



Politechnika Częstochowska

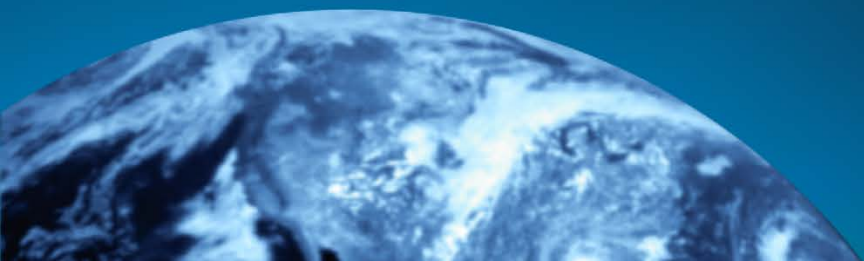
EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA SYSTEMÓW CIEPŁOWNICZYCH

ZAGADNIENIA PROBLEMOWE I PROJEKTOWE

prof. dr hab. inż. Robert SEKRET

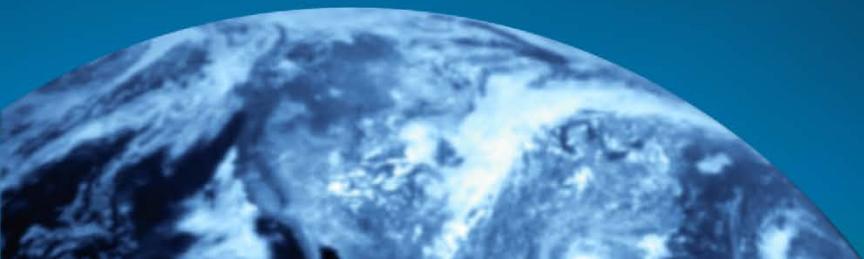
Katedra Inżynierii Środowiska
Wydział Infrastruktury i Środowiska
Politechnika Częstochowska

rsekret@is.pcz.pl





1. WPROWADZENIE
2. ŹRÓDŁA CIEPŁA - Nośnik energii pierwotnej
3. ŹRÓDŁA CIEPŁA - Oczekiwana moc cieplna
4. SIEĆ CIEPŁOWNICZA - Parametry pracy
5. WĘZŁY CIEPŁOWNICZE - Rozproszone akumulatory ciepła
6. PODSUMOWANIE

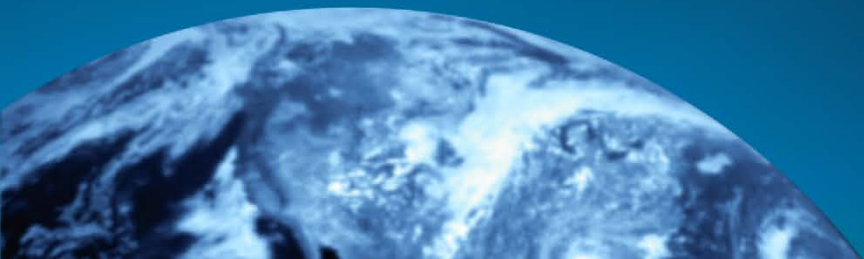




Politechnika Częstochowska

WPROWADZENIE

Efektywność energetyczna
systemów ciepłowniczych





Zrównoważone środowiskowo
i efektywne energetycznie systemy zaopatrzenia obiektów w energię
inżynieria środowiska, budownictwo, energetyka

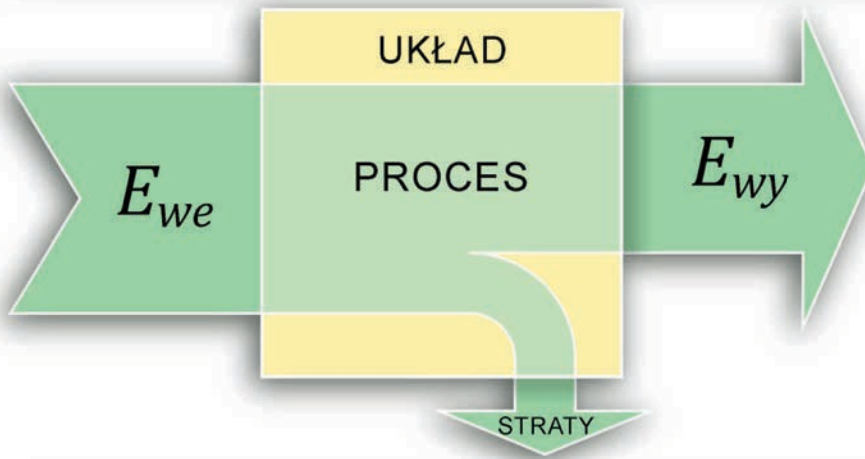
EFEKTYWNE SYSTEMY CIEPŁOWNICZE

- Niskotemperaturowe sieci ciepłownicze.
- Magazynowanie ciepła i chłodu w układach rozproszonych.
- Hybrydowe węzły cieplne.
- Wytwarzanie chłodu z wykorzystaniem ciepła sieciowego.
- Kotły fluidalne.

SYSTEMY ENERGETYCZNE BUDYNKÓW

- Analiza zapotrzebowania i zużycia ciepła budynków.
- Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii na potrzeby energetyczne budynku.
- Magazynowanie energii w procesach ogrzewania i chłodzenia budynków.
- Bezpieczeństwo pożarowe budynków.
- Analiza środowiskowa w całym cyklu istnienia (LCA).

Sprawność – bezwymiarowa wielkość fizyczna określająca w jakim stopniu urządzenie, organizm lub proces przekształca energię występującą w jednej postaci w energię w innej postaci, czyli jest to iloraz wartości wielkości wyjściowej z układu do wartości tej samej wielkości dostarczonej do tego samego układu.



$$\eta = \frac{E_{wy}}{E_{we}}$$

gdzie:

- η – sprawność;
- E_{wy} – energia przetworzona w dżulach (J);
- E_{we} – energia dostarczona (J).

Efektywność to rezultat podjętych działań, opisany zależnością uzyskanych efektów do poniesionych nakładów.

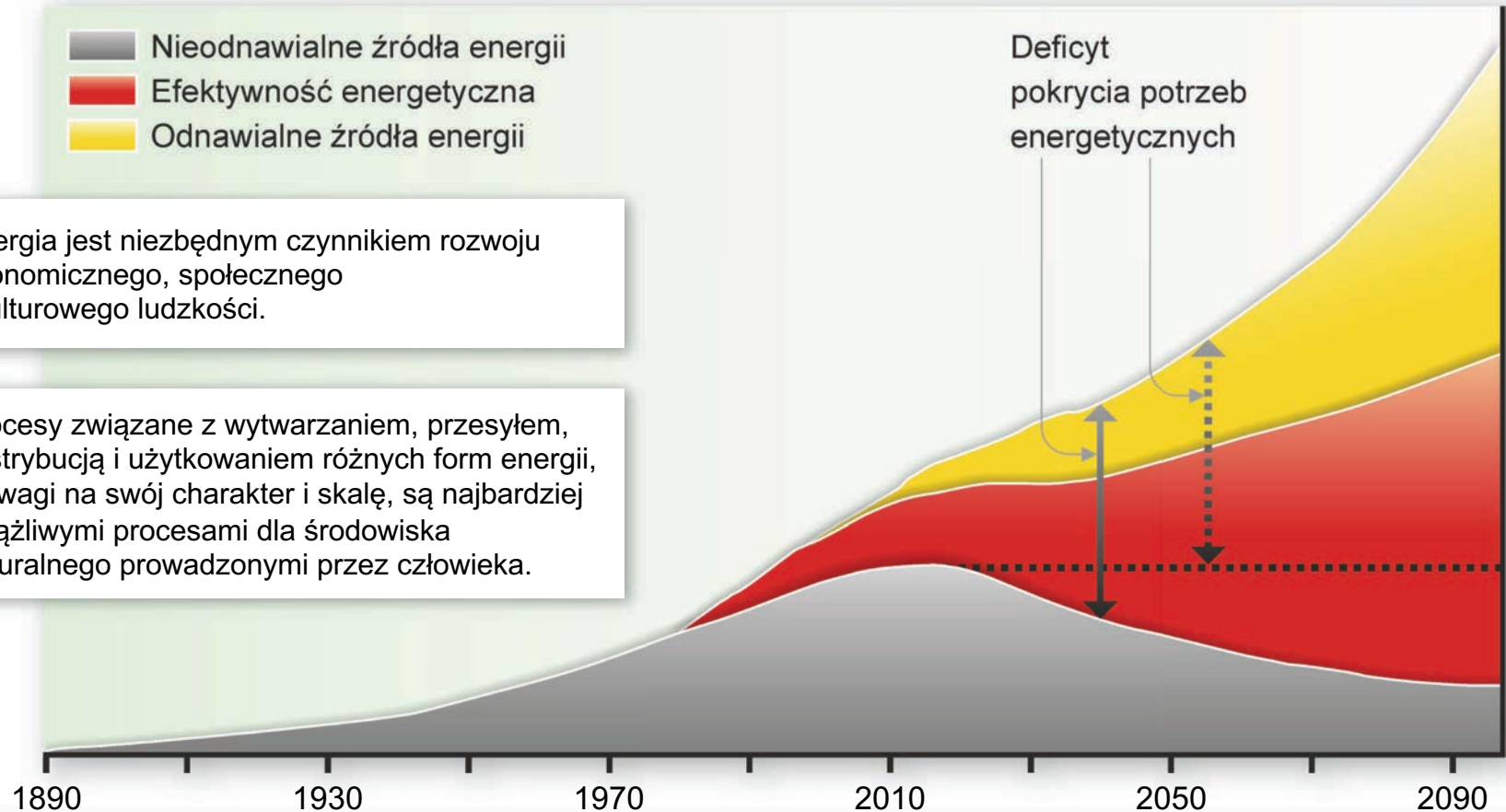
Populacja światowa - wskaźnik wzrostu 6

Zapotrzebowanie energii - wskaźnik wzrostu 140

- Nieodnawialne źródła energii
- Efektywność energetyczna
- Odnawialne źródła energii

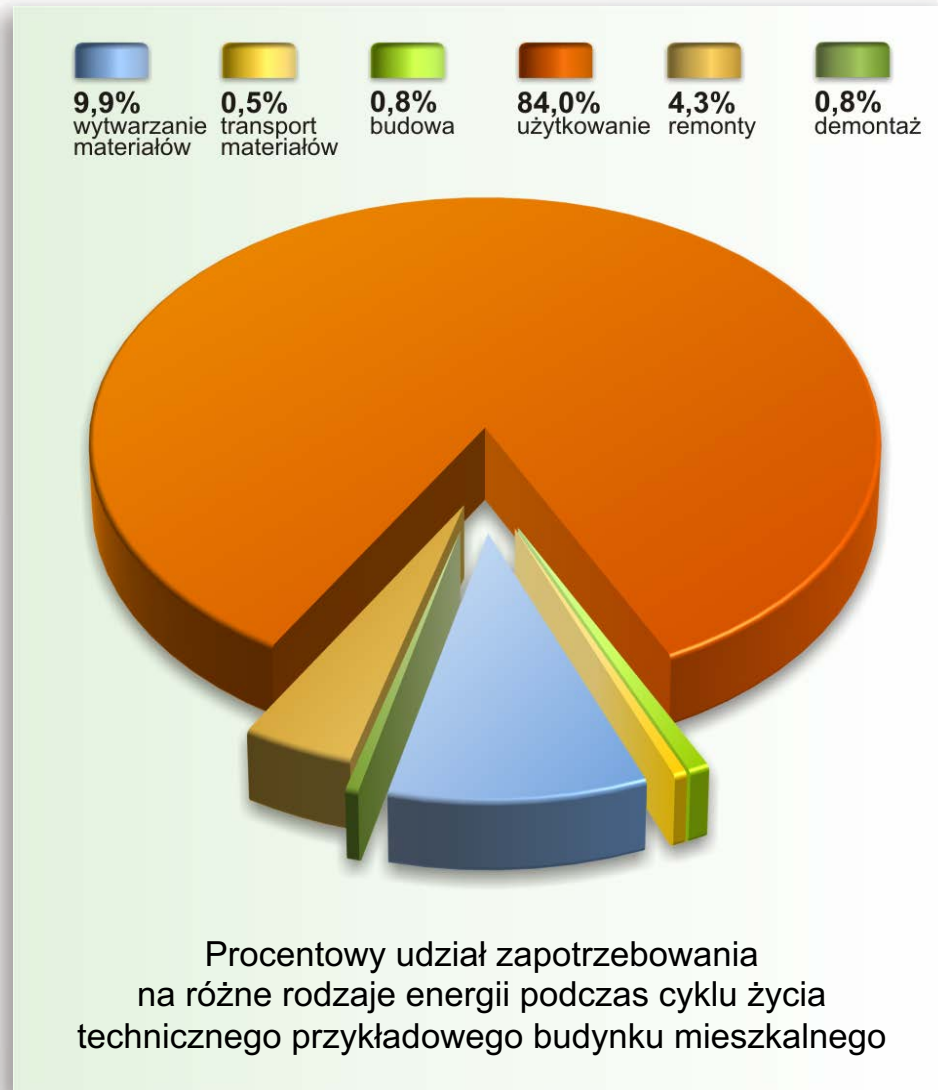
Energia jest niezbędnym czynnikiem rozwoju ekonomicznego, społecznego i kulturowego ludzkości.

Procesy związane z wytwarzaniem, przesyłem, dystrybucją i użytkowaniem różnych form energii, z uwagi na swój charakter i skalę, są najbardziej uciążliwymi procesami dla środowiska naturalnego prowadzonymi przez człowieka.



Efekty i konsekwencje tych decyzji będą nam towarzyszyć przez najbliższe kilkadziesiąt lat oraz stanowić o stanie środowiska i jakości życia naszego społeczeństwa w dłuższej perspektywie, niż ten okres.

Skumulowana ilość energii w budynku w pełnym cyklu jego istnienia (LCC, LCA)



ETAP WZNOSZENIA

czyli energia skumulowana w budynku w czasie jego wznoszenia, w postaci energii zużytej do produkcji materiałów, transportu, procesów wbudowywania oraz energia niezbędna do przeprowadzenia remontów i konserwacji

ETAP EKSPLOATACJI

czyli energia zużywana w czasie użytkowania na ogrzewanie, wentylację, klimatyzację, oświetlenie oraz chłodzenie

ETAP LIKWIDACJI

czyli energia niezbędna w procesie rozbiórki obiektu i zagospodarowania odpadów

**RODZAJE
BUDYNKÓW:**

Budownictwo mieszkaniowe:

- budynki wielorodzinne, • budynki jednorodzinne.

Budynki użyteczności publicznej

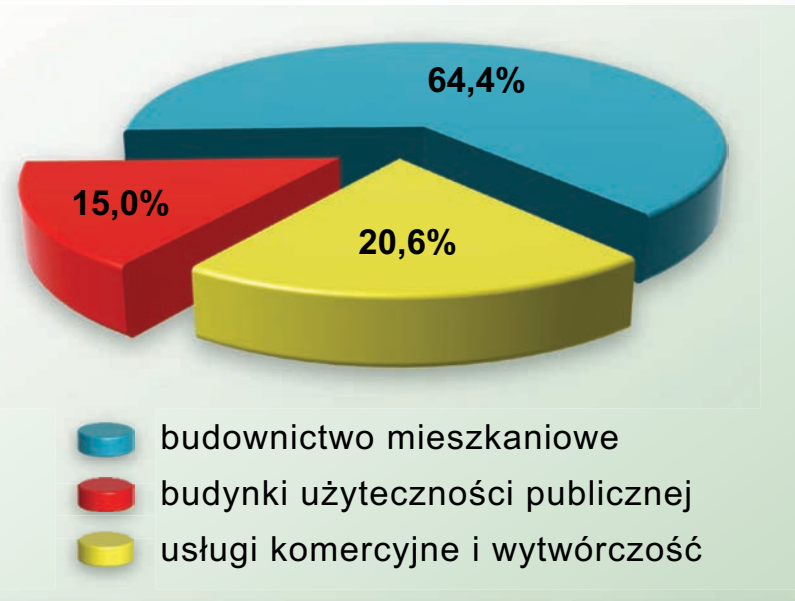
(m.in. urzędy, oświata, ośrodki zdrowia, przedsiębiorstwa gminne).

Usługi komercyjne i wytwórczość

(m.in. sklepy, hurtownie, składy, zakłady produkcyjne itp.).



Udział zapotrzebowania mocy cieplnej przez poszczególne grupy odbiorców



Struktura form zaopatrzenia gospodarstw domowych w ciepło w polskich miastach



Rozwój systemów ciepłowniczych

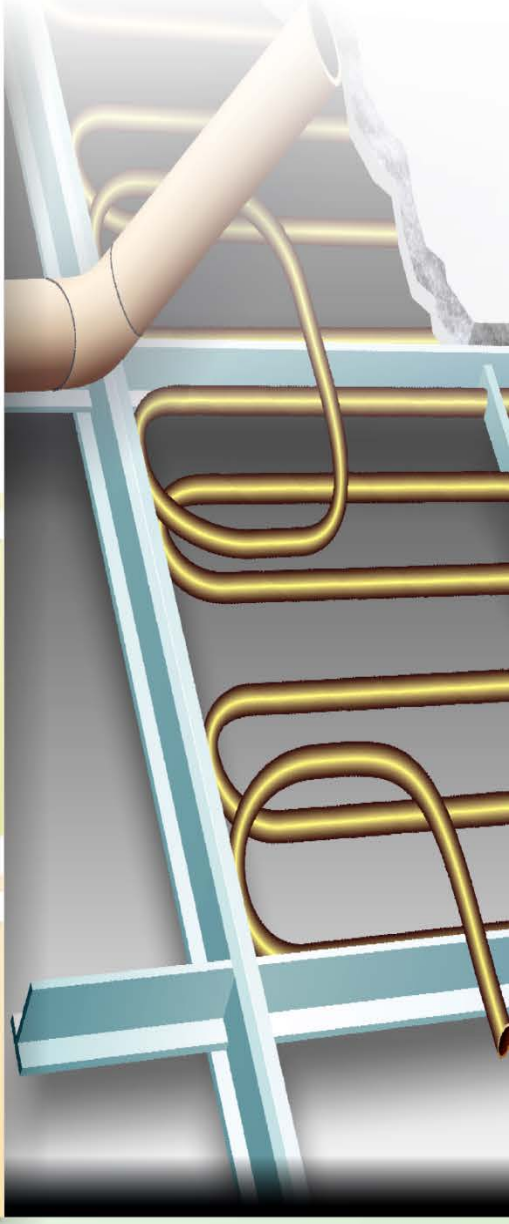
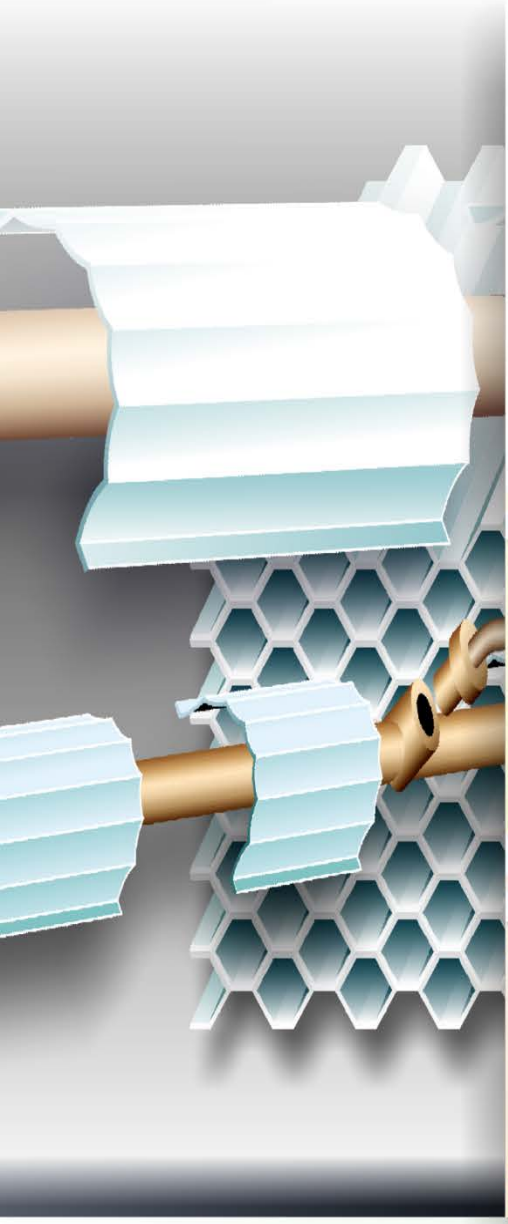
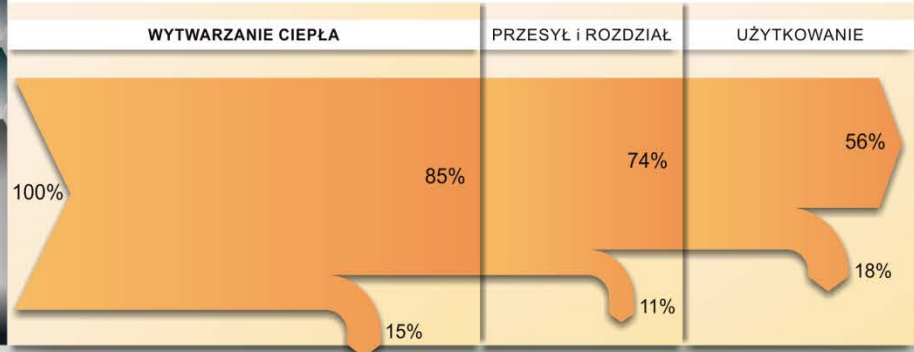
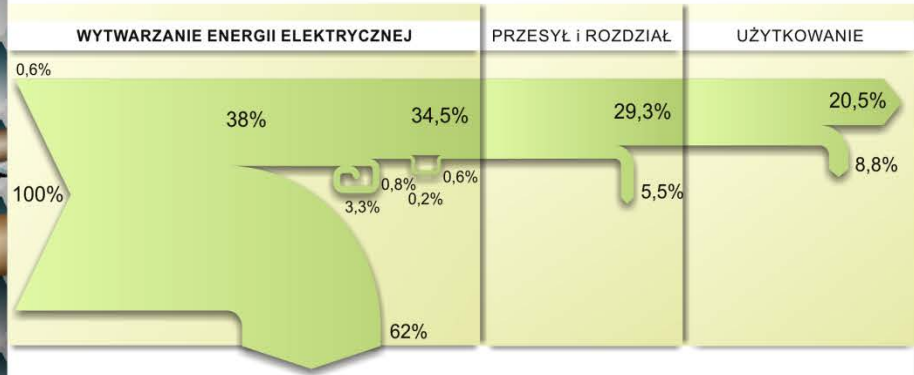
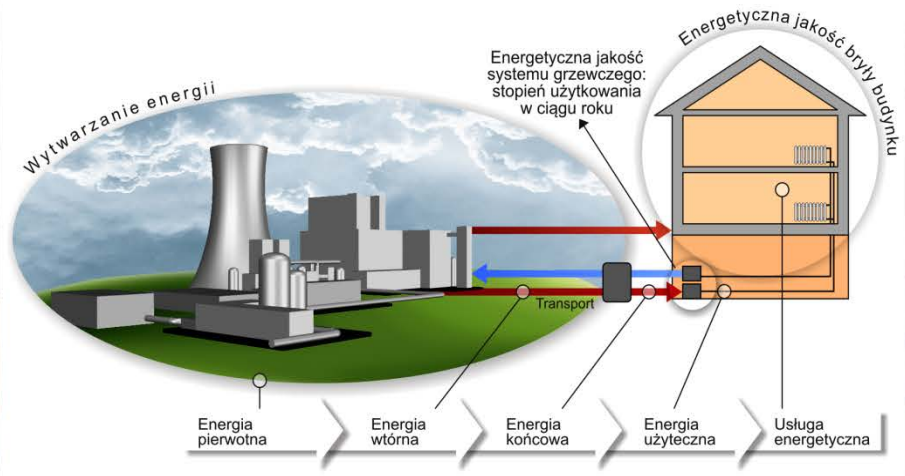
Likwidacja lokalnych kotłowni osiedlowych i indywidualnych poprzez przyłączenie obiektów do sieci ciepłowniczej.

Przyłączanie do sieci ciepłowniczych nowo powstających budynków: mieszkalnych, użyteczności publicznej, usługowych i komercyjnych.

Wzrost długość sieci ciepłowniczych o ponad 15% w ciągu 10 ostatnich lat.

Obniżenie zużycia ilości energii pierwotnej do celów grzewczych w mieszkalnictwie o prawie 30% w okresie ostatnich 10 lat.

Efektywnie energetycznie i zrównoważone środowiskowo systemy zaopatrzenia budynków w ciepło, chłód i elektryczność



Racjonalne gospodarowanie energią w SC



WYTWARZANIE CIEPŁA



PRZESYŁ CIEPŁA



WYKORZYSTANIE CIEPŁA

1. Zmianę technologii wytwarzania ciepła i elektryczności, przykładowo z „klasycznego” spalania węgla w kotłach rusztowych, czy pyłowych **na technologie spalania i zgazowania fluidalnego** lub technologii spalania tlenowego.
2. Wprowadzenie paliw o niższym obciążeniu środowiskowym, przykładowo zastąpienie węgla gazem, energetyczne **wykorzystanie biomasy i paliw alternatywnych**.
3. Dalszy rozwój skojarzonego wytwarzania ciepła, elektryczności i chłodu, tj. rozwój **kogeneracji i trójgeneracji**.

1. **Ograniczenie strat ciepła** na przesył w wyniku wymiany sieci kanałowych na sieci z rur preizolowanych.
2. Zastąpienie systemów wysokoparametrowych **systemami niskoparametrowymi**.
3. Opracowania metod określania **czynników kształtujących zapotrzebowanie na ciepło** przez odbiorców komunalnych – nowe tabele regulacyjne,
4. **Budowę inteligentnych (wysokosprawnych) sieci ciepłowniczych**.

1. **Wprowadzanie systemów indywidualnego rozliczania zużycia ciepła** u odbiorców końcowych.
2. **Wdrażanie budownictwa energooszczędnego i niskoenergetycznego**.
3. **Modernizację węzłów i instalacji wewnętrznych** podnoszących sprawność wykorzystania energii dostarczanej z systemów miejskich.
4. **Zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii w sektorze budownictwa**.

$$\eta = \eta_g \cdot \eta_{p-s} \cdot \eta_{r-s} \cdot \eta_{a-s} \cdot \eta_{wym} \cdot \eta_{p-i} \cdot \eta_{r-i} \cdot \eta_{a-i} \cdot \eta_{wyk}$$



Racjonalne gospodarowanie energią w SB-I

Zużycie ciepła budynku jest funkcją szeregu czynników.
Czynniki te można podzielić na cztery grupy:

Pierwsza grupa

to czynniki opisujące jakość cieplną obudowy budynku.

Druga grupa

to sprawności cząstkowe (wytwarzania, przesyłu i regulacji, akumulacji oraz wykorzystania) instalacji wewnętrznych (centralnego ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, przygotowania ciepłej wody użytkowej), które to z kolei oddziałują na sprawność użytkową tych systemów.

Trzecia grupa

to czynniki zewnętrzne w postaci warunków środowiska zewnętrznego (temperatury otoczenia, natężenia promieniowania słonecznego, prędkości wiatru, opadów atmosferycznych czy długości sezonu grzewczego).

Czwarta grupa

to czynniki określające sposób użytkowania budynku, często znacznie odbiegające od założeń projektowych.

Przykładowo na zużycie ciepła w budynku znaczący wpływ będzie miała obecność lub brak systemu rozliczeń za pobrane ciepło (system bezpośredni - liczniki ciepła lub system pośredni - podzielniki kosztów).

Racjonalne gospodarowanie energią w SB-I

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA - iloraz uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu, urządzenia technicznego lub instalacji, w typowych warunkach ich użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt, urządzenie techniczne lub instalację, niezbędnej do uzyskania tego efektu.*

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA PROCESÓW TERMOMODERNIZACJI

Ulepszenie termomodernizacyjne	Efektywność energetyczna, %
Ocieplenie zewnętrznych przegród budowlanych (ściany, dach, stropodach - bez okien)	10-25
Wymiana okien na 3 szybowe ze szkłem specjalnym	10-15
Wprowadzenie hermetyzacji instalacji centralnego ogrzewania i izolowanie przewodów, przeprowadzenie regulacji hydraulicznej i zamontowanie zaworów termostatycznych we wszystkich pomieszczeniach	10-25
Wprowadzenie w węzle cieplnym automatyki pogodowej	5-15
Wprowadzenie liczników ciepła i podzielników kosztów	około 10

	Przeciętne zmniejszenie zapotrzebowania ciepła wskutek termomodernizacji % redukcji wskaźnika zapotrzebowania na ciepło		
	Ocieplenie ścian i stropów	Wymiana okien	Termomodernizacja z modernizacją systemów grzewczych
M I A S T O			
Wielorodzinne	15,9 %	24,7 %	47,7 %
Jednorodzinne	36,1 %	11,7 %	59,6 %
W I E Ś			
Wielorodzinne	15,9 %	22,0 %	51,2 %
Jednorodzinne	40,4 %	13,3 %	69,5 %

* Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej. Dz.U. 2011 nr 94 poz. 551

Źródło: dane własne Krajowej Agencji Poszanowania Energii S.A. na podstawie bazy danych 1200 audytów energetycznych SEKRET R.: Efekty środowiskowe systemów zaopatrzenia budynków w energię. Monografie Nr 237, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2012

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

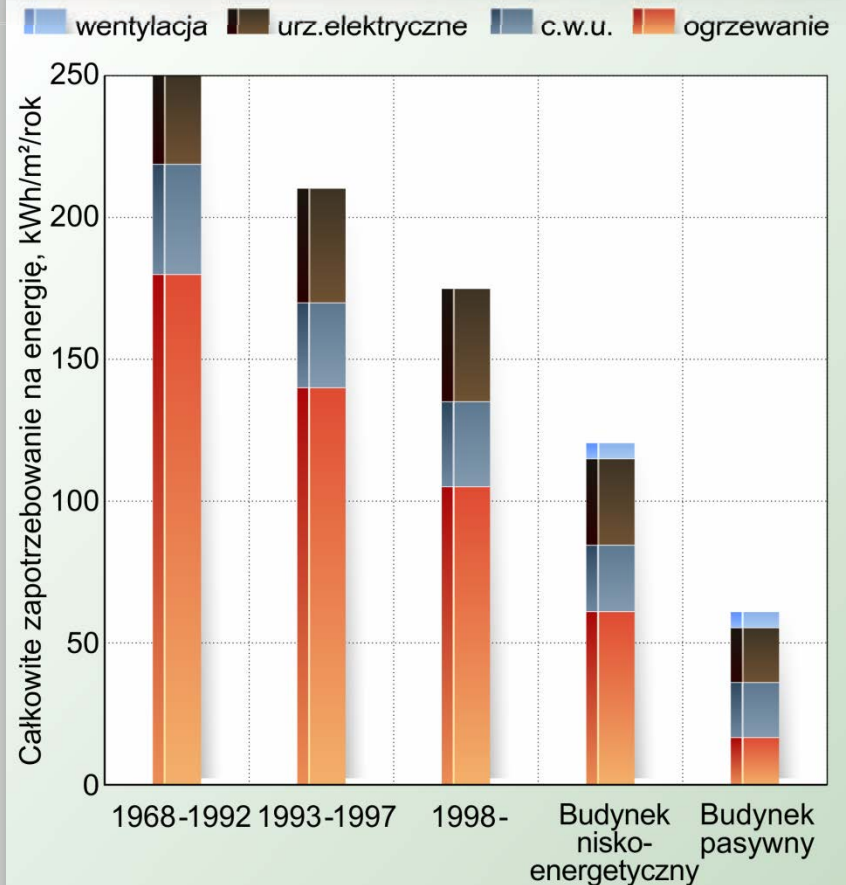
Lp.	Rodzaj budynku		Cząstkowe wartości wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody EP_{H+W} [kWh/(m ² ·rok)]	
			od 1 stycznia 2017 r.	Od 31 grudnia 2020 r.*)
1	Budynek mieszkalny:	jednorodzinny	95	70
		wielorodzinny	85	65
2	Budynek zamieszkania zbiorowego		85	75
3	Budynek użyteczności publicznej:	opieki zdrowotnej	290	190
		pozostałe	60	45
4	Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny		90	70

*) Od 1 stycznia 2019 r. – w przypadku budynku zajmowanego przez organ wymiaru sprawiedliwości, prokuraturę lub organ administracji publicznej i będącego jego własnością

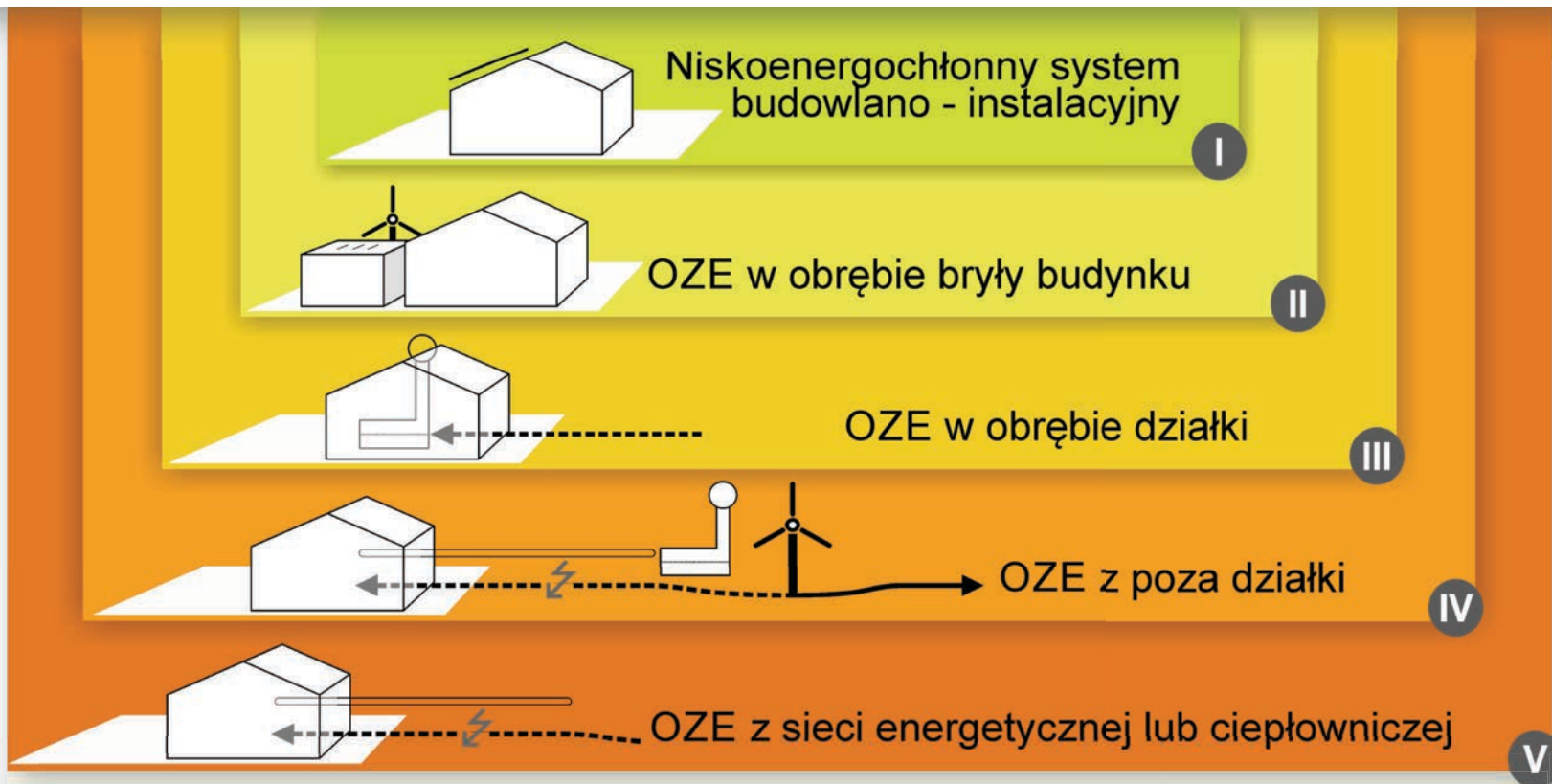
Klasyfikacja energetyczna budynków

Klasa	Budynek mieszkalny	Zapotrzebowania na ciepło dla celów ogrzewania, kWh/(m ² ·rok)
A	Pasywny	>15
B	Niskoenergetyczny	15 – 45
C	Energooszczędny	45 – 80
D	Średnio energooszczędny	80 – 100
E	Średnio energochłonny	100 – 150
F	Energochłonny	150 – 200
G	Bardzo energochłonny	>250

Porównanie całkowitego zapotrzebowania na energię budynków mieszkalnych na przestrzeni lat



Możliwości zastosowania OZE w budownictwie zrównoważonym



Przyszłość technologii budowlano-instalacyjnych w zabudowie rozproszonej to budynki „samowystarczalne” pod względem energetycznym.

GENEZA

„Efektywny system ciepłowniczy i chłodniczy” oznacza system ciepłowniczy lub chłodniczy, w którym do produkcji ciepła lub chłodu wykorzystuje się w co najmniej 50 % energię ze źródeł odnawialnych, lub w co najmniej 50 % ciepło odpadowe, lub w **co najmniej 75 % ciepło pochodzące z kogeneracji**, lub w co najmniej 50% wykorzystuje połączenie takiej energii i ciepła.



ŹRÓDŁO:

Dyrektywa 2012/27/UE o efektywności energetycznej - należy stworzyć warunki do rozwoju „**efektywnych systemów ciepłowniczych (chłodniczych)**”, gdyż są one najlepszym narzędziem dla realizowania postawionych w UE celów poprawy efektywności energetycznej.



Obowiązek przyłączenia się do sieci ciepłowniczych - art. 7b ustawy PE - ograniczenie, w obrębie działania systemów ciepłowniczych o wysokim poziomie jakości ciepła w sieci ciepłowniczej, możliwości stosowania indywidualnych form wytwarzania ciepła poprzez wskazanie właściwych tych najbardziej efektywnych.

Warunek „obowiązku” - udział procentowy **ciepła w sieci pochodzącego z kogeneracji, odnawialnych źródeł energii lub ciepła odpadowego z instalacji przemysłowych** - dla tych wszystkich form pozyskiwania ciepła wynosi **co najmniej 75%**.

W połowie roku 2013 Minister Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej wydał rozporządzenie z dnia 21 czerwca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego w którym przeniósł na grunt polski unijne obligo dotyczące **wykorzystywania w budynkach wysokoefektywnych systemów alternatywnych zaopatrzenia w energię i ciepło.**

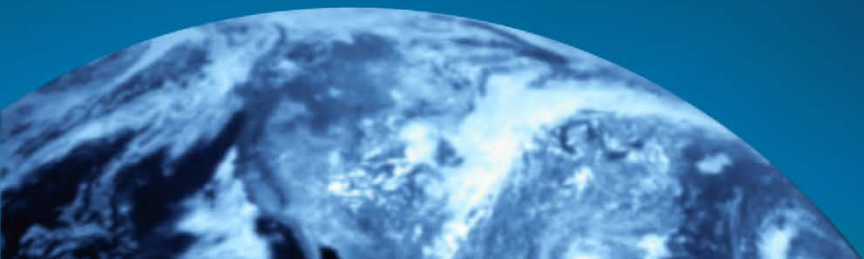


Politechnika Częstochowska

ŹRÓDŁA CIEPŁA

Nośnik energii pierwotnej

Efektywność energetyczna
systemów ciepłowniczych





Efektywny system ciepłowniczy (chłodniczy) ma dla charakterystyki energetycznej budynków istotne miejsce według prostej zasady: im bardziej efektywny tym łatwiej budynkom spełnić wymagania energetyczne.

Roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną dla systemów technicznych Q_p wyznacza się wg wzoru:

$$Q_p = Q_{p,H} + Q_{p,W} + Q_{p,C} + Q_{p,L} \quad kWh/rok$$

Zależności podstawowe:

$$Q_{p,H} = \sum_i (Q_{k,H,i} \cdot w_{H,i} + E_{el,pom,H,i} \cdot w_{el,i}) \quad kWh/rok$$

$$Q_{p,W} = \sum_i (Q_{k,W,j} \cdot w_{W,j} + E_{el,pom,W,j} \cdot w_{el,j}) \quad kWh/rok$$

$$Q_{p,C} = \sum_i (Q_{k,C,k} \cdot w_{C,k} + E_{el,pom,C,k} \cdot w_{el,k}) \quad kWh/rok$$

$$Q_{p,L} = \sum_i (Q_{k,L,l} \cdot w_{el,l}) \quad kWh/rok$$

Źródła ciepła

Generalnie, wartość współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii w_i przyjmuje się w oparciu o dane udostępnione przez dostawcę tego nośnika energii lub energii. Wyznaczanie tego wskaźnika odbywa się na podstawie metodologii opisanej w Załączniku nr 4 do Rozporządzenia Ministra Energii w sprawie w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej oraz metod obliczania oszczędności energii:

$$0 < w_i < 0,8$$

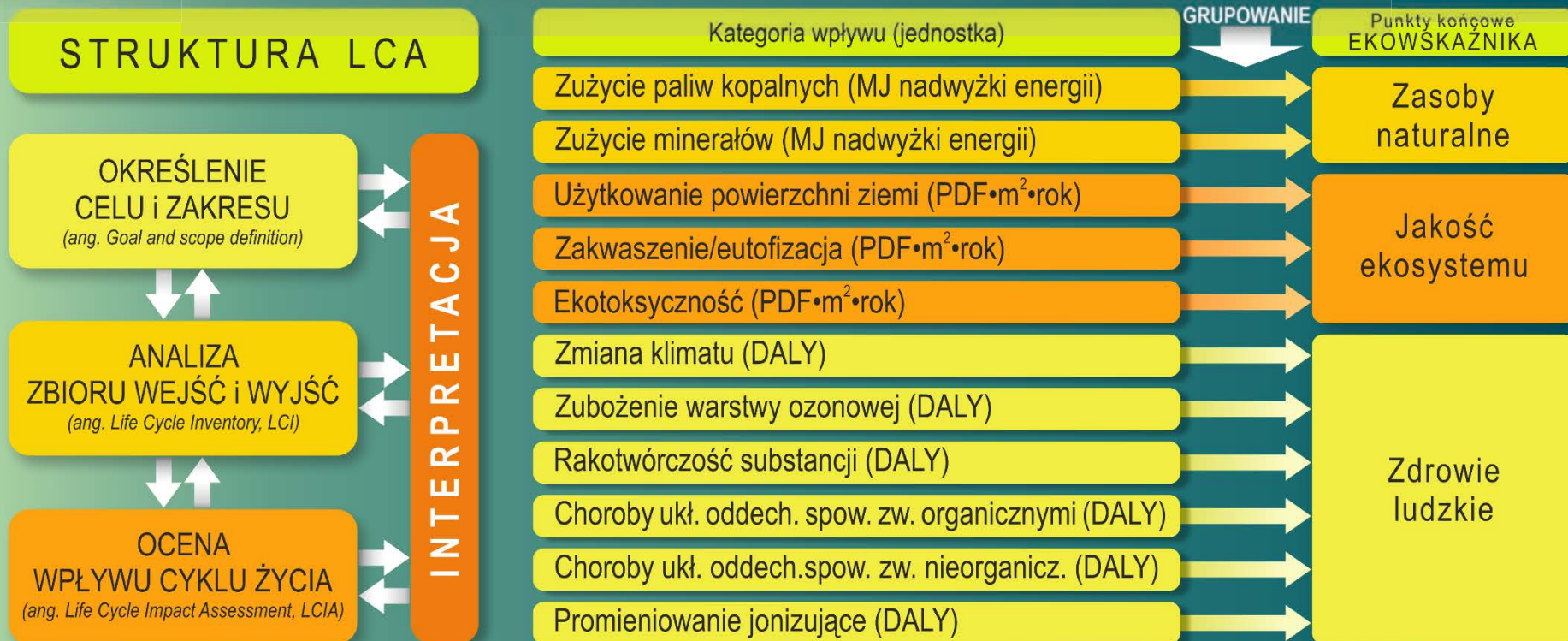
W przypadku braku takich danych przyjmuje się standardowe wartości współczynnika w_i , które poniżej zostały przytoczone.

Wartości współczynnika nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii dla systemów technicznych w_i

LP	Sposób zasilania budynku lub części budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	w_i
1	Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Olej opałowy	1,10
2		Gaz ziemny	
3		Gaz płynny	
4		Węgiel kamienny	
5		Węgiel brunatny	
6		Energia słoneczna	0,00
7		Energia wiatrowa	
8		Energia geotermalna	
9		Biomasa	
10		Biogaz	
11	Ciepło sieciowe z kogeneracji	Węgiel kamienny lub gaz	0,80
12		Biomasa, biogaz	0,15
13	Ciepło sieciowe z ciepłowni	Węgiel kamienny	1,30
14		Gaz lub olej opałowy	1,20
15	Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	3,00

Inwestorzy i projektanci budynków będą akceptować takie systemy ciepłownicze, które pozwolą na zagwarantowanie spełnienia nowych standardów efektywności energetycznej budynków.

STRUKTURA LCA ORAZ PROCES GRUPOWANIA



Metodykę oceny LCA przyjęto zgodnie z normami PN-EN ISO 14040:2009 oraz PN-EN ISO 14044:2009. Na potrzeby realizacji obliczeń przepływów materiałowych i energetycznych wybrano metodę Ekowskaźnika oraz wykorzystano specjalistyczne oprogramowanie SimaPro.

Profil środowiskowy dotyczył 11 kategorii wpływu modelujących oddziaływanie środowiskowe na poziomie punktów końcowych ekowskaźnika (Pt), które następnie odniesiono do jednostkowego zapotrzebowania na ciepło wyrażone w GJ.

Ocena oddziaływania na środowisko wybranych systemów zaopatrzenia budynku w ciepło do celów grzewczych.

Warianty systemów zaopatrzenia budynków w ciepło wybrane do oceny

Nr	Oznaczenie	Opis
1	SC-CHP-KG	System ciepłowniczy z blokiem kogeneracyjnym wyposażonym w kocioł gazowy
2	KG-45/35	Indywidualne źródło ciepła z kondensacyjnym kotłem gazowym o parametrach pracy 45/35 °C
3	SC-KG	System ciepłowniczy z źródłem ciepła wykorzystującym kondensacyjny kocioł gazowy
4	KG-80/60	Indywidualne źródło ciepła z kotłem gazowym o parametrach pracy 80/60 °C
5	SC-CHP-KW	System ciepłowniczy z blokiem kogeneracyjnym wyposażonym w kocioł węglowy
6	SC-KW	System ciepłowniczy z źródłem ciepła wykorzystującym kocioł węglowy
7	KW-55/45	Indywidualne źródło ciepła z kotłem węglowym o parametrach pracy 55/45 °C - kocioł 5 klasy
8	KW-90/70	Indywidualne źródło ciepła z kotłem węglowym o parametrach pracy 90/70 °C - kocioł tradycyjny
9	SPC-35/28	Indywidualne źródło ciepła wyposażone w sprężarkową pompę ciepła o parametrach pracy 35/28 °C
10	SPC-45/35	Indywidualne źródło ciepła wyposażone w sprężarkową pompę ciepła o parametrach pracy 45/35 °C
11	SPC-55/45	Indywidualne źródło ciepła wyposażone w sprężarkową pompę ciepła o parametrach pracy 55/45 °C

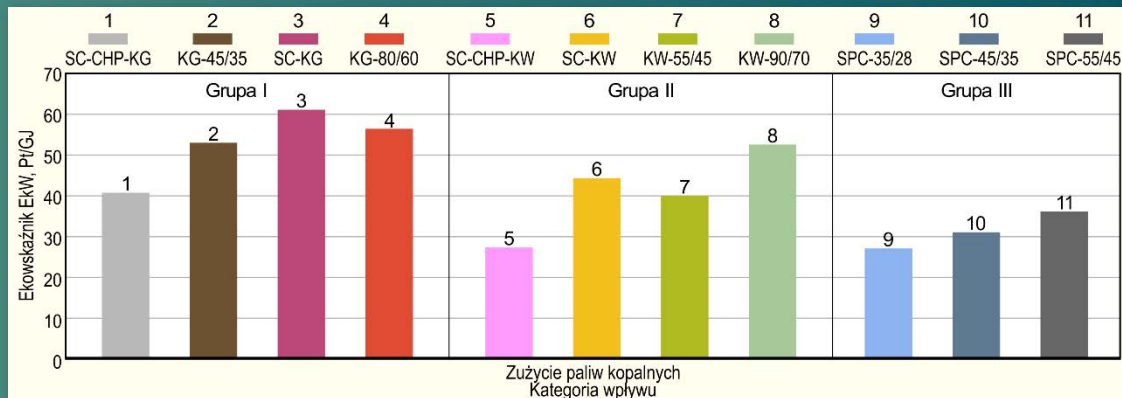
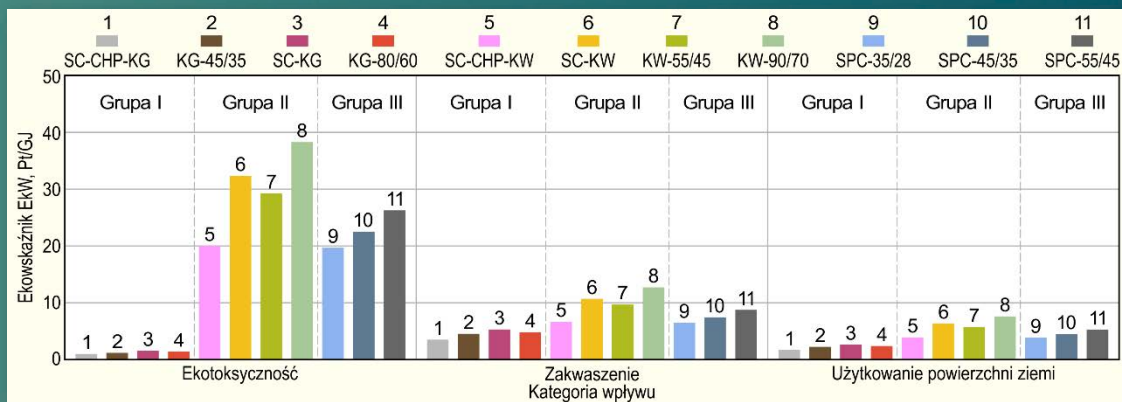
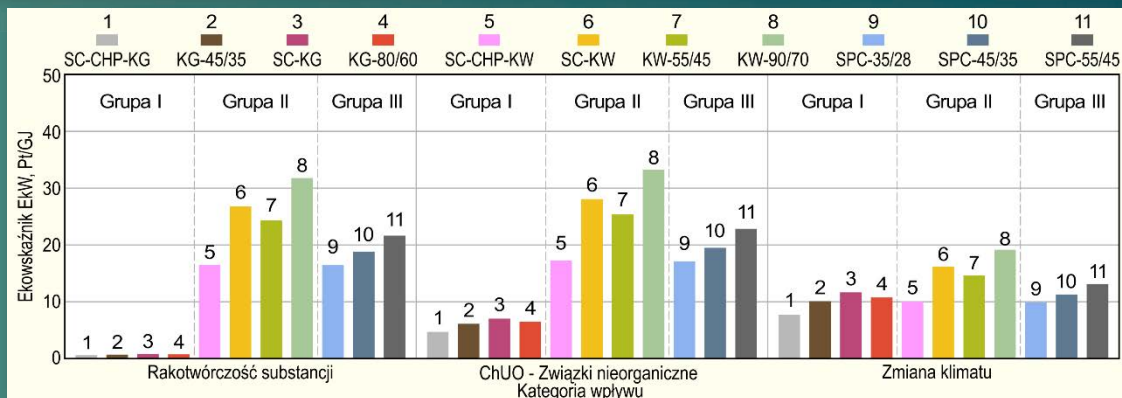
Do oceny przyjęto 11 wariantów rozwiązań systemów zaopatrzenia w ciepło budynku mieszkalnego. Dla każdego wariantu wykonano ocenę środowiskową w całym cyklu życia z wykorzystaniem metodyki LCA.



WARTOŚCI EKOWSKAŹNIKA DLA KATEGORII WPŁYWU

Dla wszystkich analizowanych kategorii wpływu, poza zużyciem paliw kopalnych, najniższymi wartościami ekowskaźnika charakteryzują się warianty wykorzystujące gaz ziemny jako nośnik energii pierwotnej.

Najniekorzystniejszymi wariantami są głównie warianty bazujące na nośniku energii pierwotnej w postaci węgla kamiennego.



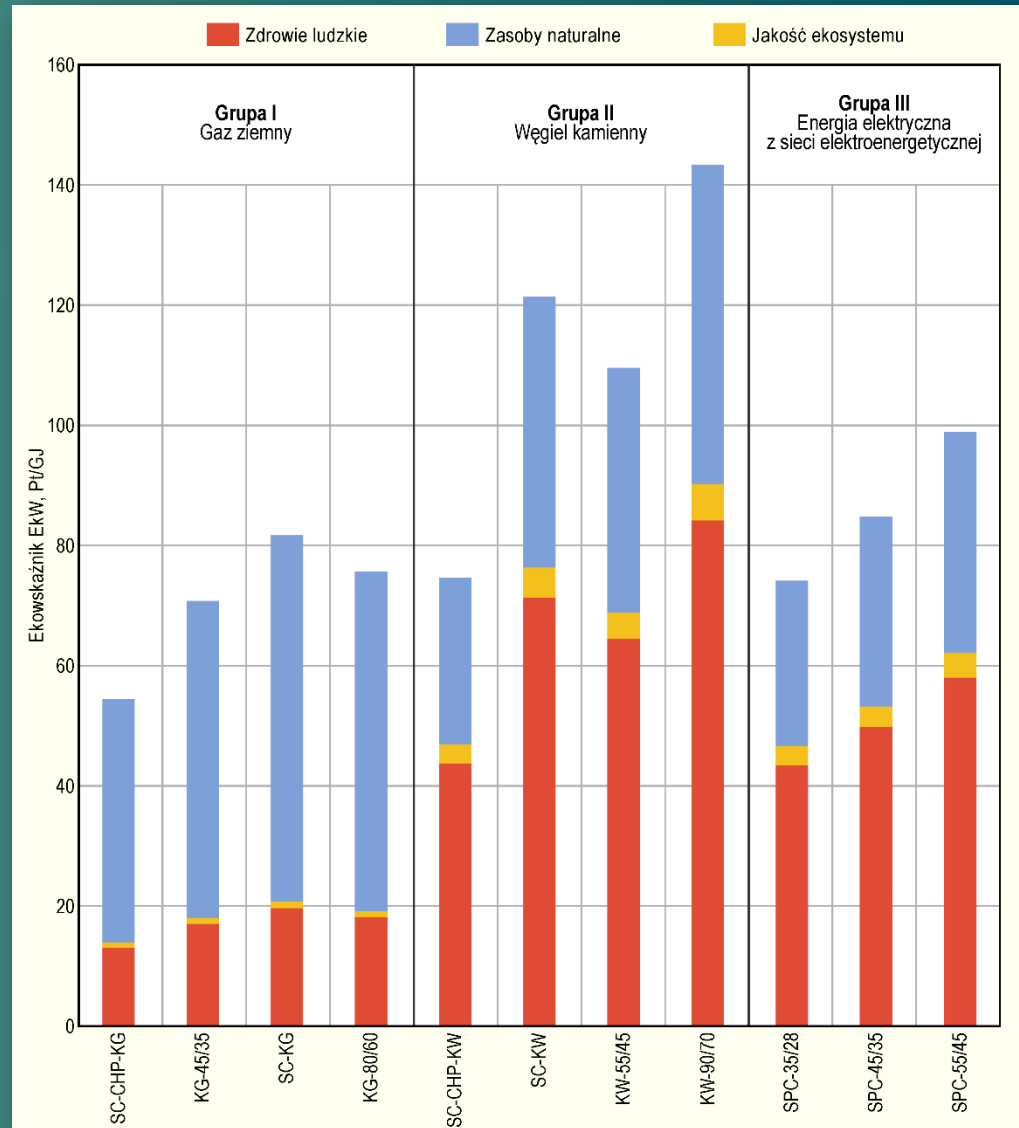
WARTOŚCI EKOWSKAŹNIKA DLA KATEGORII SZKÓD

Wariantem o najniższym oddziaływaniu na środowisko jest wariant zasilania budynku z sieci ciepłowniczej z gazowym kogeneracyjnym źródłem energii (SC-CHP-KG).

Jako indywidualne źródło ciepła na uwagę zasługuje rozwiązanie z kondensacyjnym kotłem gazowym (KG-45/35) oraz sprężarkową pompą ciepła (SPC-35/28).

W przypadku wariantów wykorzystujących gaz ziemny można oczekiwać najniższego oddziaływaniem na środowisko w obszarze szkód na zdrowiu ludzkim.

Biorąc pod uwagę węgiel kamienny oraz rozwój tzw. efektywnych systemów ciepłowniczych interesującym wariantem może być również ciepło z sieci ciepłowniczej z węglowym kogeneracyjnym źródłem energii (SC-CHP-KW).





Nowe technologie wykorzystujące węgiel w systemach zaopatrzenia budynków w ciepło w Polsce są w stanie znacznie ograniczyć szkodliwe oddziaływanie na środowisko, tak jak w przypadku dostawy ciepła z efektywnej sieci ciepłowniczej współpracującej z węglowym kogeneracyjnym źródłem energii.

Niemniej jednak biorąc pod uwagę najniższą wartość końcową ekowskaźnika oraz najniższy udział w szkodach odniesionych do zdrowia ludzkiego najkorzystniejszym środowiskowo rozwiązaniem jest zastosowanie systemu zaopatrzenia budynku w ciepło za pośrednictwem efektywnej sieci ciepłowniczej z gazowym kogeneracyjnym źródłem energii.

Technologie wykorzystania gazu w procesach komunalnego wytwarzania energii elektrycznej, ciepła i chłodu mogą stać się technologiami pomostowymi pomiędzy technologiami węglowymi a przyszłościowymi technologiami odnawialnych źródeł energii, zwłaszcza że znacząco przyczyniają się do likwidacji niskiej emisji i zdarzeń smogowych (istotnym źródłem niskiej emisji i zdarzeń smogowych jest również transport).

Osiągnięcie akceptowalności środowiskowej instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii i ciepło odpadowe, w tym zwłaszcza instalacji niskotemperaturowych wykorzystujących pompy ciepła w warunkach Polski wymaga zdecydowanej intensyfikacji prac nad zwiększeniem udziału odnawialnych źródeł energii w procesach wytwarzania energii elektrycznej, zarówno w krajowym systemie elektroenergetycznym, jak również w systemach rozproszonych i indywidualnych/prosumenckich.

Niemniej jednak ogromną już obecnie zaletą stosowania pomp ciepła jest eliminowanie niskiej emisji, co znacząco poprawia stan środowiska zewnętrznego w bezpośrednim otoczeniu użytkownika.

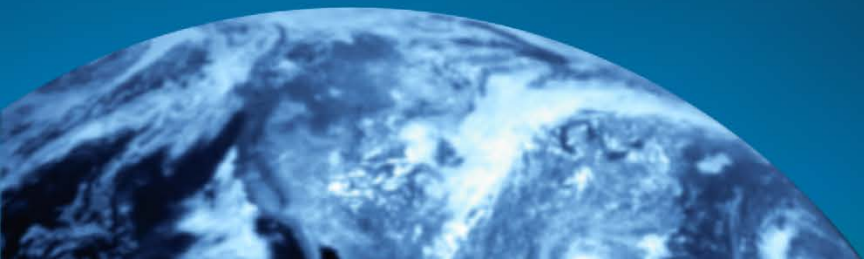


Politechnika Częstochowska

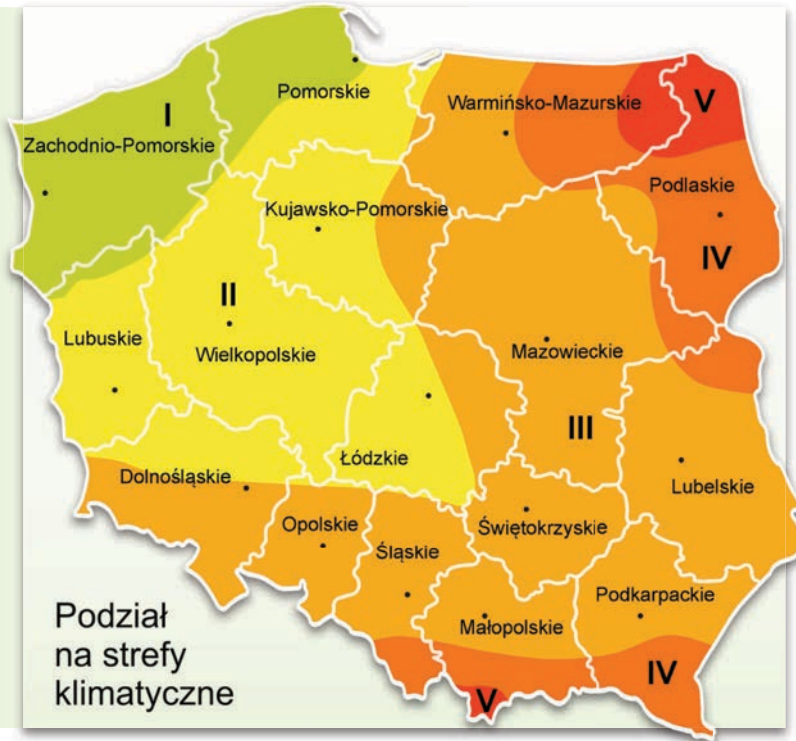
ŹRÓDŁA CIEPŁA

Oczekiwana moc cieplna

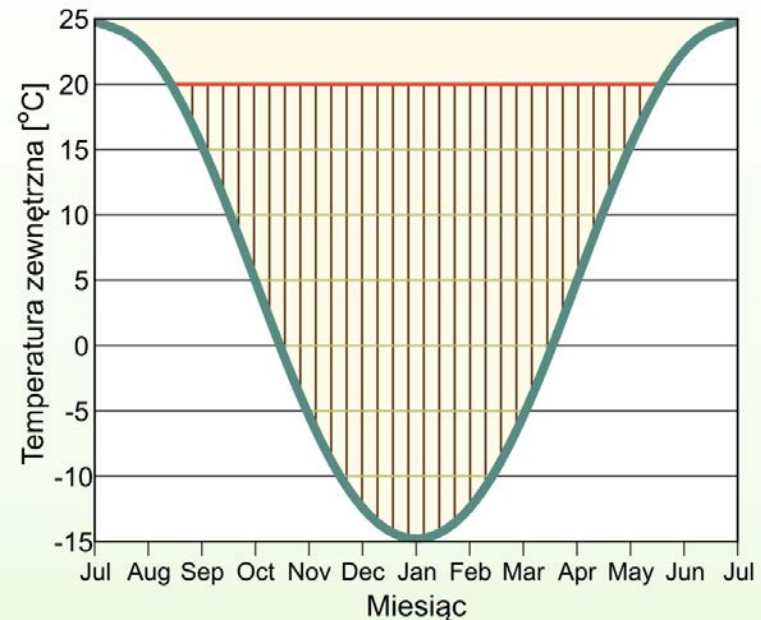
Efektywność energetyczna
systemów ciepłowniczych



Zmienność temperatury powietrza zewnętrznego oraz długości sezonu grzewczego



Temperatura zewnętrzna w różnych porach roku

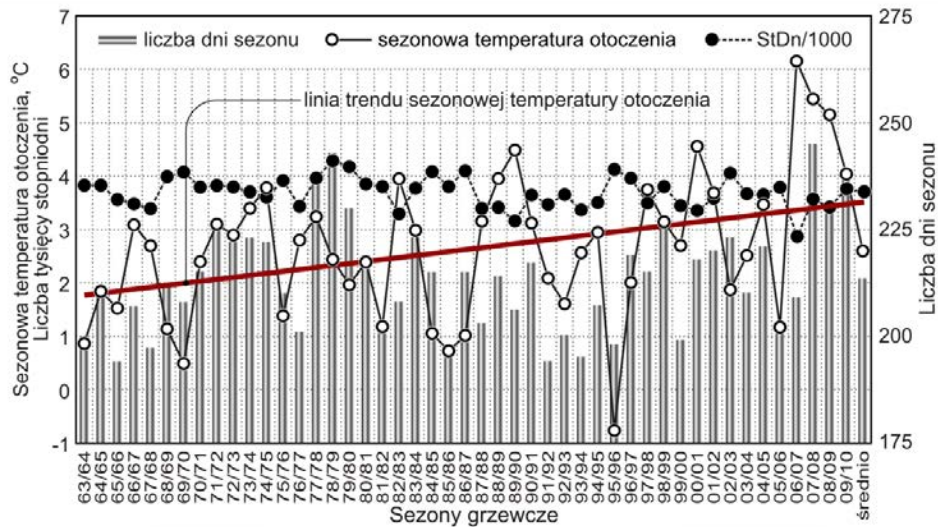


Dawniej ciepło pozyskiwane z drewna, węgla, a nawet oleju było bardzo tanie i nikt nie zwracał uwagi na przegrzewanie mieszkań. W najgorszym wypadku otwierano okna, co równało się regulacji dwupołożeniowej: okno otwarte/ okno zamknięte.

OBLICZENIOWE A RZECZYWISTE WARUNKI PRACY SYSTEMU ZAOPATRZENIA BUDYNKU W CIEPŁO

Temperatura powietrza zewnętrznego

Zmienność temperatury powietrza zewnętrznego oraz długości sezonu grzewczego



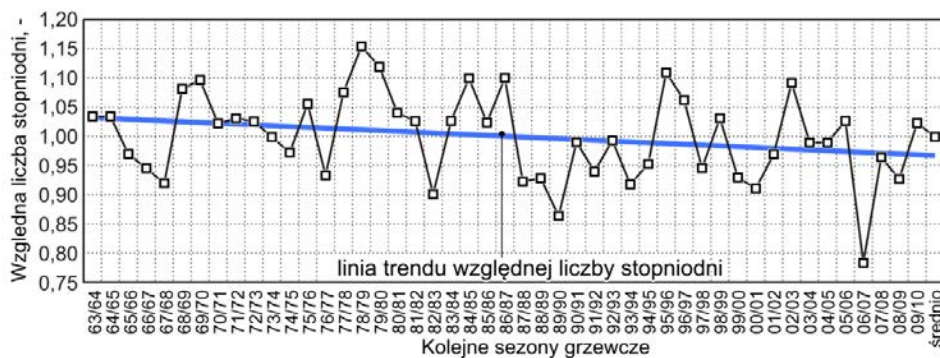
Zmiana liczby dni ogrzewania, liczby stopni dni oraz średniej temperatury sezonów 1963/1964 do 2009/2010

W rozpatrywanych sezonach grzewczych wystąpiło 8 sezonów o dobowej temperaturze otoczenia niższej od $t_e = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz występowanie minimalnych dobowych temperatur, na poziomie niższym niż $t_e = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$, dotyczy tylko pięciu z nich.

Wyznaczone średnie pięciodobowe temperatury otoczenia dla tych sezonów grzewczych wykazały, że w żadnym przypadku nie przekroczona została temperatura obliczeniowa III strefy klimatycznej ($t_e = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

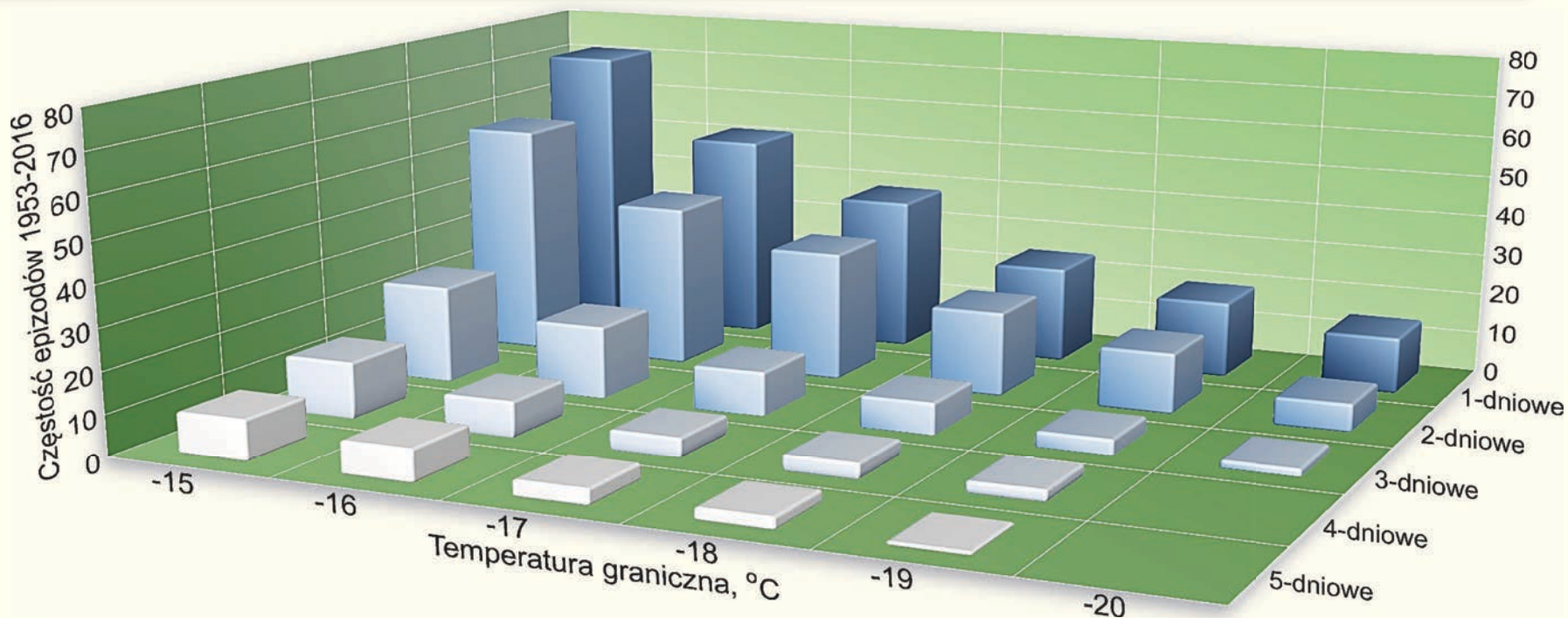
Przeprowadzone analizy wskazały ponadto wzrost wartości sezonowej temperatury otoczenia oraz obniżanie się wartości względnej liczby stopni dni wraz z kolejnymi sezonami grzewczymi.

Względna liczba stopni dni w bieżących sezonach grzewczych



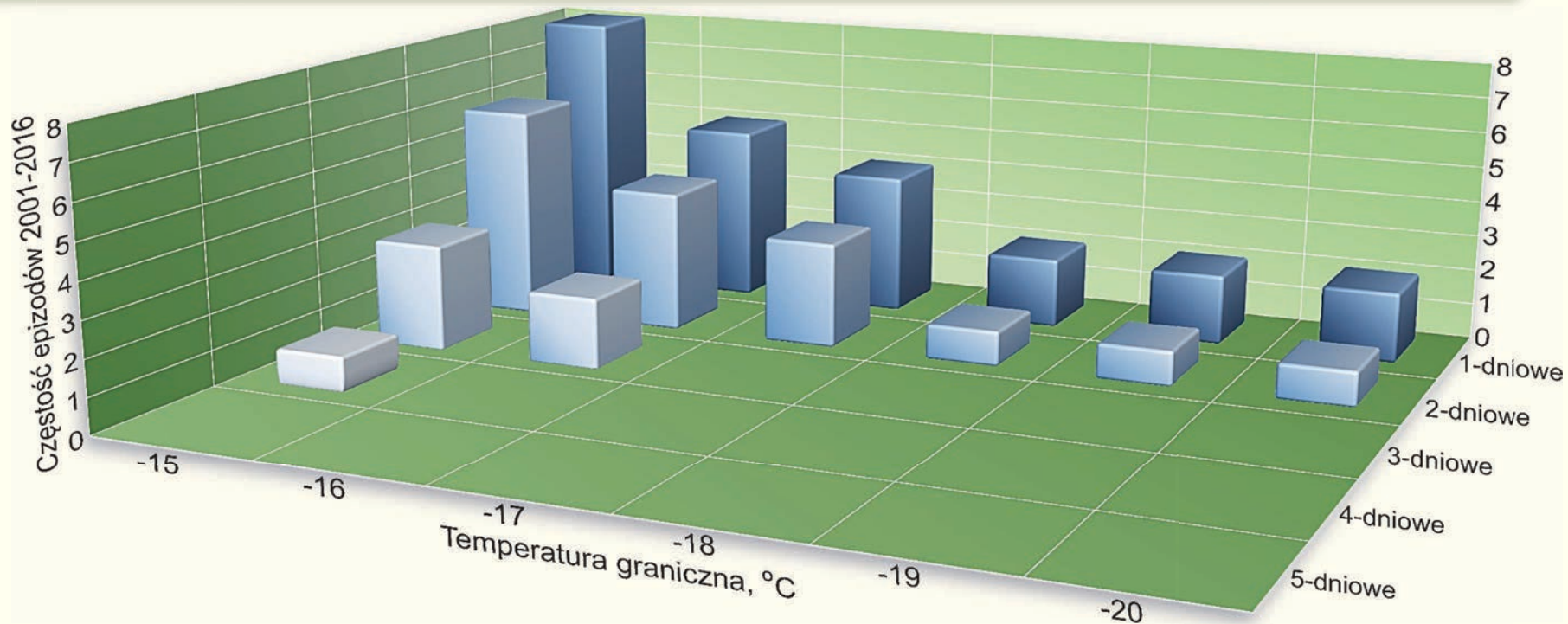
Częstość występowania minimalnych temperatur powietrza zewnętrznego oraz czas występowania tego typu epizodów w okresie ostatnich 63 lat

Temperatura graniczna, °C	Częstość występowania minimalnych temperatur powietrza zewnętrznego w latach 1953-2016				
	1-dniowe	2-dniowe	3-dniowe	4-dniowe	5-dniowe
-15	71	57	24	14	10
-16	51	40	18	9	8
-17	38	32	11	5	4
-18	24	21	8	4	3
-19	19	15	4	3	1
-20	14	7	2	0	0



Częstość występowania minimalnych temperatur powietrza zewnętrznego oraz czas występowania tego typu epizodów w okresie ostatnich 15 lat

Temperatura graniczna, °C	Częstość występowania minimalnych temperatur powietrza zewnętrznego w latach 2001-2016				
	1-dniowe	2-dniowe	3-dniowe	4-dniowe	5-dniowe
-15	8	6	3	1	0
-16	5	4	2	0	0
-17	4	3	0	0	0
-18	2	1	0	0	0
-19	2	1	0	0	0
-20	2	1	0	0	0



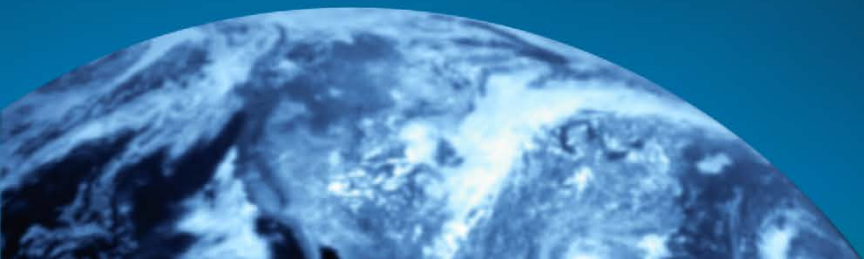


Politechnika Częstochowska

SIEĆ CIEPŁOWNICZA

Parametry pracy

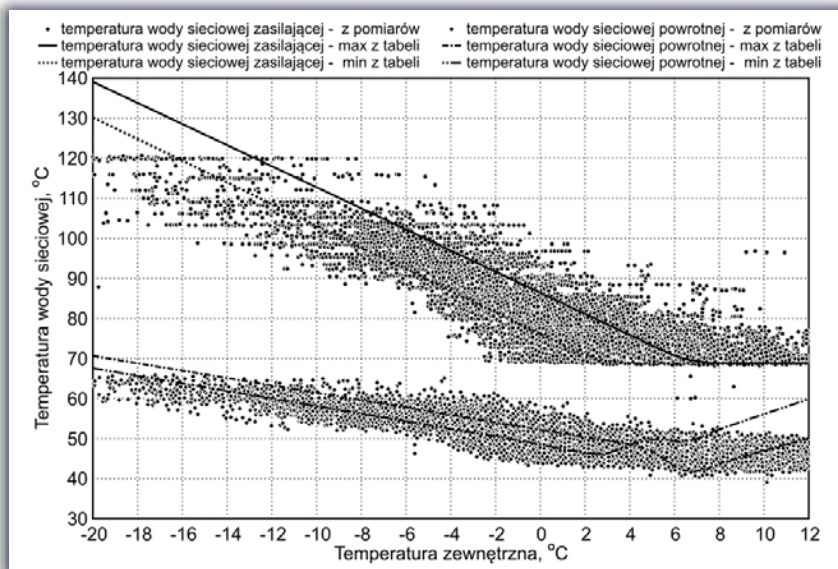
Efektywność energetyczna
systemów ciepłowniczych



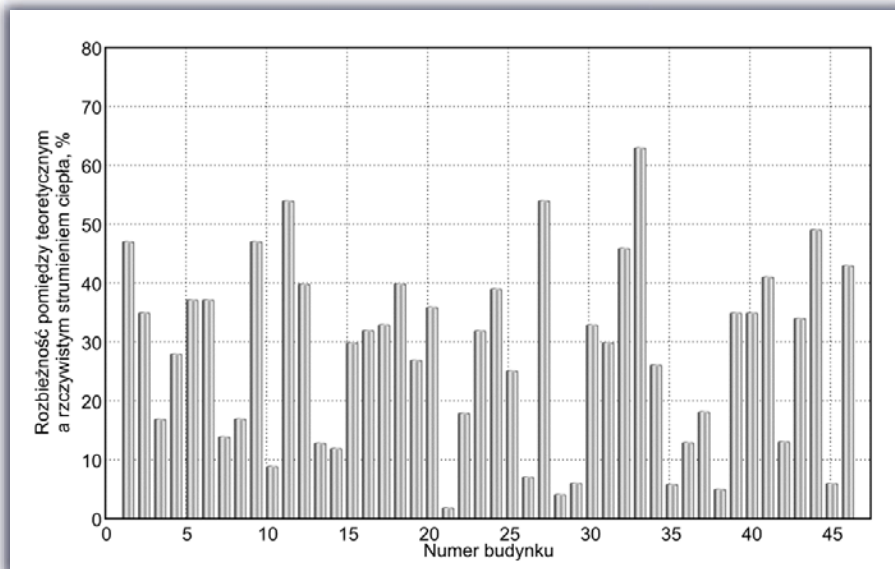
Sieć ciepłownicza

Rzeczywiste warunki pracy sieci ciepłowniczej

Efektywność energetyczna silnie zależy od umiejętności dostosowania warunków cieplno-przepływowych (mocy cieplnej) instalacji do chwilowego zapotrzebowania na ciepło. Im mniejsza rozbieżność tym stopień doskonałości większy.



Temperatura wody sieciowej w zależności od temperatury zewnętrznej dla przykładowego systemu ciepłowniczego



Rozbieżność pomiędzy teoretycznym zapotrzebowaniem na ciepło, a rzeczywistym zużyciem ciepła dla 50 budynków edukacyjnych w Częstochowie

Obliczeniowe warunki pracy to warunki dostawy ciepła określone w oparciu o wytyczne projektowe (stały punkt pracy instalacji i sieci).

Rzeczywiste warunki pracy to warunki dostawy ciepła ciągle dostosowujące się do chwilowych potrzeb cieplnych (zmienny punkt pracy instalacji i sieci).



Tabele regulacyjne

Dotychczas stosowane Tabele regulacyjne oparte były na „Wytycznych Regulacji Temperatury Wody w Źródłach Ciepła i Sieciach Ciepłych”, opracowanych w latach 1974 – 1975.

Określały one temperaturę wody sieciowej w zależności od warunków atmosferycznych – **przy stałym przepływie wody sieciowej.**

- Stosowanie automatyki pogodowej w węzłach spowodowało konieczność regulacji nie tylko temperatury zasilania ale także przepływu w sieci ciepłowniczej.

- Obniżenie temperatury przynosi: stabilizację pracy sieci ciepłej, obniżenie kosztów przesyłu, strat ciepła.

- Normą staje się stosowanie tabel 120/60°C, 110/50°C max 130/65°C.

- Właściwie ustalona temperatura wody sieciowej, zależna od parametrów powietrza zewnętrznego, jest parametrem decydującym o możliwościach zwiększenia efektywności energetycznej systemu ciepłowniczego, jak i również poprawę wskaźników ekologicznych.



Tabele regulacyjne

TABELA REGULACYJNA dla 135 / 70 ° C

Pochmurno			Zachmurzenie zmienne			Słonecznie		
wiatr do 3 m/s	wiatr 3 – 8 m/s	wiatr od 8 m/s	wiatr do 3 m/s	wiatr 3 – 8 m/s	wiatr od 8 m/s	wiatr do 3 m/s	wiatr 3 – 8 m/s	wiatr od 8 m/s
T _{zew}	Max (Tz)	Max (Tp)	Max ΔT	Min (Tz)	Min (Tp)	Min ΔT	Min ΔT	Min ΔT
-20	135	70,4	64,6	128	69,5	58,5		
7	70	49,4	20,6	70	55,9	14,1		
12	70	57,4	12,6	70	62,9	7,1		

Tabela regulacyjna dla niskich parametrów 95/70 ° C

Tabela regulacyjna dla niskich parametrów 90/65 ° C

Tabela regulacyjna dla niskich parametrów 80/60 ° C

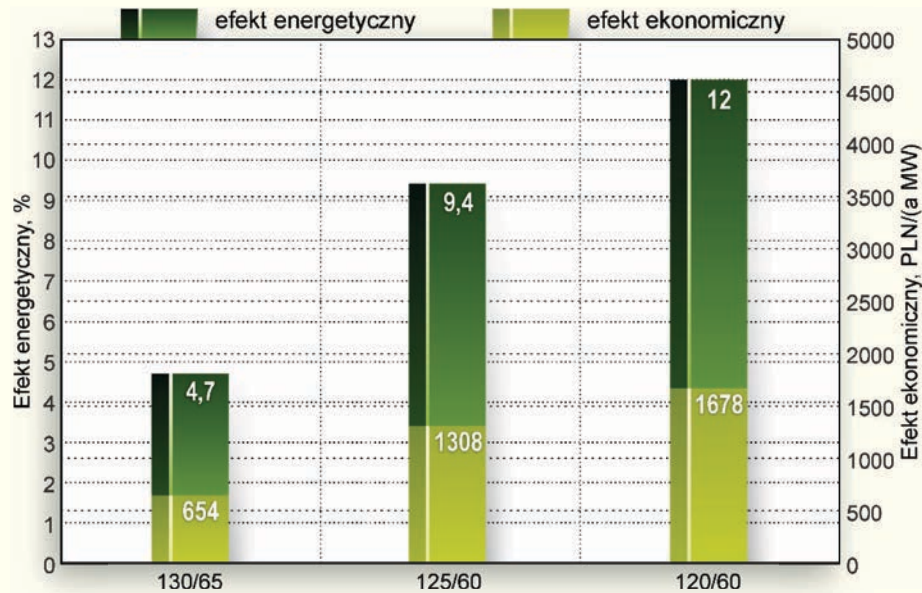
Tabela regulacyjna dla niskich parametrów c.o. oraz cwu

TABELA REGULACYJNA NOŚNIKA CIEPŁA 135 / 70 ° C

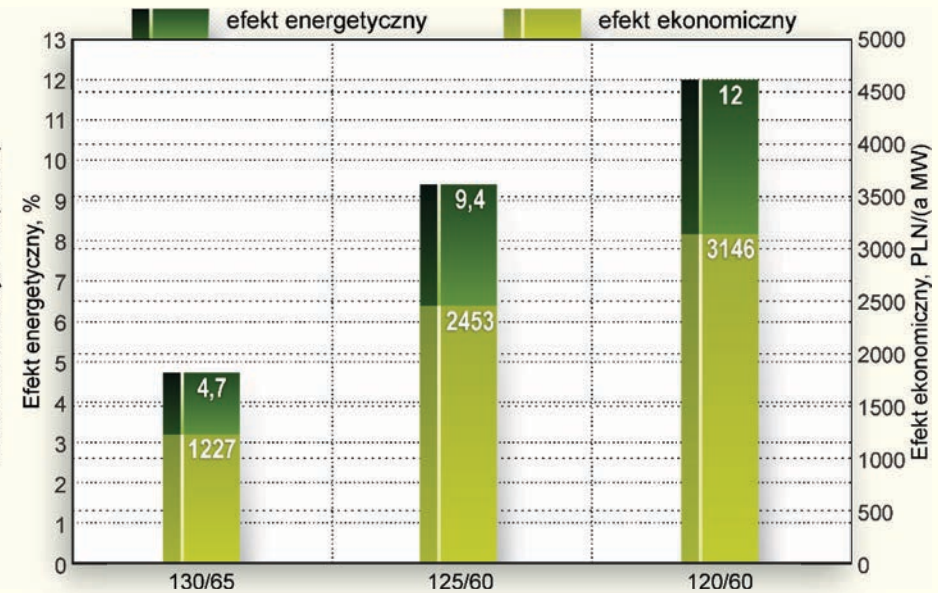
Temp. zewnętrzna	Zasilanie	POWRÓT		
		Węzeł wymiennikowy C.O.	Węzeł bezpośredni C.O.	Węzeł dwufunkcyjny C.O. + C.W.U.
-20	135,0	70,0	65,0	60,0

EFEKT ENERGETYCZNY I EKONOMICZNY OBNIŻENIA STRAT PRZESYŁU SIECI CIEPŁOWNICZEJ

Nominalne parametry sieci: 135/70°C,
straty na przesyśle 8%.



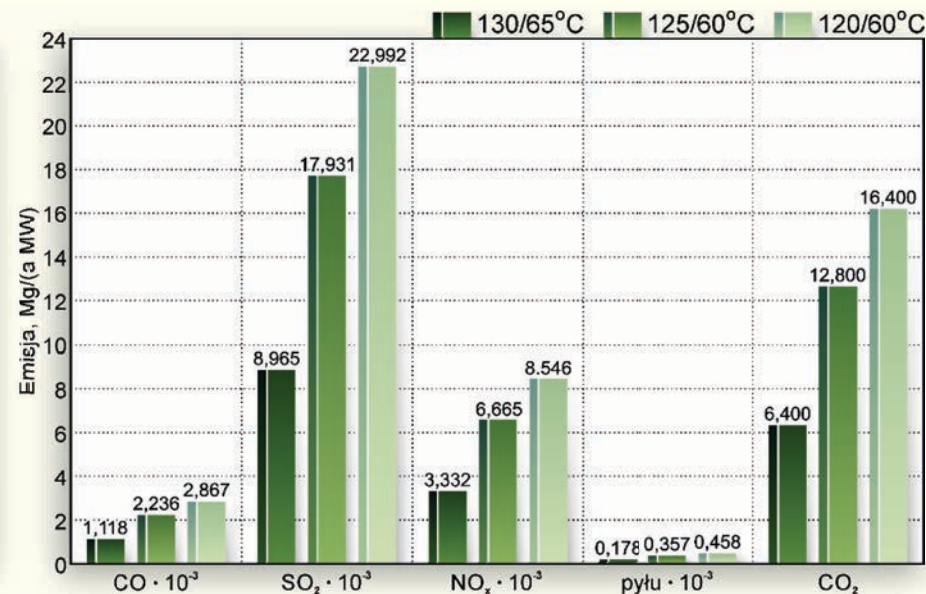
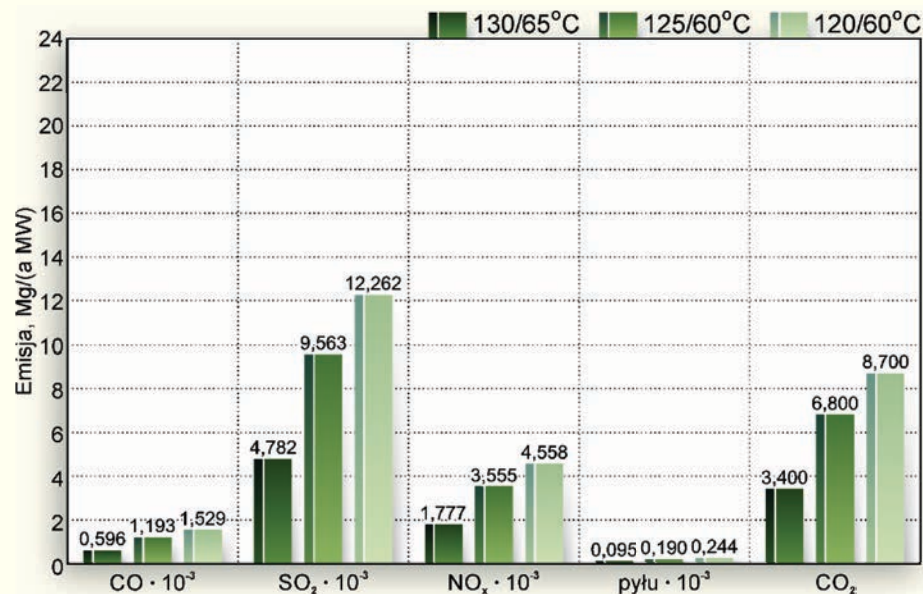
Nominalne parametry sieci: 135/70°C,
straty na przesyśle 15%.



Obniżenie temperatury zasilania z 135°C do 120°C oraz powrotu z 70°C do 60°C pozwala na obniżenie mocy zamówionej i rocznego zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej pokrywających straty ciepła na przesyśle nośnika ciepła o 12%.

Łączna kwota szacowanych oszczędności z tytułu obniżenia strat ciepła sieci ciepłowniczych, poprzez obniżenie temperatur wody sieciowej, może wynieść w tym przypadku 3146 PLN/MW dla standardowego sezonu grzewczego.

EFEKT EKOLOGICZNY OBNIŻENIA STRAT PRZESYŁU SIECI CIEPŁOWNICZEJ



Szacowany jednostkowy efekt ekologiczny^[1] przedstawiony jako emisja równoważna^[2] wynikający z obniżenia temperatury zasilania z 135°C do 130°C oraz temperatur powrotu z 70°C do 65°C wyniósł 5,7 kg/MW mocy zainstalowanej oraz przy obniżeniu temperatury zasilania z 135°C do 120°C oraz powrotu z 70°C do 60°C wyniósł 14,7 kg/MW mocy zainstalowanej dla standardowego sezonu grzewczego oraz stratach wyjściowych sieci na poziomie 8%. W przypadku strat sieci wynoszących 15% emisja równoważna wyniosła odpowiednio 10,7 kg/MW oraz 27,5 kg/MW.

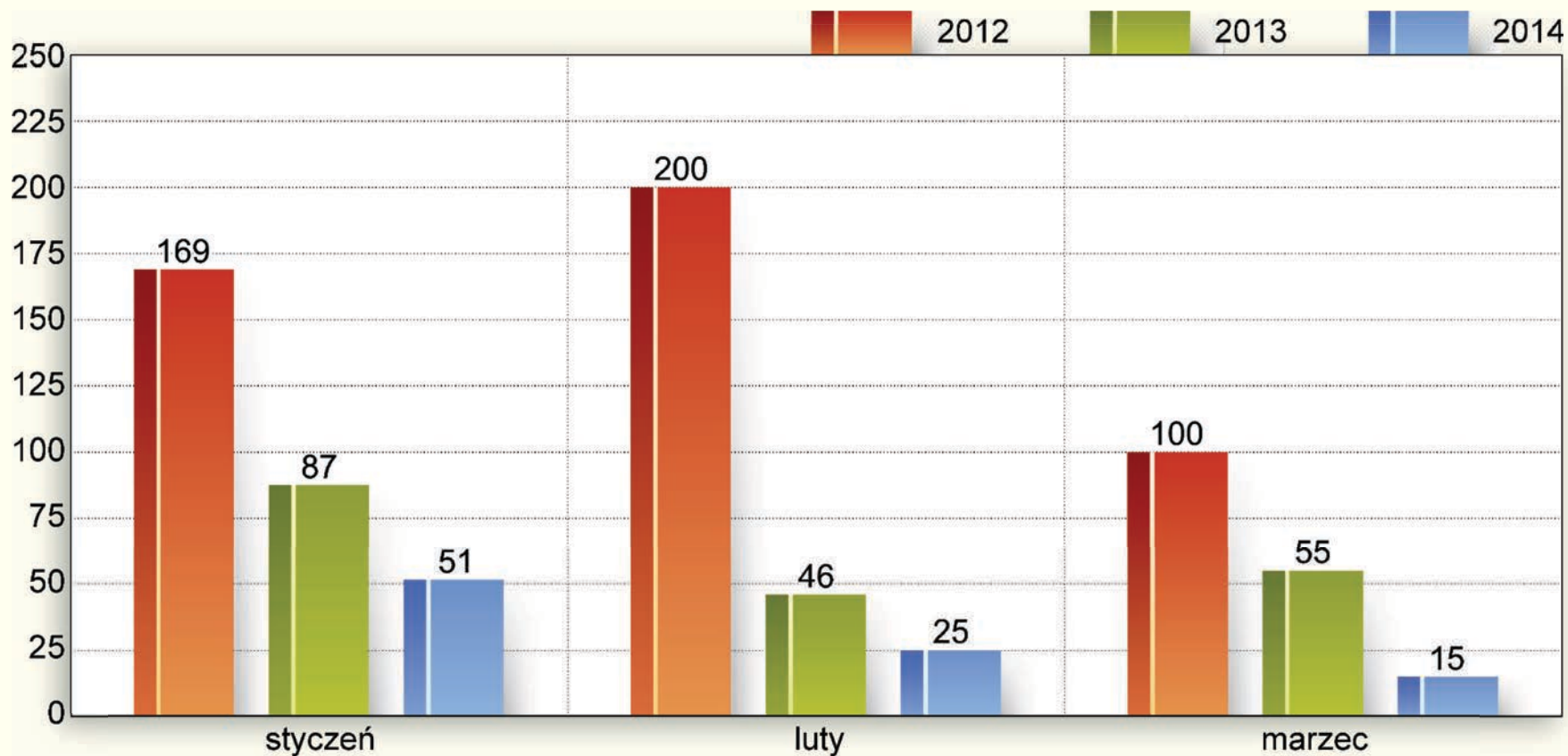
Uzyskano obniżenie emisji CO₂ odpowiednio od 3,4 do 8,7 kg/MW dla strat ciepła w sieci 8% oraz od 6,4 do 16,4 kg/MW dla strat ciepła w sieci 15%, w standardowym sezonie grzewczym.

[1] **Jednostkowy efekt ekologiczny** - różnica emisji zanieczyszczeń przed i po usprawnieniu odniesiona do jednostki mocy zainstalowanej.

[2] **Emisja równoważna** - emisja zastępcza, która wynika z zsumowania rzeczywistych emisji poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń pochodzących z danego źródła pomnożonych przez ich współczynniki toksyczności.

ZGŁOSZENIA ZAKŁÓCEŃ W PRACY WĘZŁÓW i INSTALACJI c.o.

I KWARTAŁ 2012 / I KWARTAŁ 2013 / I KWARTAŁ 2014



Uzyskany efekt energetyczny dostosowania pracy badanego systemu ciepłowniczego do bieżących potrzeb cieplnych użytkowników sieci dla analizowanego sezonu grzewczego.

Źródło	Ilość ciepła			
	Stan obecny, GJ/sg	Stan nowy, GJ/sg	Efekt zmian tabel, GJ/sg	Oszczędność, %
Elektrociepłownia	2 146 376	2 112 877	33 500	1,56

Uzyskany efekt ekonomiczny dostosowania pracy badanego systemu ciepłowniczego do bieżących potrzeb cieplnych użytkowników sieci dla analizowanego sezonu grzewczego

Źródło	Cena ciepła	Efekt ekonomiczny
	zł/GJ	zł/sg
Uśredniony koszt ciepła w źródle	46,38	1 553 719
Uśredniony koszt za przesył ciepła	23,45	785 570
Uśredniony koszt ciepła dla odbiorcy	69,83	2 339 289

Uzyskany efekt ekonomiczny dostosowania pracy badanego systemu ciepłowniczego do bieżących potrzeb cieplnych użytkowników sieci dla analizowanego sezonu grzewczego

Związek	Emisja jednostkowa	Emisja uniknięta
	kg/GJ	t/sg
SO ₂	0,112	3,743
NO _x	0,132	4,430
Pył	0,004	0,121
CO ₂	204,241	6842,029
		Emisja równoważna, t/sg
		6,018

Tabele regulacyjne

- Kierunki rozwoju systemu ogrzewania
- Podział systemów ogrzewania w zależności od temperatury czynnika

Rodzaj systemu		Temperatura zasilania	Temperatura powrotu
Klasyfikacja ogólna	Klasyfikacja szczegółowa		
Tradycyjny	Wysokotemperaturowy	90°C	70°C
Niskotemperaturowy	Średniotemperaturowy	55°C	35÷45°C
	Niskotemperaturowy	45°C	25÷35°C
	Bardzo niskotemperaturowy	35°C	25°C

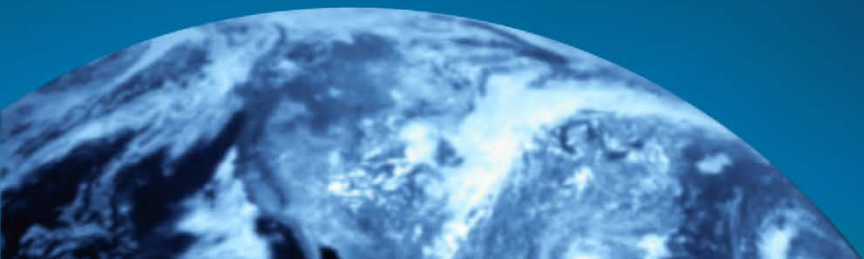


Politechnika Częstochowska

WĘZŁY CIEPŁOWNICZE

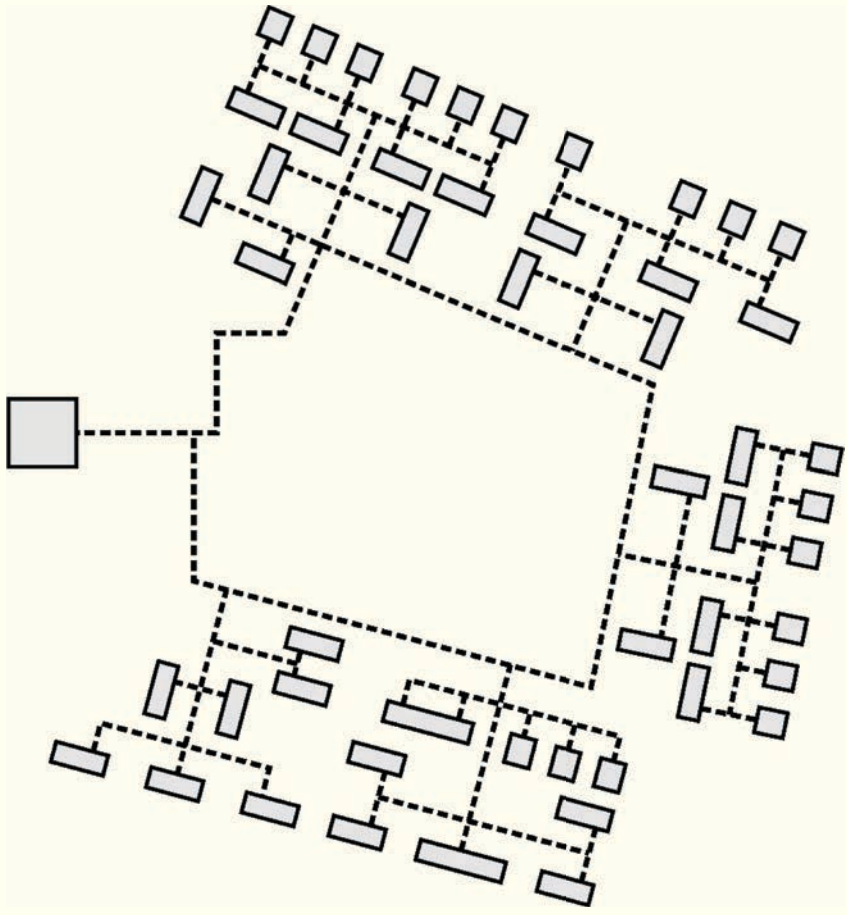
Rozproszone akumulatory
ciepła

Efektywność energetyczna
systemów ciepłowniczych

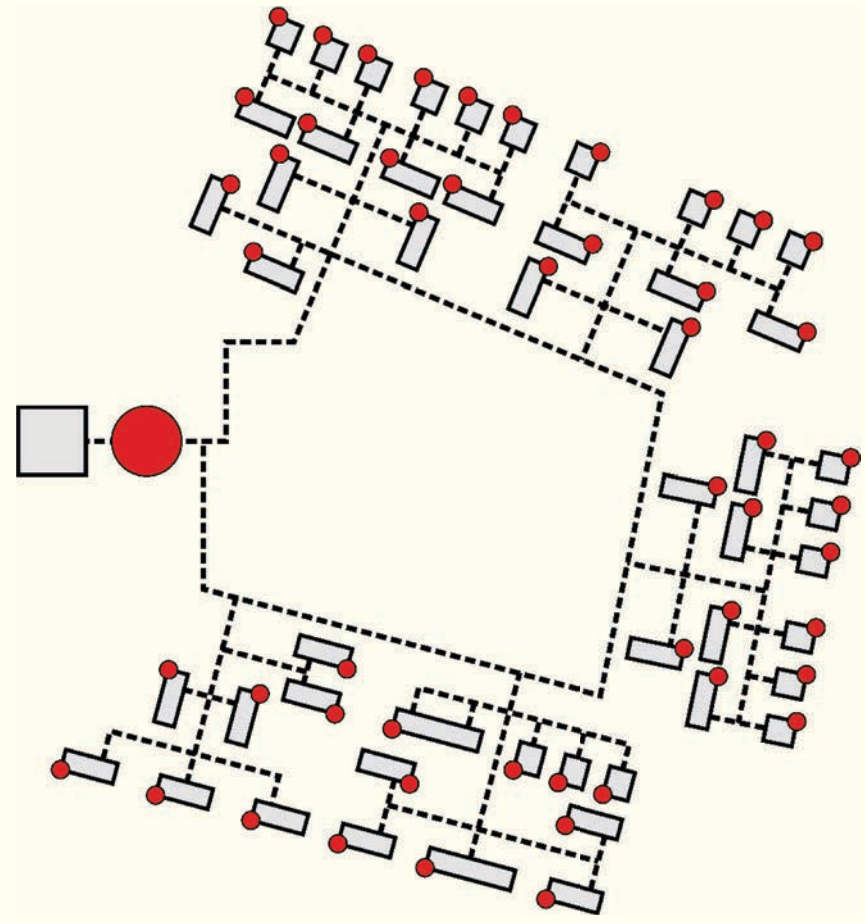


Systemy ciepłownicze

STRUKTURA HIERARCHICZNA



STRUKTURA HIERARCHICZNA + węzły hybrydowe

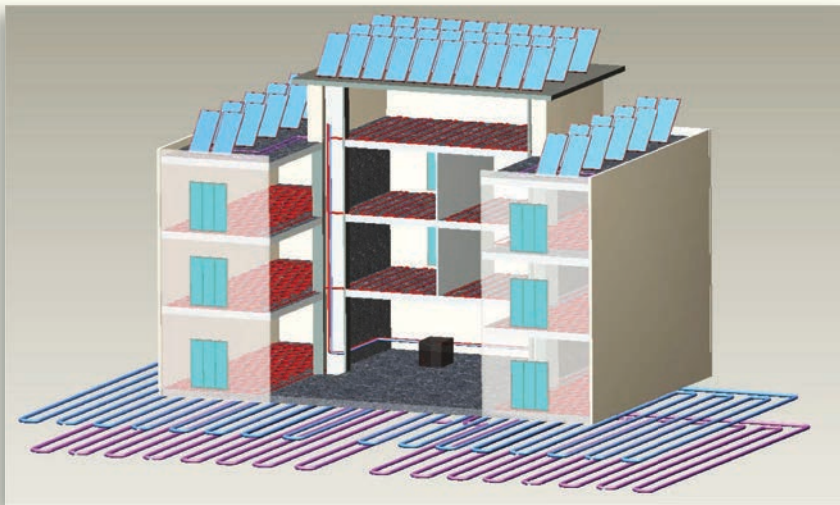


W strukturze hierarchicznej z węzłami hybrydowymi odbywa się racjonalne gospodarowanie energią + wysoka niezawodność = infrastruktura umożliwiająca wykorzystanie **OZE i ciepła odpadowego** w sposób bezpośredni lub w sposób pośredni (**magazyny ciepła**).

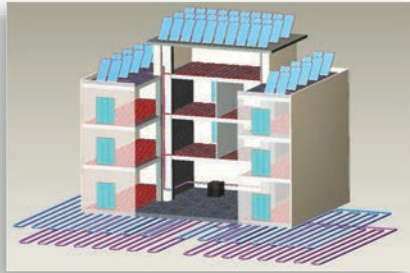


Instalacja badawcza na Politechnice w Monachium. Badania ukierunkowane na rozwój metod efektywnego obniżania temperatur na sieciach powrotnych do elektrociepłowni. Celem jest uzyskanie obniżenia temperatur powrotu z obecnych 60 do 70 stopni Celsjusza do poziomu co najmniej 40 stopni.

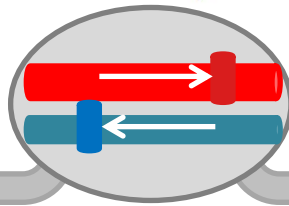
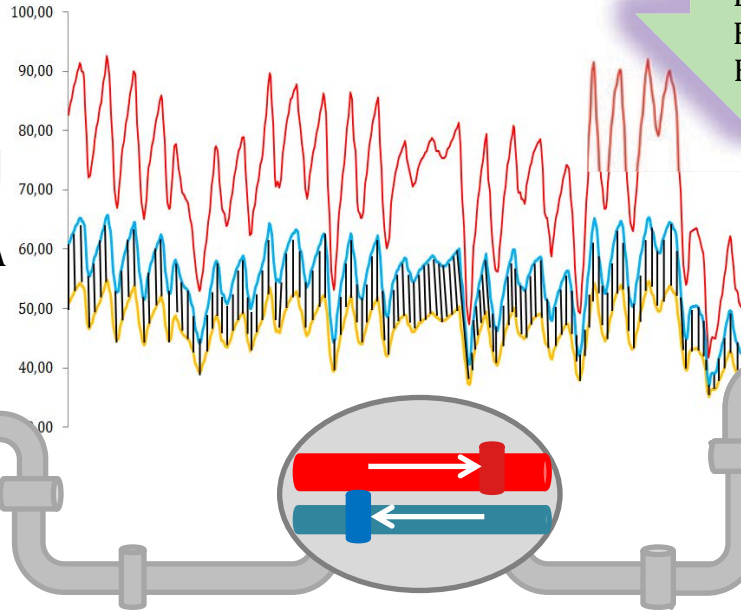
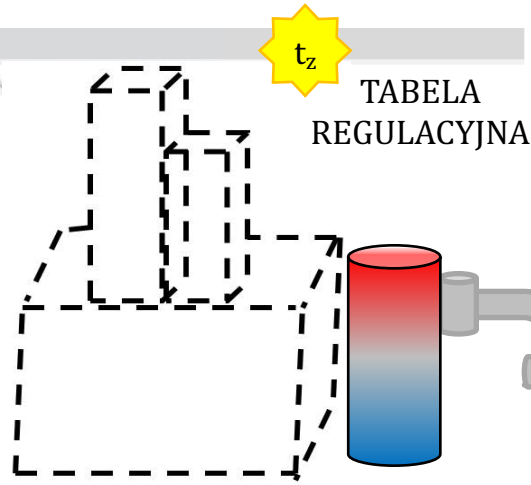
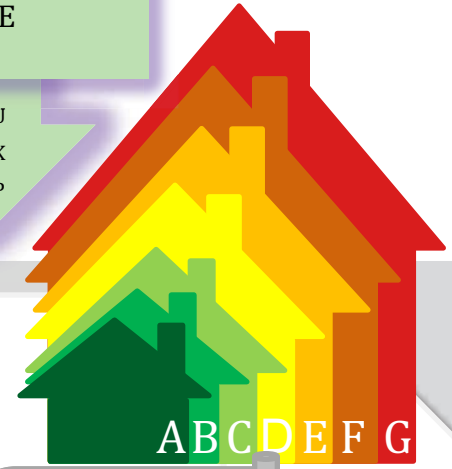
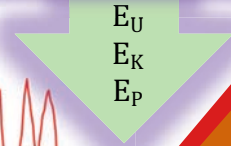
Lokalne instalacje akumulacji ciepła w gruncie. Zasilanie budynku w ciepło i c.w.u. następuje poprzez instalację dolnego źródła pompy ciepła.



W przyszłości nowobudowane bloki mieszkalne powinny być wyposażone w podziemne instalacje akumulacji ciepła w gruncie aby mogły pracować autonomicznie jako centralne uzupełnienie sieci przesyłowych na niskich parametrach pracy.



- 1) Termomodernizacje
- 2) Budynki nisko-zero- i 0+energetyczne
- 3) OZE



- 1) Wzrost strat ciepła
- 2) Zakłócenia pracy sieci
- 3) Spadek sprawności systemu
- 4) Spadek rentowności

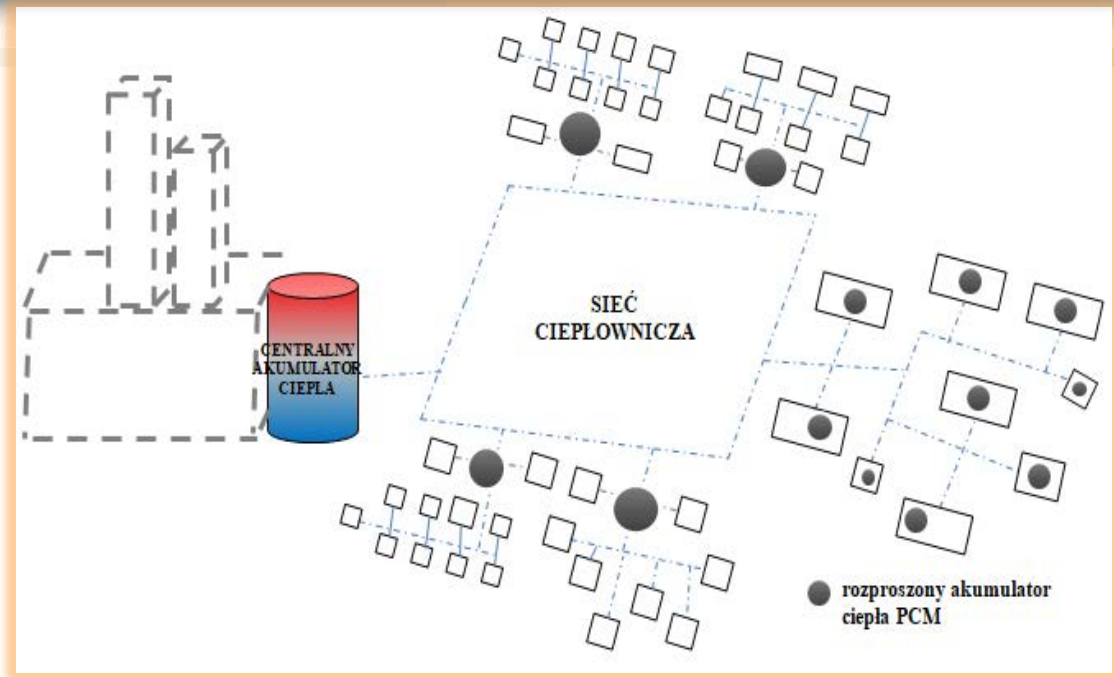
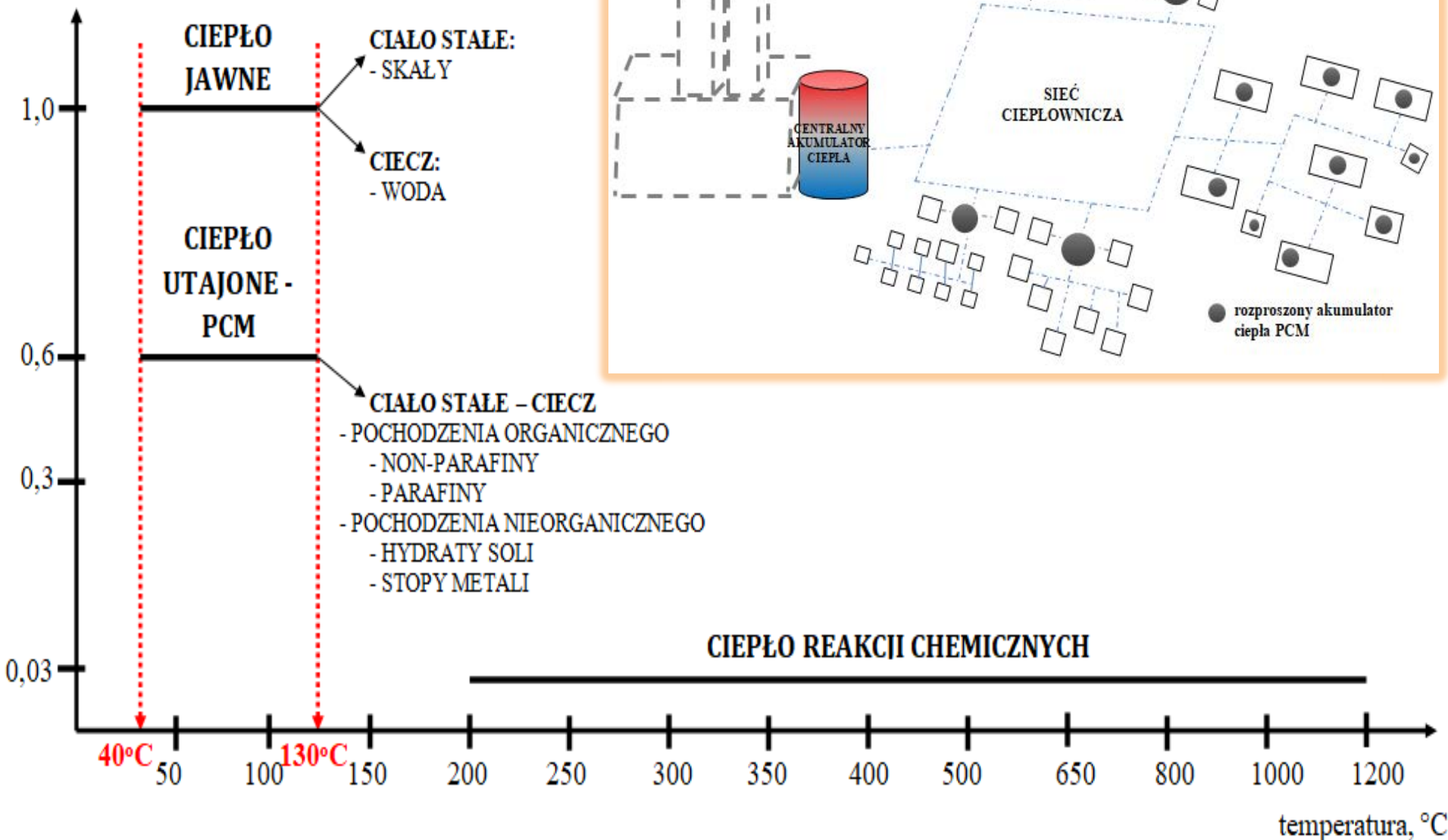
Energia doprowadzona	100%
Strata ciepła procesu produkcji ciepła	15%
Sprawność źródła ciepła	85%
Strata na przesył po stronie sieci	11%
Sprawność węzła cieplnego	74%
Strata ciepła na przesył po stronie instalacji	18%
Sprawność wykorzystania	56%

NOWE GENERACJE SIECI - 4G

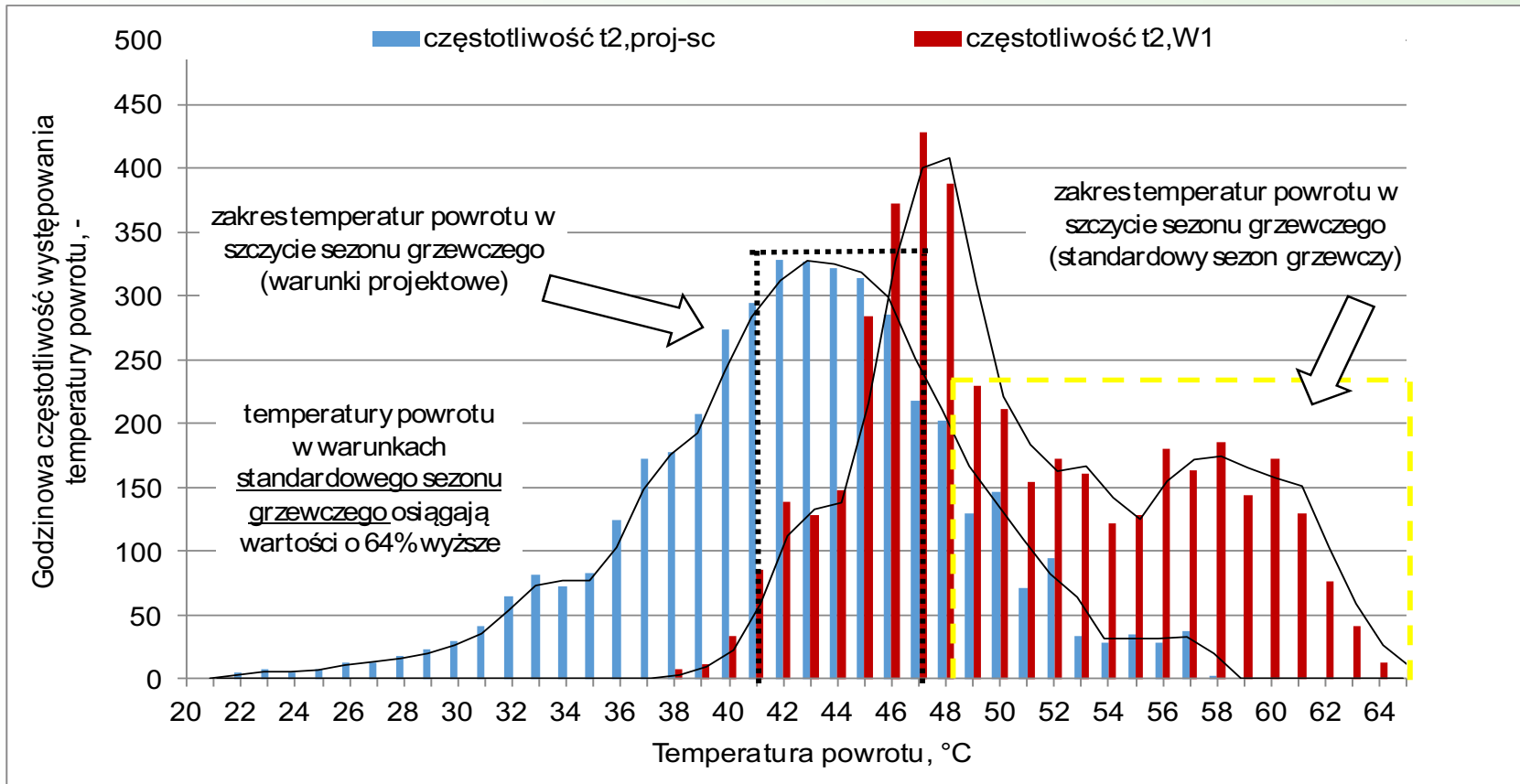


MAGAZYNOWANIE CIEPŁA

objętość, m³

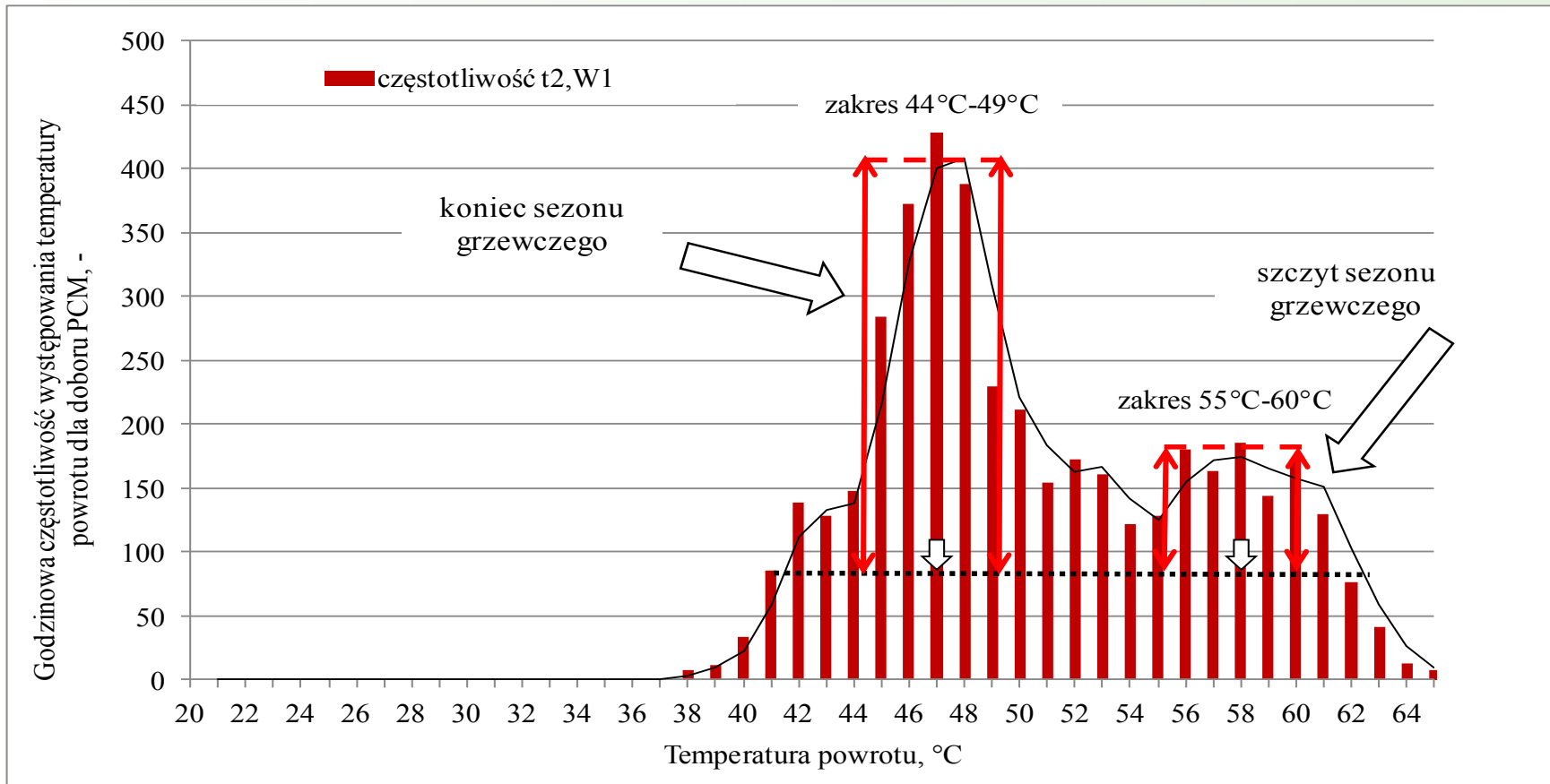


Określenie zakresu temperatur pracy systemu ciepłowniczego



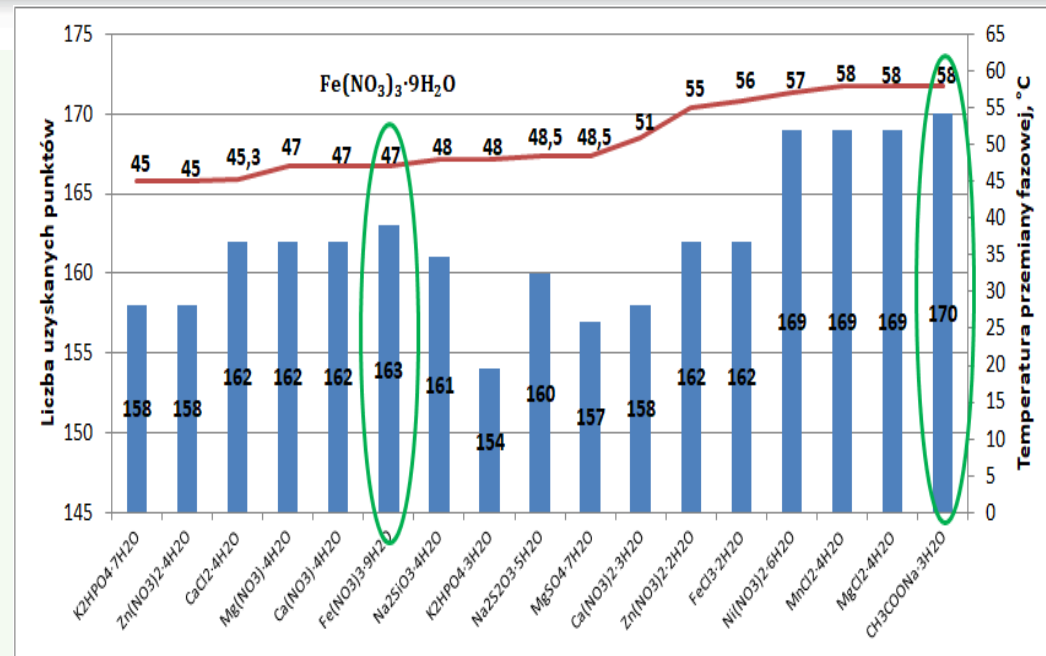
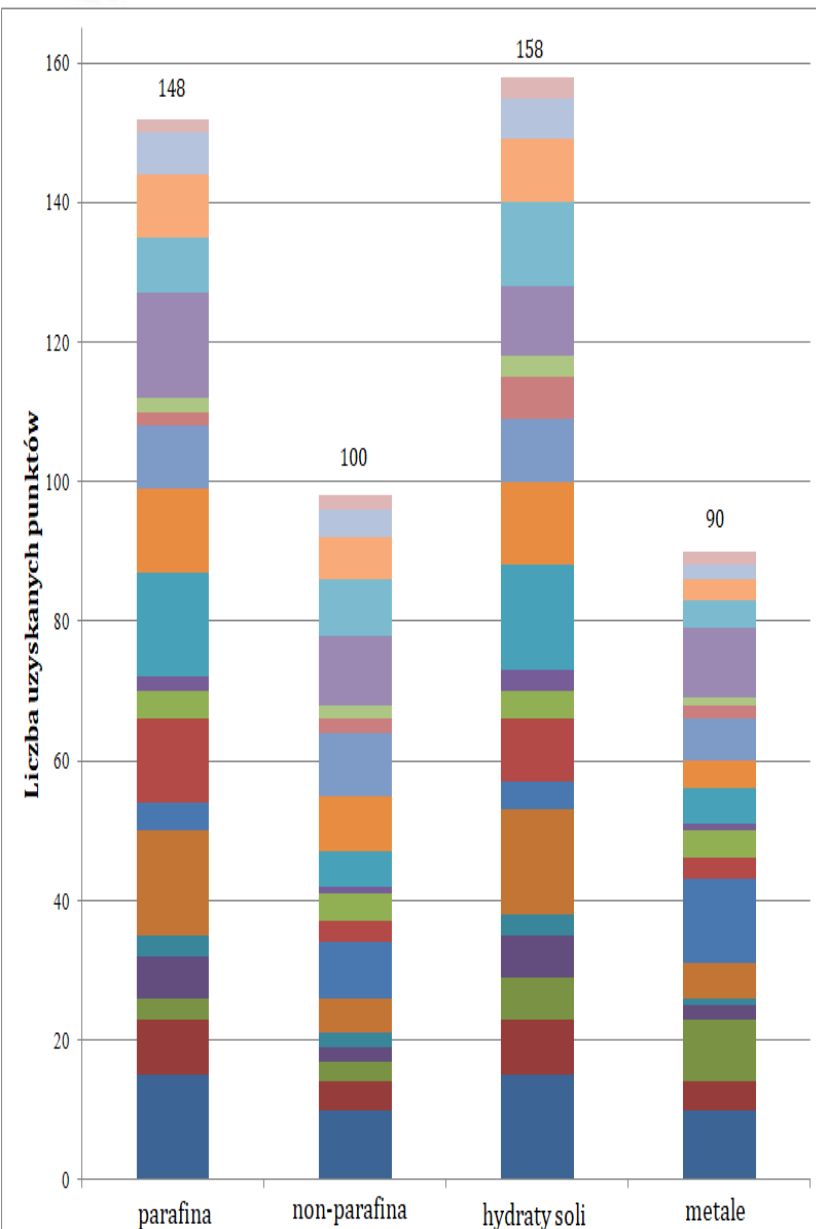
Zakres temperatury powrotu sieci ciepłowniczej wyniósł **22°C - 57°C** dla warunków projektowych i **38°C - 64°C** dla warunków sezonu standardowego.

Temperatury powrotu w warunkach standardowego sezonu grzewczego osiągają wartości o **64%** wyższe niż w warunkach projektowych.



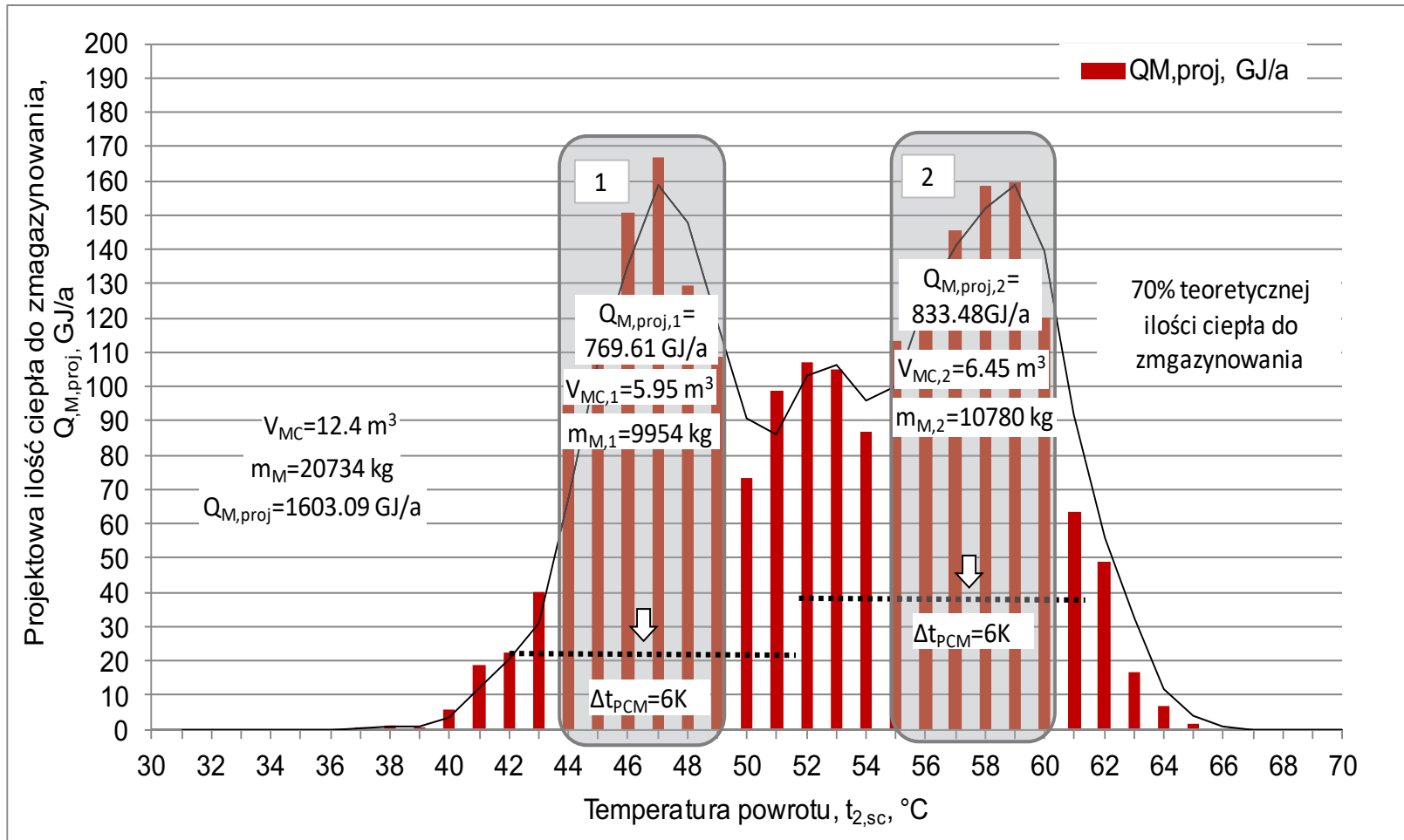
Ze względu na uzyskany rozkład temperatury wody sieciowej zaproponowano zastosowanie **dwóch zakresów temperatury roboczej przemiany fazowej.**

Optymalna temperatura przemiany fazowej PCM wyniosła dla pierwszego zakresu **47°C** a dla drugiego zakresu **58°C** .

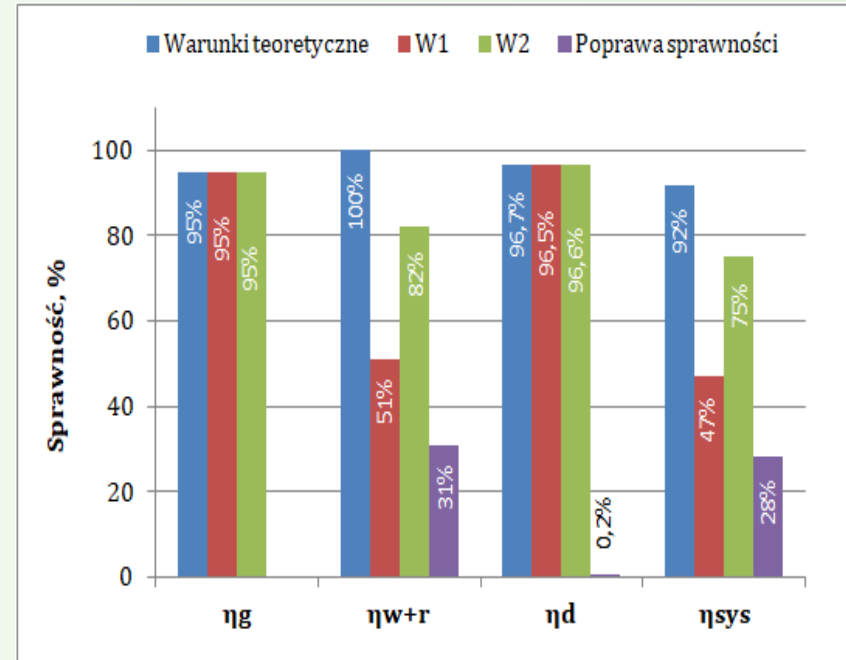
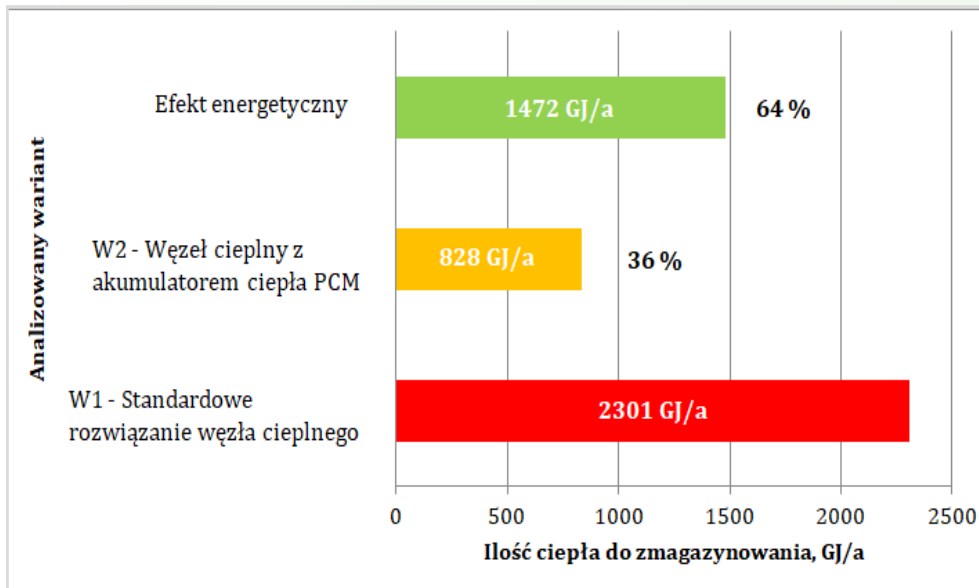


Dla zakresu temperatury powrotu w sieci od 44°C do 49°C hydrat soli – nonahydrat azotanu żelazowego $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ uzyskał 163 punkty.

Dla zakresu temperatury powrotu w sieci od 55°C do 60°C hydrat soli – trihydrat octanu sodu $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ uzyskał 170 punktów.

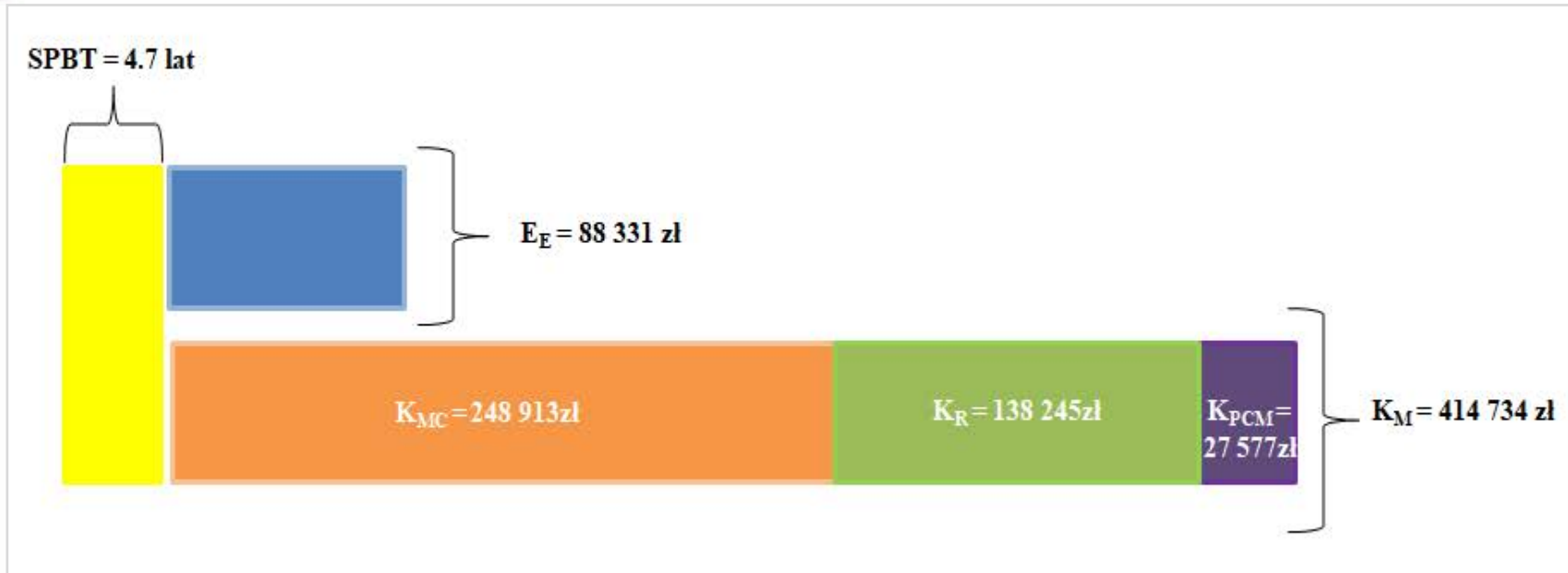


Oszacowana łączna objętość akumulatorów ciepła wyniosła **12.4 m³**, na co składały się objętość jednego akumulatora ciepła równa **5.95 m³**, a drugiego **6.45 m³**.



Zmniejszenie ilości ciepła nieodebranego wyniosło $Q_M=1472 \text{ GJ/a}$.

Sprawność całkowita sieci ciepłowniczej z wykorzystaniem akumulatora ciepła PCM wyniosła $\eta_{sys,W2}=75\%$.
 Poprawa sprawności całkowitej wyniosła $\Delta\eta_{sys,W2}=28p\%$.

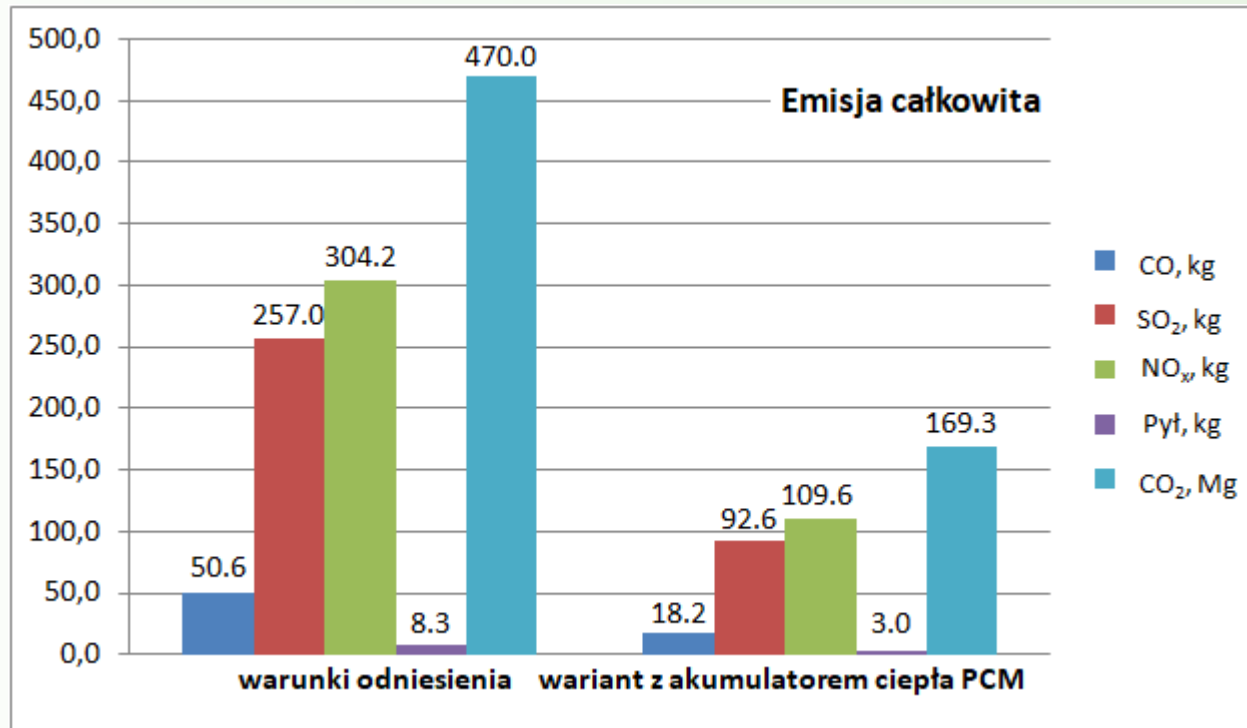


Na łączny koszt akumulatora ciepła PCM który wyniósł **414 734 zł** składały się:

- koszt zakupu materiału PCM stanowił **6.65%** łącznych kosztów,
- koszt zakupu akumulatora ciepła stanowił **60.02%** łącznych kosztów,
- robocizna stanowiła **33.33%** łącznych kosztów.

Efekt ekonomiczny wyniósł **88 331 zł**.

Zwrot inwestycji nastąpi po **4.7 latach**.



Efekt ekologiczny zastosowania akumulatora ciepła PCM:

- obniżenie emisji **CO** o **32.4** kg/sezon
- obniżenie emisji **SO₂** o **164.4** kg/sezon
- obniżenie emisji **NO_x** o **194.6** kg/sezon
- obniżenie emisji **pyłu** z **5.3** kg/sezon
- obniżenie emisji **CO₂** z **300.7** Mg/sezon

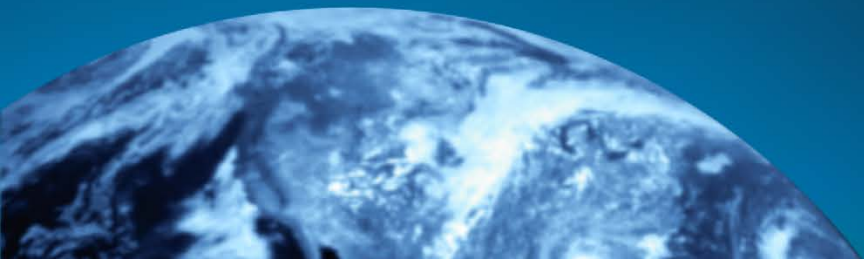
co stanowi **64%**



Politechnika Częstochowska

PODSUMOWANIE

Efektywność energetyczna
systemów ciepłowniczych



Warunki sprzyjające rozwojowi „efektywnych systemów ciepłowniczych” w Polsce:

- Powszechność występowania systemów ciepłowniczych.
- Wykorzystanie energii pierwotnej zawartej w odpadach komunalnych.
- Możliwość zagospodarowania ciepła odpadowego z obiektów przemysłowych i energetycznych.
- Efektywne systemy ciepłownicze są idealnym narzędziem do przeciwdziałania powstawania zjawiska niskiej emisji.
- Możliwość efektywnego wykorzystania energii z OZE ze względu na efekt skali.

Wyzwania dla rozwoju „efektywnych systemów ciepłowniczych” w Polsce:

- Zagospodarowanie ciepła z kogeneracji w okresie letnim:
 - Zwiększenie ilości podgrzewu cwu z wykorzystaniem ciepła sieciowego.
 - Wykorzystanie ciepła sieciowego do wytwarzania chłodu.
 - Sieci 4G, 5G, czy 6G – Inteligentne miasta?