologii



Aktualizacja mapy na podstawie okresu obserwacyjnego 1971-2000

Energia Wiatru

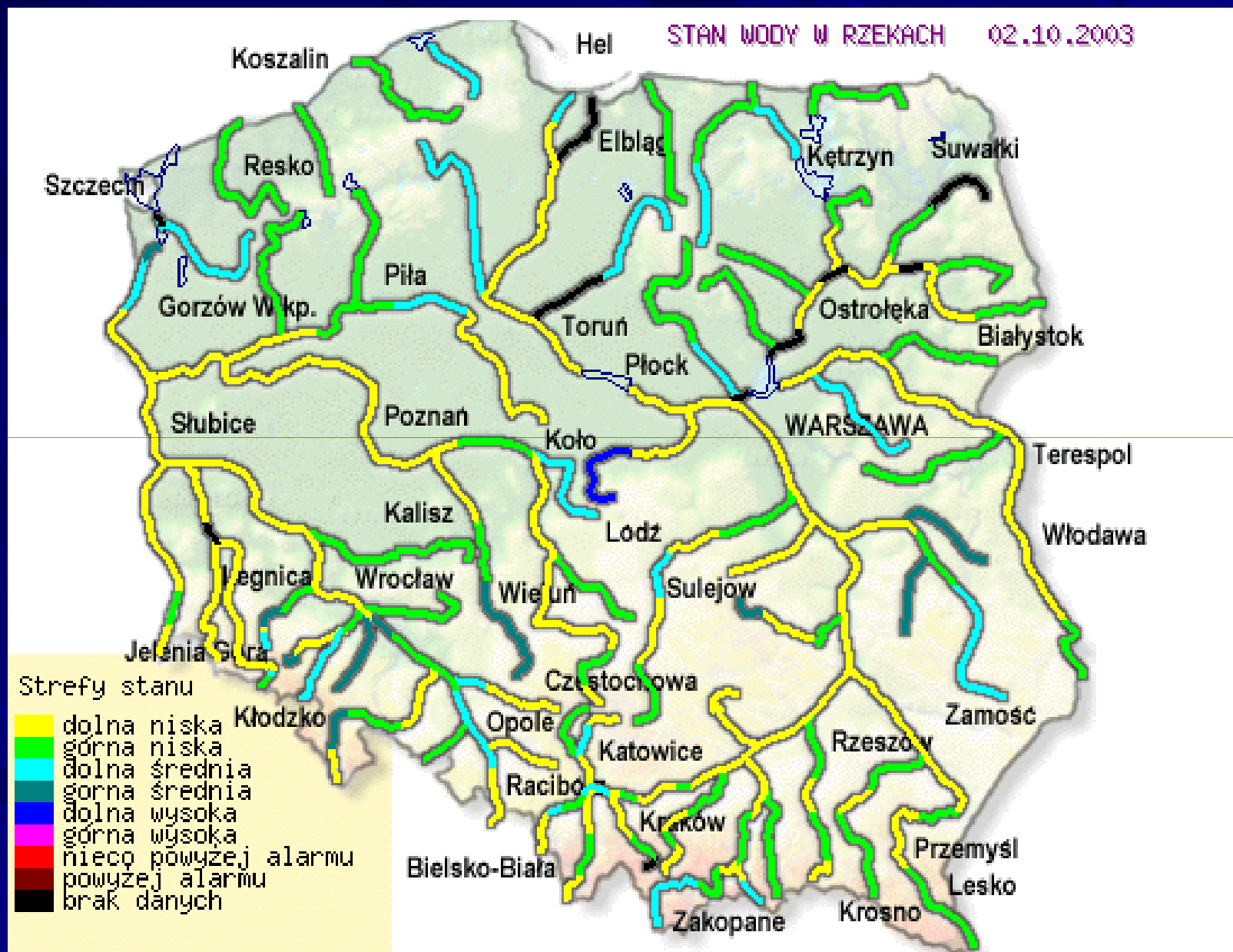
Zasoby potencjału energetycznego, określanie :

- struktura prędkości wiatru („róża wiatrów”) 4-6 m/s-?%,
- powierzchnia gminy – 50% pod wiatr,
- średnia produkcja en. elektr. EW = 1500 kWh/m²/rok,
- średnia powierzchnia łopat wirnika = 400-500 m²,
- teoretyczna prod. en. el. = min.10% bilansu energetycznego gminy z EW

Elektrownie wiatrowe



4. Zasoby energii wodnej



Największe w Polsce elektrownie wodne



Energia Wodna

Zasoby potencjału energetycznego, określanie:

□ **Potencjał energetyczny płynących rzek; moc teoretyczna obiektu wodnego:**

$$P_{sr} = 9,81 \times Q_{sr} \times H_{sr} \quad [\text{kW}]$$

Q_{sr} [m³/s] – średnio wieloletni przepływ rzeki na 1 obiekt MEW

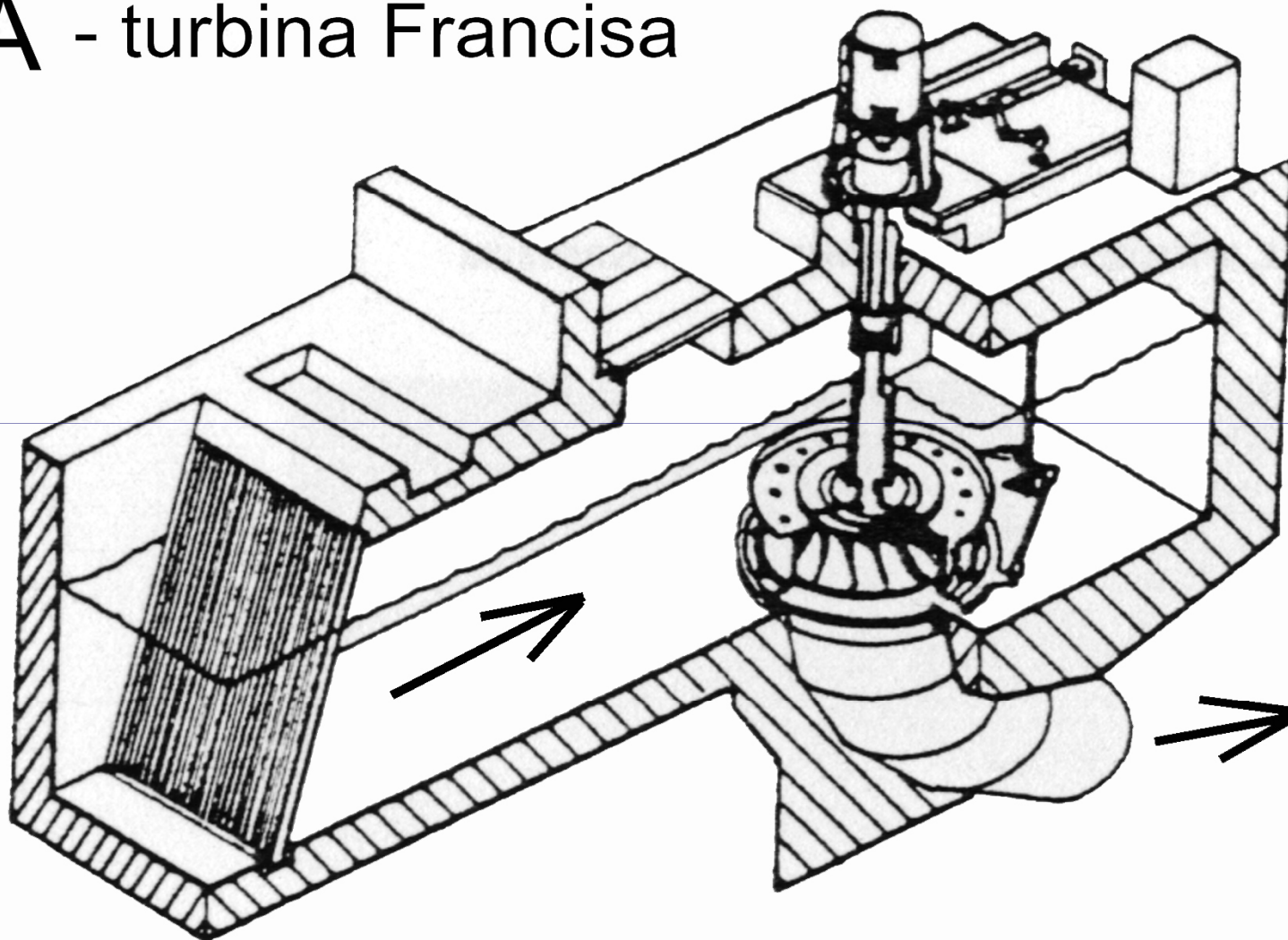
H_{sr} [m] – wysokość spiętrzenia.

Przy sprawności przetwarzania energii $\eta=40\%$,
produkcja energii:

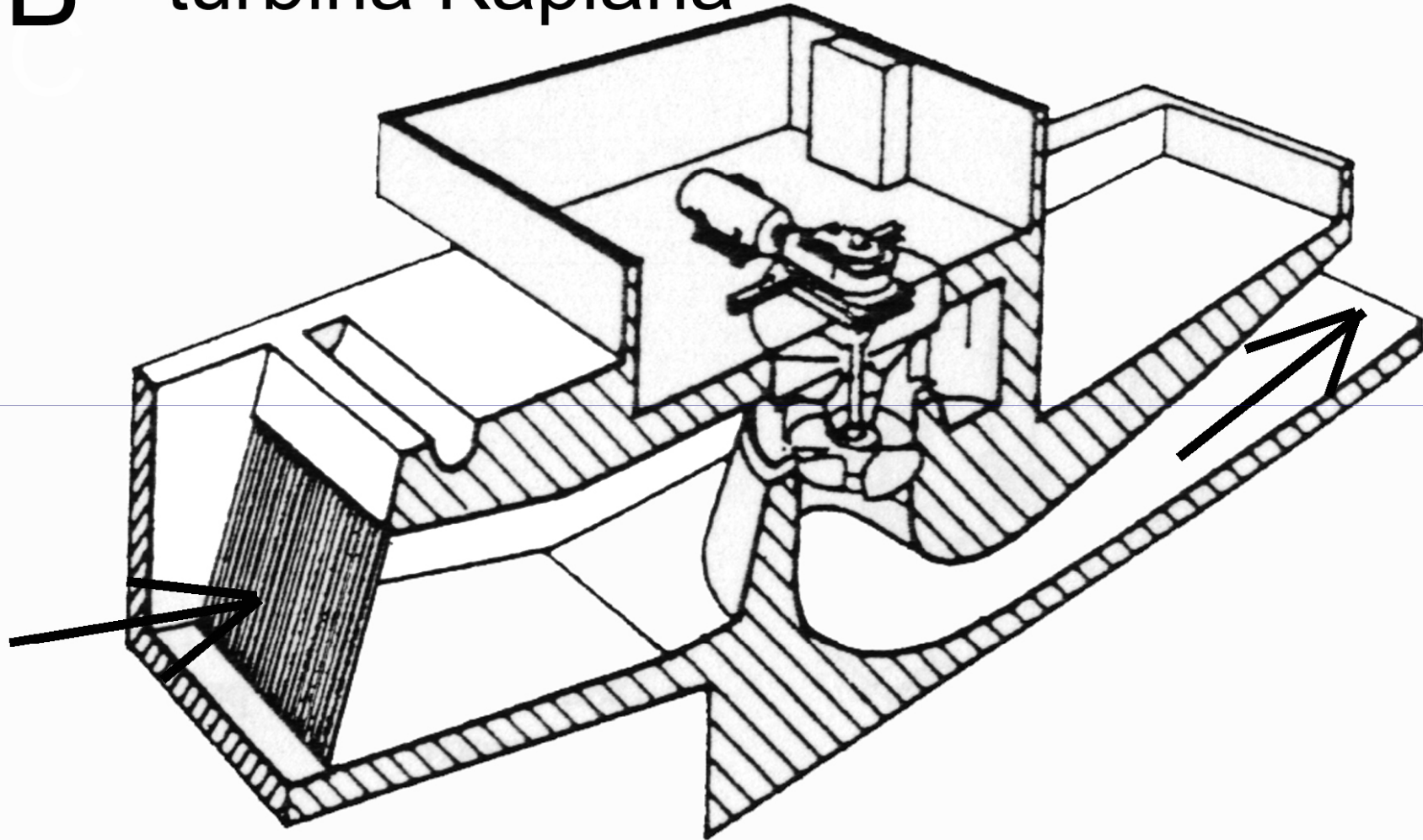
$$E_{MEW} = 8760[\text{h}] \times P_{sr} [\text{kWh}] \times 40 \% [\text{GWh/rok}]$$

Małe elektrownie wodne

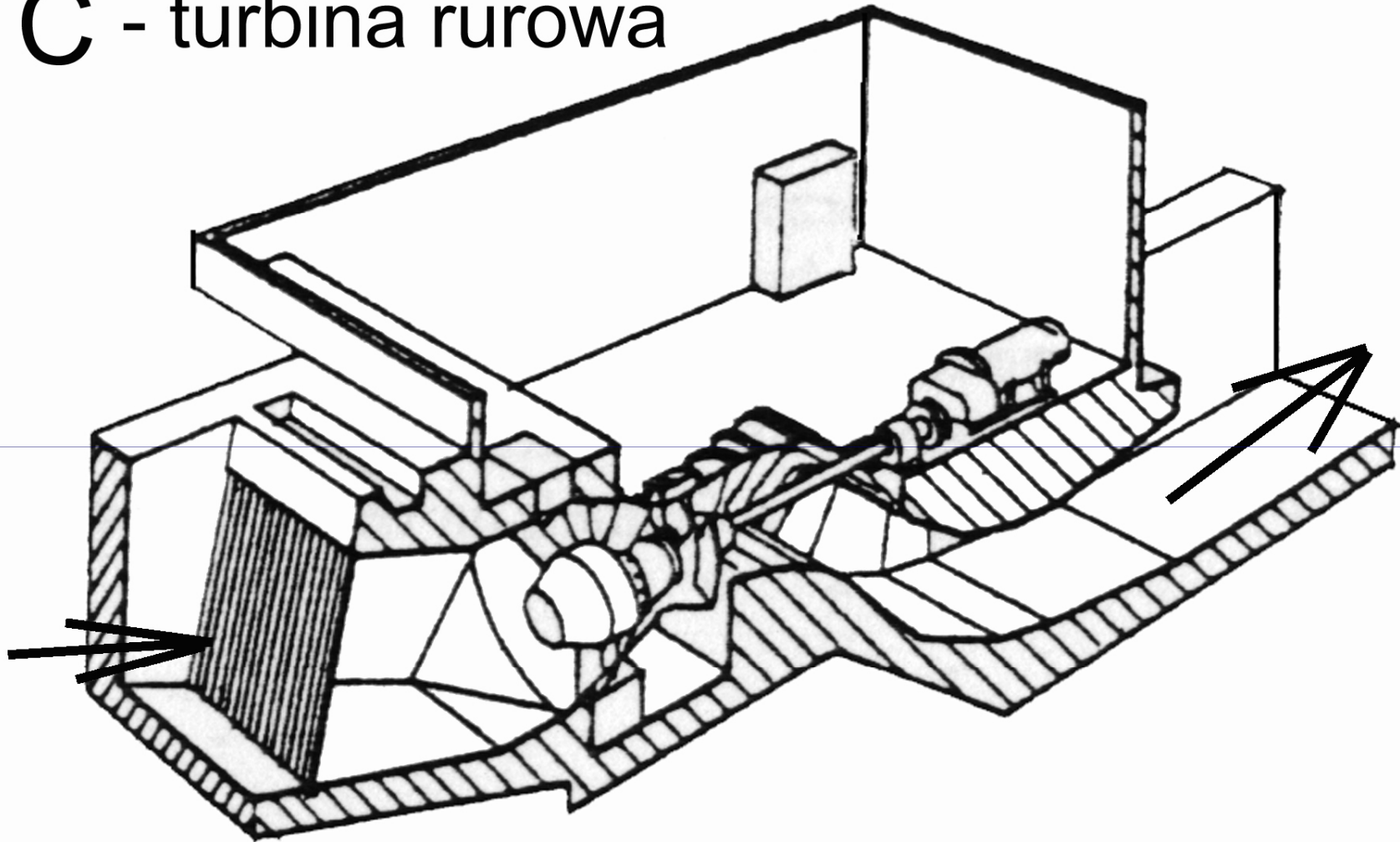
A - turbina Francisza



B - turbina Kaplana

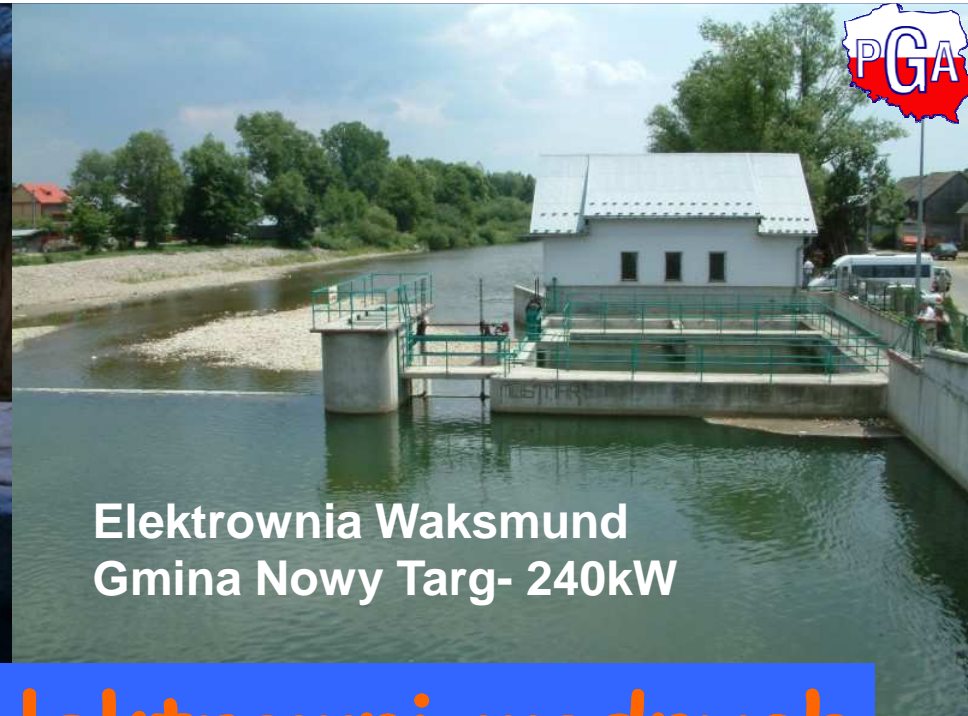


C - turbina rurowa





**Waplewo
45 kW**



**Elektrownia Waksmund
Gmina Nowy Targ- 240kW**

Przykłady małych elektrowni wodnych

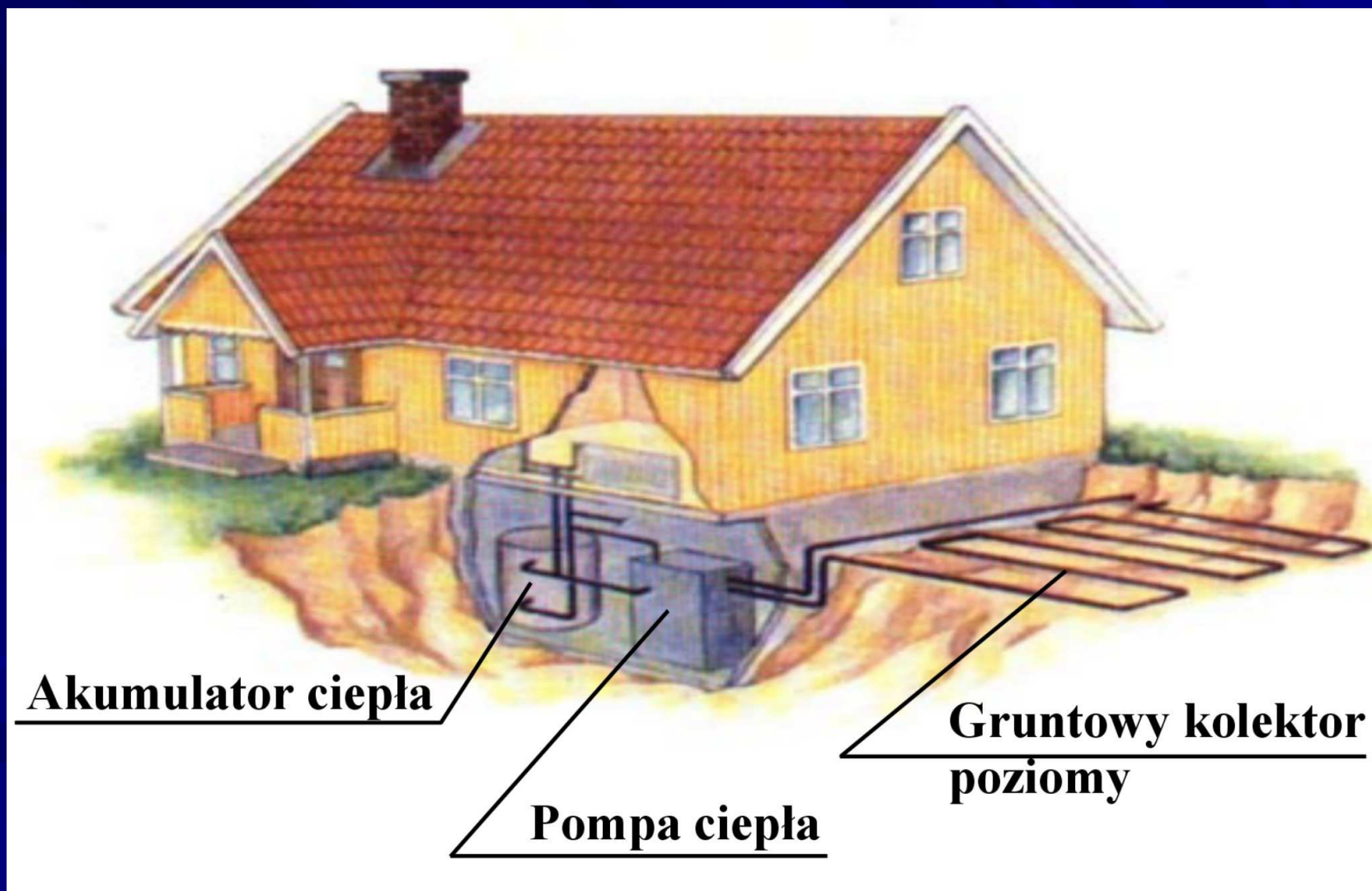


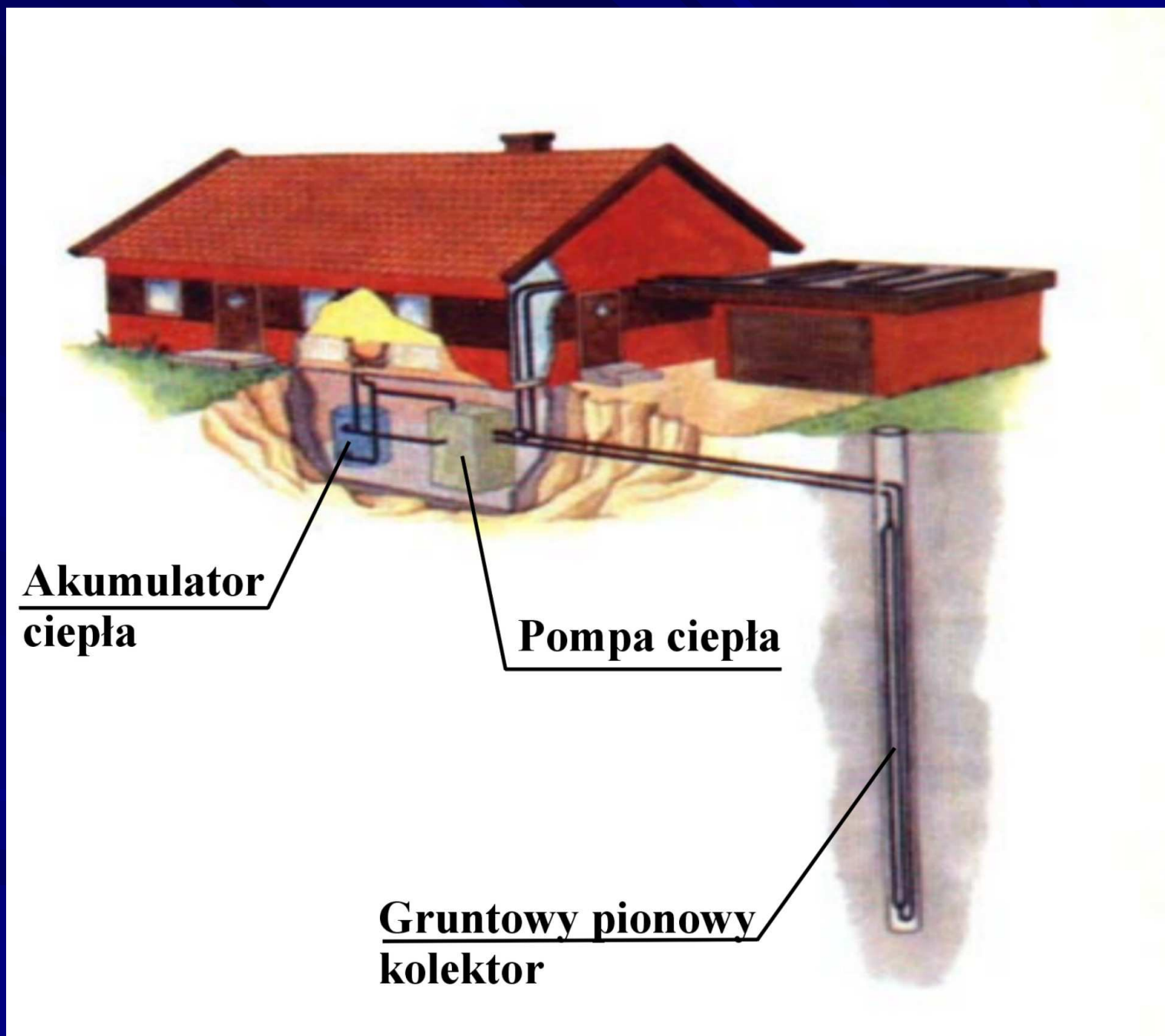
**Bąkowski Młyn
32 kW**



**Szaflary
350 kW**

5. Pompy ciepła

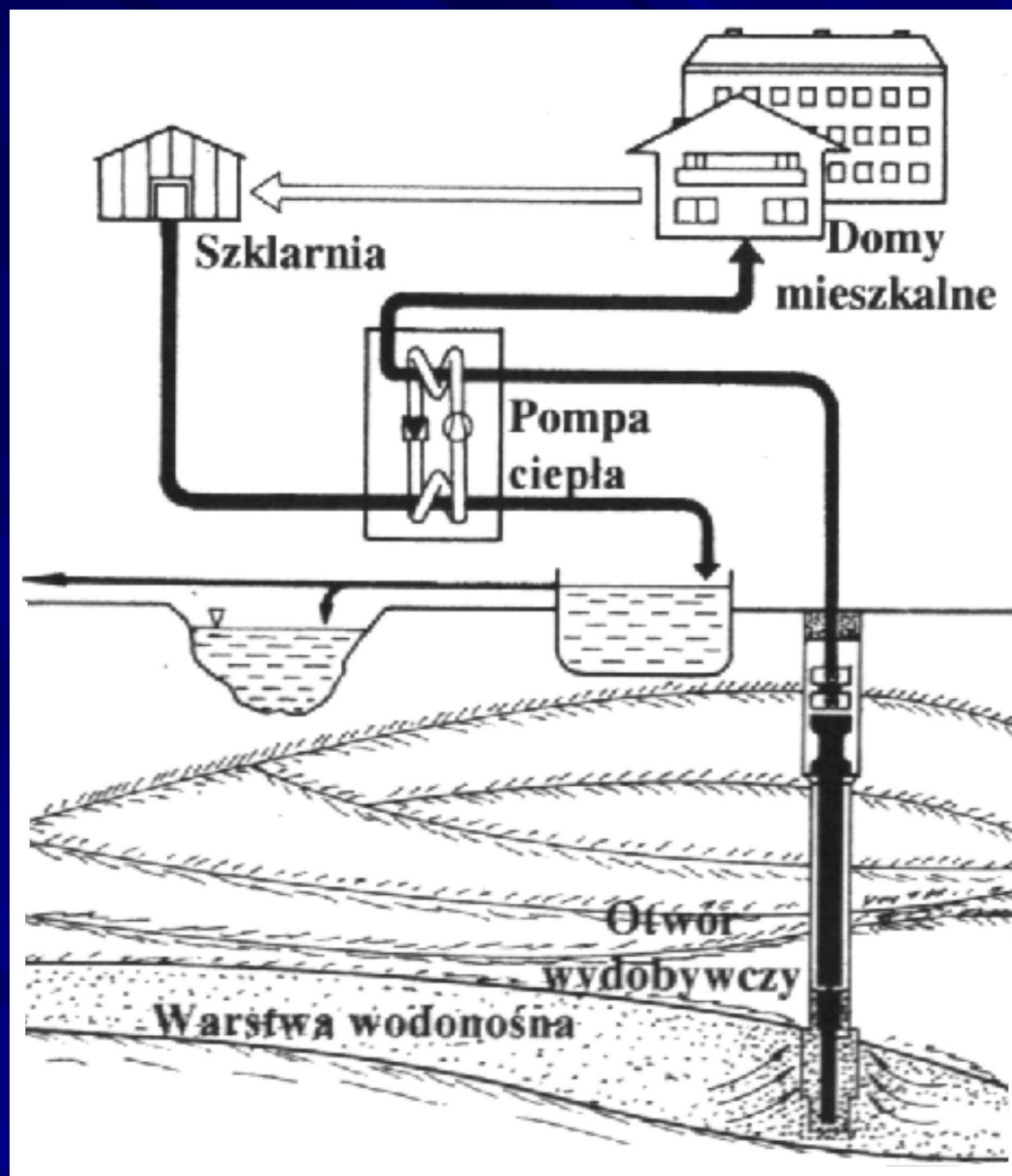




Akumulator
ciepła

Pompa ciepła

Gruntowy pionowy
kolektor



6. Zasoby biomasy



Zasoby potencjału energetycznego, określanie:

- Słoma

Zasoby, potencjał energetyczny

- Pozyskanie słomy w funkcji areалу i plonu na ar,
- Procentowe nadwyżki słomy w gminie ? + - ,
- Zasoby:

$$Z_{\text{słomy}} = P_z \times J_{\text{s/z}} \text{ [t/rok]}$$

P_z - plon ziarna [t/rok],

$J_{\text{s/z}}$ – stosunek plonu słomy do plonu ziarna.

- Energia możliwa:

$$E_{\text{słomy}} = Z_{\text{słomy}} \times 15 \text{ GJ/t} \times 80\% / 3600 \text{ [GWh/rok]}$$

- Słomę można wykorzystać ze wszystkich gospodarstw większych niż 15ha,
- Słomę można wykorzystać w 50% gospodarstw mniejszych (5-15 ha).

Odpady drewna (drewno odpadowe z lasu)

Zasoby drewna odpadowego z lasów:

A (zasoby leśne) [ha] → P (przyrost roczny) [m³/ha] → P_{dr} (pozysk drewna) [70% przyrostu] → 70 % cele gospodarcze → Z_e : 25% pozysku na cele energetyczne + 5% pozostawienie w lesie.

Zasoby drewna odpadowego z lasu na cele energetyczne:

$$Z_{dr} = A \times P \times P_{dr} \times \% Z_e = A \times P_{dr} \times 0,7 \times 0,25 \text{ [m}^3\text{/ha]}$$

Przyrost masy drewna w lasach:

wartość średnia dla Polski = 3,50 m³/ha,

Małopolska = 3,30 m³/ha - 3,70 m³/ha.

Energia do wykorzystania (przy założeniu: wartość kaloryczna drewna 8GJ/t,

sprawność

spalania 60%):

$$E_{drl} = Z_{drl} \text{ [m}^3\text{/rok]} \times 8 \text{ [GJ/m}^3\text{]} \times 60\% / 3600 \quad \text{[GWh/rok]}$$

E_{drl} średnio na gminę = 1-2 GWh/rok

Uprawy energetyczne

Wierzba szybko rosnąca: Salix; 20 ton suchej wierzby / ha,

- wartość energetyczna 18GJ / t.s.m.,
- 30 % nieużytków i ugorów gminy można przeznaczyć na cele upraw energetycznych,
- energia z upraw energetycznych:

$$E_{ue} = A_{ue} [ha] \times 20 [t.s.m/ha] \times 18 [GJ/t] \times 80\% / 3600 \quad [GWh/rok]$$

Biogaz

- Biogaz z:
 - z oczyszczalni ścieków,
 - wysypiskowy ,
 - rolniczy (gnojowica, obornik).

• Biogaz z oczyszczalni ścieków:

Energia:

$$E_{bo} = Q \text{ [m}^3\text{/rok]} \times 0,3 \text{ [kg s.m.o. /m}^3\text{]} \times 0,3 \text{ [m}^3\text{ CH}_4\text{/kg s.m.o.]} \times 9,17 \text{ kWh/m}^3 \times 80\% \text{ [MJ/rok]}$$

Q – roczny strumień ścieków, s.m.o. – sucha masa osadu ściekowego

Po uproszczeniu:

$$E_{bo} = Q \text{ [m}^3\text{/rok]} \times 0,66 \text{ [kWh/rok]}$$

- Potencjał rynkowy biogazu z oczyszczalni ścieków do spalania:

Energia:

$$E_{os} = Q \times 0,3 \text{ [kg s.m.o./m}^3\text{]} \times 18 \text{ [MJ/kg s.m.o.]} / 3\,600\,000 \text{ [GWh/rok]}$$

• Biogaz wysypiskowy



Potencjał zasobów:

$$P_{bw} = L_o \times R \times (1 - kc - e^{-kt}) \quad [\text{m}^3 \text{ biogazu / rok}]$$

L_o [m^3/kg] – ilość biogazu pozyskiwanego na każdy kilogram odpadów
($0,2 \text{ m}^3/\text{kg}$),

R [kg/rok] – szybkość napełniania wysypiska śmieci,

t – liczba lat od kiedy otwarte jest wysypisko,

c – liczba lat od zamknięcia wysypiska (w przypadku istniejącego $c=0$),

k – odwrotność liczby lat pozyskiwania biogazu,

e – liczba logarytmiczna = 2,718.

Energia z biogazu wysypiskowego:

$$E_{bw} = P_{bw} \times 23 \text{ [MJ/m}^3\text{]} \times 80\% / 3\,600\,000 \text{ [GWh/rok]}$$

• Biogaz rolniczy

potencjał techniczny zasobów:

energia z biogazu rolniczego:

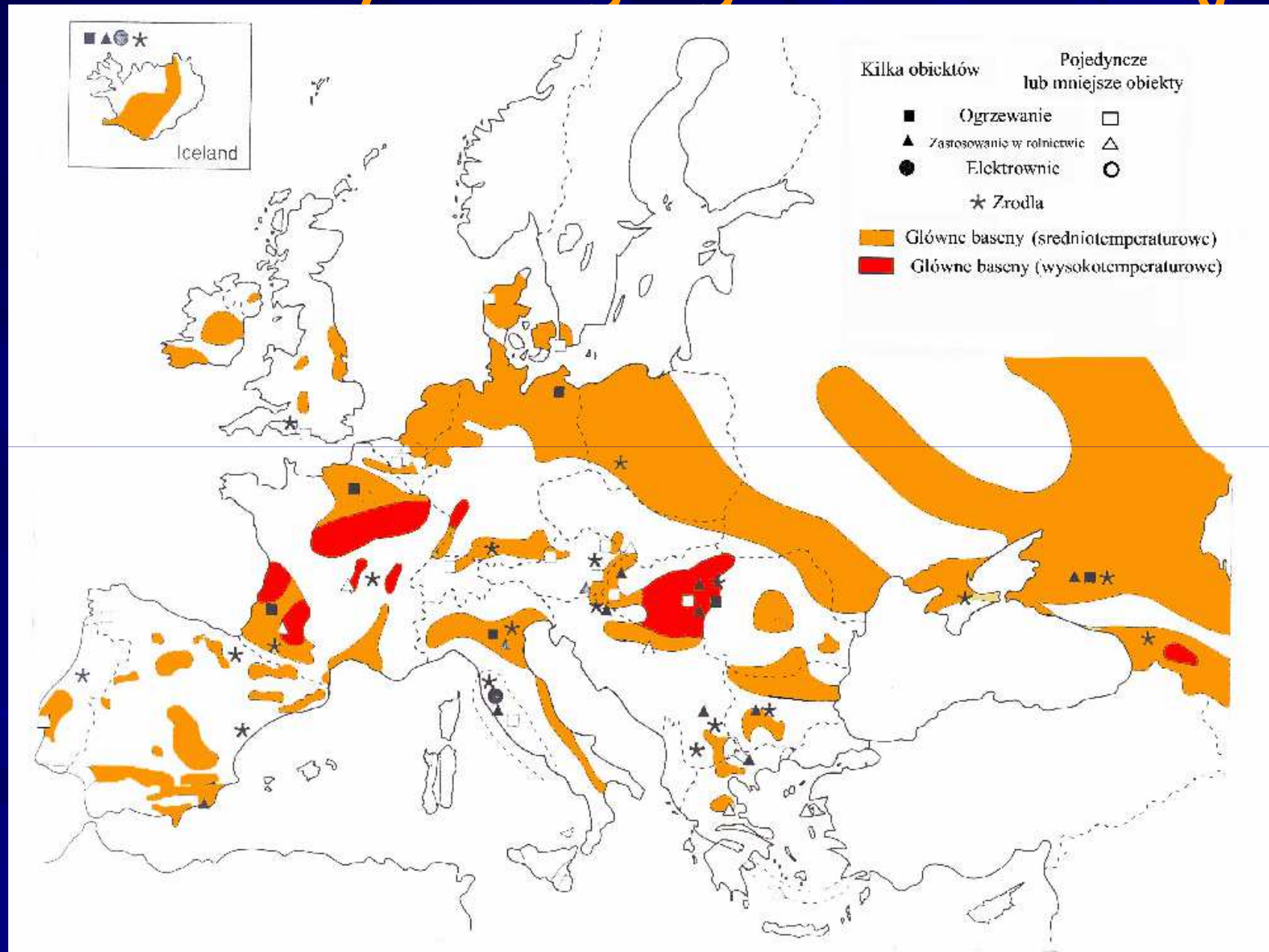
$$E_{br} = P_{bod} \times [\text{m}^3/\text{d}] \times 365 \times 23 \text{ [MJ/m}^3\text{]} \times 80\% / 3\,600\,000 \quad \text{[GWh/rok]}$$

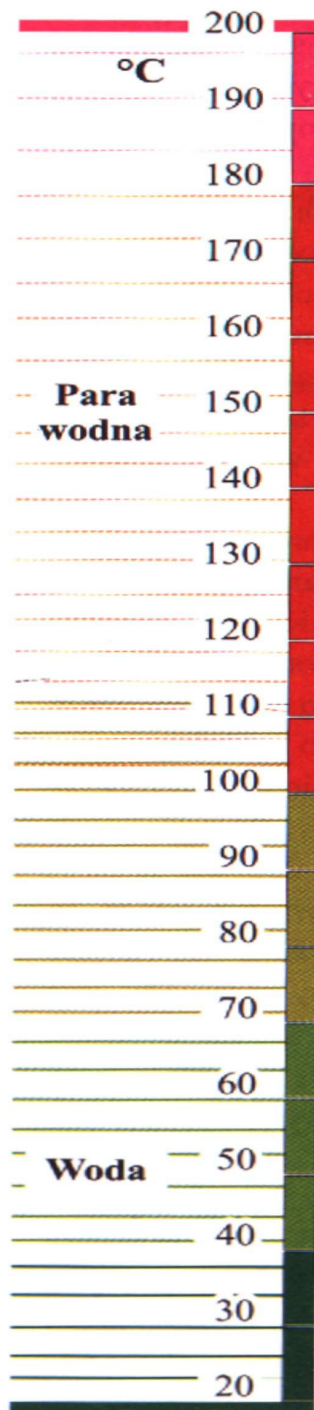
P_{bod} – produkcja biogazu w przeliczeniu na tonę odpadów [m^3/t]
(Przykładowo: bydło – 41, trzoda – 36, drób – 120).

Kocioł
wodny
na
biomasę



7. Zasoby energii geotermicznej





- 200 Konwencjonalna produkcja prądu elektrycznego
- 190 Procesy przy produkcji papieru
- 180 Odparowanie wysoko skoncentrowanych roztworów
- 170 Produkcja ciężkiej wody, suszenie wodorostów
- 160 Suszenie mączki rybnej, suszenie drewna budowlanego
- 150 Produkcja aluminium w procesie Bayer'a
- 140 Suszenie produktów rolniczych, produkcja rolnicza i przemysłowa
- 130 Rafinacja cukru, odzysk soli przez parowanie, konserw. żywienia
- 120 Produkcja wody pitnej przez destylację, koncentracja roztworów solnych
- 110 Suszenie lekkich struktur betonowych
- 100 Dehydracja mat. organ., suszu jarzyn, mycie i suszenie wełny
- 90 Suszenie ryb, intensywne rozmrażanie, ogrzewanie mieszkań
- 80 Ogrzewanie szklarni
- 70 Przygotowanie c.w.u., przem. owocowo-warzywny, mięsny, spożywczy
- 60 Hodowla zwierząt, ogrzewanie szklarni
- 50 Uprawa grzybów, balneologia, hydroterapia, rozkład biomasy
- 40 Suszenie gleby, ogrzewanie podłogowe, baseny kąpielowe
- 30 Wylęgarnie i hodowla ryb, odladzanie, biodegradacja, ogrzewanie gleby
- 20 Hodowla ryb

Konwencjonalna produkcja energii elektrycznej

Produkcja energii elektrycznej - systemy binarne

Wykorzystanie pomp ciepła

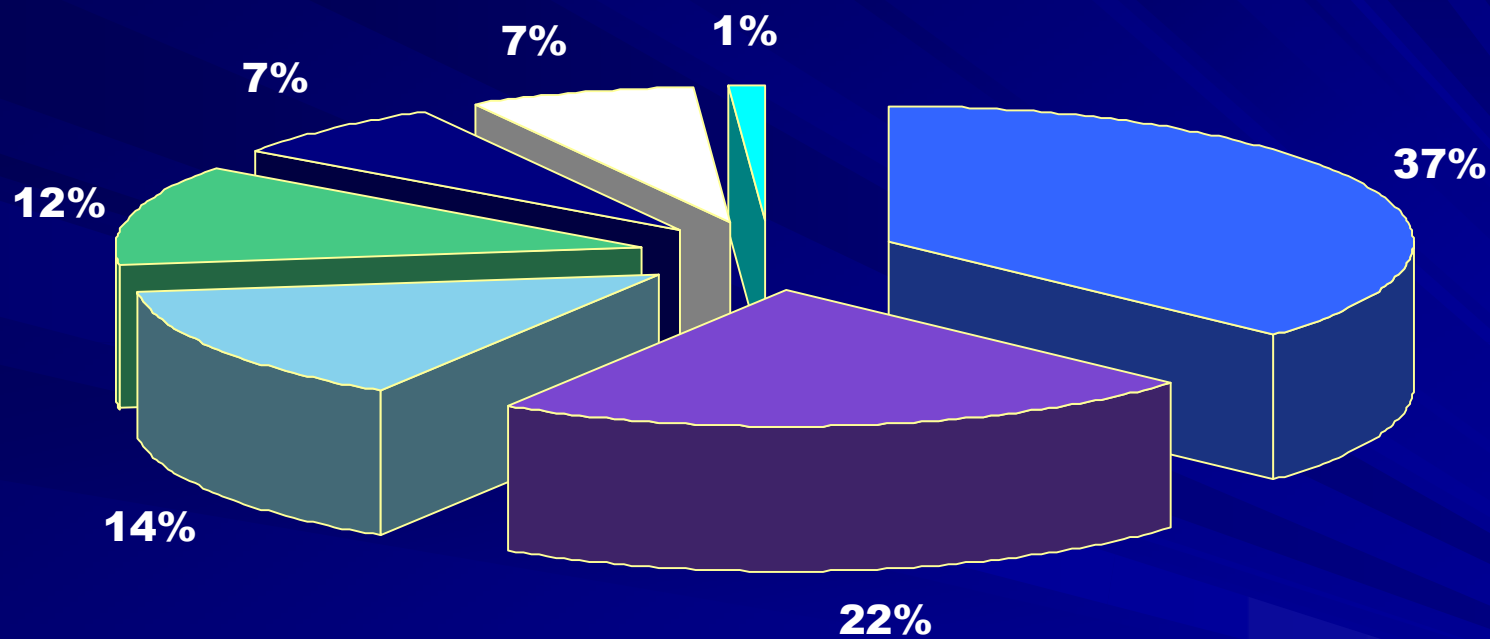


Sposoby wykorzystania energii geotermicznej



- Bezpośrednie wykorzystanie ciepła geotermicznego
- Produkcja energii elektrycznej

Sposoby bezpośredniego wykorzystanie ciepła geotermicznego



■ ciepłownictwo

■ kąpieliska/balneologia

■ pompy ciepła

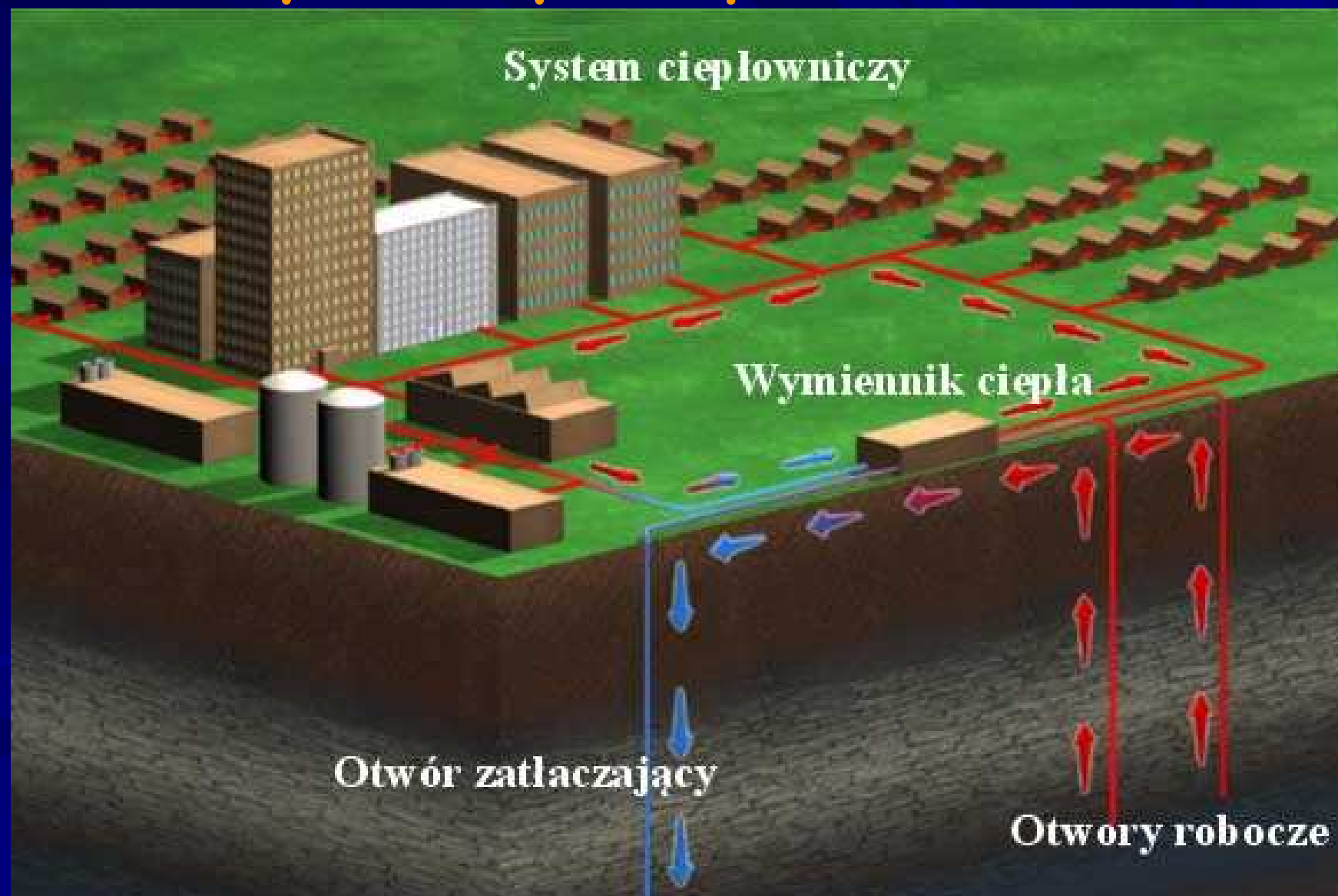
■ szklarnie

■ hodowle ryb

■ przemysł

■ inne

Systemy ciepłownicze





Reykjavik, Islandia
95% budynków jest
ogrzewane ciepłem geotermalnym



Pompownia systemu ciepłowniczego

Systemy ciepłownicze



Pierwszy geotermalny
system ciepłowniczy w USA
Boise, Idaho

Odwiert przy
budynku Kapitolu



Wymiennik ciepła



Kapiteliska i balneologia





Podgrzewanie chodników
Klamath Falls, Oregon



Szklarnia
Nowy Meksyk



Inne zastosowania

Suszarnia cebuli
dla restauracji Burger King
Brady, Nevada



Wylęgarnia ryb
Mammoth Lakes, Kalifornia





Krewetka z hodowli
Oregon Institute of Technology



Hodowla aligatorów
Idaho

Zagospodarowanie ciepła



Ryba z hodowli
Imperial Valley, Kalifornia

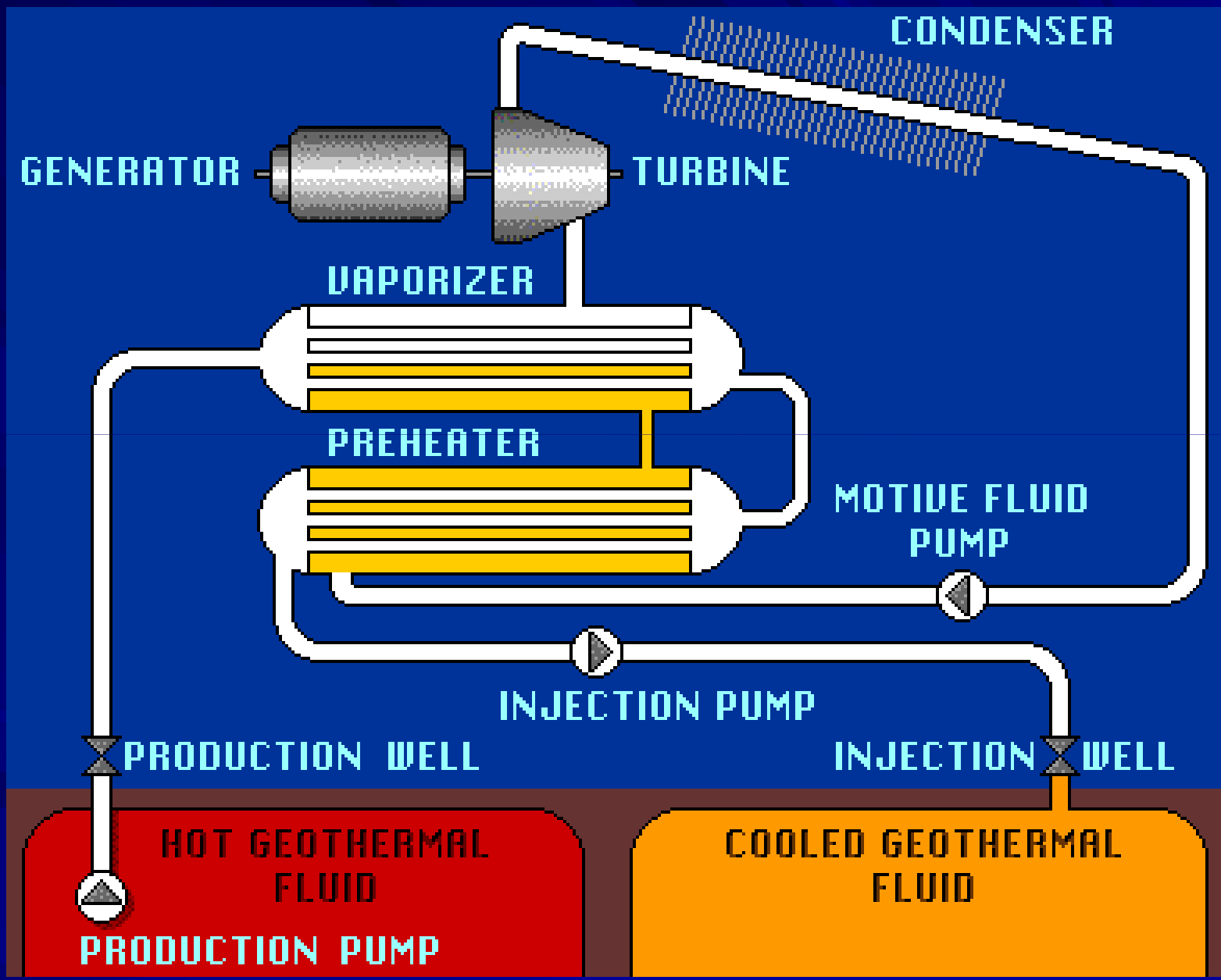


Geotermalna energia elektryczna

-podstawowe technologie

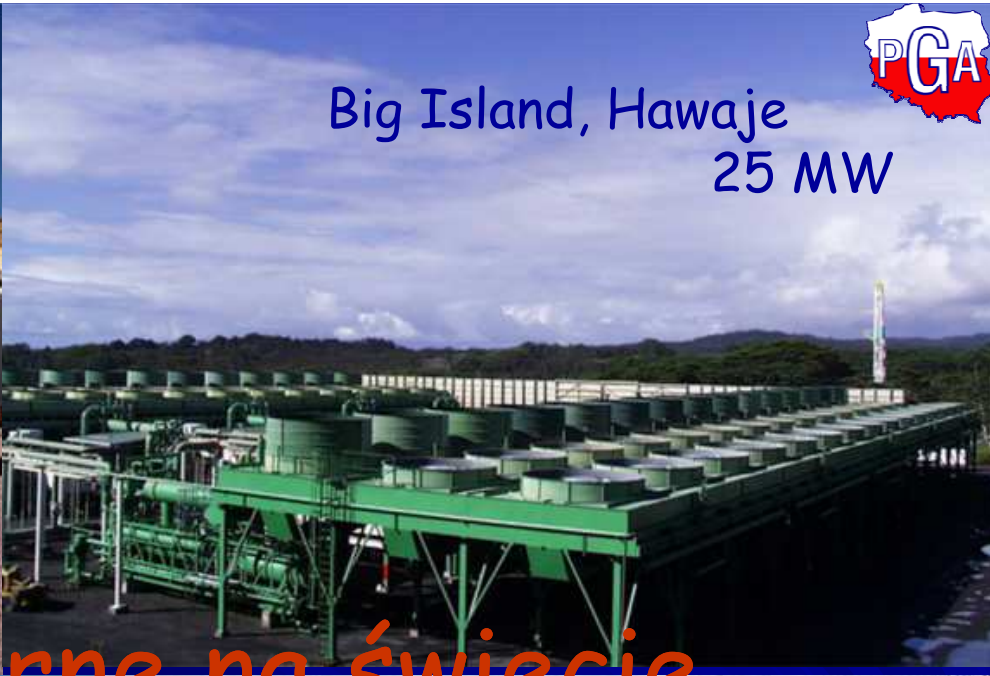
- Systemy binarne (binary cycle)
- Systemy z odparowaniem wody geotermalnej (flash steam)
- Systemy bezpośrednie (dry steam)

Systemy binarne





Soda Lake, Nevada
3,6 MW



Big Island, Hawaje
25 MW

Instalacje binarne na świecie



Wendell-Amadee, Kalifornia
1,6MW



Fang, Tajlandia
0,3 MW

East Mesa, Kalifornia
20MW

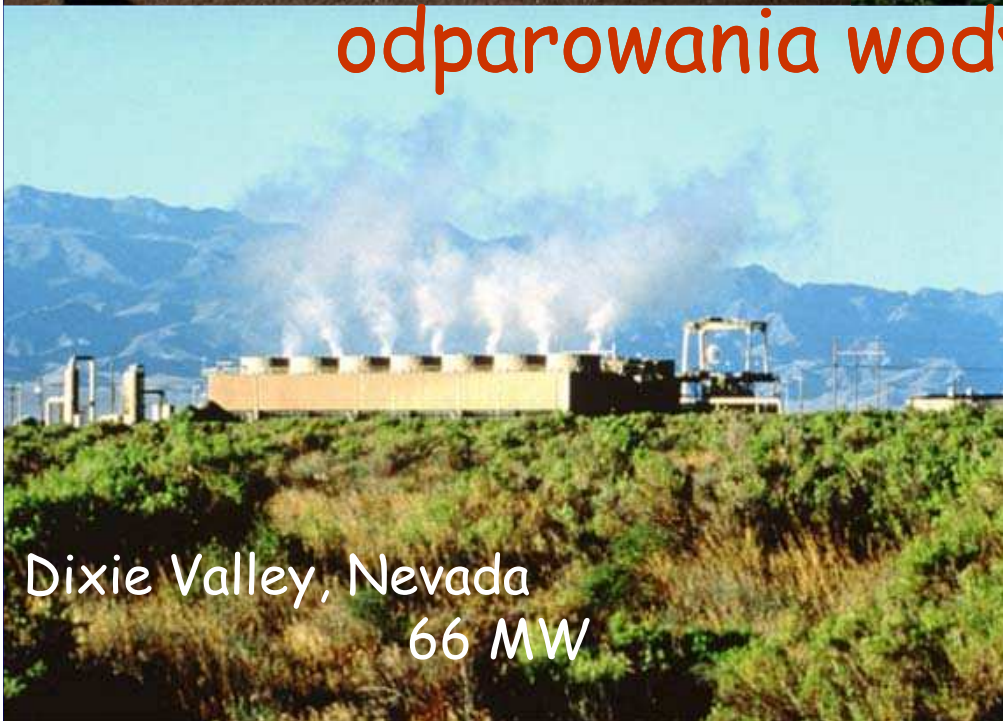


Kompleks Imperial Valley, Kalifornia
Łączna moc elektrowni 402, 8 MW



Elektrownie wykorzystujące technologię odparowania wody geotermalnej

Dixie Valley, Nevada
66 MW



Otake, Japonia
13 MW



8. Możliwości kompleksowego wykorzystania odnawialnych zasobów energii

Podsumowanie zasobów
i potencjału energetycznego
odnawialnych zasobów energii
(OZE) dla każdej gminy
(powiatu, województwa, Polski)



Odnawialne zasoby energii (OZE)	Stan wykorzystania w gminie [GWh/rok] lub [GJ/rok]	Potencjał teoretyczny w gminie [GWh/rok] lub [GJ/rok]	Potencjał ekonomiczny w gminie [GWh/rok] lub [GJ/rok]	Sumaryczny (stan istniejący + potencjał ekonomiczny w gminie [GWh/rok] lub [GJ/rok])
1	2	3	4	5
1. Energia geotermiczna				
a) geotermalna				
b) energia gorących skał				
2. Energia słoneczna				
a) kolektory słoneczne				
b) fotowoltaika (PV)				
3. Energia wodna (MEW)				
a) Elektrownie wodne				

4. Energia wiatru				
a) Elektrownie wiatrowe				
5. Biomasa				
a) słoma				
b) odpady drzewne				
c) uprawy energetyczne				
6. Biogaz				
a) biogaz z oczyszczalni				
b) biogaz wysypiskowy				
c) biogaz rolniczy				
SUMA ZASOBÓW:				

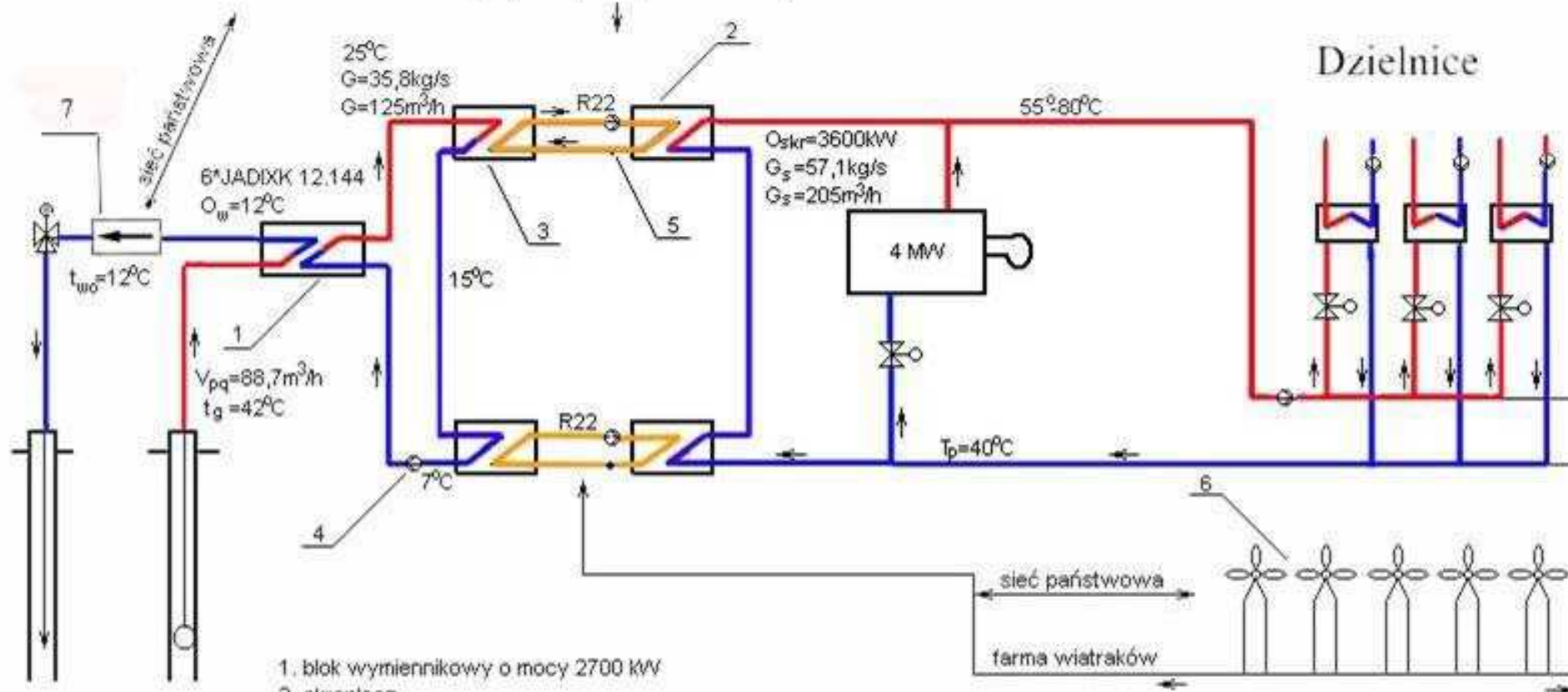
Zródło ciepła geotermalnego

Sprezarkowa pompa ciepła

Kocioł niskotemper. wysokowydajny CO



Sterowanie z monitorowaniem i rejestracją Adop-kool

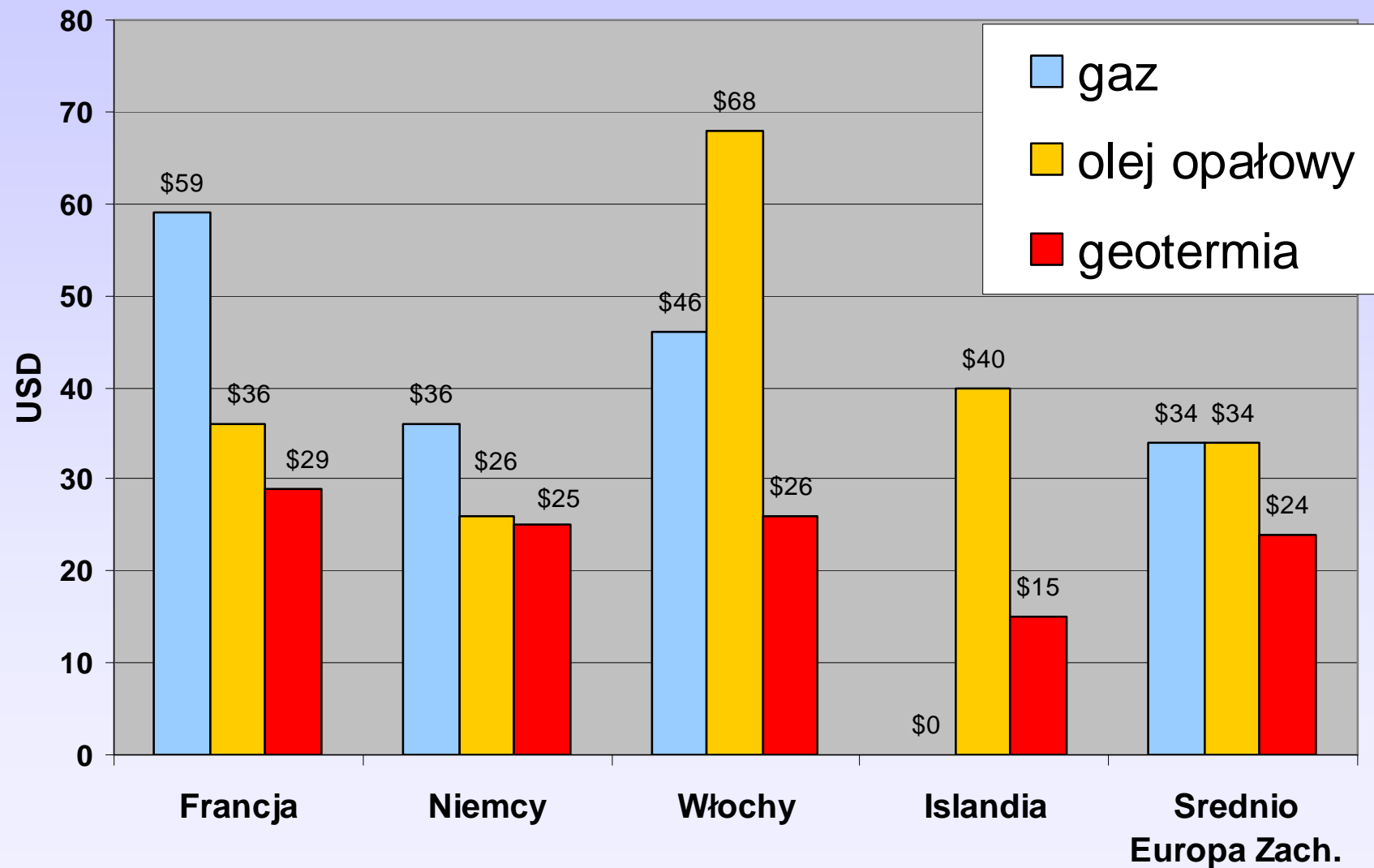


1. blok wymiennikowy o mocy 2700 kW
2. skraplacz
3. parownik
4. zespół pomp obiegowych
5. zawór dławiący
6. zespół elektrowni wiatrowych $5 \cdot 160\text{ kW} = 800\text{ kW}$
7. turbina wodna

Zintegrowany system grzewczy samowystarczalny energetycznie wykorzystujący energię z zasobów odnawialnych:
geotermia + pompy ciepła + elektrownie wiatrowe + elektrownia wodna (+ gaz)

Łączne koszty (inwestycyjne i produkcyjne) wytwarzania w USD, 1MWh energii cieplnej z różnych źródeł

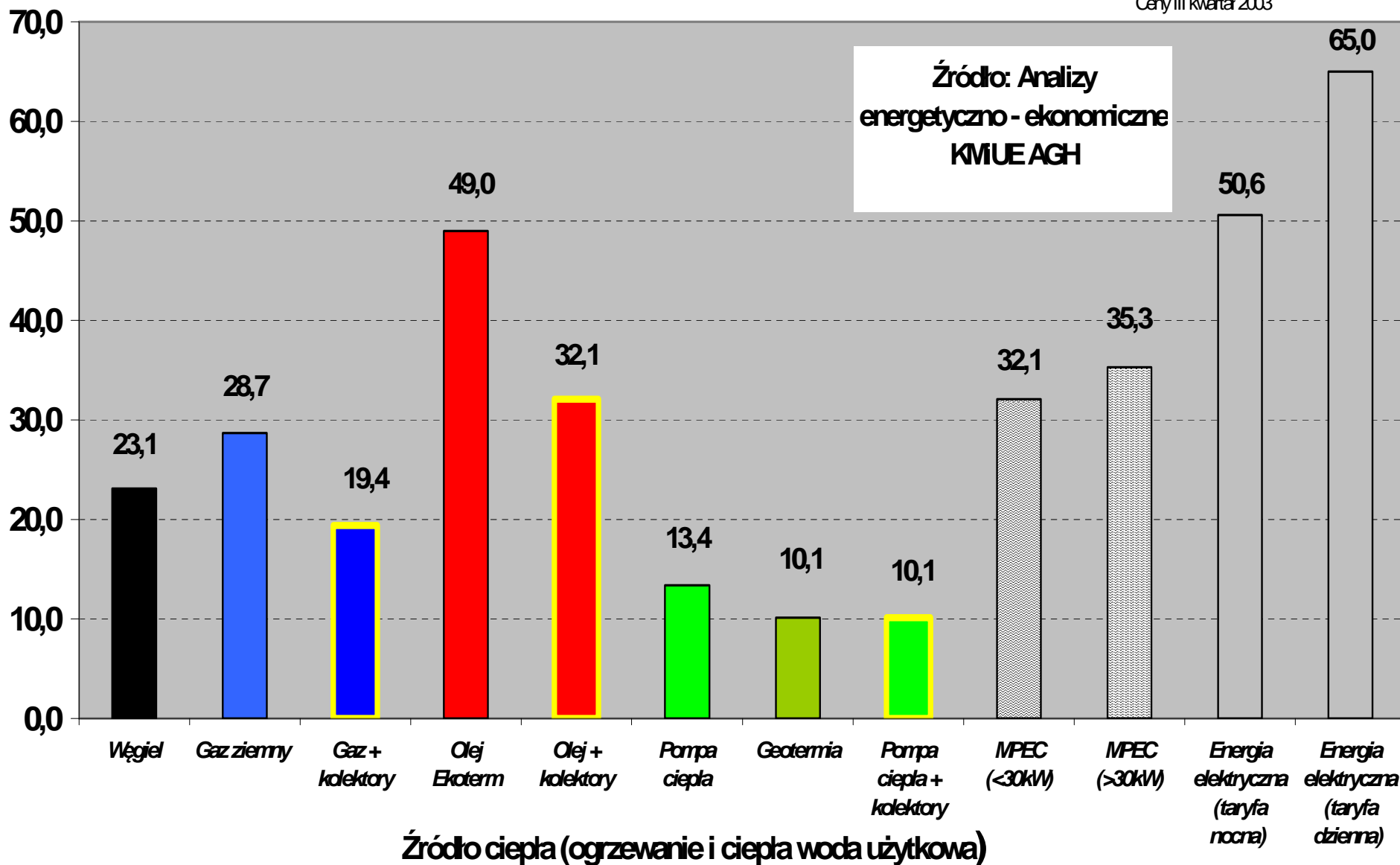
Dane z roku 2003



zł/GJ

Koszt brutto 1 GJ energii cieplnej z różnych źródeł

Ceny III kwartał 2003





Koniec