



Politechnika Wroclawska

Wydział Inżynierii Środowiska

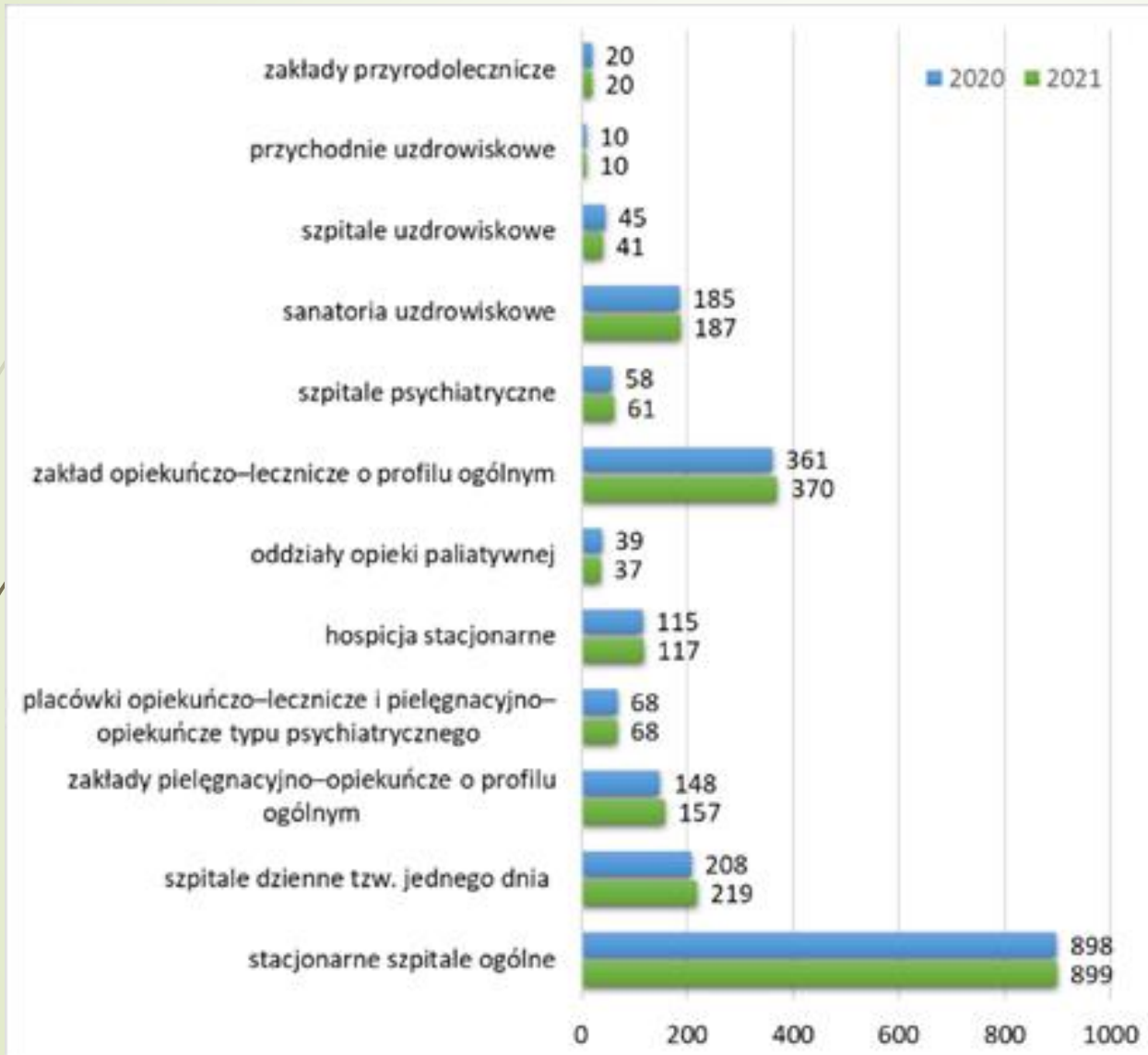


Możliwości ograniczenia energii niezbędnej do utrzymania systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych w obiektach szpitalnych

dr inż. Sylwia Szczęśniak

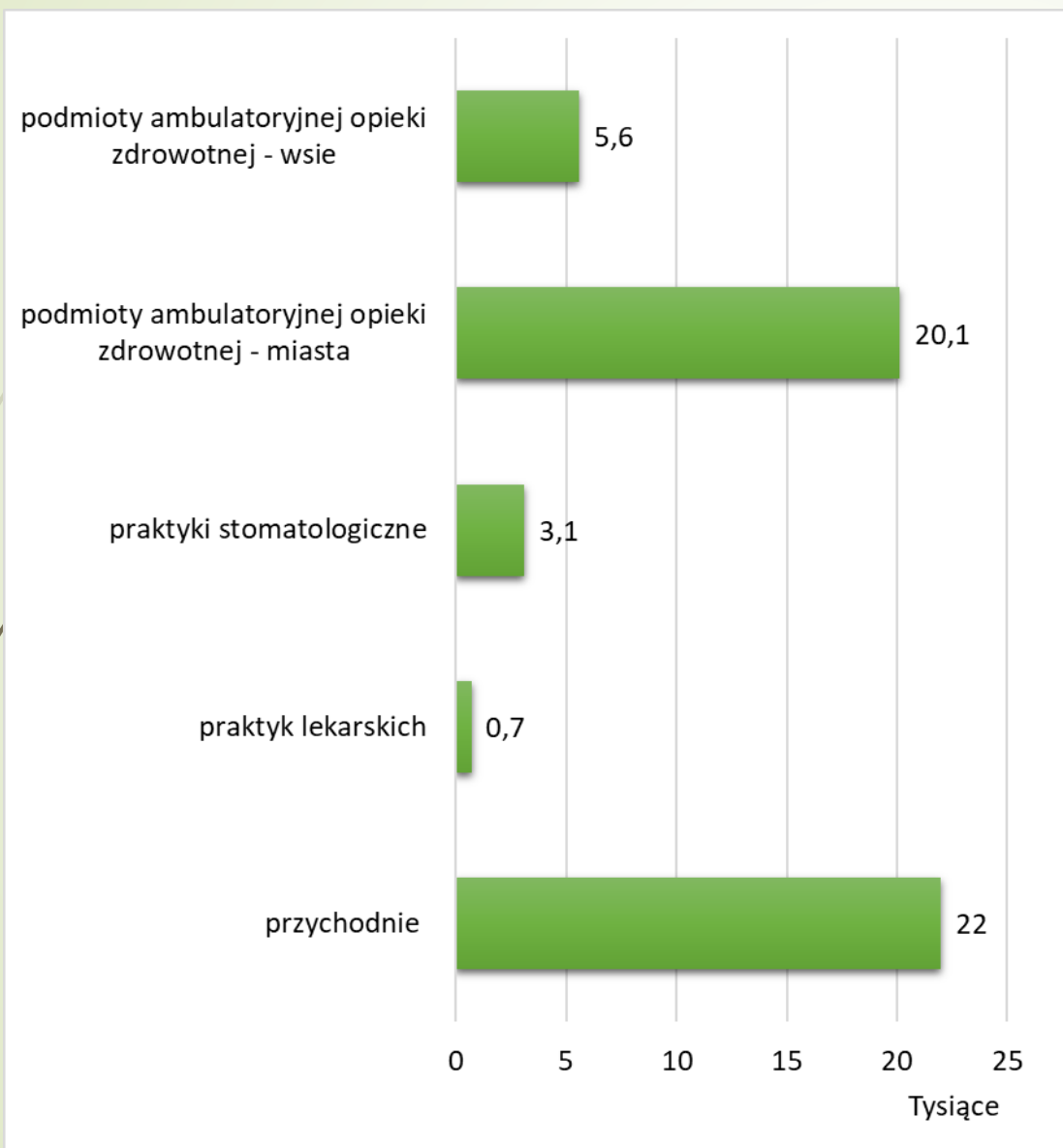
Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza
Politechnika Wroclawska

Obiekty służby zdrowia w Polsce



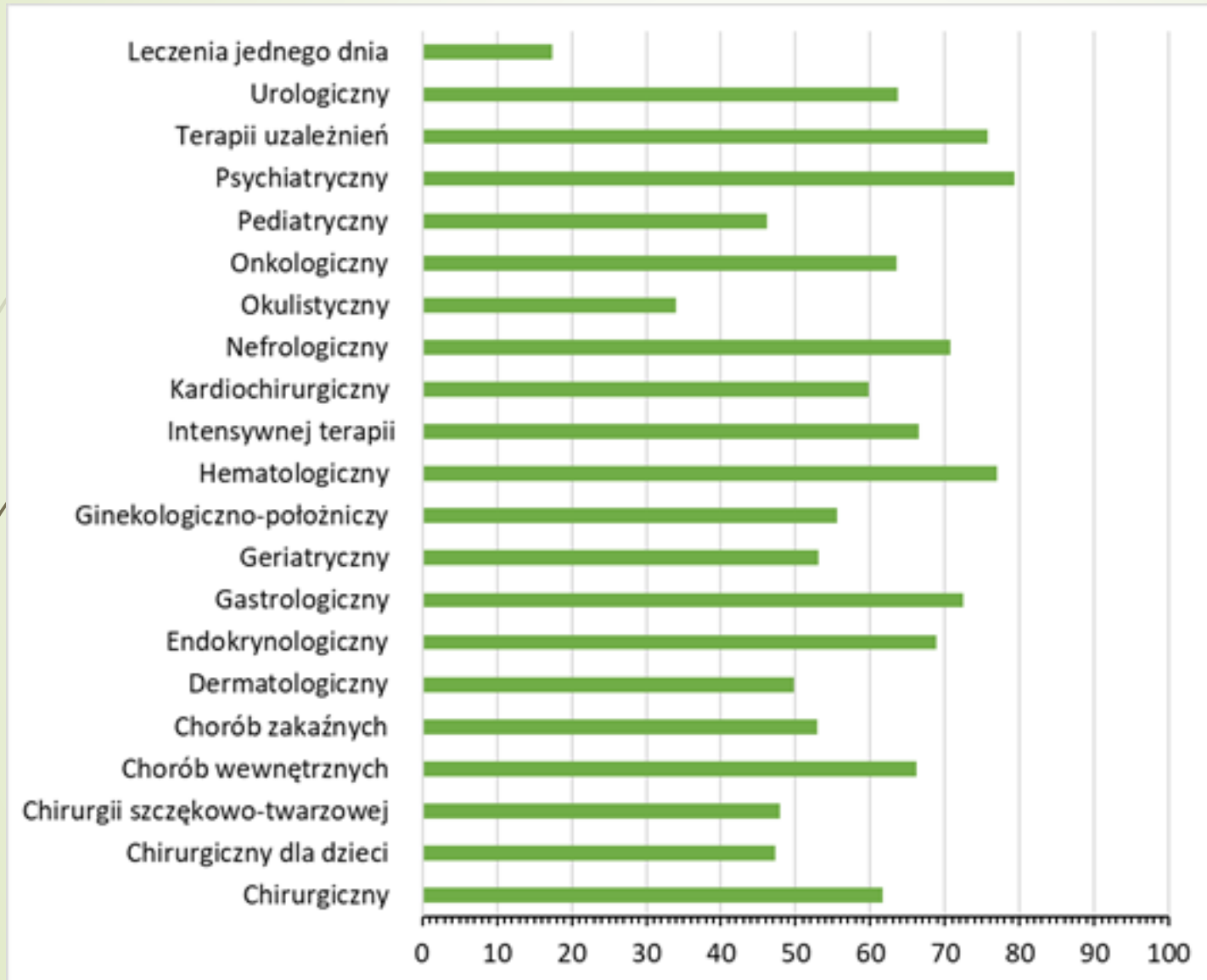
Liczba szpitali, placówek szpitalnych i o charakterze szpitalnym i leczniczym w latach 2020 i 2021 w Polsce [1]

Obiekty służby zdrowia w Polsce



Ogólna liczba przychodni i praktyk o charakterze leczniczym w Polsce w grudniu 2021 [1]

Obiekty służby zdrowia w Polsce



Przeciętne wykorzystanie łóżek w ciągu roku dla wybranych oddziałów szpitalnych [1]

Energia niezbędna do utrzymania obiektów służby zdrowia

Zapotrzebowanie na energię niezbędną do utrzymania obiektów szpitalnych wynika z:

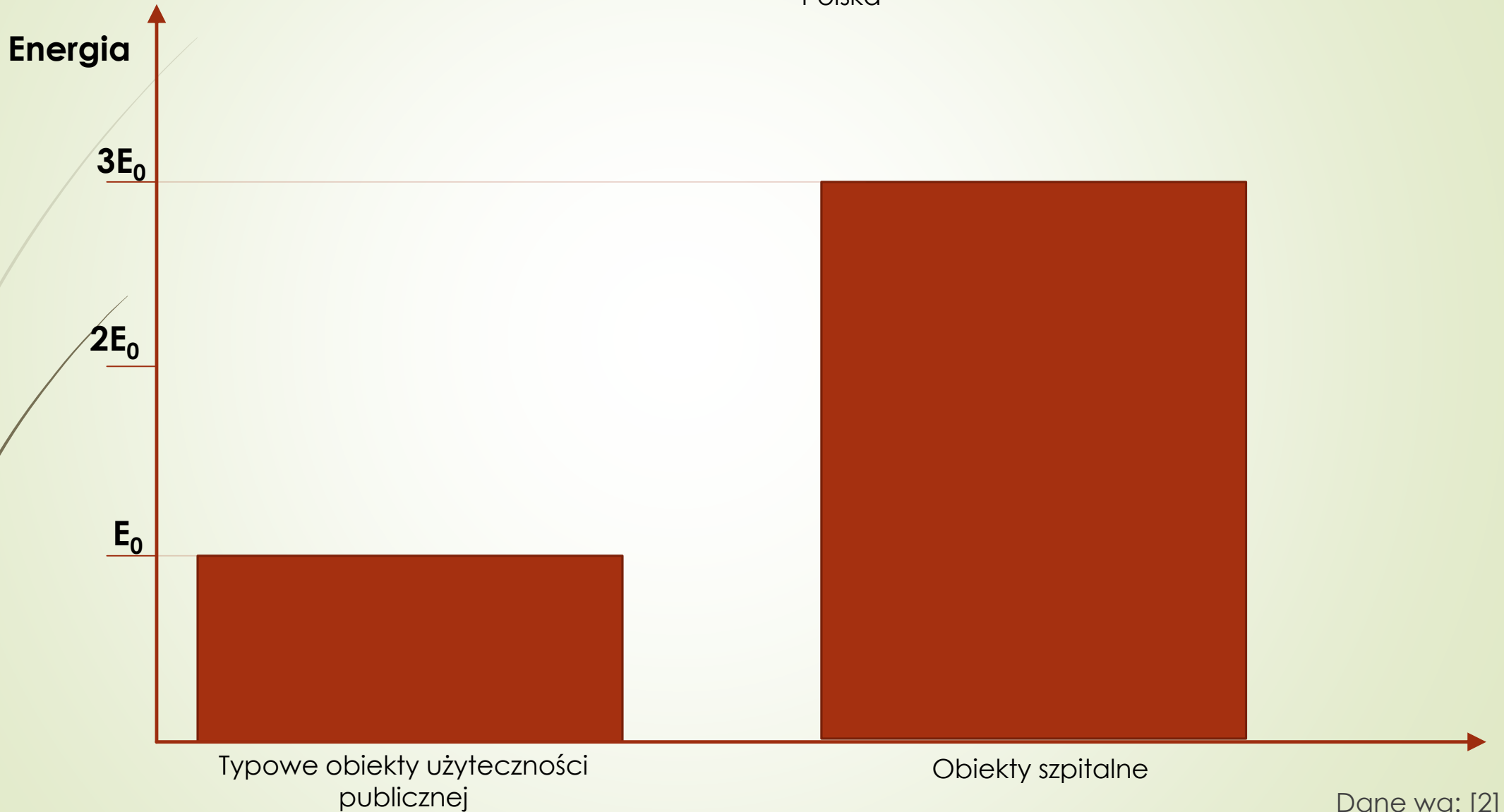
- charakteru i przeznaczenia pomieszczeń,

oraz z konieczności utrzymania:

- odpowiednich warunków termiczno-wilgotnościowych,
- czystości pyłowej,
- czystości mikrobiologicznej.

Energia niezbędna do utrzymania obiektów służby zdrowia

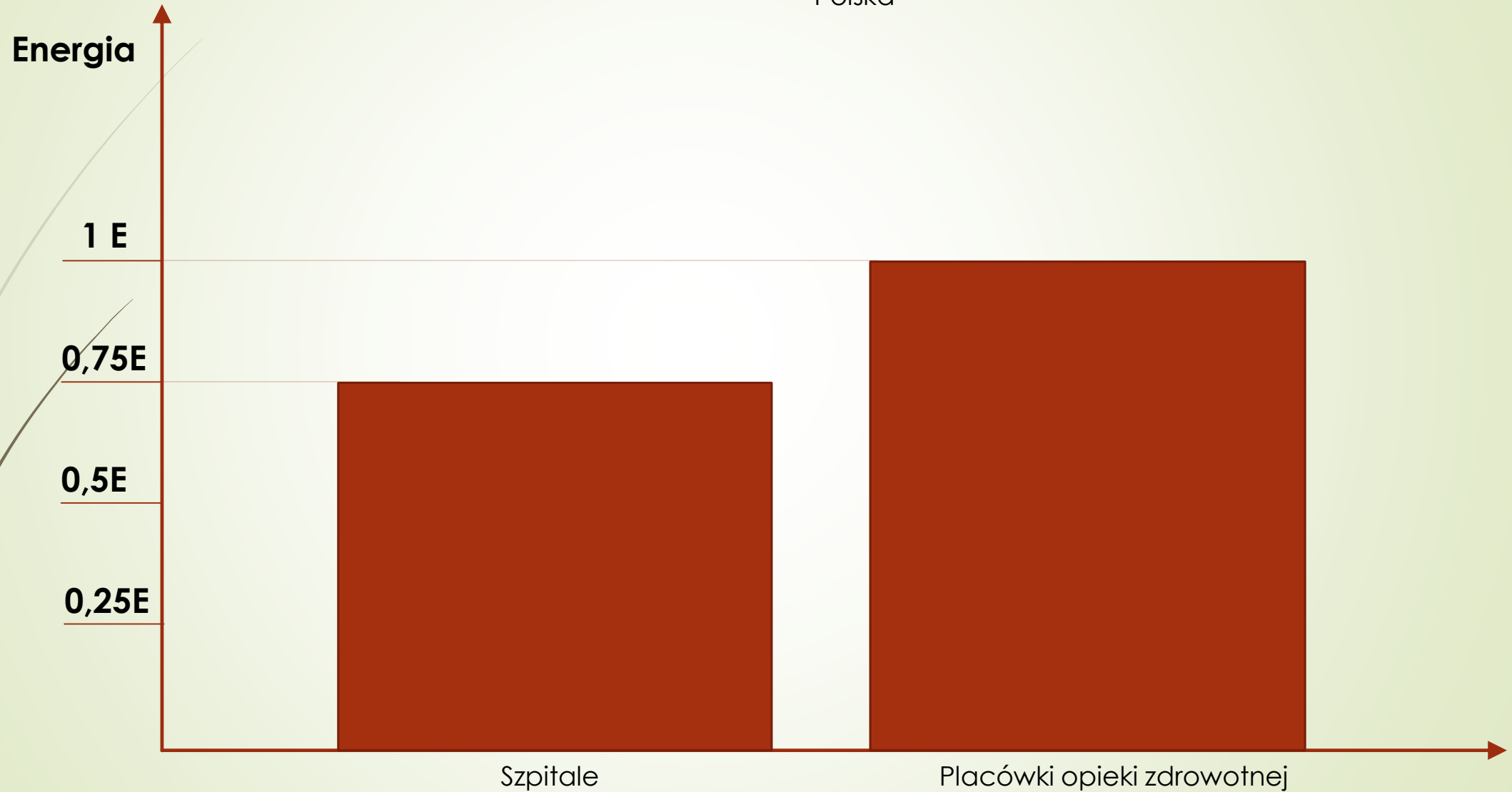
Polska



Dane wg: [2]

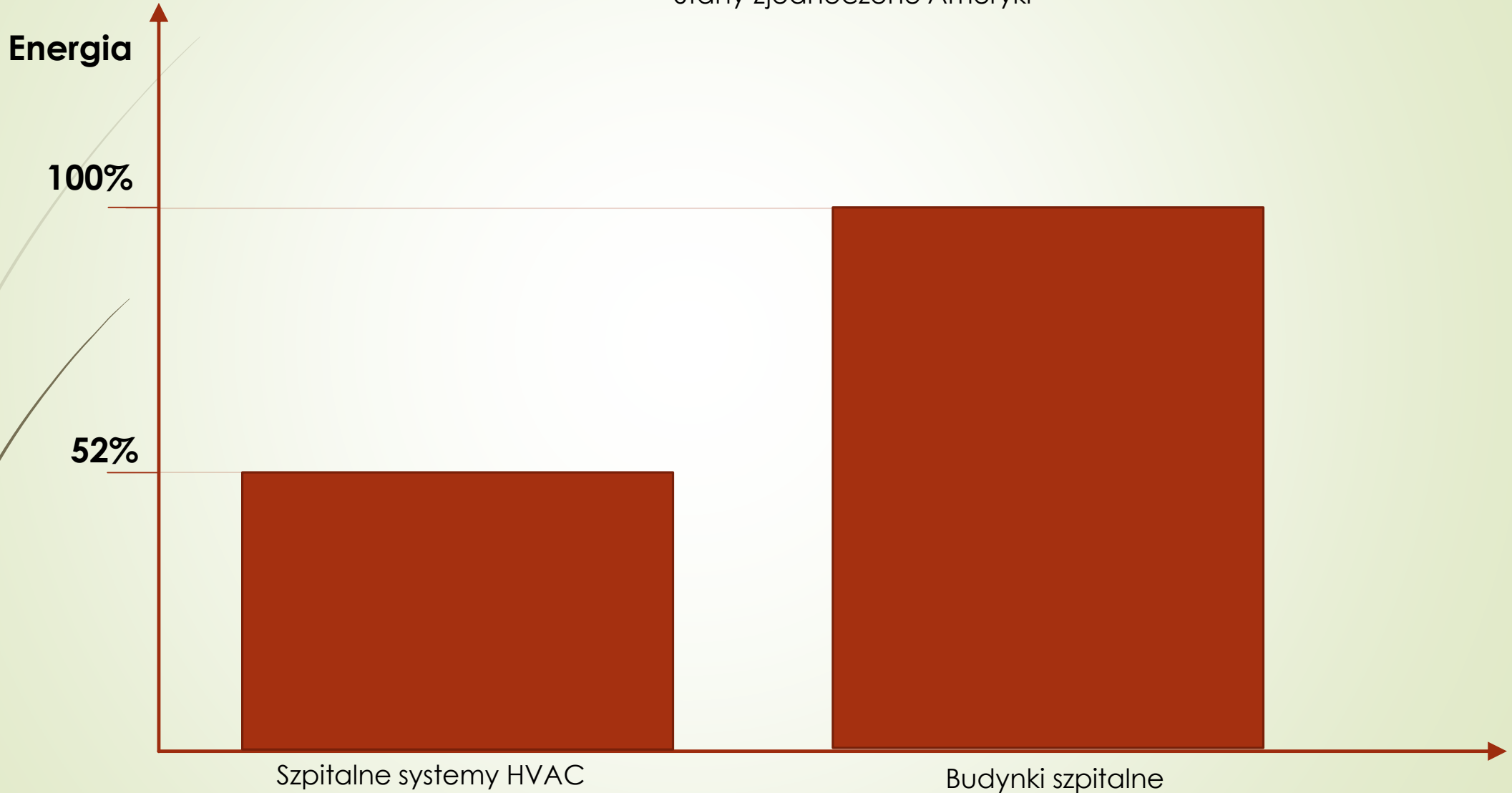
Energia niezbędna do utrzymania obiektów służby zdrowia

Polska

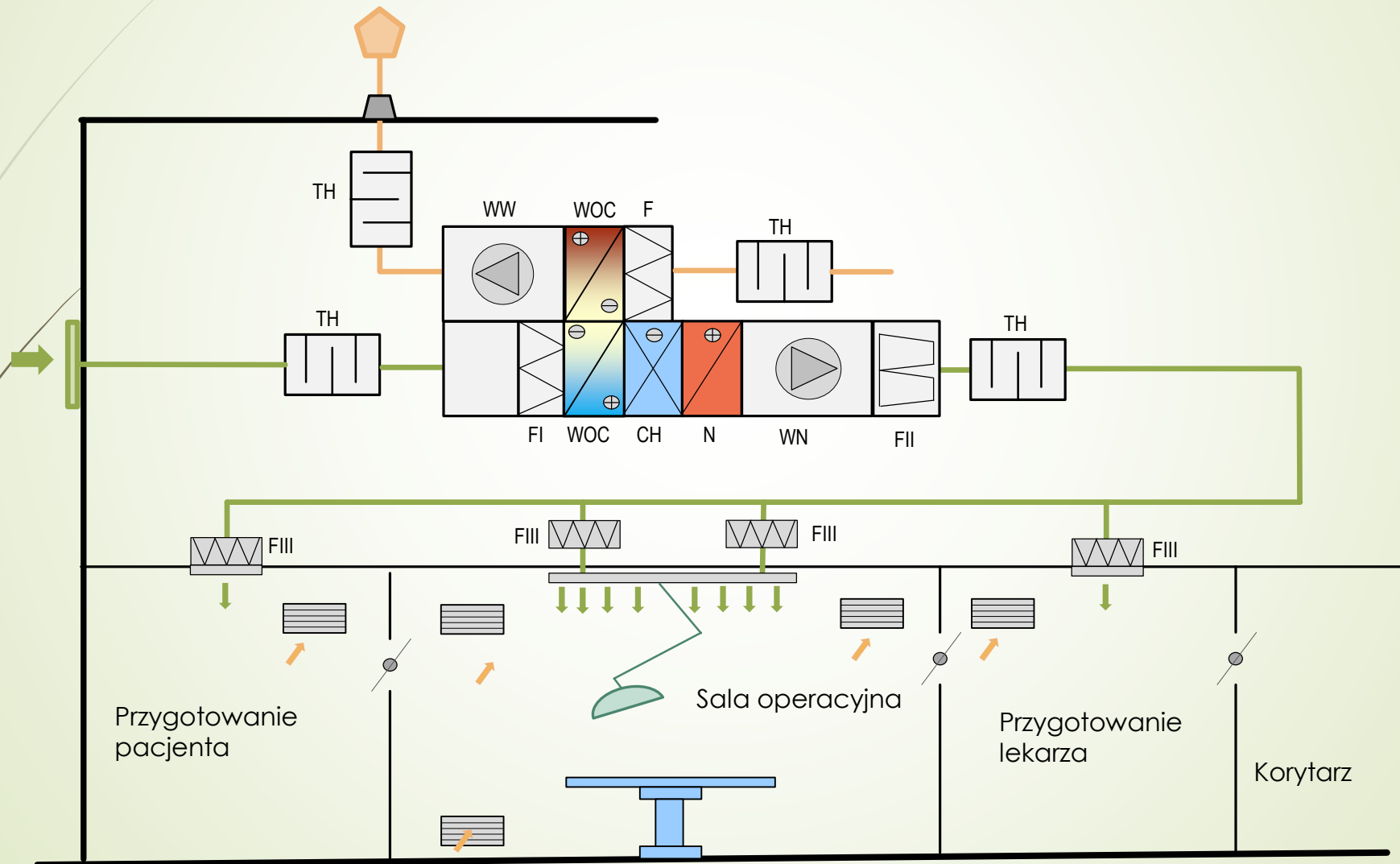


Energia niezbędna do utrzymania obiektów służby zdrowia

Stany Zjednoczone Ameryki



Schemat typowego układu wentylacyjnego



Energia niezbędna do utrzymania obiektów służby zdrowia

Podstawowe urządzenia i elementy, które wymagają dostarczenia energii cieplnej bądź elektrycznej w systemach wentylacji i klimatyzacji:

- silniki wentylatorów (transport powietrza),
- nagrzewnice, chłodnice, nawilżacze parowe (uzdatnianie ciepłe i wilgotnościowe),
- elementy układu automatycznej regulacji i sterowania.

Dodatkowe urządzenia i elementy w systemach wentylacji i klimatyzacji, które wymagają dostarczenia energii elektrycznej:

- silniki sprężarek w urządzeniach chłodniczych,
- silniki pomp w układach grzewczych i chłodniczych

Energia niezbędna do utrzymania obiektów służby zdrowia

Transport powietrza



$$E_t^j = \frac{V^j \cdot \Delta P^j}{\eta^j \cdot \eta_p^j \cdot \eta_s^j} \cdot \tau \cdot 10^{-3}$$

$$E_t^j = N^j \cdot \tau \cdot 10^{-3}$$

Ogrzewanie powietrza



$$Q^{nag} = G \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1)$$

$$E_Q^a = \sum_{i=1}^n (Q_i^{nag} \cdot \tau_i)$$

Ochładzanie powietrza



$$Q^{chl} = G \cdot (h_1 - h_2)$$

$$E_Q^a = \sum_{i=1}^n (Q_i^{chl} \cdot \tau_i)$$

Nawilżanie powietrza

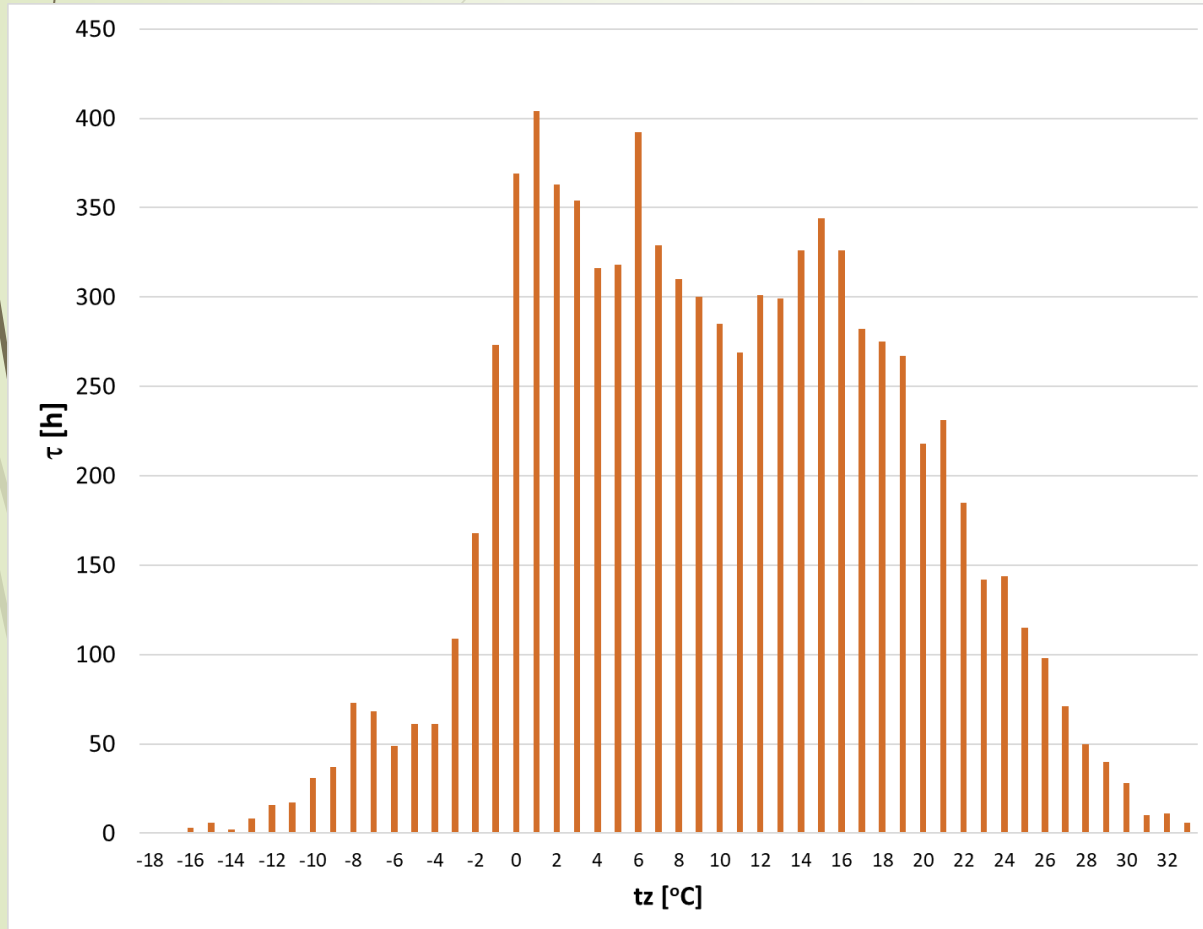


$$Q^{np} = G \cdot (x_2 - x_1) \cdot r \cdot \beta$$

$$E_Q^a = \sum_{i=1}^n (Q_i^{np} \cdot \tau_i)$$

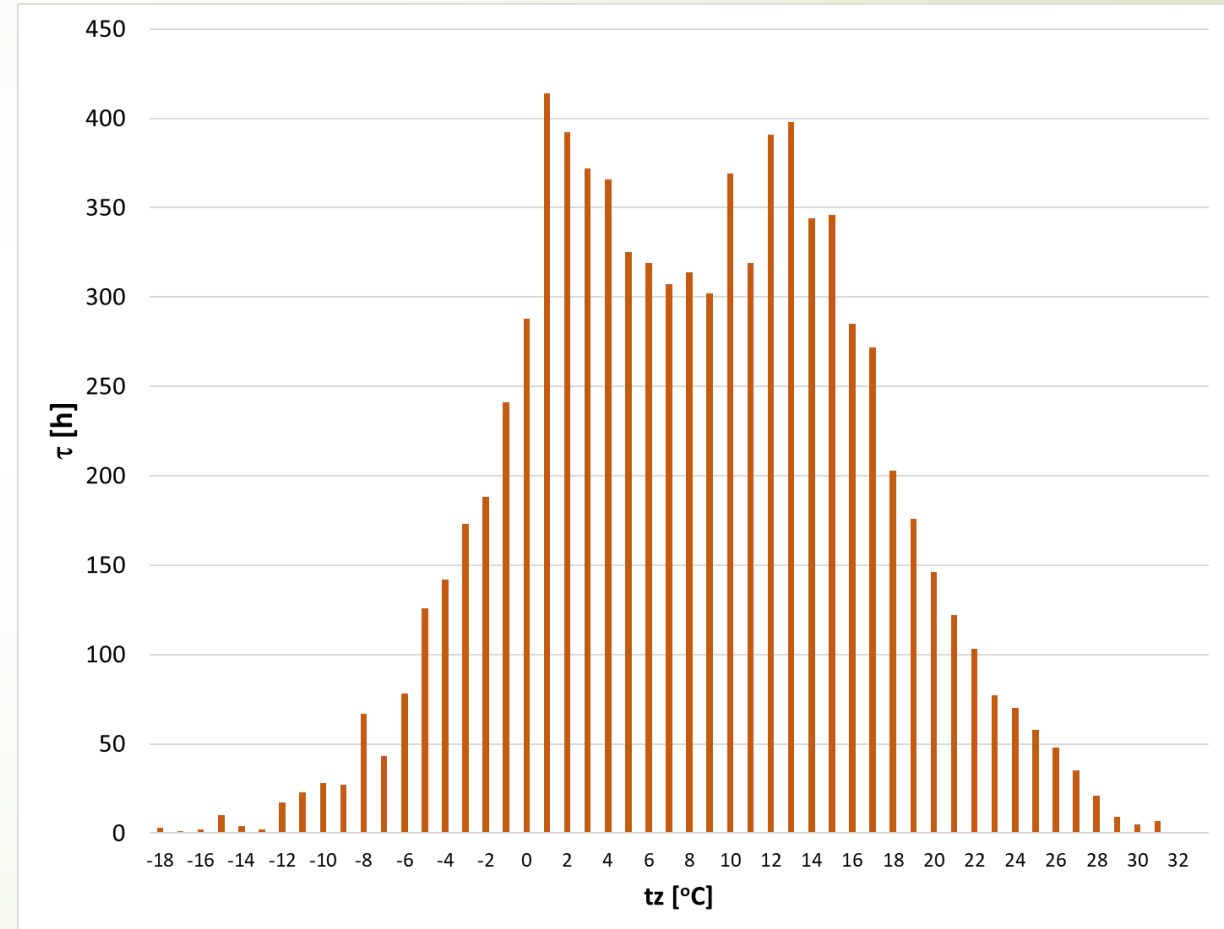
Czas trwania temperatury powietrza zewnętrznego

Rok 2021



Źródło:[6]

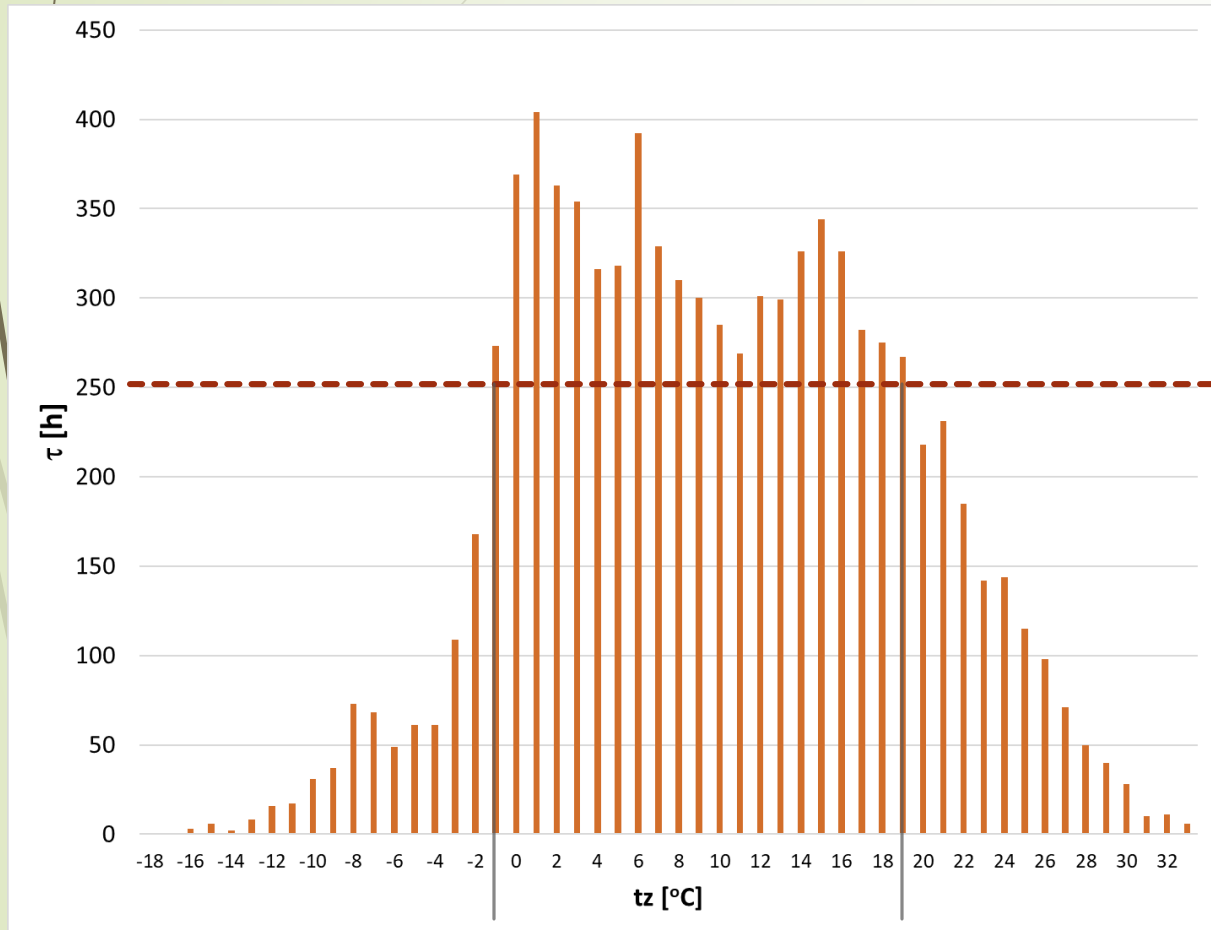
Lata 1971-2001



Źródło:[7]

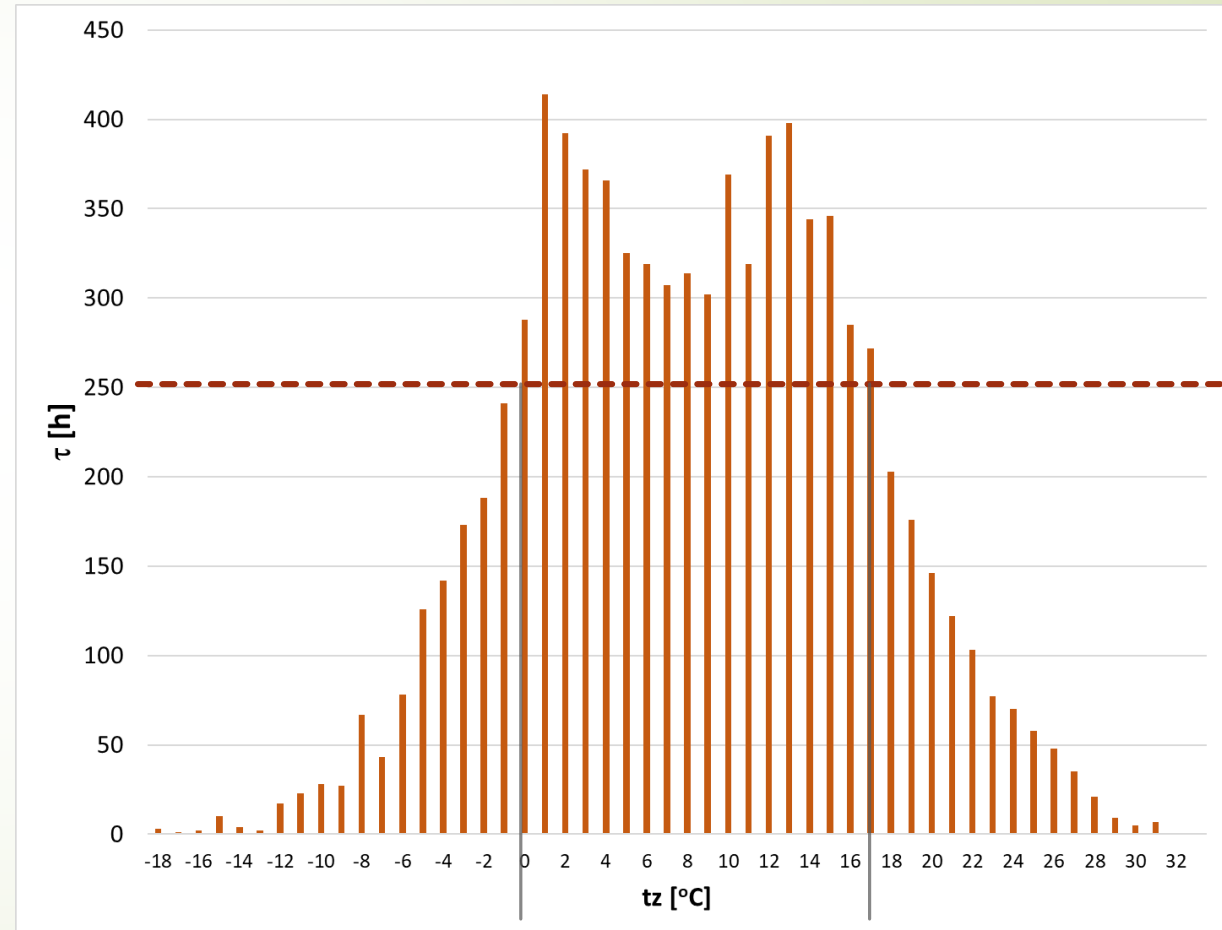
Czas trwania temperatury powietrza zewnętrznego

Rok 2021



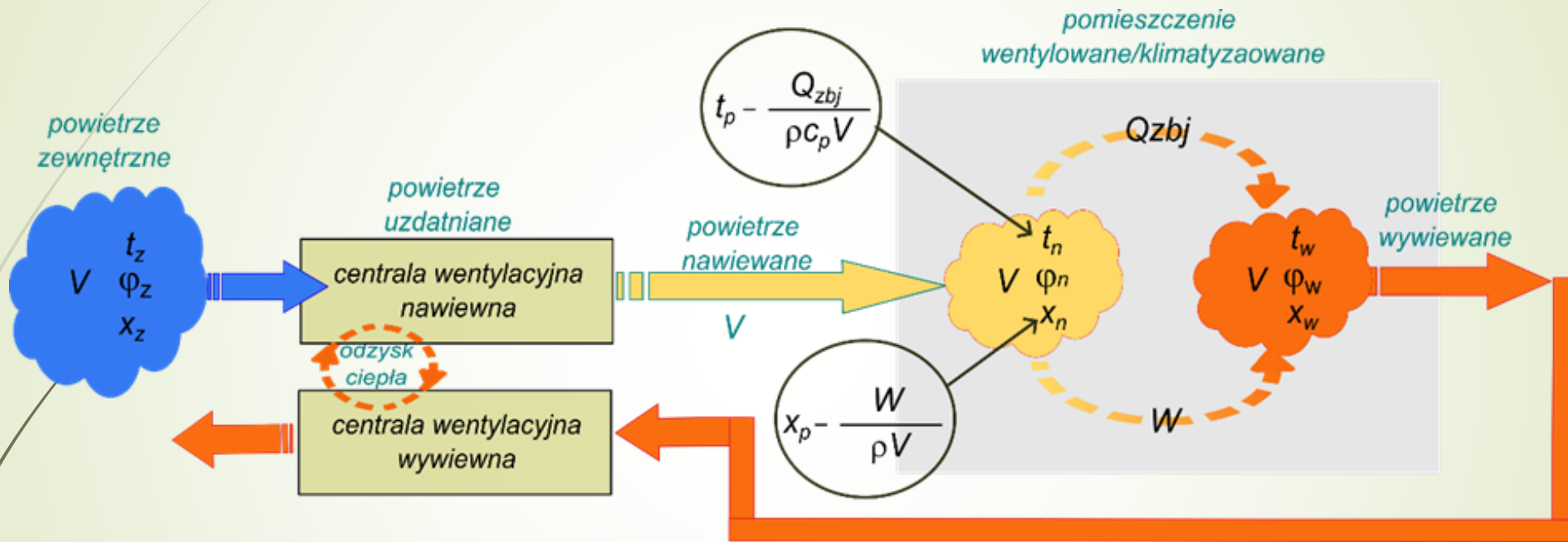
Źródło:[6]

Lata 1971-2001



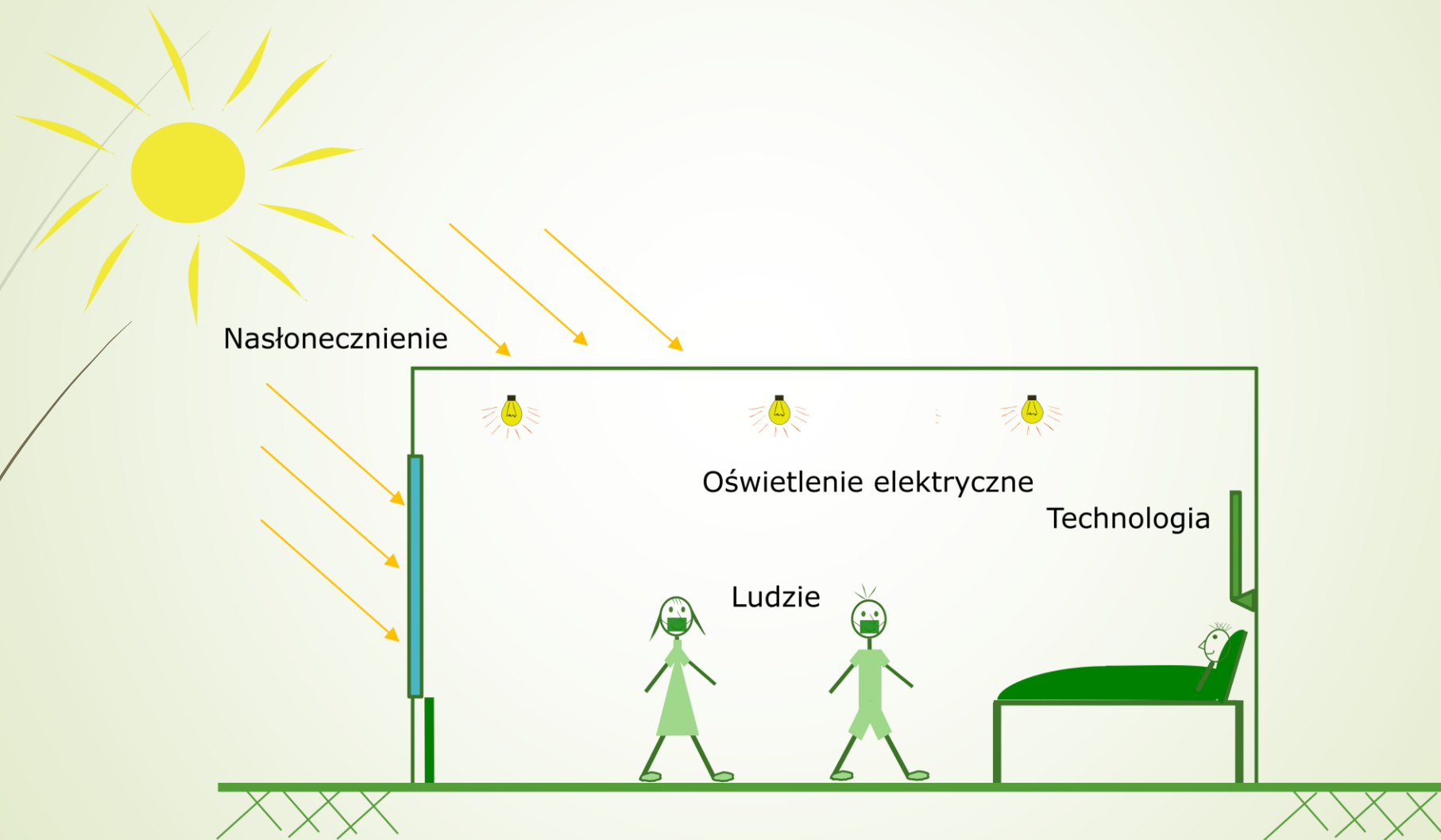
Źródło:[7]

Gdzie szukać możliwości ograniczenia energii?

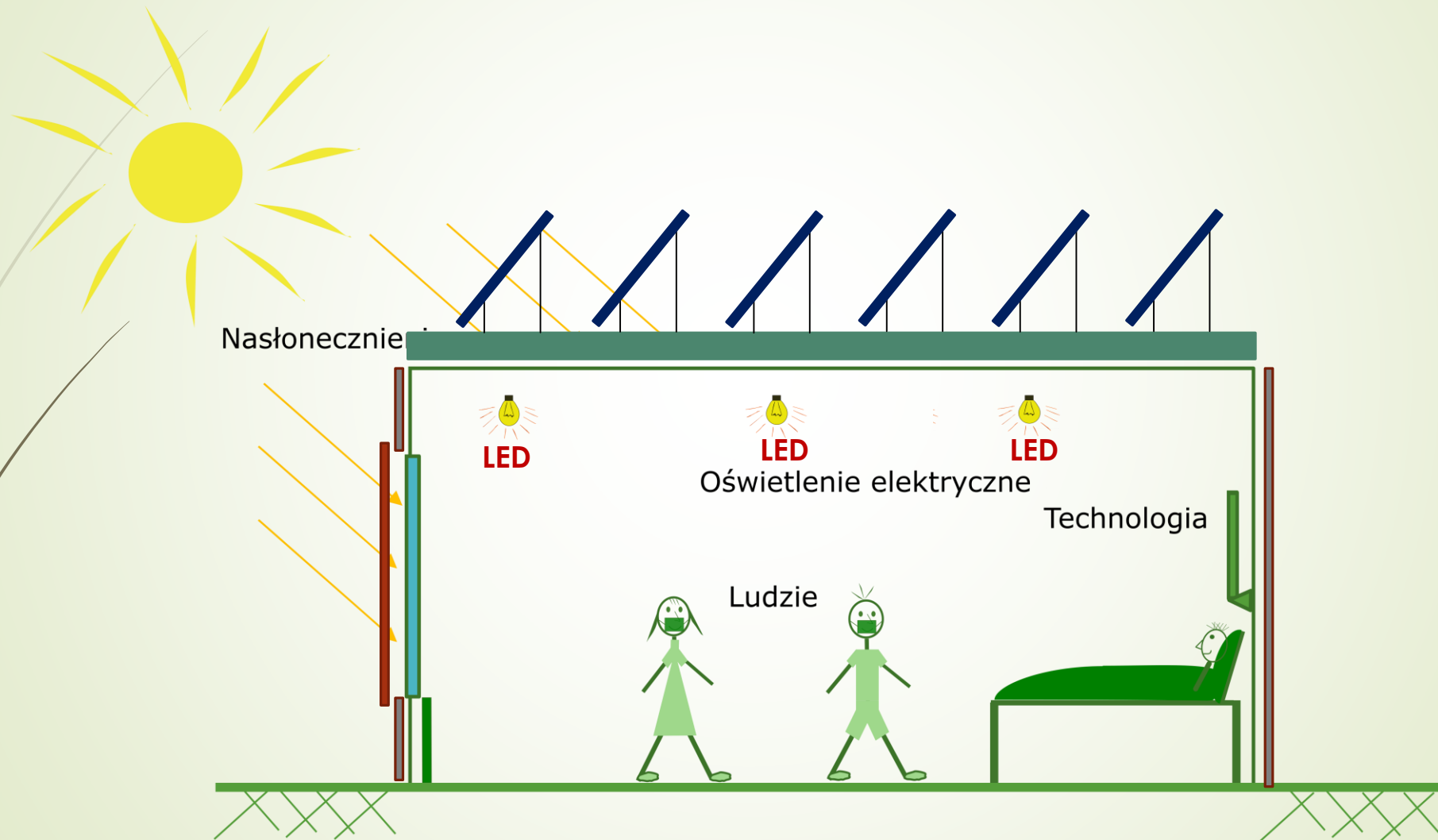


Rys. Schemat działania systemu wentylacyjnego/klimatyzacyjnego z uwzględnieniem zależności zachodzących pomiędzy strumieniem powietrza wentylującego a parametrami powietrza wywiewanego i w pomieszczeniu

Zyski i straty ciepła w pomieszczeniach służby zdrowia



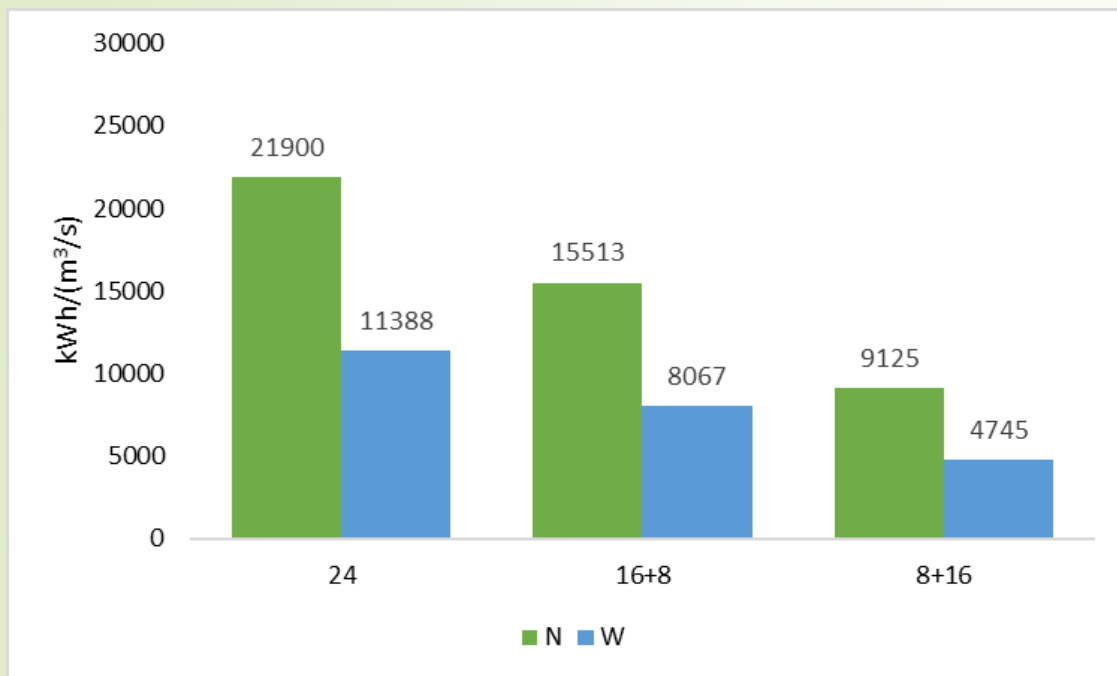
Zyski i straty ciepła w pomieszczeniach służby zdrowia



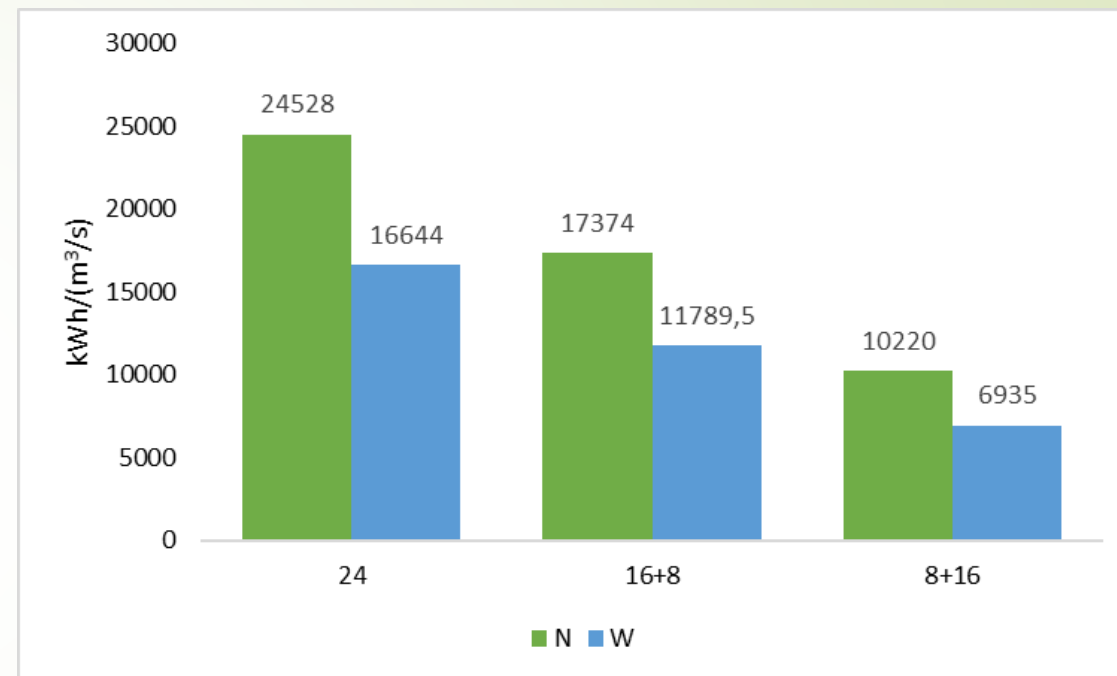
Roczne zapotrzebowanie na energię niezbędną do transportu powietrza

L.p.	warianty obliczeniowe	instalacja klimatyzacji lub wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła [kW/(m ³ /s)]	Dodatkowy stopień filtracji powietrza [kW/(m ³ /s)]	Dodatkowy stopień filtracji powietrza z filtrami klasy H10 i wyższej [kW/(m ³ /s)]	Wysoko skuteczne urządzenie do odzysku ciepła (sprawność temperaturowa większa niż 67%) [kW/(m ³ /s)]	Sumaryczna maksymalna moc właściwa wentylatora [kW/(m ³ /s)]
1	Wentylator nawiewny	1,6	0,3	0,6	0,3	2,8
	Wentylator wywiewny	1	0,3	x	0,3	1,6
2	Wentylator nawiewny	1,6	0,3	0,6	x	2,5
	Wentylator wywiewny	1	0,3	x	x	1,3

Roczne zapotrzebowanie na energię niezbędną do transportu powietrza



Zapotrzebowanie na moc niezbędną do napędu wentylatorów nawiewnego i wywiewnego w układzie z wymiennikiem do odzysku ciepła o sprawności temperaturowej $\eta_t = 50\%$, gdy:
24 – wentylatory pracują z maksymalną wydajnością 24h/dobę
16+8 – wentylatory pracują 16h z pełną wydajnością i 8 godzin z wydajnością ograniczoną do 50%
8+16 - wentylatory pracują 8h z pełną wydajnością i 16 godzin z wydajnością ograniczoną do 50%



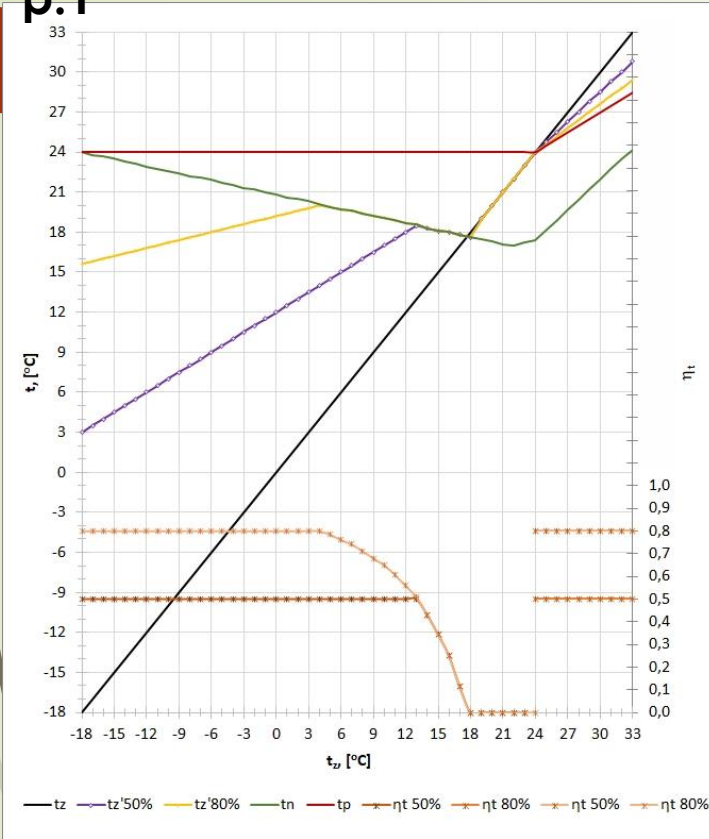
Zapotrzebowanie na moc niezbędną do napędu wentylatorów nawiewnego i wywiewnego w układzie z wymiennikiem do odzysku ciepła o sprawności temperaturowej $\eta_t = 80\%$, gdy:
24 – wentylatory pracują z maksymalną wydajnością 24h/dobę
16+8 – wentylatory pracują 16h z pełną wydajnością i 8 godzin z wydajnością ograniczoną do 50%
8+16 - wentylatory pracują 8h z pełną wydajnością i 16 godzin z wydajnością ograniczoną do 50%

Sterowanie pracą systemów wentylacyjnych

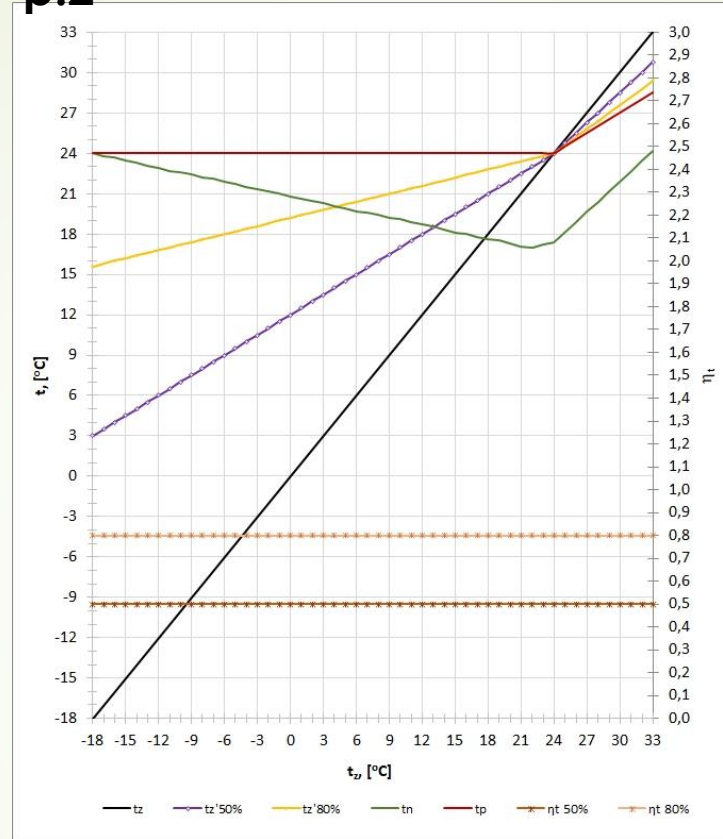
Profil sterowania	Temperatura powietrza w pomieszczeniu		Temperatura powietrza nawiewanego	Wentylacja z chłodzeniem	Sterowanie sprawnością odzysku ciepła
	t_p [°C]		t_n [°C]		
	minimalna	maksymalna			
1	24	$\frac{t_{pmin} + t_z}{2}$	$f(t_p)$	tak	tak
2	24	$\frac{t_{pmin} + t_z}{2}$	$f(t_p)$	tak	nie
3	24	$f(t_z)$	Okres zimowy: $f(t_p)$ Okres letni: $t_n = t_z$	nie	tak
4	24	$f(t_n)$	$t_n \geq 22$	tak	tak
5	24	$f(t_n)$	$t_n \geq 20$	tak	tak
6	22	$\frac{t_{pmin} + t_z}{2}$	$f(t_p)$	tak	tak
7	22	$\frac{t_{pmin} + t_z}{2}$	$f(t_p)$	tak	nie
8	22	$f(t_z)$	Okres zimowy: $f(t_p)$ Okres letni: $t_n = t_z$	nie	tak
9	22	$f(t_n)$	$t_n \geq 22$	tak	tak
10	22	$f(t_n)$	$t_n \geq 20$	tak	tak

Zmienność temperatury powietrza w rocznym cyklu pracy

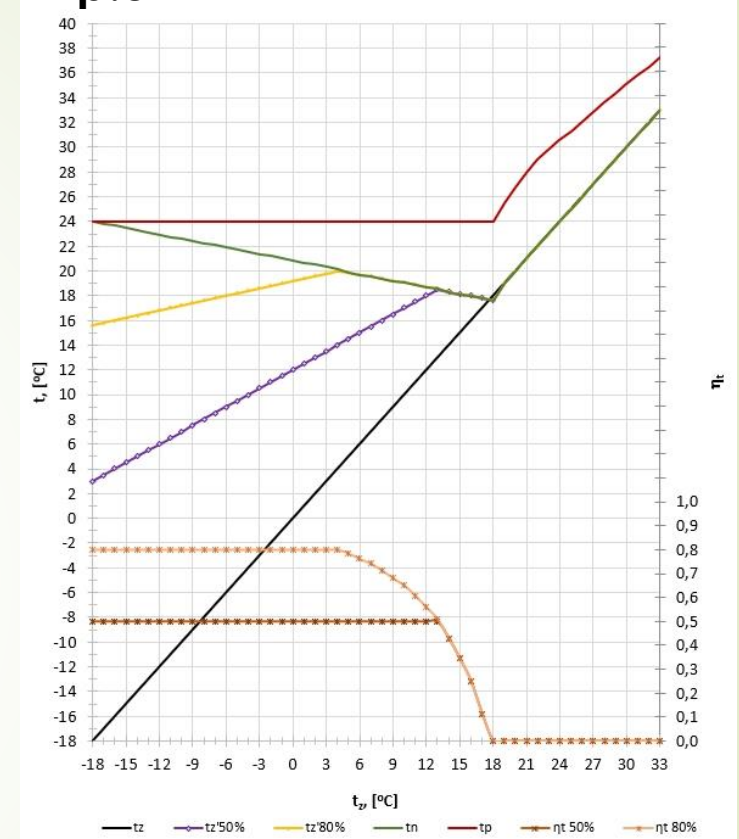
p.1



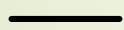
p.2



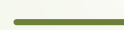
p.3



Temperatury



na zewnątrz



nawiew



pomieszczenie



Odzysk ciepła
 $\eta_t=80\%$



Odzysk ciepła
 $\eta_t=50\%$

**Sprawność
odzysku ciepła**



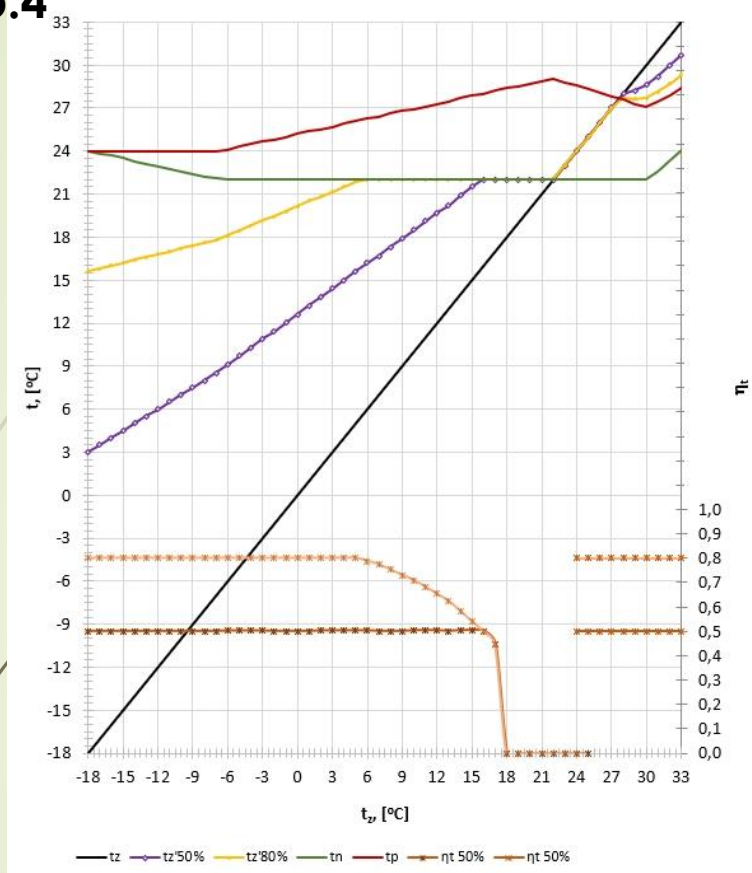
$\eta_t=50\%$



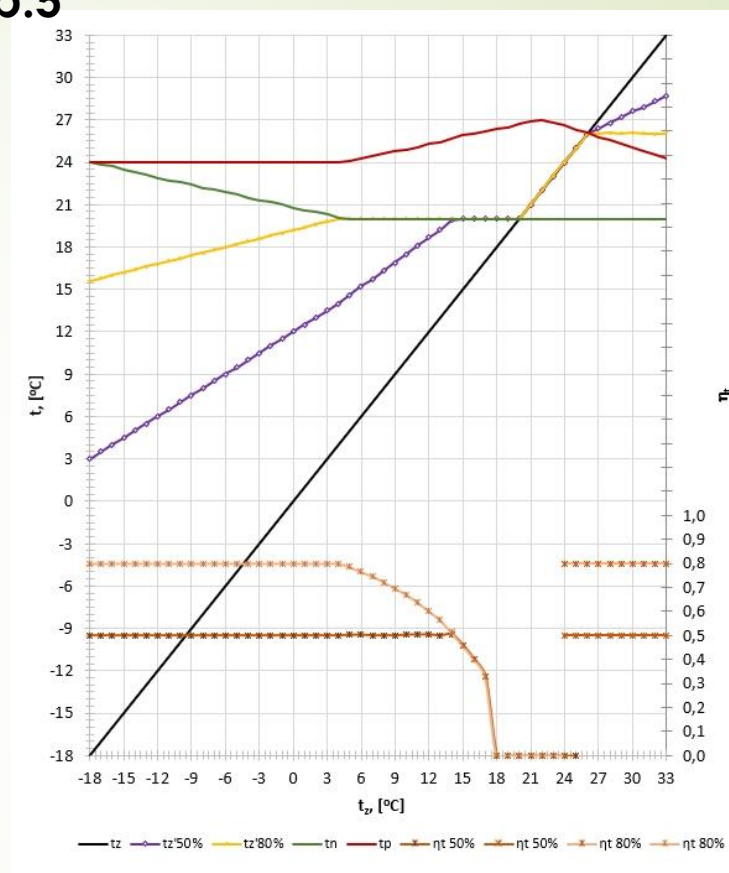
$\eta_t=80\%$

Zmienność temperatury powietrza w rocznym cyklu pracy

p.4



p.5



Temperatury

— na zewnątrz — nawiew

— pomieszczenie

— Odzysk ciepła
 $\eta_t=80\%$

— Odzysk ciepła
 $\eta_t=50\%$

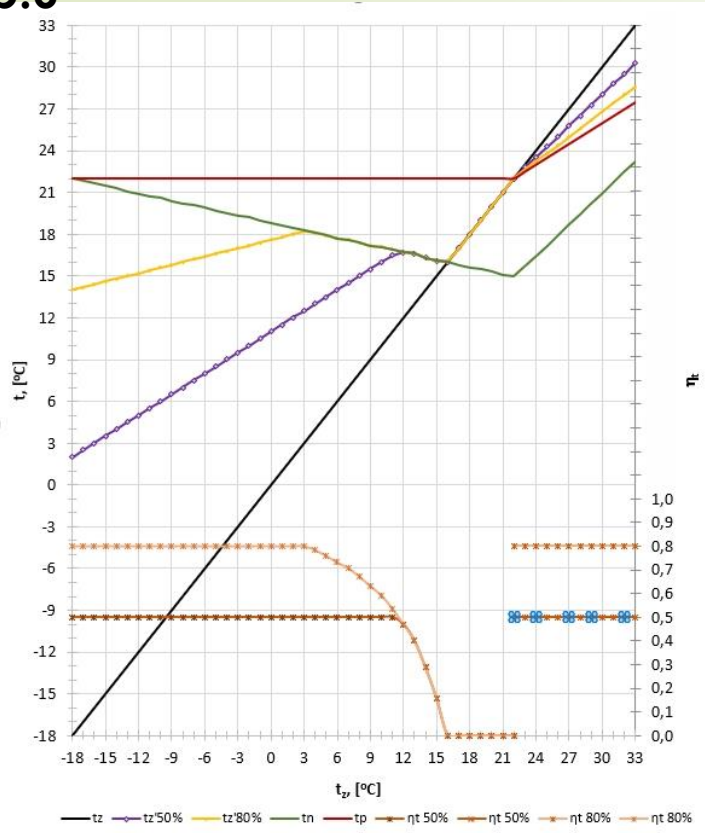
Sprawność
odzysku ciepła

*** $\eta_t=50\%$

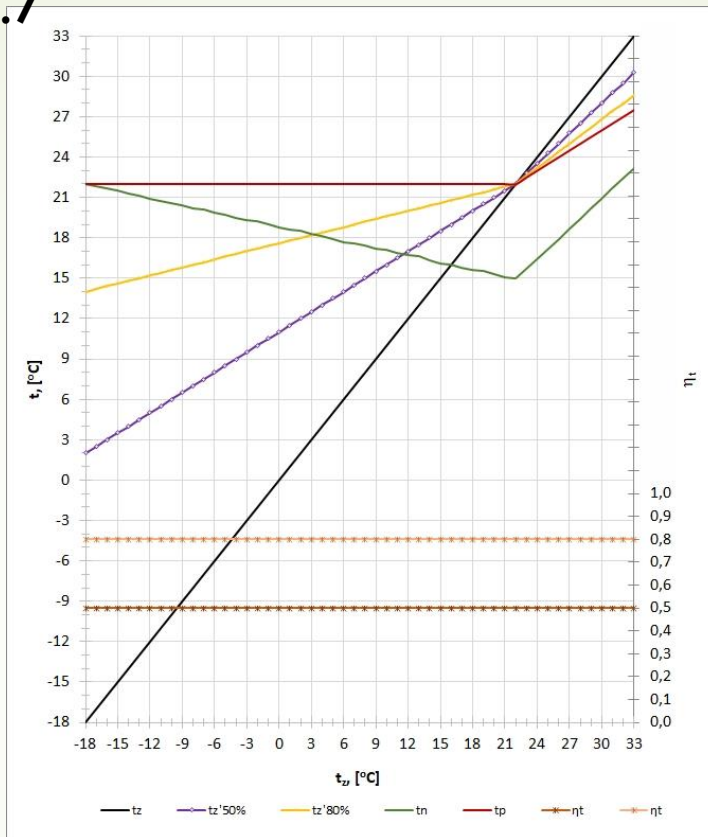
*** $\eta_t=80\%$

Zmienność temperatury powietrza w rocznym cyklu pracy

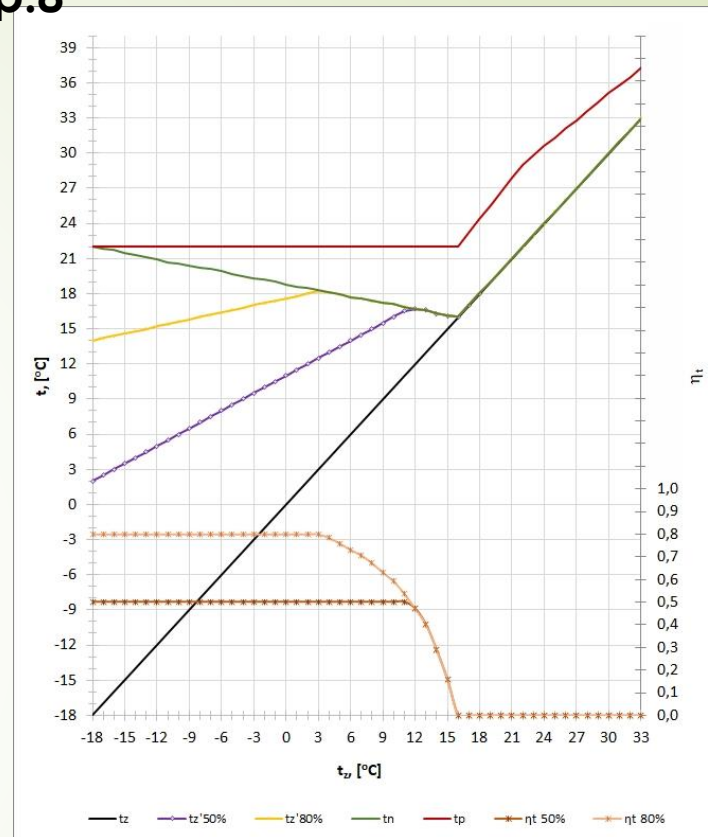
p.6



p.7



p.8



Temperatury

— na zewnątrz

— nawiew

— pomieszczenie

— Odzysk ciepła
 $\eta_t=80\%$

— Odzysk ciepła
 $\eta_t=50\%$

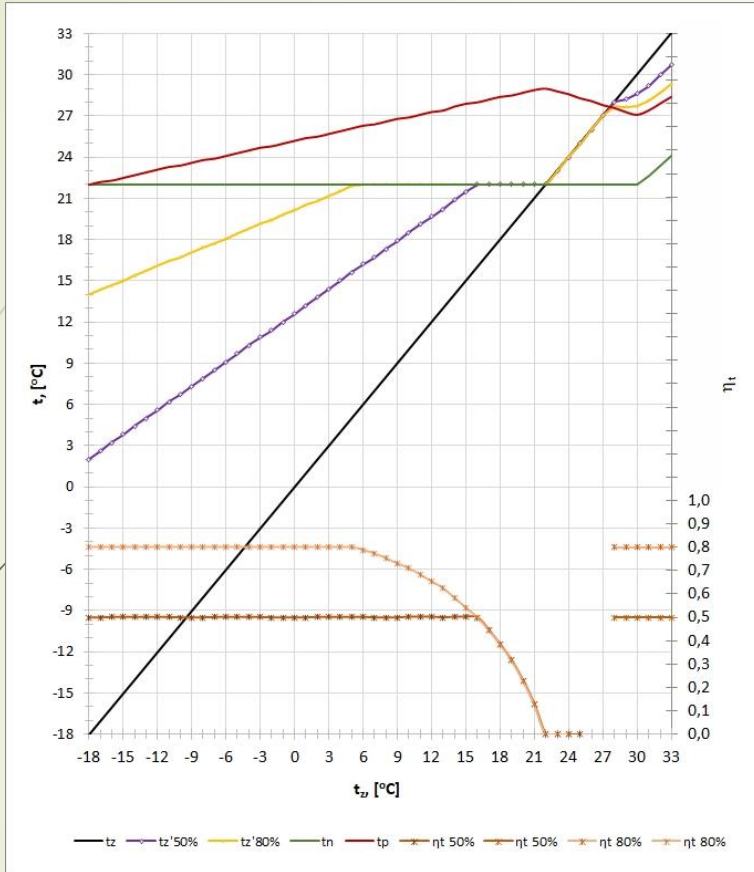
Sprawność
odzysku ciepła

*** $\eta_t=50\%$

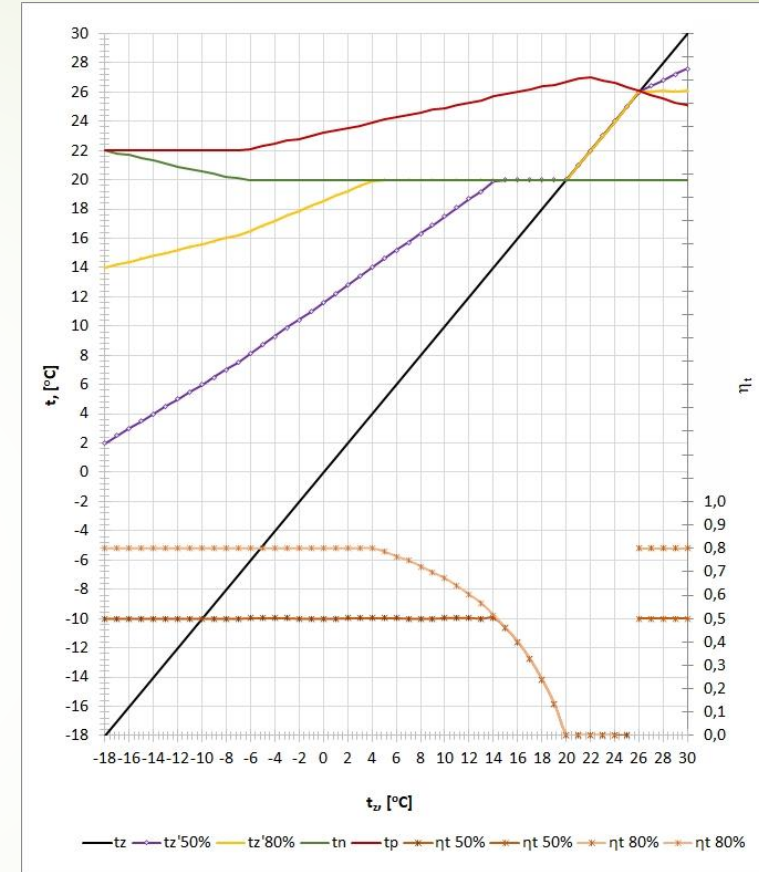
*** $\eta_t=80\%$

Zmienność temperatury powietrza w rocznym cyklu pracy

p.9



p.10



Temperatury



na zewnątrz



nawiew



pomieszczenie



Odzysk ciepła
 $\eta_t=80\%$



Odzysk ciepła
 $\eta_t=50\%$

Sprawność
odzysku ciepła

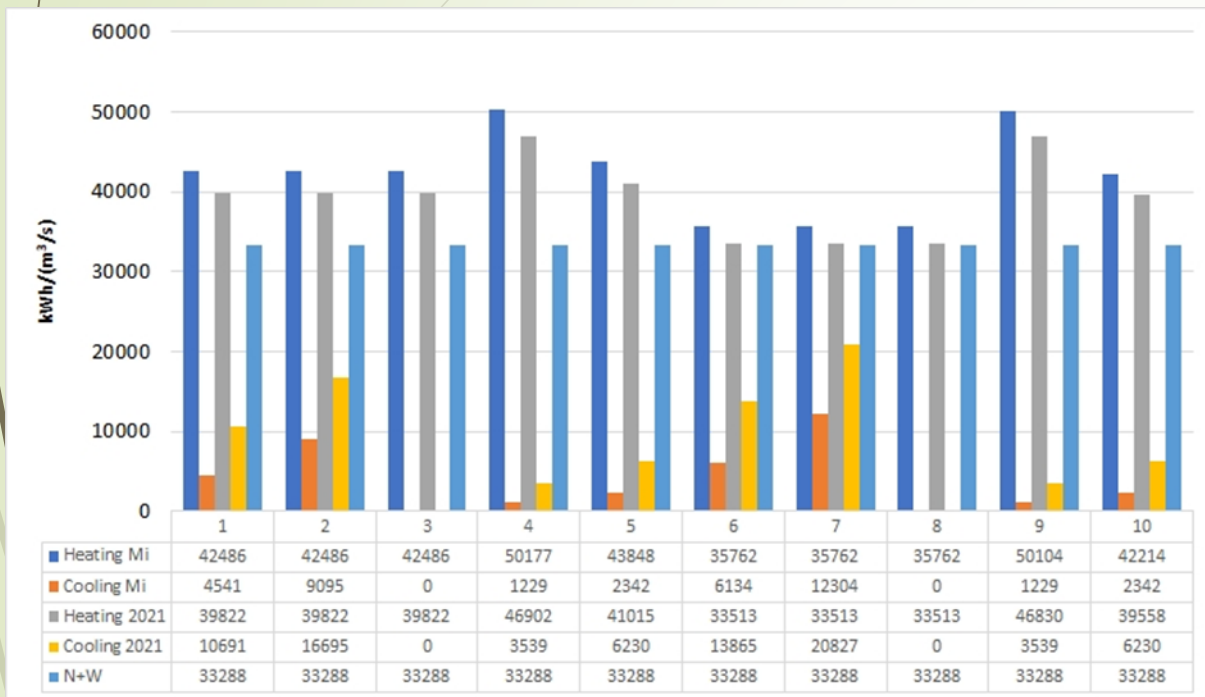


$\eta_t=50\%$

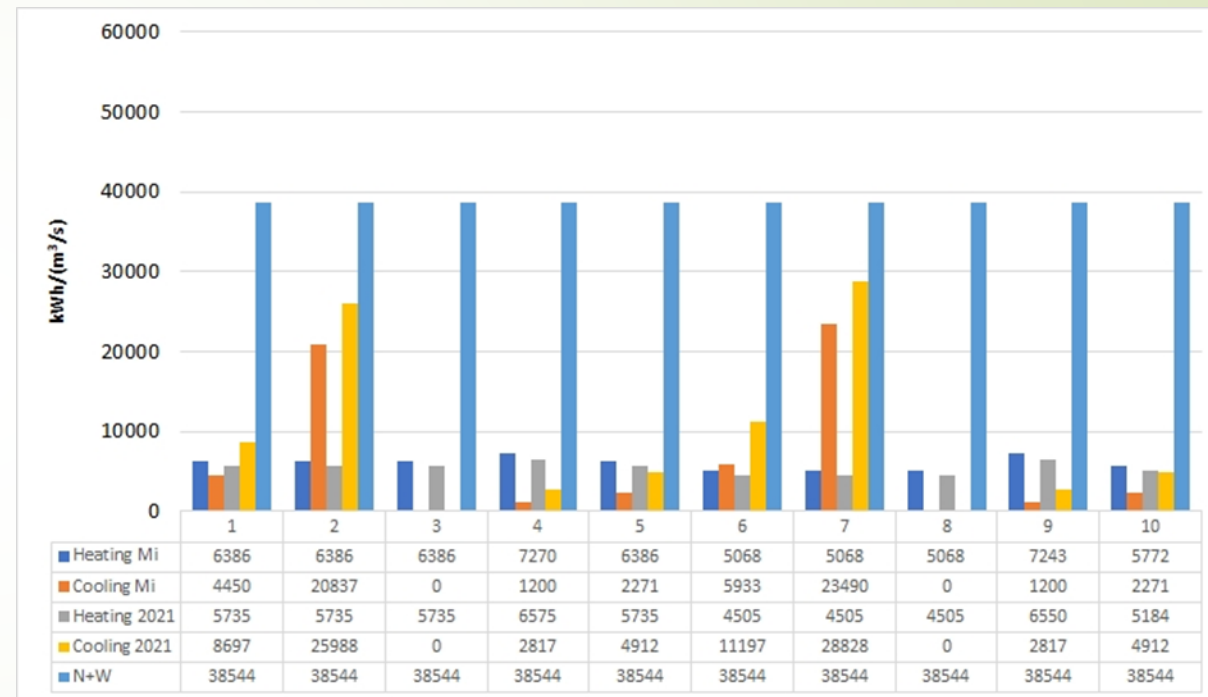


$\eta_t=80\%$

Roczne zapotrzebowanie na energię do transportu, ogrzewania i ochładzania powietrza



Zestawienie rocznej energii jednostkowej niezbędnej do ogrzewania, ochładzania oraz transportu powietrza dla wszystkich profili sterowania dla układu z wymiennikiem do odzysku ciepła o sprawności temperaturowej 50%



Zestawienie rocznej energii jednostkowej niezbędnej do ogrzewania, ochładzania oraz transportu powietrza dla wszystkich profili sterowania dla układu z wymiennikiem do odzysku ciepła o sprawności temperaturowej 80%

Podsumowanie

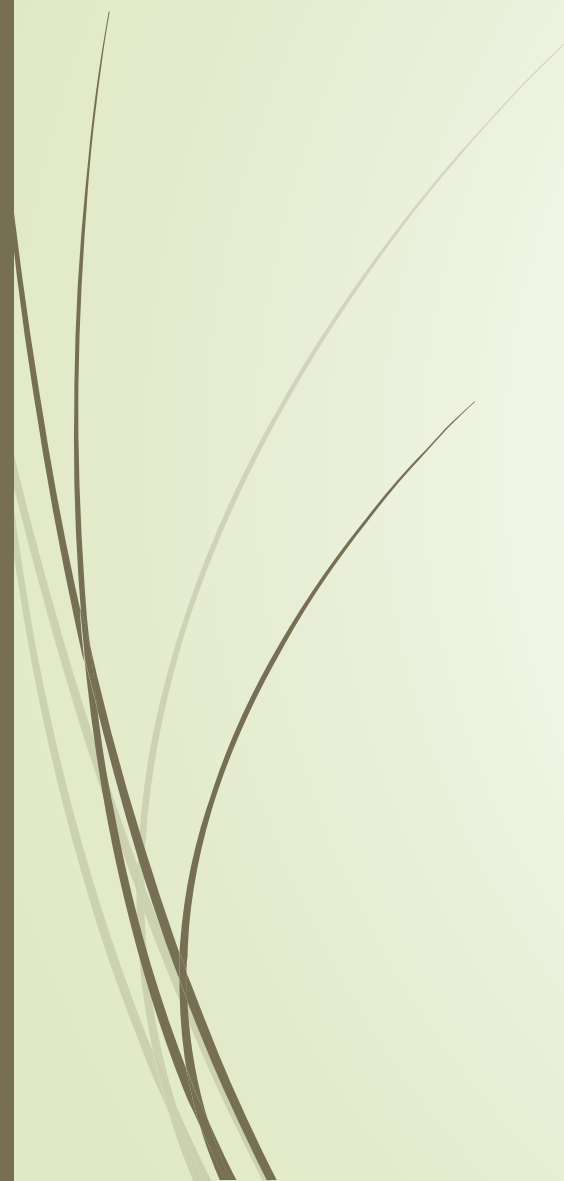
- Ograniczanie zysków ciepła w pomieszczeniach przez: prawidłową lokalizacją budynku względem stron świata, odpowiednią ochronę przeciwsłoneczną okien, wykorzystanie oświetlenia typu LED, o ile to możliwe to zagospodarowanie dachów (np. zielone dachy ograniczające zyski ciepła) itp.
- Płynne i rozsądne ograniczanie strumienia powietrza wentylującego w zależności od: zajętości pomieszczeń, minimalnej krotności wymian powietrza w pomieszczeniu, chwilowego obciążenia cieplnego, możliwości utrzymania prawidłowej gradacji ciśnień.
- Ograniczanie strumienia powietrza wentylującego do poziomu, który gwarantuje prawidłowy przepływ powietrza przez pomieszczenia oraz równomierną pracę filtrów czyli co najmniej o 50% względem wartości maksymalnej.
- O ile to możliwe, wyłączanie układu wentylacji w pomieszczeniach nieużytkowanych.

Podsumowanie

- ▶ Płynne sterowanie sprawnością wymiany ciepła w wymiennikach do odzysku ciepła, zależne od chwilowych wartości powietrza zewnętrznego.
- ▶ W układach z recyrkulacją powietrza wywiewanego płynne sterowanie udziałem powietrza zewnętrznego w wentylującym
- ▶ Monitorowanie (przez osoby przeszkolone) pracy układu automatycznej regulacji i sterowania w zakresie utrzymania prawidłowych parametrów powietrza w pomieszczeniach przy minimalizacji energii niezbędnej dla tego celu.
- ▶ Kontrolowany wzrost temperatury powietrza w pomieszczeniu daje wymierne rezultaty w oszczędności energii związanej z ochładzaniem powietrza.
- ▶ Wykorzystanie nieuzdatnionego termicznie powietrza zewnętrznego, o ile nie wpływa to na znaczące pogorszenie warunków termiczno-wilgotnościowych w pomieszczeniach, ma znaczący wpływ na ograniczenie energii cieplnej niezbędnej do utrzymania systemów wentylacyjnych.

Literatura

- [1] GUS. 2022. „Zdrowie i ochrona zdrowia w 2021 r.” 2022. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/zdrowie-i-ochrona-zdrowia-w-2021-roku,1,12.html>.
- [2] Della, Barba, Michael, P. 2016. „Optimizing Energy Use in a HealthCare Setting”.
- [3] EIA (Energy Information Administration). 2012. „Commercial Buildings Energy Consumption Survey, Consumption and Expenditures Highlights”. www.eia.gov/cbecs
- [4] Taylor, Stephanie. 2016. „Breathe Easy Two basic steps to improve patient outcomes and healthcare reimbursement”.
- [5] Przydróżny, Edward. 2007. Wysokosprawne systemy wentylacji i klimatyzacji - technologia i projektowanie. T. 50. Politechnika Wroclawska.
- [6] <https://meteomodel.pl/dane/historyczne-dane-pomiarowe/>
- [7] Dane klimatyczne do obliczeń energetycznych budynków: <https://dane.gov.pl/pl/dataset/797,typowe-lata-meteorologiczne-i-statystyczne-dane-klimatyczne-dla-obszaru-polski-do-obliczen-energetycznych-budynkow>”.
- [8] Dz.U. 2022 poz. 1225 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. „W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” – tekst jednolity



Dziękuję za uwagę