

FORUM TERMOMODERNIZACJI

3.04.2019, Warszawa



Technologie OZE w głębokiej termomodernizacji budynków

Dr inż. Ryszard Wnuk

Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A.
rwnuk@kape.gov.pl

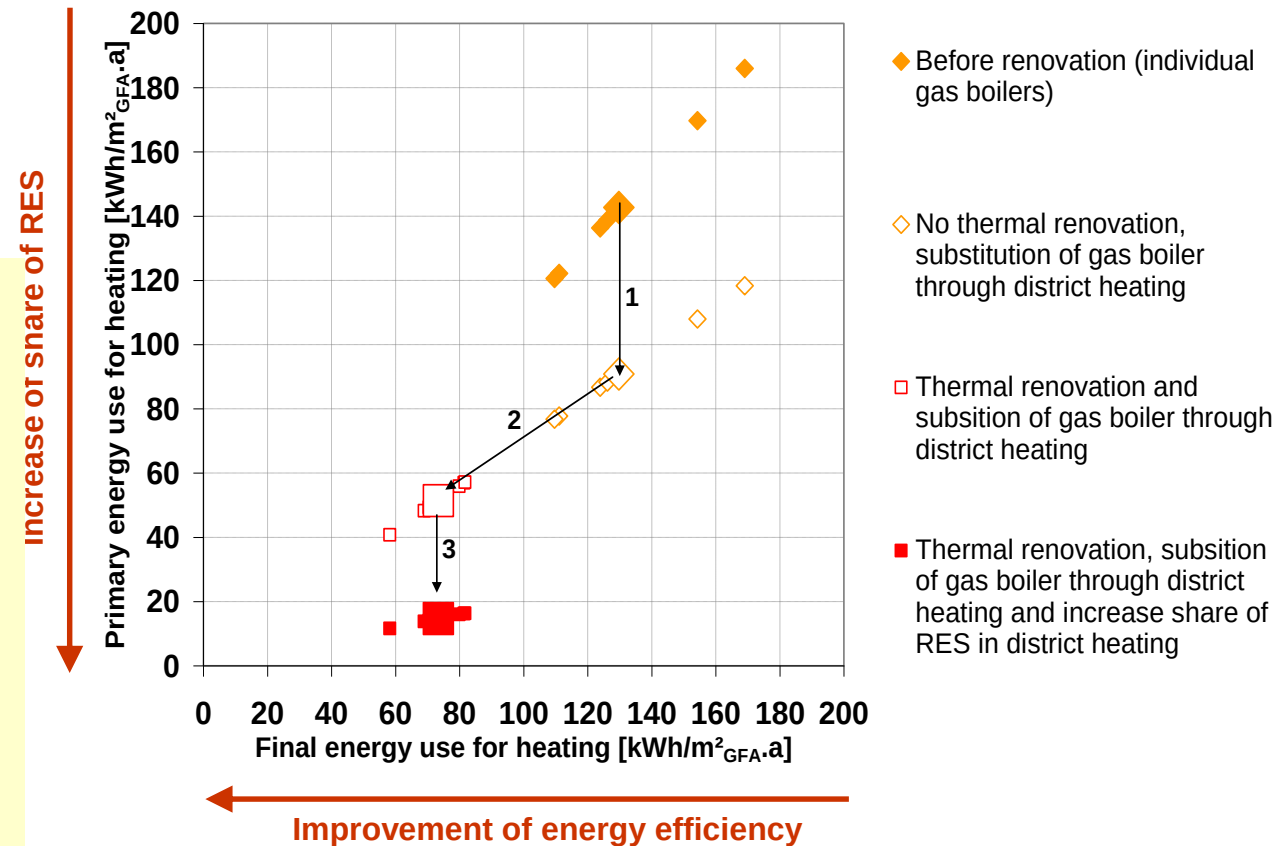
**"OSIĄGNIESZ WIĘCEJ
ZUŻYWAJĄC MNIJ"**

DZIAŁAMY OD 1994 ROKU STAŁE POSZERZAJĄC
OFERTĘ SWOICH USŁUG W OBSZARZE
EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ I ODNAWIALNYCH
ŹRÓDEŁ ENERGII.

www.kape.gov.pl

Rezultaty działań termomodernizacyjnych (CONCERTO)

- 1 Wprowadzenie
- 2 Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego
- 3 Wykorzystanie innych źródeł
- 4 Magazynowanie energii na sposób ciepła

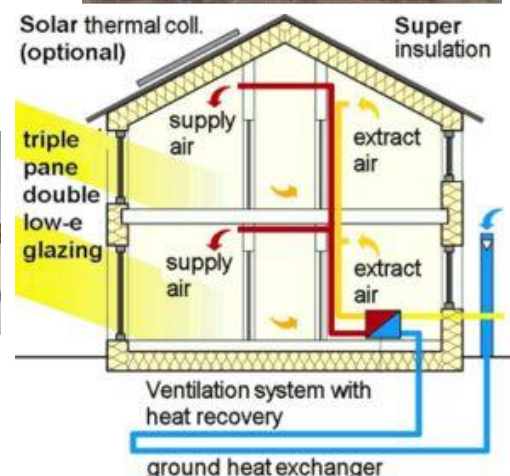


Udział technologii, w tym OZE, w redukcji emisji CO₂ w budynkach (IEA):

- redukcja zużycia energii elektrycznej – oświetlenie, chłodzenie, AGD;
- struktura budynku, budynki pasywne, generacja rozproszona;
- energetyka słoneczna w grzaniu i chłodzeniu.

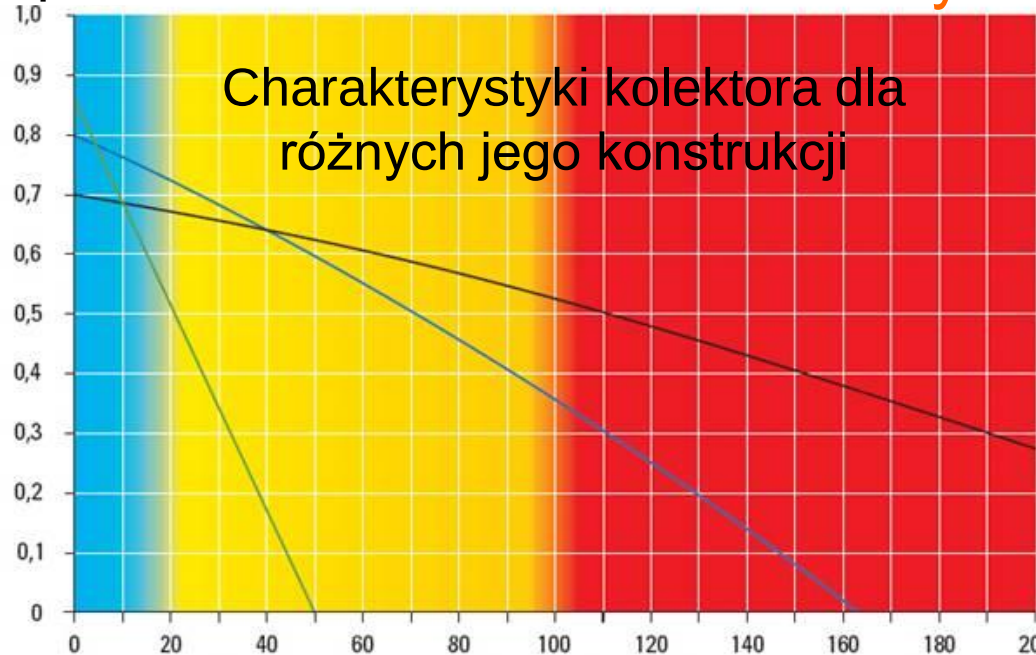
Odnawialne źródła energii w budynkach:

- **Energia promieniowania słonecznego:**
 - Pasywne i aktywne systemy grzewcze;
 - Systemy fotowoltaiczne (PV);
 - Oświetlenie światłem dziennym.
- Energia odpadowa: odzysk ciepła z układów wentylacyjnych, ścieków i innych;
- Energia otoczenia budynku (np. wód gruntowych lub powierzchniowych, gruntu, powietrza): zastosowanie pomp ciepła; wymienników gruntowych;
- Energia biomasy: instalacje z nowoczesnymi kotłami spalającymi zrębki drewniane lub pelety;
- Energia wiatru: turbiny wiatrowe;
- Inne technologie, np.:
 - silnik Stirlinga,
 - ogniwa paliwowe.

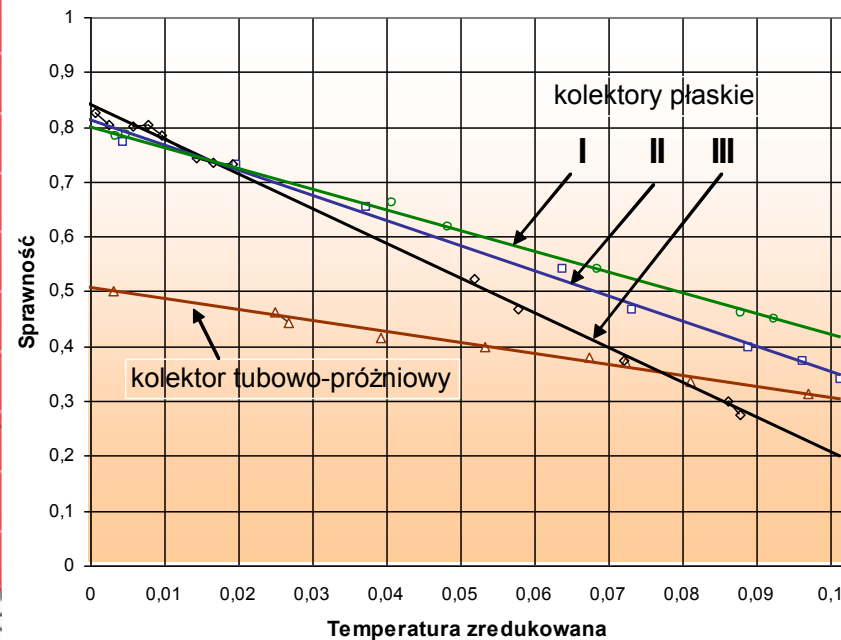


Słoneczne systemy podgrzewania ciepłej wody użytkowej – kolektory słoneczne

Sprawność



Różnica temp. kolektora do temp. otoczenia [K]



Kolektor płaski

Kolektor próżniowy

Absorber plastikowy

0 - 20 K

20 - 100 K

> 100 K

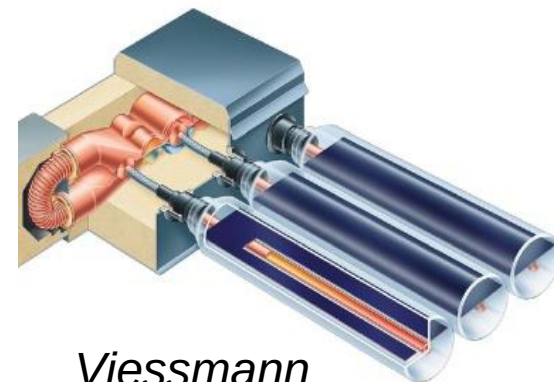
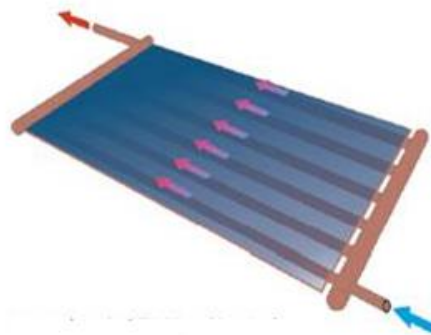
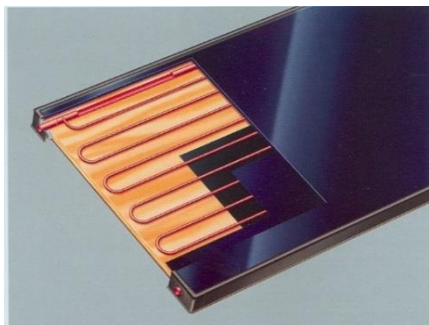
Podgrzewanie basenów

Ciepła woda i podgrzewanie

Ciepło technologiczne

Uzysk energetyczny:
400 – 550 kWh/m² (płaskie)

Viessmann



Viessmann



GUS, 2015

Kolektory słoneczne wykorzystywało jedno na 56 gospodarstw domowych, czyli 1,77% gospodarstw domowych – w tym do ogrzewania pomieszczeń stosowało je 0,14% gospodarstw domowych i 1,77% do ogrzewania wody.

Większość instalacji to kolektory cieczowe płaskie (**72,3%**), kolektory cieczowe próżniowe (**21,0%**), a kolektory cieczowe nieosłonięte (**0,8%**).

Średnia powierzchnia kolektorów słonecznych wyniosła **6,4 m²** (ich łączna powierzchnia w krajowych gospodarstwach domowych to **1530 tys. m²**).

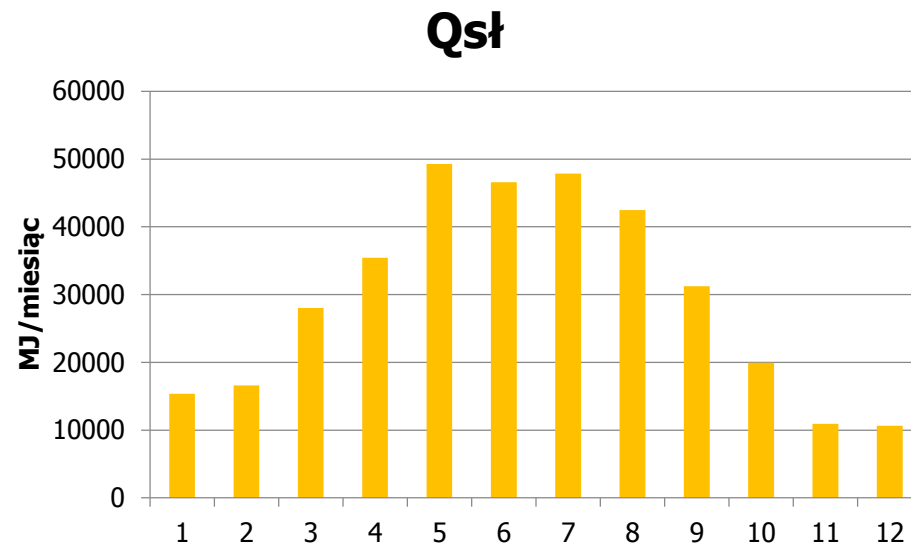


Poszukiwania

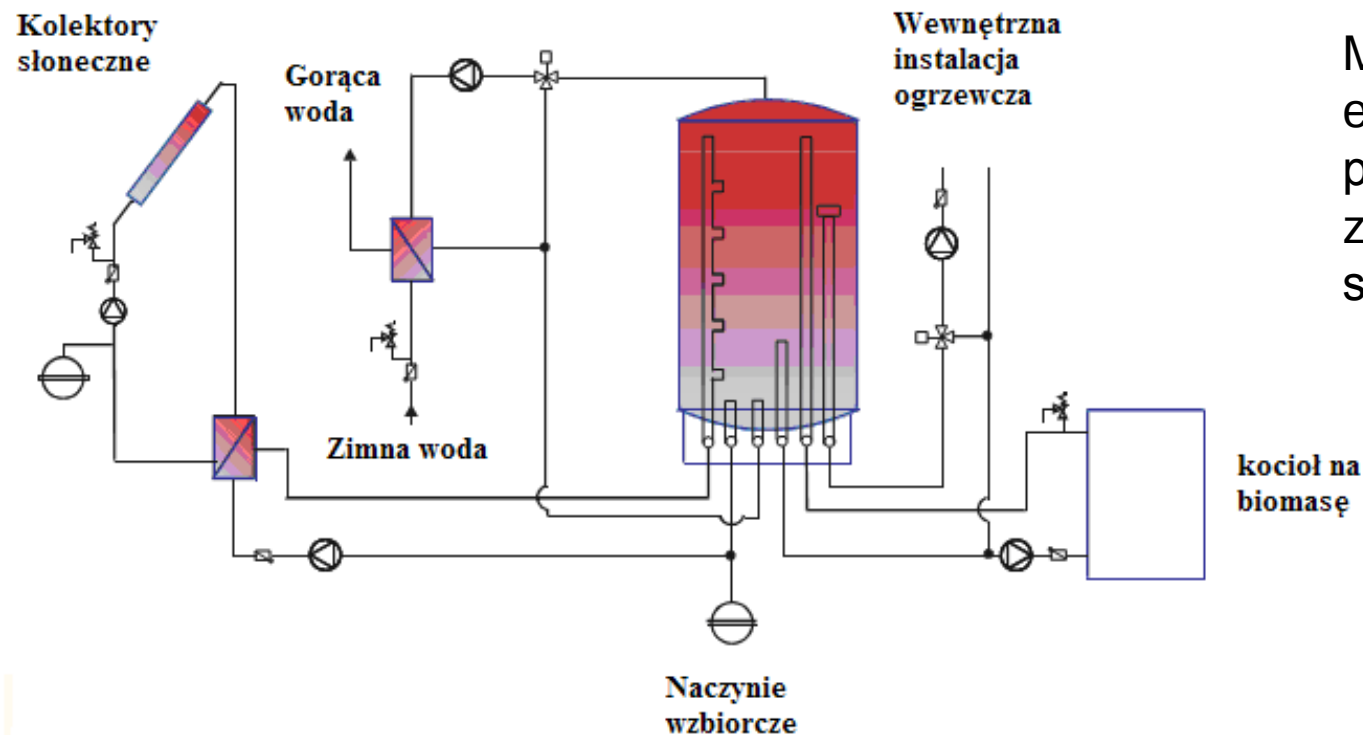


Koszt: do ok. 2000 zł/m²

Radykalne zmniejszenie EU –
do rozpatrzenia zastosowanie
systemu „combi”

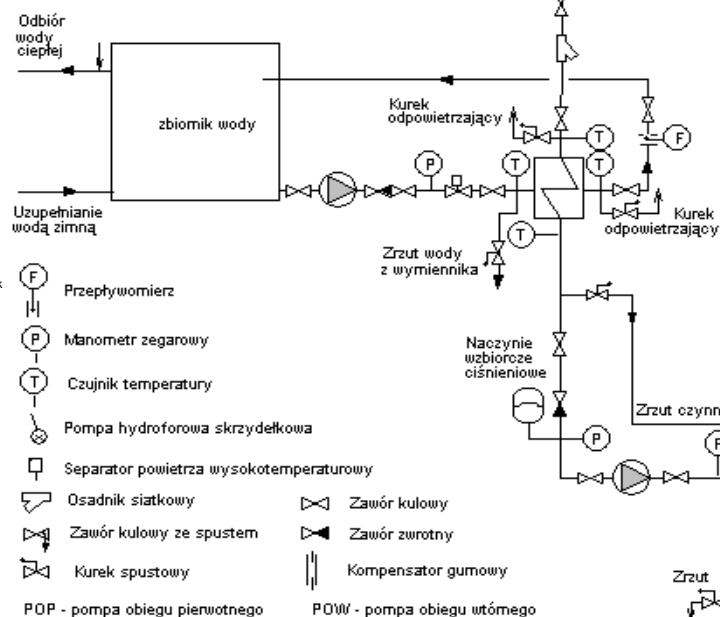
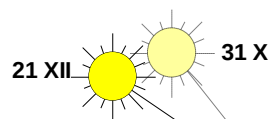
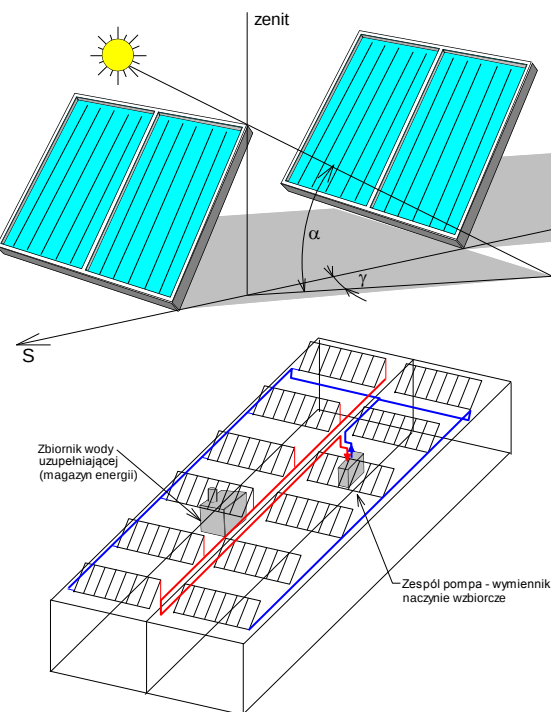


Miesięczne uzyski
energetyczne
przykładowej instalacji
z kolektorami
słonecznymi



Schemat hydrauliczny systemu „combi” dla domu jednorodzinnego

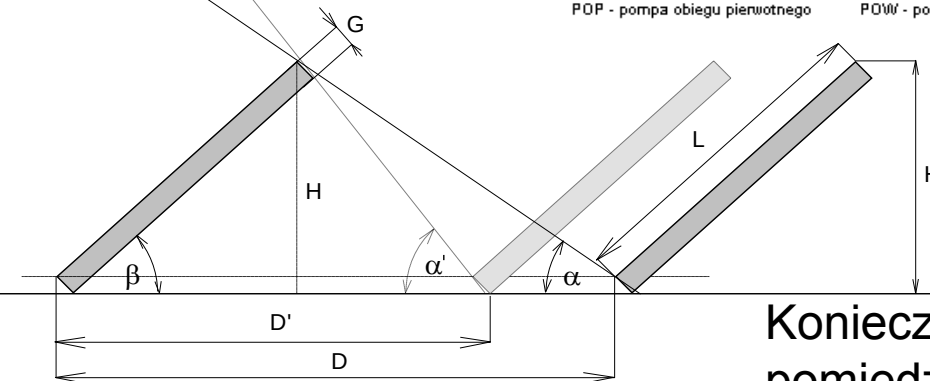
Schemat funkcjonalny dużej instalacji słonecznej
64 kolektory,
pow. kolektora 1,78 m²
Łącznie 114 m²



Duże instalacje

$$D = L(\cos\beta + \sin\beta \cdot \operatorname{ctg} \alpha)$$

Konieczne zapewnienie minimalnej odległości D pomiędzy rzędami kolektorów





Lokalizacja	A	V	V/A	Zysk energetyczny	
	m ²	dm ³	[-]	MJ/m ²	kWh/m ²
Ciechocinek	43,2	2000	46,3	2314,8	643
Kamieniec Wrocławski	5	-	-	1769,2	491
	5	-	-	2012,2	559
	5	-	-	1791,6	498
	5	-	-	1962	545
Łódź	80,4	3000	37,3	2410,7	670
Kraków	129,6	4800	37	1967,6	547

Występujące wady:

- Brak danych do opracowania założeń – błędne wymiarowanie powierzchni kolektorów słonecznych.
- Brak koncepcji ujmujących istotne uwarunkowania i specyfikę instalacji.
- Brak wiarygodnych obliczeń zysków energetycznych instalacji.
- Projektowanie – błędy w sztuce, nieznamość specyfiki tematu, brak doświadczenia i nieuwzględnianie nowoczesnych technologii i rozwiązań.
- Niezgodne z projektem wykonanie.
- Brak monitoringu.
- **Nie uwzględnienie strat przesyłu.**
- Duże dofinansowanie nie skłania do troski o prawidłowe funkcjonowanie i efekty.
- Wady technologiczne urządzeń np. kolektorów słonecznych.

Koszt (LCOE) – bardzo silnie zmienny (70-.... zł/GJ)



2



Zadaszenie wiaty parkingowej



BIPV

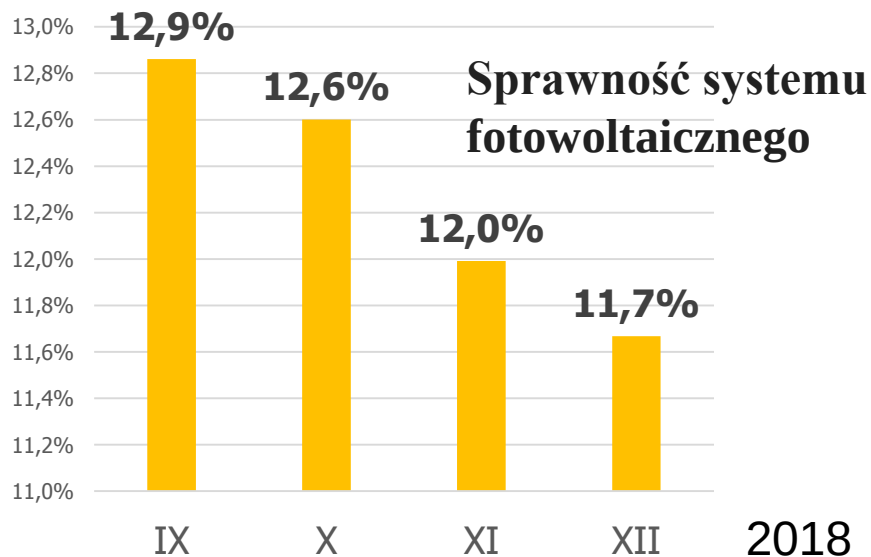
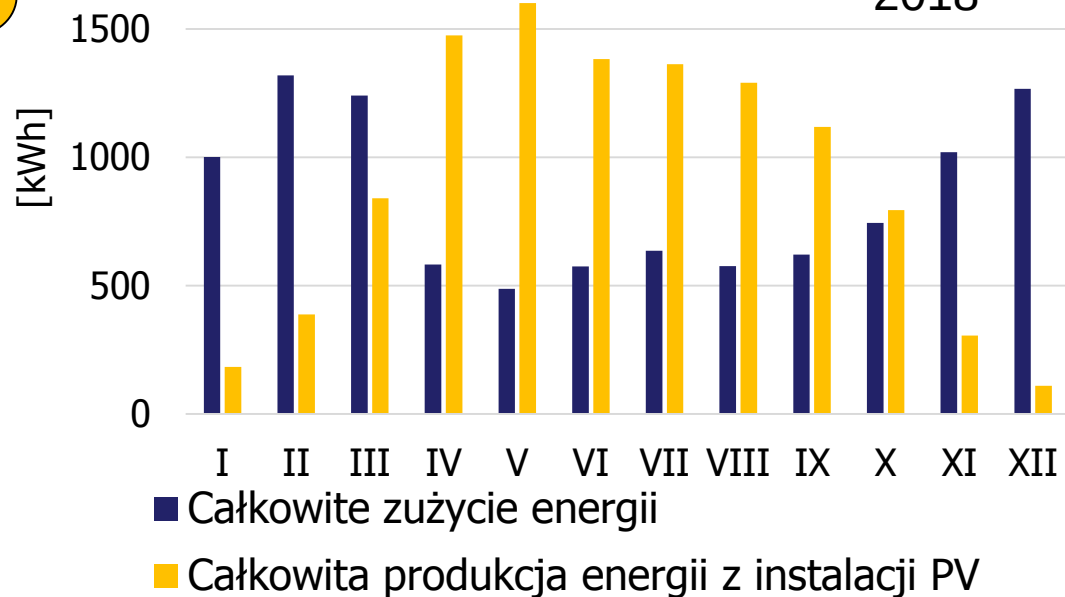
Współczynnik nakładu
nieodnawialnej energii
pierwotnej

$$w = 3 \rightarrow 0$$



BAPV





Przykład instalacji PV



Standardowe warunki testu
(STC - Standard Test Conditions)

1000 [W/m²]

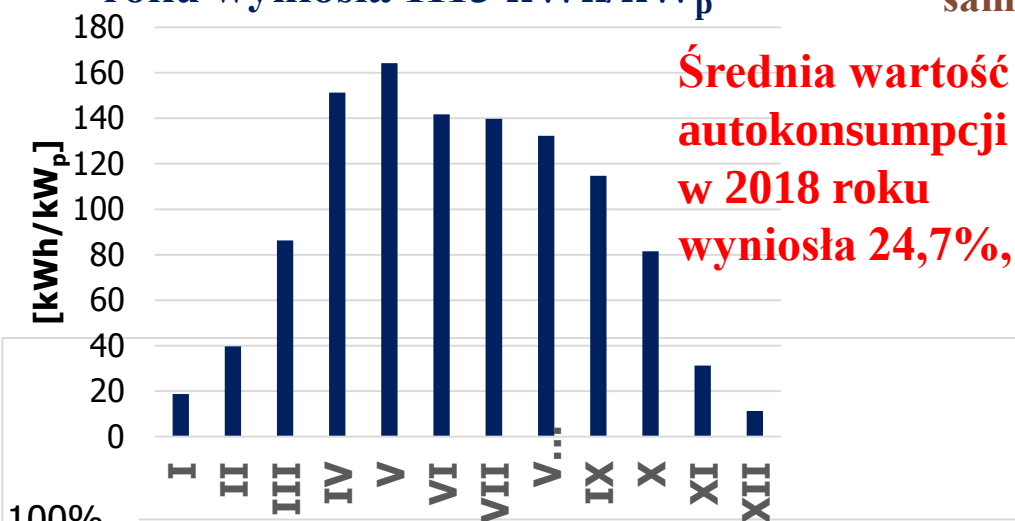
25°C

AM 1,5

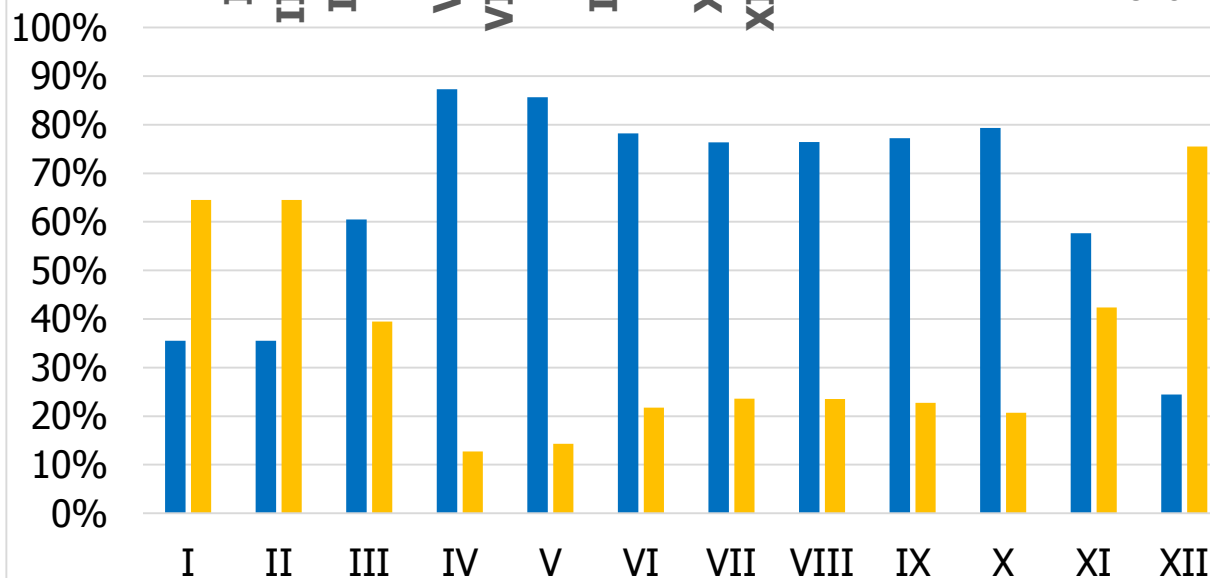
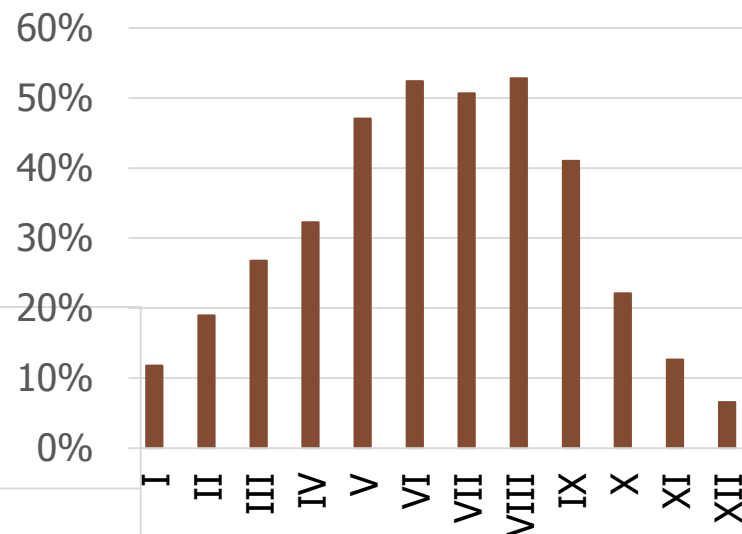
Moc systemu PV – **9,75 kW_p**
+ pompa ciepła

Nowakowski P., Wnuk R., Analiza funkcjonowania instalacji fotowoltaicznej zintegrowanej z pasywnym budynkiem jednorodzinny, Polska Energetyka Słoneczna, 2018

2 Produktywność systemu PV w 2018 roku wyniosła 1113 kWh/kW_p



Średnioroczna wartość współczynnika samowystarczalności w 2018 roku wyniosła 26,6%



■ Udział energii wytworzonej i wprowadzonej do sieci do całkowitej energii wytworzonej

■ Udział energii wytworzonej bezpośrednio wykorzystanej w całkowitej energii wytworzonej

Współczynnik samowystarczalności (współczynnik niezależności energetycznej) zdefiniowano jako iloraz energii z systemu PV zużytej przez odbiorniki domowe (bez oddawania do sieci i całkowitego zapotrzebowania na energię w budynku).

Nowakowski P., Wnuk R., Analiza funkcjonowania instalacji fotowoltaicznej zintegrowanej z pasywnym budynkiem jednorodzinny, Polska Energetyka Słoneczna, 2018

2

System opustów: dobór mocy P instalacji PV

$$P = \frac{\frac{E_z}{o + a - o \cdot a}}{H \cdot \eta_{inst.}} \cdot STC$$

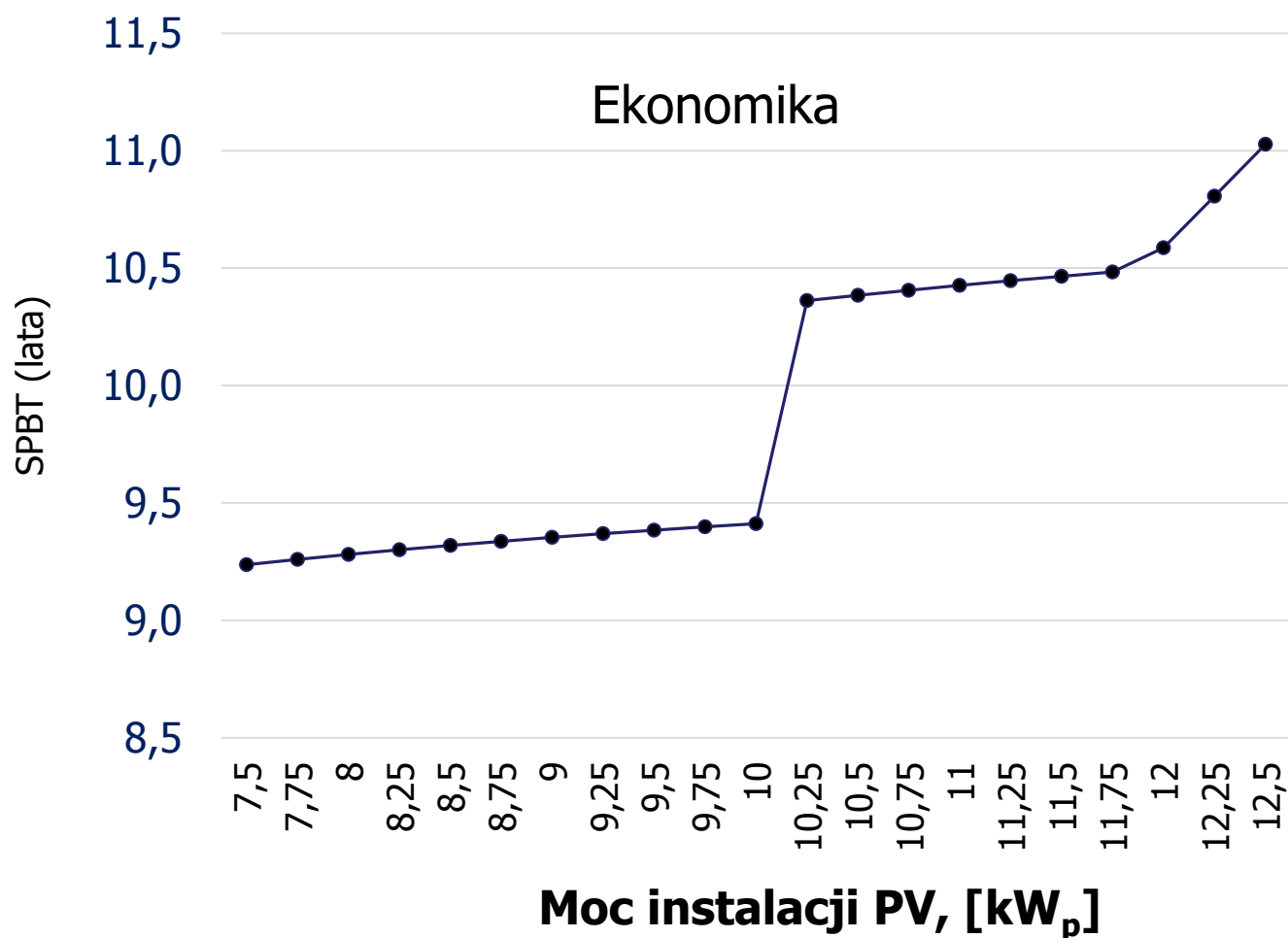
E_w	-	energia wytworzona przez system fotowoltaiczny [kWh];
E_z	-	zapotrzebowanie na energię elektryczną [kWh];
o	-	wielkość opustu: 0,8 dla instalacji do 10 kW, 0,7 dla instalacji powyżej 10 kW;
a	-	wielkość autokonsumpcji, definiowana jako udział energii bezpośrednio konsumowanej w wielkości energii wytworzonej przez system PV.
H	-	roczne napromieniowanie powierzchni czołowej modułów fotowoltaicznych [kWh];
$\eta_{inst.}$	-	sprawność instalacji, (1 – straty), na podstawie wyników pomiarów badanej instalacji, wynosi 0,87 (nie jest to wielkość związana ze sprawnością modułów);
STC	-	gęstość strumienia napromieniowania w warunkach testowych, wynosi 1 kW/m ² .

Jeżeli zdefiniujemy współczynnik autokonsumpcji a^* jako udział energii z systemu PV bezpośrednio wykorzystanej do zapotrzebowania na energię, formuła określania mocy instalacji ma postać:

$$P = \frac{E_w}{H \cdot \eta_{inst.}} \cdot STC = \frac{E_z \cdot \left(a^* + \frac{1-a^*}{o} \right)}{H \cdot \eta_{inst.}} \cdot STC \quad [\text{kW}_p]$$

2

Założono proporcjonalność kosztów systemu i mocy instalacji, przyjmując koszt 5508 zł za 1 kW_p (rzeczywisty w czasie budowy domu i instalacji 9,75 kW_p). Obliczono wartości SPBT dla instalacji w zakresie mocy od 7,5 kW_p do 12,5 kW_p. Przyjęto stałą wartość energii z systemu PV bezpośrednio wykorzystanej 2676 kWh w okresie rocznym, przy zapotrzebowaniu 10 070 kWh, a cenę energii 0,62 zł/kWh.

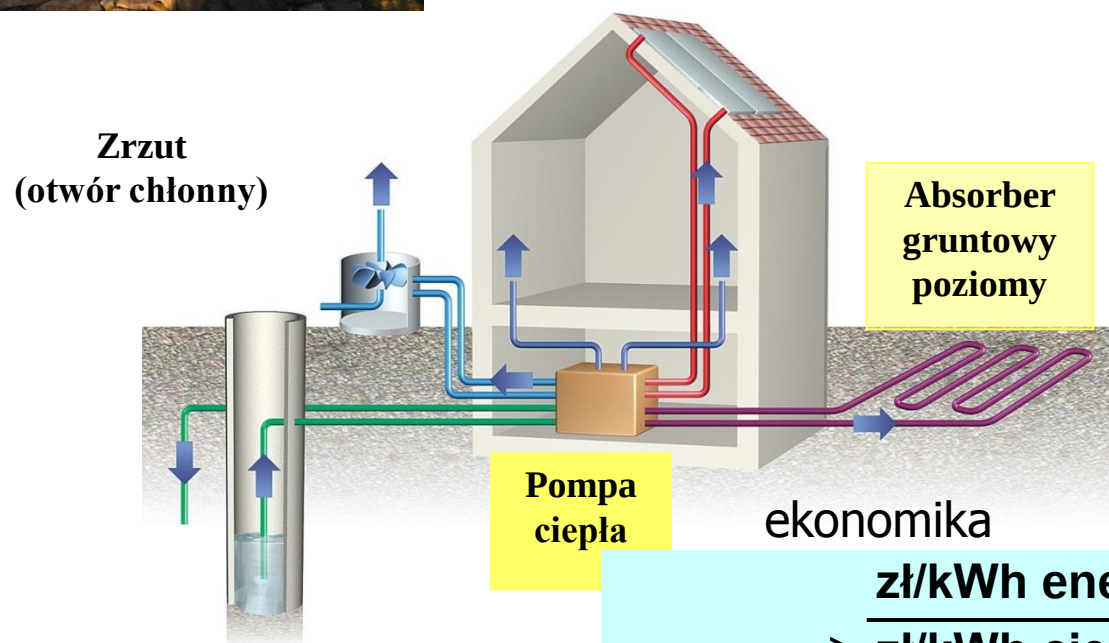


SPBT do 5 lat
(grant 30%, odpis
podatkowy)

Wykorzystanie energii zawartej w otoczeniu domu – za pośrednictwem pomp ciepła

Dolne źródła ciepła: naturalne (odnawialne)

- powietrze zewnętrzne
- wody powierzchniowe (rzeki, jeziora)
- wody gruntowe
- wody geotermalne
- grunt
- promieniowanie słoneczne



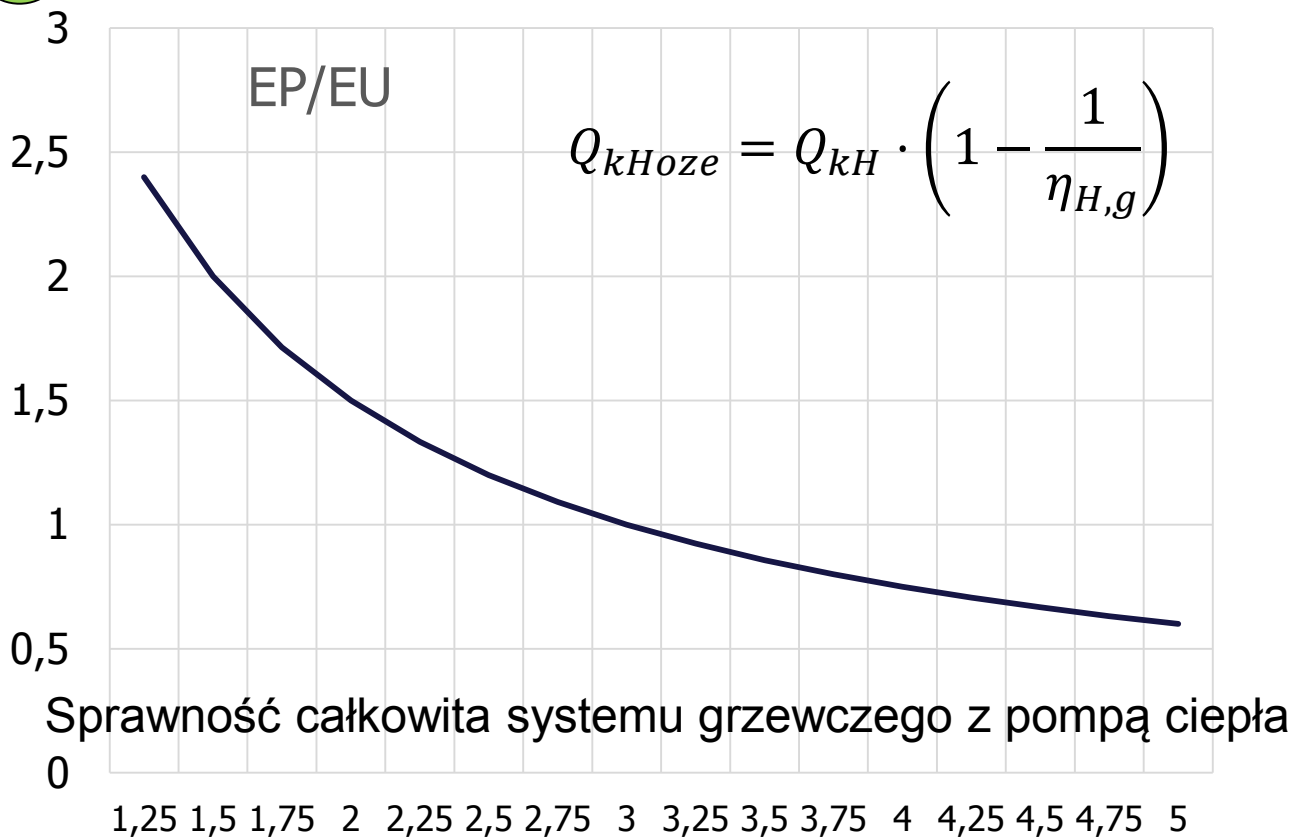
zł/kWh energii elektrycznej

$\varepsilon \geq \frac{\text{zł/kWh ciepła ze źródła konwencjonalnego}}{\text{zł/kWh energii elektrycznej}}$

zł/kWh (energii elektrycznej)

ε (współczynnik wydajności grzejnej)

= zł/kWh ciepła



Scenariusz BLUE IEA
Budynki: 50-70%
z pompami ciepła (2050)

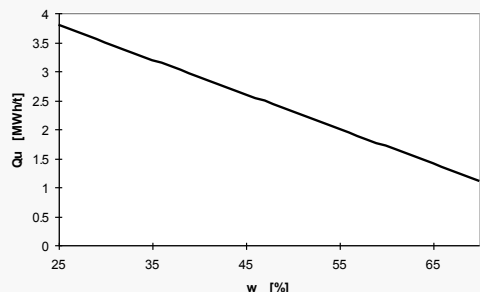
GUS, 2015: pompy ciepła wykorzystywało jedno na 1250 gospodarstw domowych

Pompy ciepła były wykorzystywane do celów grzewczych jedynie przez 0,08% gospodarstw domowych, w tym do ogrzewania pomieszczeń przez 0,07% i do ogrzewania wody przez 0,03%

Średnie wartości efektywności cieplnej (SPF) pomp ciepła:

- COP = 5,5 dla wód gruntowych jako dolnego źródła ciepła,
- COP = 4,4 dla gruntu jako dolnego źródła ciepła,
- COP = 3,2 dla powietrza jako dolnego źródła ciepła.

Wykorzystanie biomasy



I. p.	Rodzaj paliwa	Wartość opałowa
1.	Słoma	13
2.	Zrębki	18
3.	Pelet z łusek słonecznika	21
4.	Brykiet ze słomy	17
5.	Pelet drzewny	17
6.	Brykiet drzewny	17



Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla biomasy $w = 0,2$

Lp.	Rodzaj budynku	EP na potrzeby ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej, [kWh/(m ² · rok)]		
		Od stycznia 2014	Od stycznia 2017	Od stycznia 2021
1.	Budynki rodzinne			
	a) Domy jednorodzinne	120	95	70
	b) Domy wielorodzinne	105	85	65
2.	Bloki mieszkalne	95	85	75
3.	Budynki użyteczności publicznej			
	a) Opieki zdrowotnej	390	290	190
	b) Inne	65	60	45



3

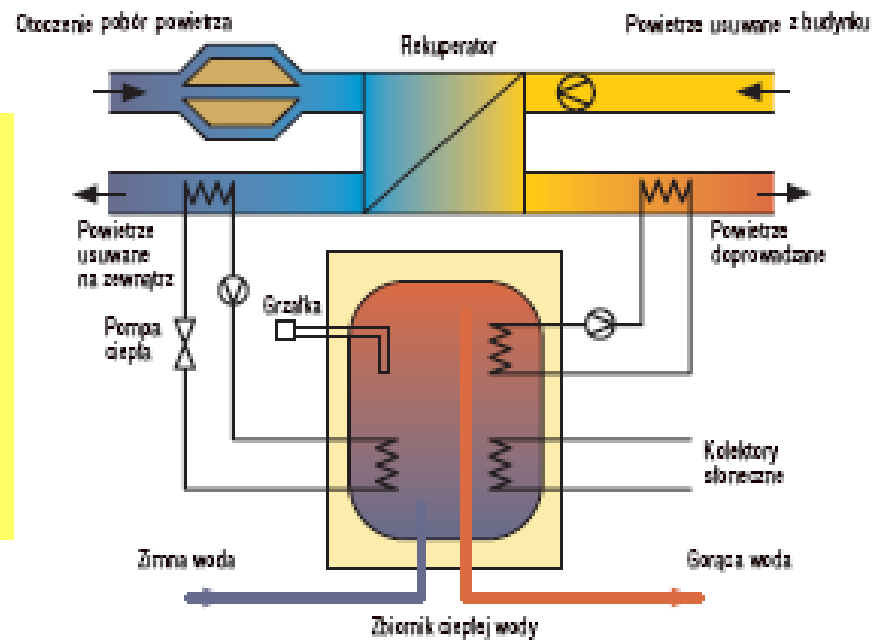
Integracja systemów

Zintegrowany
kolektor cieczowy
i PV

PVT



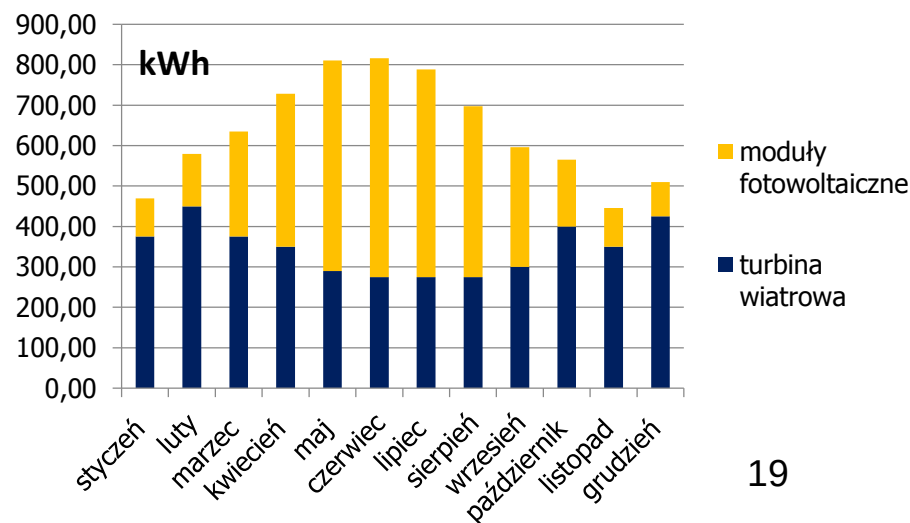
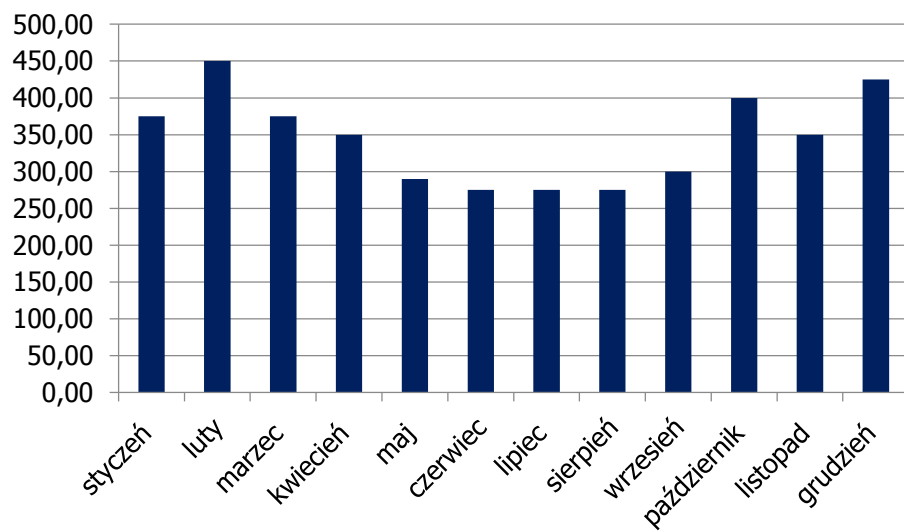
Zintegrowany
system
wentylacyjny
z odzyskiem ciepła,
z pompą ciepła
i kolektorami
słonecznymi



Układ hybrydowy = siłownia wiatrowa + słoneczna

+ PV 3,9 kW

TURBINA HWT 3000 o mocy 3 kW



Akumulacja energii:

- magazynowanie energii cieplnej (wewnętrznej) i chemicznej
 - Wykorzystanie pojemności cieplnej materiałów i efektów cieplnych przemian fazowych
 - **Wykorzystanie efektów cieplnych reakcji chemicznych**
- Magazynowanie z wykorzystaniem procesów elektrochemicznych
- Magazynowanie z wykorzystaniem procesów biochemicznych



Przykład
sezonowego
magazynu ciepła
wykorzystującego
reakcje chemiczne

FP7 - MOSTOSTAL

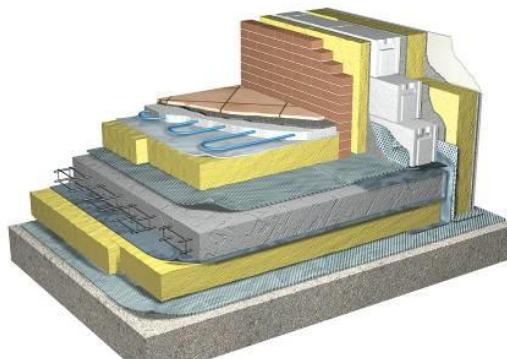
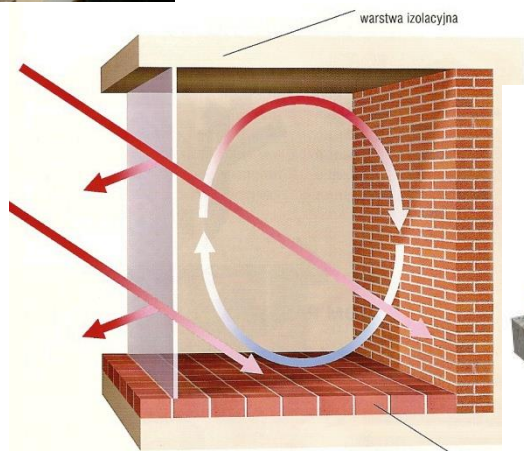
Zasobniki strukturalne

Zasobniki
cienkowarstwowe

Zasobniki
średniej wielkości

Zasobniki
masywne

Magazyny
ciepła
instalacji
grzewczych



Klasyfikacja materiałów fazowo-
zmiennych ulegających przemianie
fazowej ciało stałe - ciecz



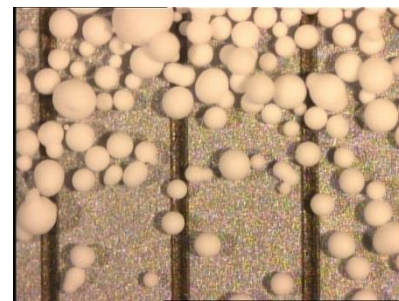
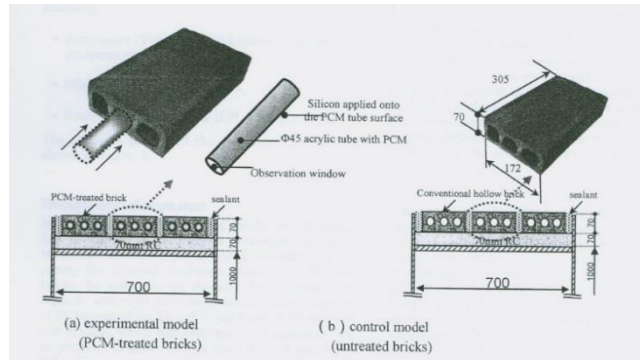
Materiały fazowo-
zienne (PCM)

Organiczne

Nieorganiczne

Technologie łączenia materiału zmienno-fazowych (PCM) z materiałami budowlanymi:

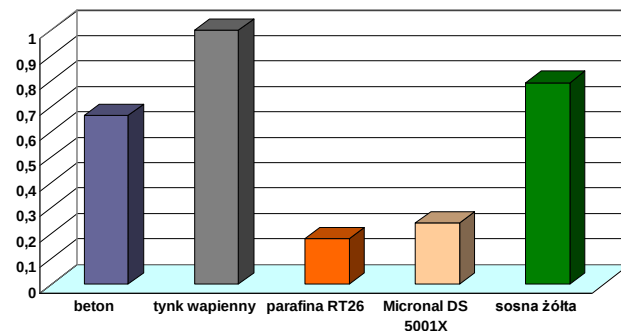
- Bezpośrednie zmieszanie
- Nasycanie materiałem PCM elementów porowatych
- Kapsułkowanie
- Wytwarzanie elementów PCM do umieszczenia w elementach budowlanych (walce, maty)
- Wytwarzanie płyt laminowanych (najczęściej z wełny mineralnej) z cienką wewnętrzną warstwą materiału PCM)



4

Propozycja ujęcia materiału PCM w metodyce sporządzania charakterystyki energetycznej budynku

$$\tau = \frac{\left(\frac{C_m}{H_{tr} + H_{ve}} + \frac{c_p * m}{(H_{tr} + H_{ve}) * \Delta\theta} \right)}{3600} \text{ [h]}$$



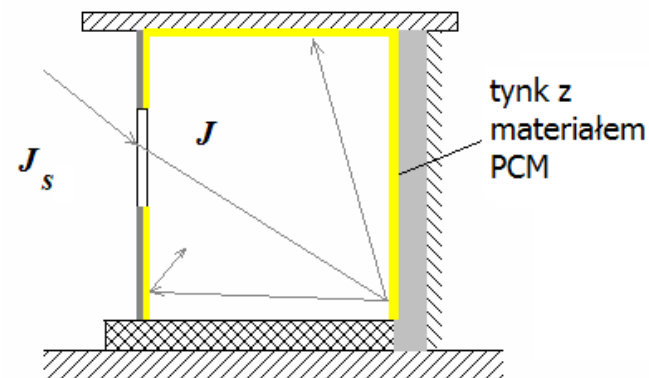
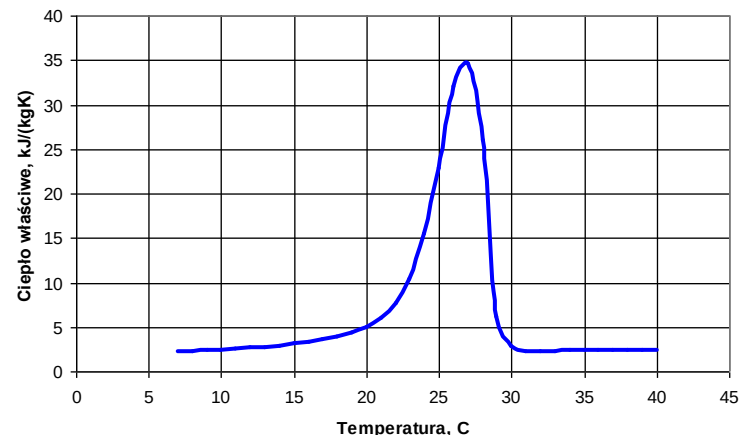
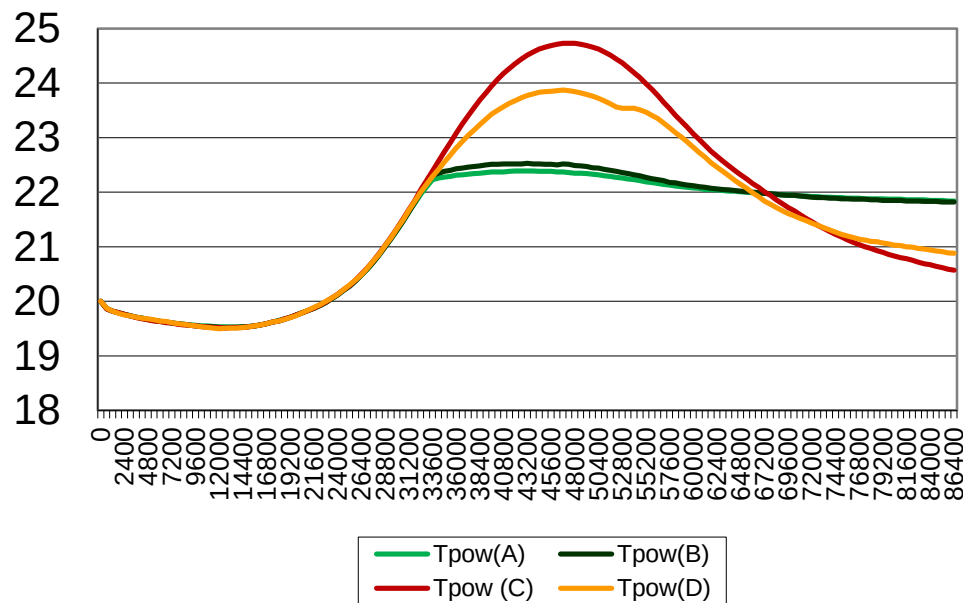
Stała czasowa, uwzględniająca dodatkowy składnik z PCM, gdzie:

C_m – wewnętrzna pojemność cieplna materiału, [J/K];

C_p – ciepło utajone materiału zmiennofazowego [kJ/kg];

$\Delta\theta$ – projektowa różnica temperatur [°C];

m – masa materiału PCM.



Odnawialne źródła energii i magazynowania energii w budynkach, szczególnie podlegających głębokiej termomodernizacji:

- Głęboka termomodernizacja rozszerza zakres zastosowania technologii odnawialnych źródeł energii, również zwiększając ich opłacalność;
- Znaczne zmniejszenie zapotrzebowania na energię użyteczną ułatwia planowanie technologii wykorzystania OZE;
- Zastosowanie OZE skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną i redukcją szkodliwych emisji;
- Różnorodność dostępnych rozwiązań;
- Rozwój technologii;
- Perspektywiczne systemy zintegrowane, hybrydowe.
- Celowe całościowe, zintegrowane podejście do struktury i systemów grzewczych budynku.
- R&D celowe i realizowane.

Dziękuję za uwagę
Ryszard Wnuk
rwnuk@kape.gov.pl