



12. DNI OSZCZEDZANIA ENERGII

MODERNIZACJA BUDYNKÓW ZABYTKOWYCH

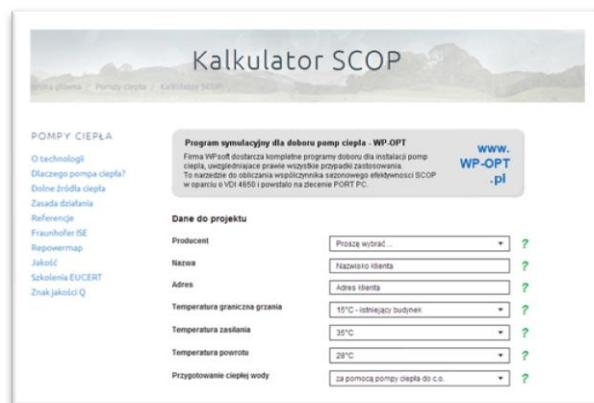


**Dolnośląska Agencja
Energii i Środowiska**

Adolf Mirowski

Wrocław 15.11.2018

PORT PC wspiera harmonijny rozwój rynku pomp ciepła od 2011 roku.

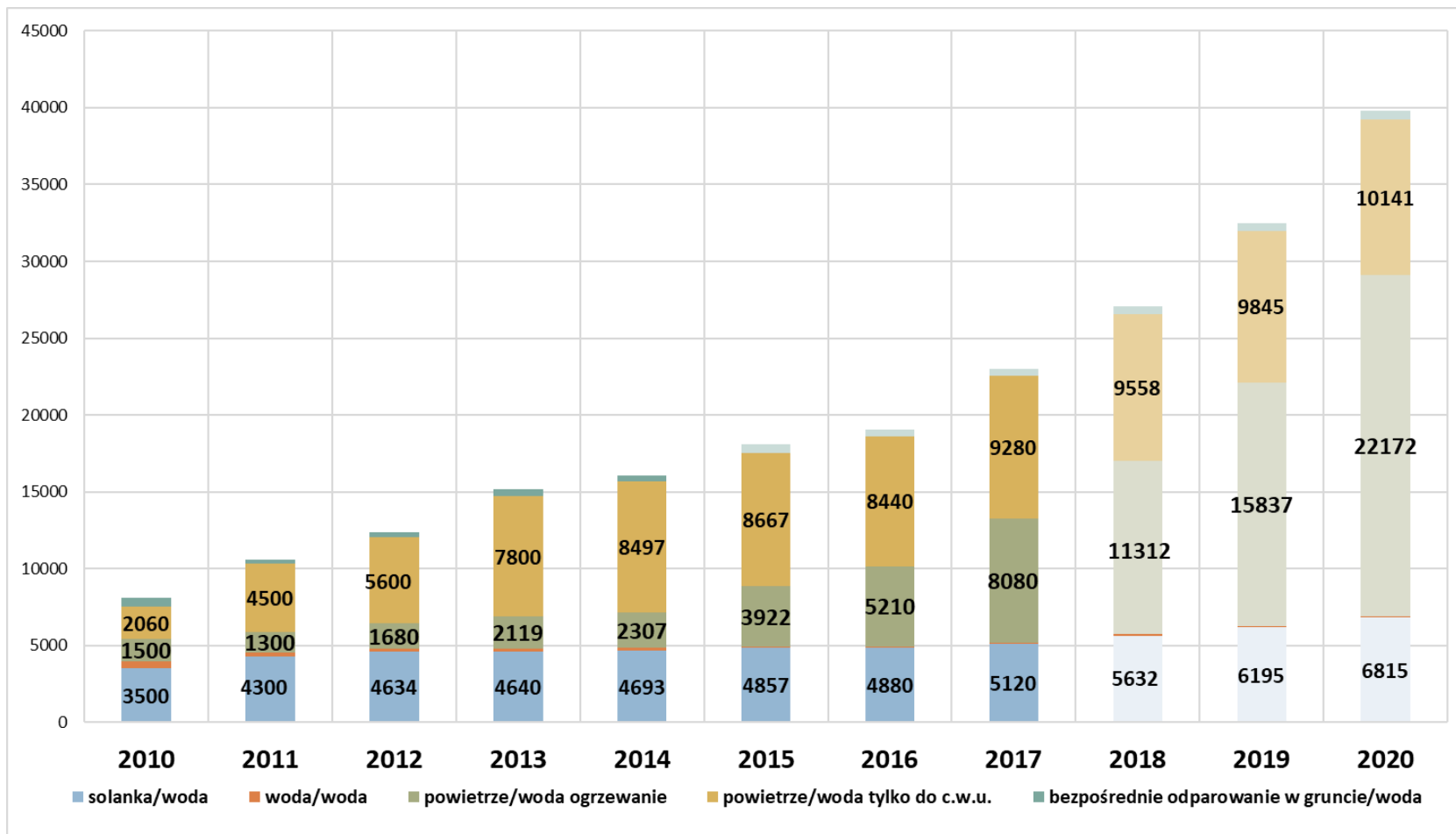

- Wytyczne – gruntowe dolne źródła (**cz. 1**)
- Wytyczne szacowania efektywności pomp ciepła (**cz. 2 i 3**)
- Wytyczne dotyczące jakości wody grzewczej (**cz. 4 i 5**)
- Wytyczne całkowitych kosztów rocznych techniki grzewczej (**cz. 6**)
- **Wytyczne dot. wykonywania instalacji z pompami ciepła (cz. 7)**
- **Wytyczne równoważenia instalacji grzewczych i chłodzących (cz. 8)**

Kalkulator
efektywności
pomp ciepła
strona www

Europejski
Certyfikowany
Instalator
Pomp Ciepła
EUCERT

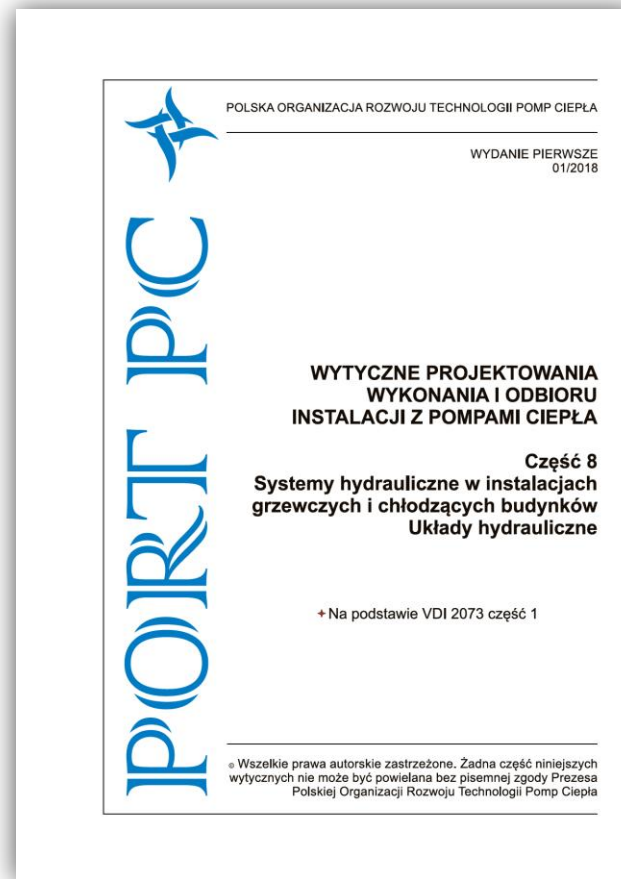
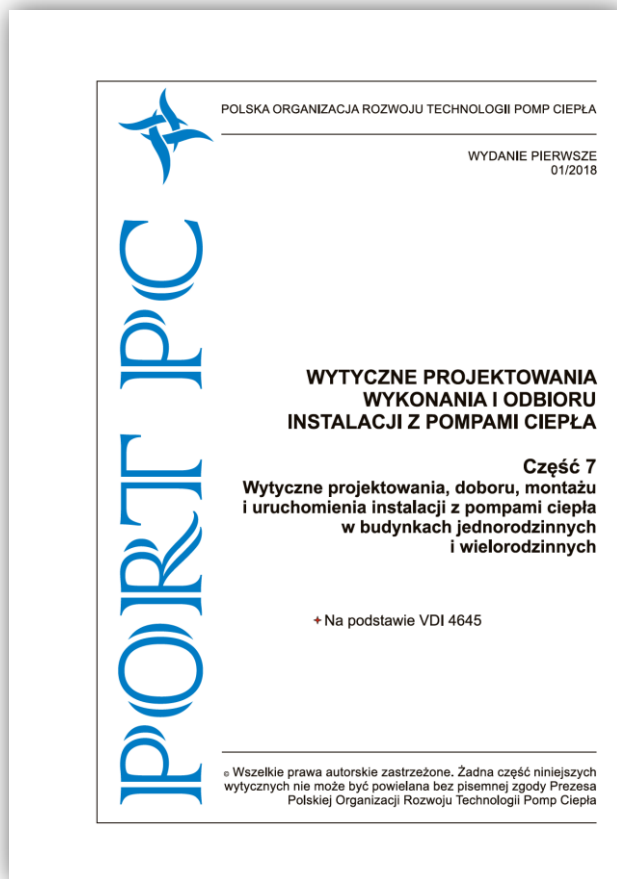
Znak jakości
EHPA Q
Pomp Ciepła

Prognoza rynku pomp ciepła w Polsce 2016 – 2020 (wariant optymistyczny)



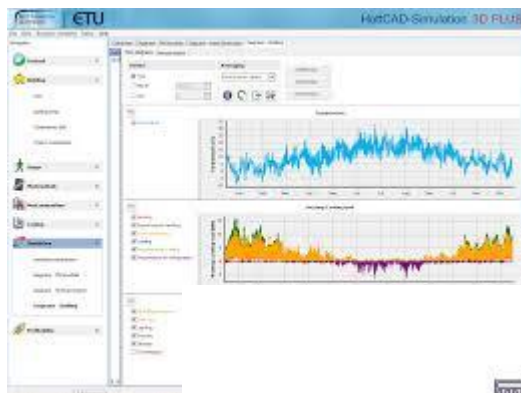
PORT PC ocenia potencjał wzrostu rynku na około od +20% do +30% rocznie

Kompleksowe wytyczne dot. pomp ciepła - Wytyczne PORT PC cz. 7 Wytyczne dot. równoważenia instalacji – Wytyczne PORT PC cz. 8

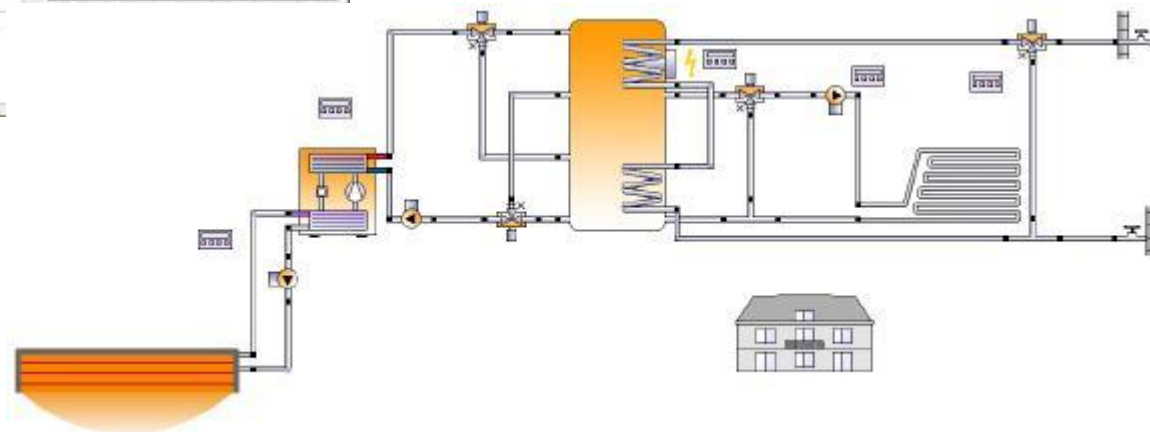


dr inż. Adolf Mirowski

Wytyczne do wykonywania audytów energetycznych oraz projektowania pomp ciepła wykorzystywanych do ogrzewania i chłodzenia obiektów budowlanych.

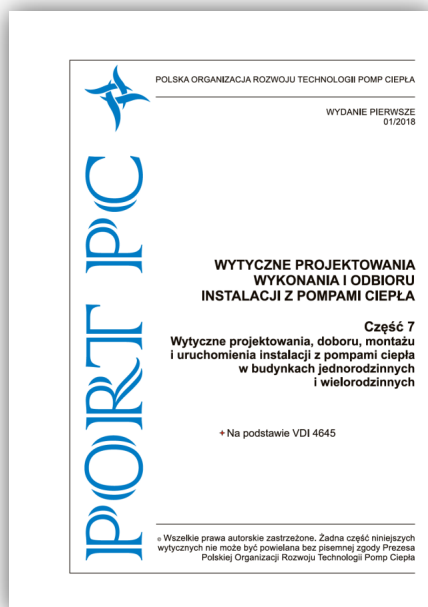


Programy symulacyjne



dr inż. Adolf Mirowski

Wytyczne do wykonywania audytów energetycznych oraz projektowania pomp ciepła wykorzystywanych do ogrzewania i chłodzenia obiektów budowlanych.



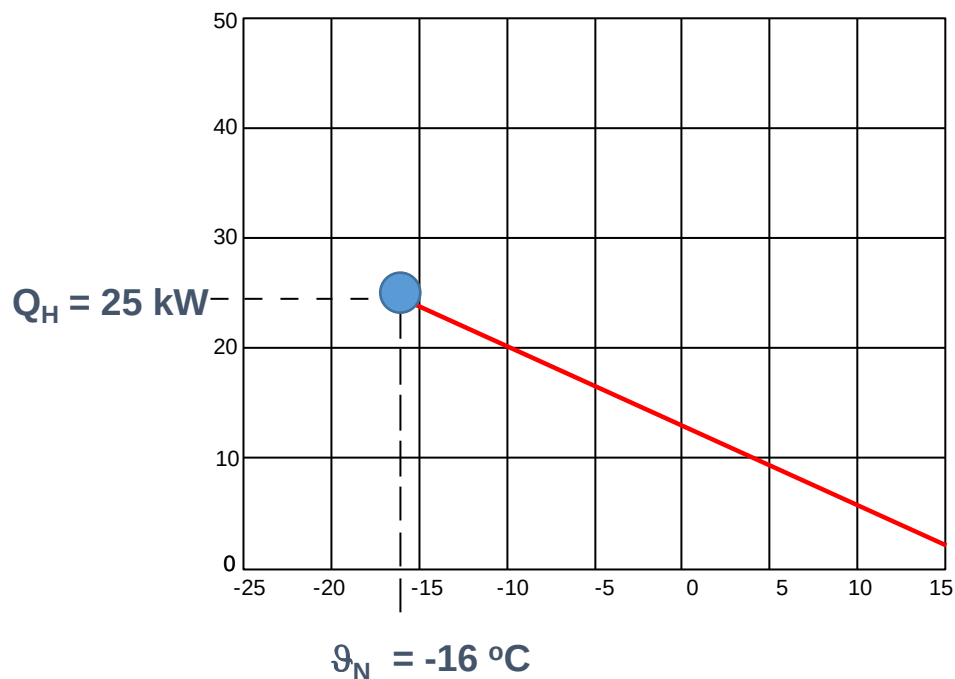
**Wytyczne dot. wykonywania
instalacji z pompami ciepła
(Wytyczne PORT PC cz. 7)**

Dobór pompy ciepła

Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

1. Projektowane obciążenie cieplne budynku

- przy temperaturze zewnętrznej $\vartheta_N = -16\text{ }^{\circ}\text{C}$)..... $Q_N (Q_H) = 25\text{ kW}$
- temperatura zasilania $\vartheta_{Zas} = 38\text{ }^{\circ}\text{C}$

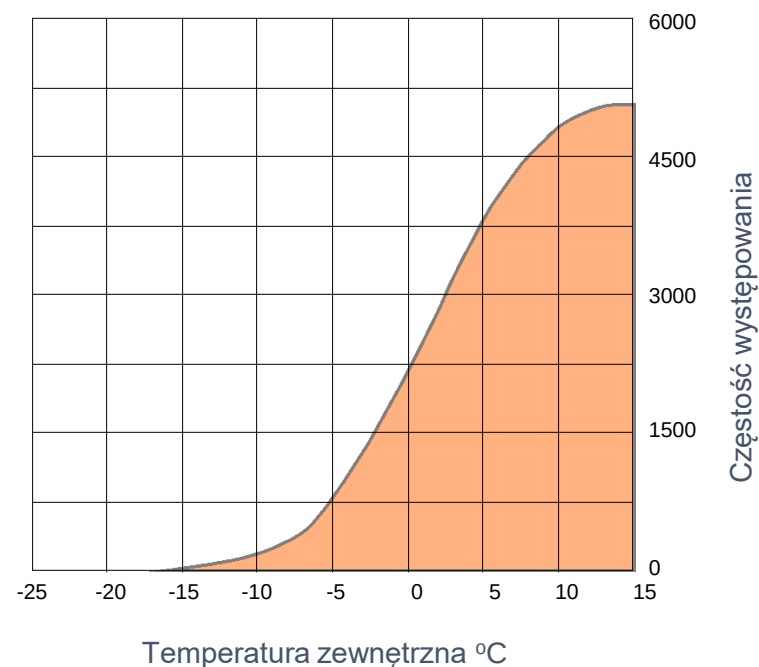
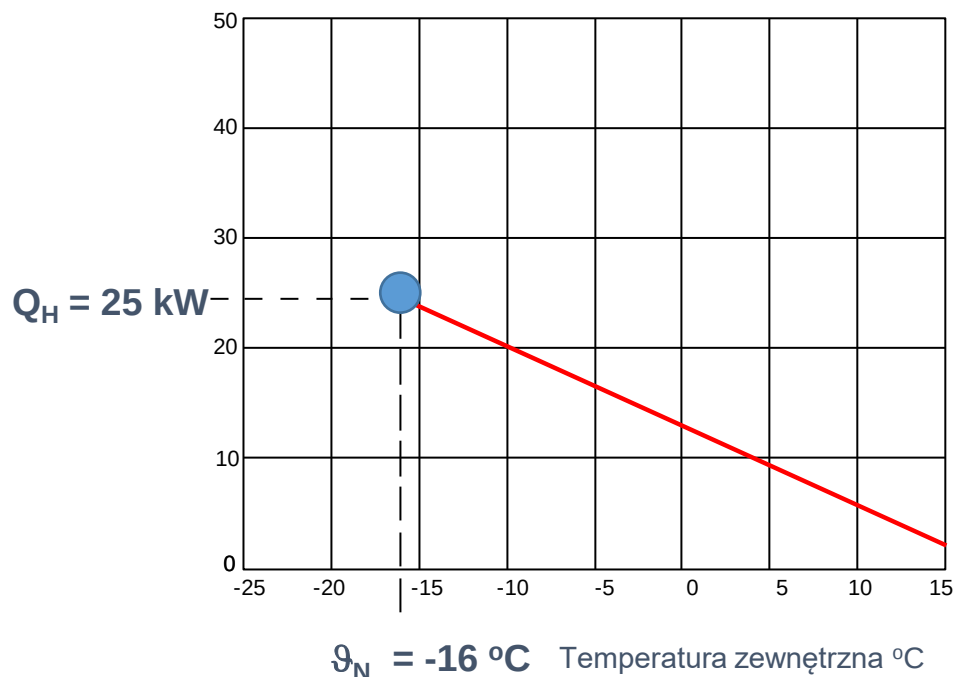


Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

2. Założony sposób pracy: monowalentny

- łączny czas trwania blokady

(planowanej przerwy w dostawie energii elektrycznej) $\Sigma t_{sp} = 4 \text{ h/24h}$



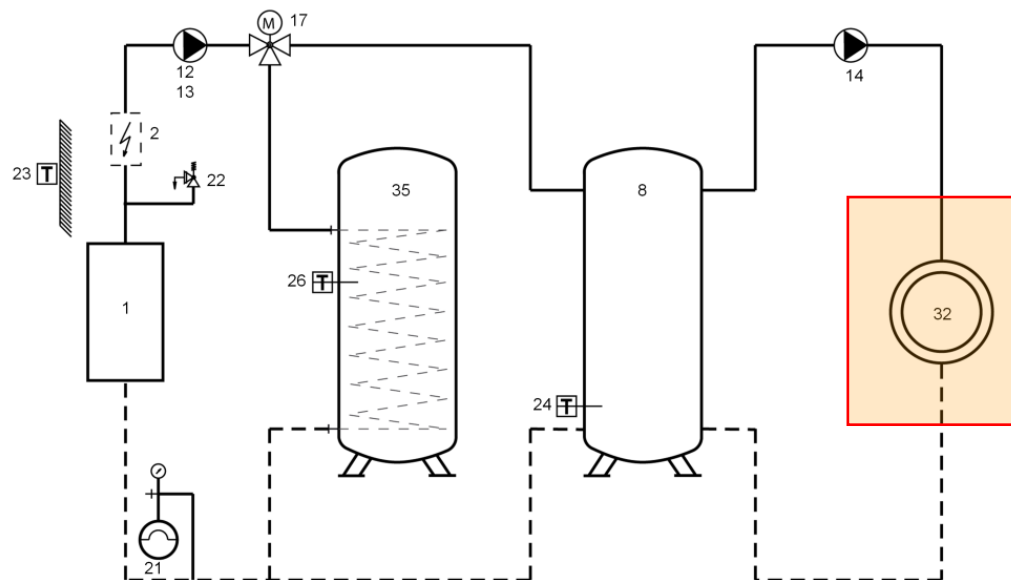
Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

3. Dienne zapotrzebowanie na ciepło do c.o.

Ilość ciepła do ogrzewania pomieszczeń przez 24 h
można obliczyć w sposób uproszczony jak poniżej:

$$Q_{H,AP} = \dot{Q}_H \cdot 24 \quad (\text{w kWh})$$

$$Q_{H,AP} = 25\text{kW} \cdot 24\text{h} = 600\text{ kWh}$$



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

4. Zapotrzebowanie na ciepło do c.w.u. w okresie poboru o największym zapotrzebowaniu

- liczba rodzin:

$$n_{NE} = 10$$

- łączne zapotrzebowanie ciepła na
przygotowanie c.w.u.
w okresie najw. poboru:

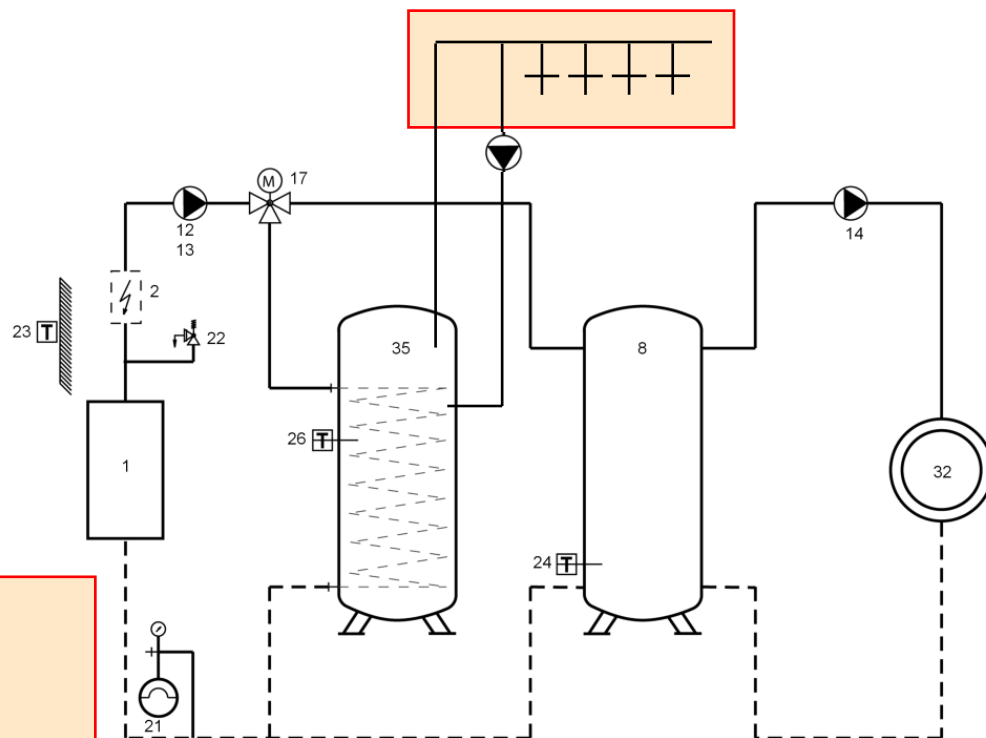
$$Q_{DPB} = n_{NE} \cdot Q_{DPB,NE}$$

$$Q_{DPB} = 10 \cdot 2,24 \text{ kWh}$$

$$Q_{DPB} = 22,4 \text{ kWh}$$

$Q_{DPB,NE}$

zapotrzebowanie na jedną rodzinę
w okresie poboru o największym
zapotrzebowaniu



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

4. Zapotrzebowanie na ciepło do c.w.u. w okresie poboru o największym zapotrzebowaniu

Tabela M3. Przeciętny profil poboru c.w.u. w przypadku rodziny dwuosobowej, włącznie z natryskiem (100 litrów przy temperaturze 60 °C)

Nr	Pora dnia hh:mm	Ciepło proces poboru kWh	Okres poboru częstkowych systemów akumulacyjnych (referencyjne)		Rodzaj poboru	Wartość zadana $\Delta\theta$ (powinna zostać osiągnięta podczas poboru) K	Wartość minimalna θ do rozpoczęcia liczenia wykorzystania ciepła °C
1	07:00	0,105			mały		25
2	07:15	1,400			prysznic		40
3	07:30	0,105			mały		25
4	08:01	0,105			mały		25
5	08:15	0,105			mały		25
6	08:30	0,105			mały		25
7	08:45	0,105			mały		25
8	09:00	0,105			mały		25
9	09:30	0,105			mały		25
10	10:30	0,105			podłoga	30	10
11	11:30	0,105			mały		25
12	11:45	0,105			mały		25
13	12:45	0,315			zmywanie naczyń	45	10
14	14:30	0,105			mały		25
15	15:30	0,105			mały		25
16	16:30	0,105			mały		25
17	18:00	0,105			mały		25
18	18:15	0,105			sprzątanie		40
19	18:30	0,105			sprzątanie		40
20	19:00	0,105			mały		25
21	20:30	0,735			zmywanie naczyń	45	10
22	21:15	0,105			mały		25
23	21:30	1,400			prysznic		40
Q_{DP} [kWh]		5,845	5,740	2,24			
t_{DP} [hh:mm]		14:30	14:15	1:00			
					100,2 litrów przy 60 °C		

21	20:30	0,735		
22	21:15	0,105		
23	21:30	1,400		
Q_{DP} [kWh]		5,845	5,740	2,24
t_{DP} [hh:mm]		14:30	14:15	1:00

Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

5. Łączne dobowe zapotrzebowanie na ciepło do c.w.u. :

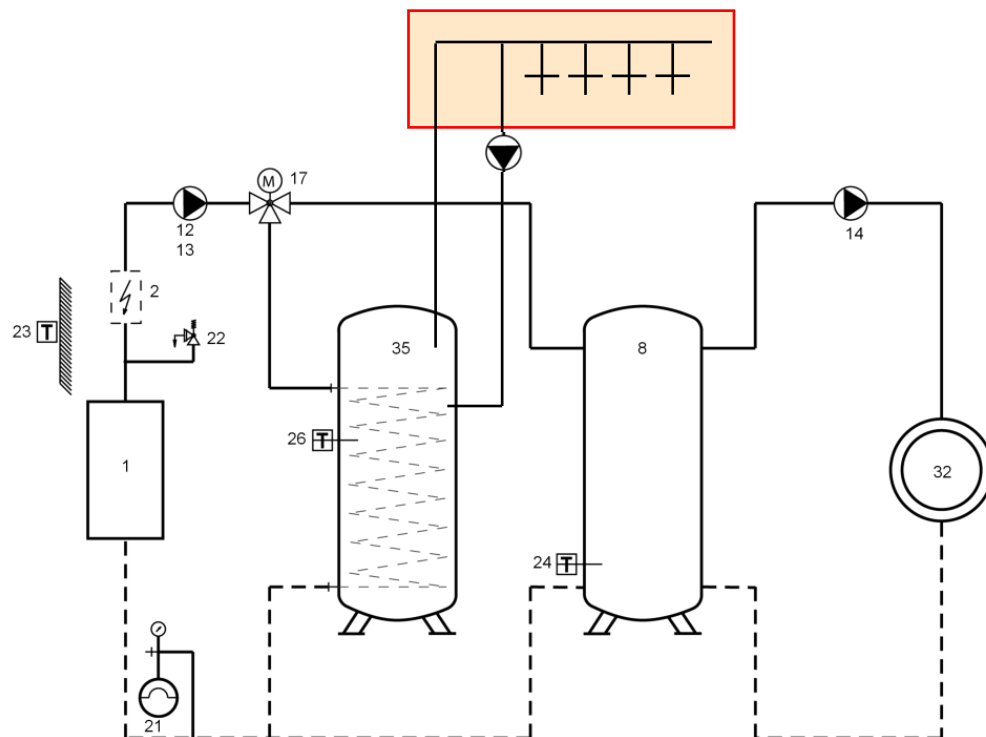
$$Q_{DP} = n_{NE} \cdot Q_{DP, NE}$$

$$Q_{DP} = 10 \cdot 5,84 \text{ kWh/24h}$$

$$Q_{DP} = 58,4 \text{ kWh/24h}$$

$Q_{DP, NE}$

zapotrzebowanie ciepła na c.w.u.
przez jedną rodzinę w okresie 24 h



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

4. Zapotrzebowanie na ciepło do c.w.u. w okresie poboru o największym zapotrzebowaniu

Tabela M3. Przeciętny profil poboru c.w.u. w przypadku rodziny dwuosobowej, włącznie z natryskiem (100 litrów przy temperaturze 60 °C)

Nr	Pora dnia hh:mm	Ciepło proces poboru kWh	Okres poboru częstkowych systemów akumulacyjnych (referencyjne)		Rodzaj poboru	Wartość zadana $\Delta\theta$ (powinna zostać osiągnięta podczas poboru) K	Wartość minimalna $\varnothing$ do rozpoczęcia liczenia wykorzystania ciepła °C
1	07:00	0,105			mały		25
2	07:15	1,400			prysznic		40
3	07:30	0,105			mały		25
4	08:01	0,105			mały		25
5	08:15	0,105			mały		25
6	08:30	0,105			mały		25
7	08:45	0,105			mały		25
8	09:00	0,105			mały		25
9	09:30	0,105			mały		25
10	10:30	0,105			podłoga	30	10
11	11:30	0,105			mały		25
12	11:45	0,105			mały		25
13	12:45	0,315			zmywanie naczyń	45	10
14	14:30	0,105			mały		25
15	15:30	0,105			mały		25
16	16:30	0,105			mały		25
17	18:00	0,105			mały		25
18	18:15	0,105			sprzątanie		40
19	18:30	0,105			sprzątanie		40
20	19:00	0,105			mały		25
21	20:30	0,735			zmywanie naczyń	45	10
22	21:15	0,105			mały		25
23	21:30	1,400			prysznic		40
Q_{DP} [kWh]		5,845	5,740	2,24			
t_{DP} [hh:mm]		14:30	14:15	1:00			
					100,2 litrów przy 60 °C		

21	20:30	0,735		
22	21:15	0,105		
23	21:30	1,400		
Q_{DP} [kWh]		5,845	5,740	2,24
t_{DP} [hh:mm]		14:30	14:15	1:00

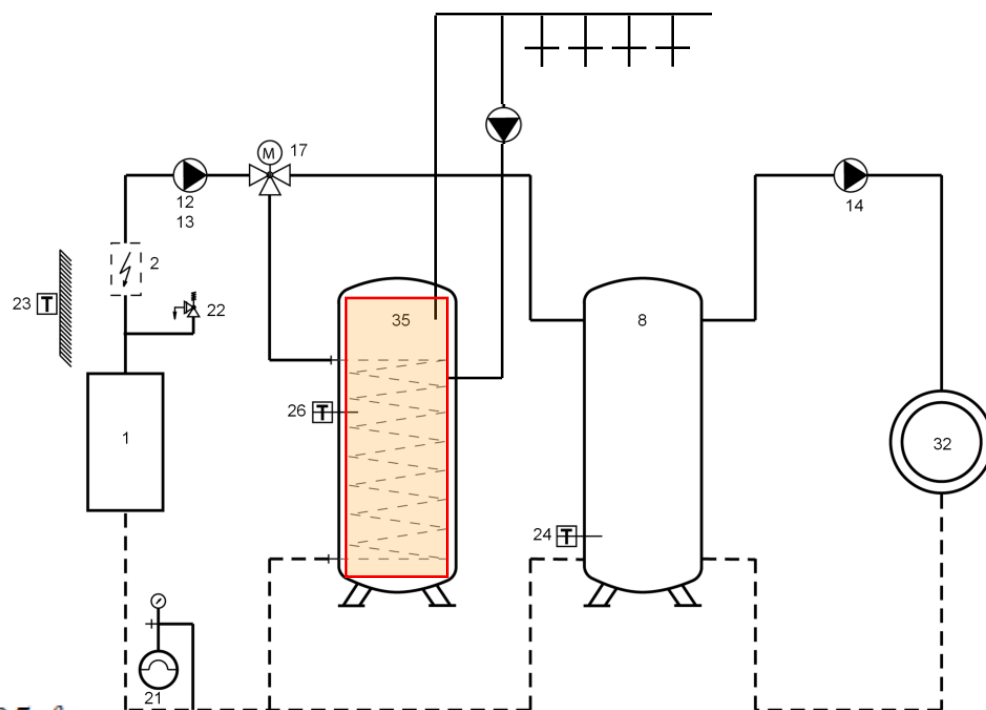
Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

6. Określenie zasobu c.w.u. :

$$V_{DPB} = \frac{Q_{DPB}}{c_w \cdot (\vartheta_{zad} - \vartheta_{zw})}$$

V_{DPB} wymagana ilość ciepłej wody użytkowej w ciągu wybranego okresu poboru w litrach
 Q_{DPB} zapotrzebowanie ciepła podczas okresu poboru w kWh
 c_w ciepło właściwe (= 1,163 Wh/kg · K w przypadku wody)
 ϑ_{zad} zadana temperatura zasobnika
 ϑ_{zw} temperatura wody zimnej
 $\vartheta_{zad} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\vartheta_{zw} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$V_{DPB} = \frac{22,4\text{ kWh}}{1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (60\text{ }^{\circ}\text{C} - 10\text{ }^{\circ}\text{C}) \rho} = 385\text{ }\ell$$



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

7. Straty przez przewód cyrkulacyjny c.w.u. :

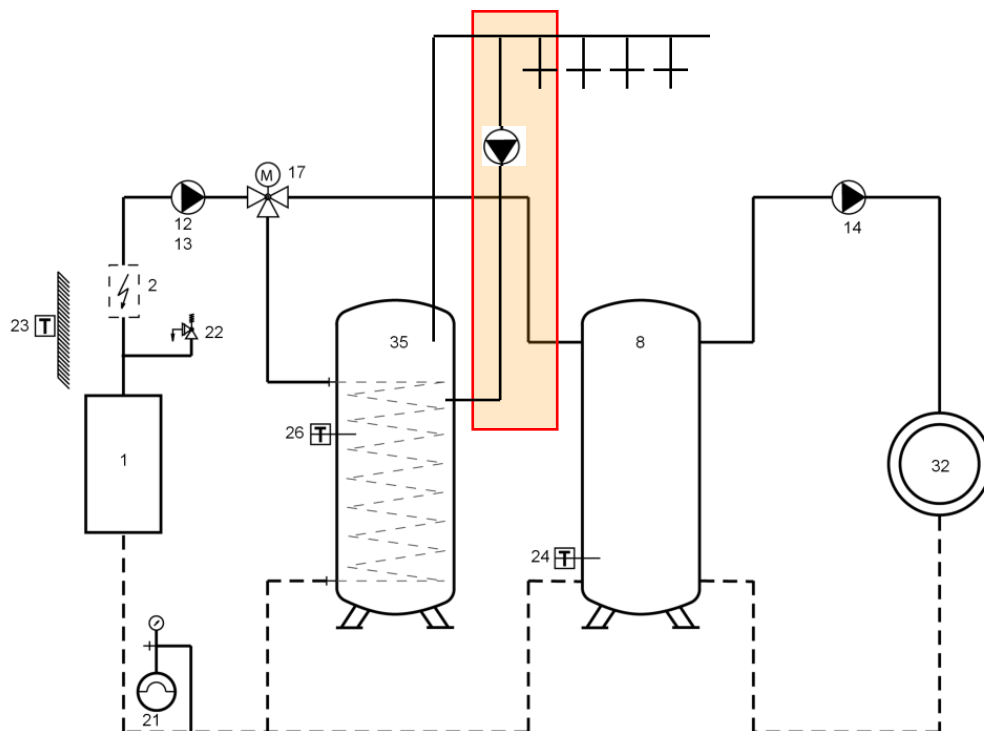
$$V_{Cyrk} = \frac{Q_{Cyrk}}{c_w \cdot (\vartheta_{zad} - \vartheta_{Cyrk,pow})}$$

V_{Cyrk} wymagana ilość ciepłej wody użytkowej do wyrównania strat cyrkulacyjnych (w ciągu godz.)
 Q_{Cyrk} straty ciepła na cyrkulacji
 c_w ciepło właściwe (= 1,163 Wh/kg · K w przypadku wody)
 ϑ_{zad} zadana temperatura zasobnika
 $\vartheta_{Cyrk,pow}$ temperatura na powrocie przewodu cyrkulacyjnego

$$\vartheta_{Cyrk,pow} = 55^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{Cyrk} = 6,2/24 \text{ kWh} = 0,26 \text{ kWh}$$

$$V_{Cyrk} = \frac{0,26 \text{ kWh}}{1,163 \frac{\text{Wh}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot (60^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C})} = 45 \text{ litrów}$$



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

8. Wymagana pojemność zasobnika c.w.u. :

$$V_{Sp,min} = (V_{DPB} + V_{Cyrk}) * f_{TWE}$$

$V_{Sp,min}$ minimalna pojemność zasobnika w litrach

V_{DPB} konieczna ilość ciepłej wody użytkowej podczas jednego okresu poboru w litrach

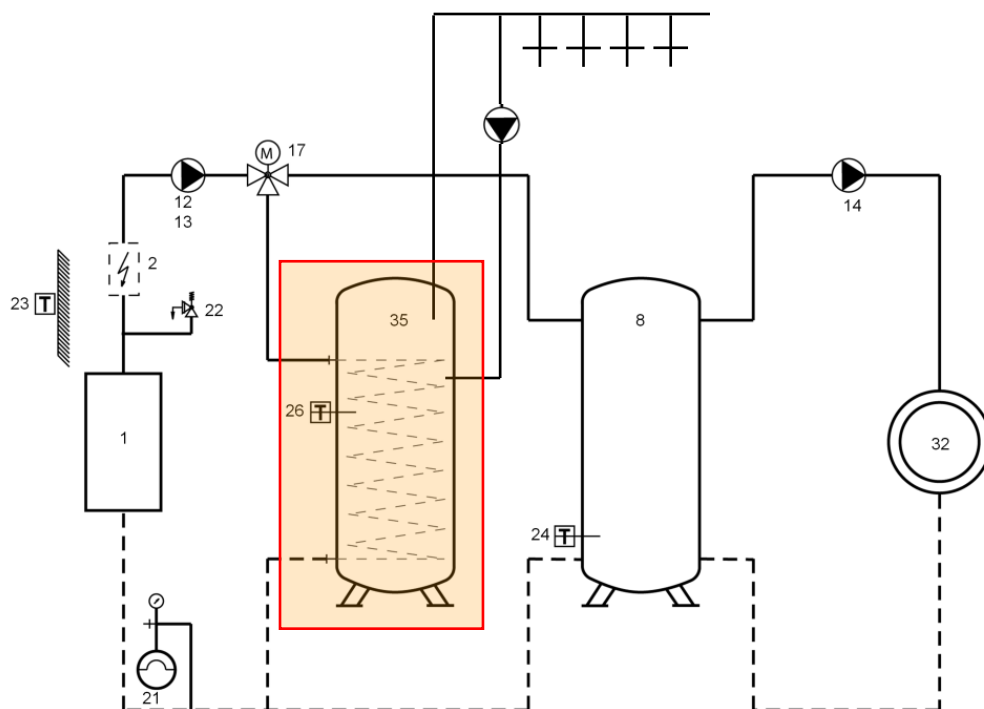
V_{Cyrk} konieczna ilość ciepłej wody użytkowej do wyrównania strat cyrkulacyjnych

$f_{TWE} = 1,15$ dodatek przy założeniu 15 % straty na skutek zmieszania przy gromadzeniu ciepłej wody użytkowej

$f_{TWE} = 1,20$ dodatek przy założeniu 15 % straty na skutek zmieszania i 5% dodatek na wymianę ciepła przy gromadzeniu ciepłej wody

$$V_{Sp-min} = (385 \text{ litrów} + 45 \text{ litrów}) \cdot 1,15$$

$$V_{Sp-min} = 495 \text{ litrów}$$



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

9. Wymagana pojemność zasobnika c.w.u. c.d.:

wybrano zasobnik o pojemności

$$V_{Sp} = 500 \text{ litrów}$$

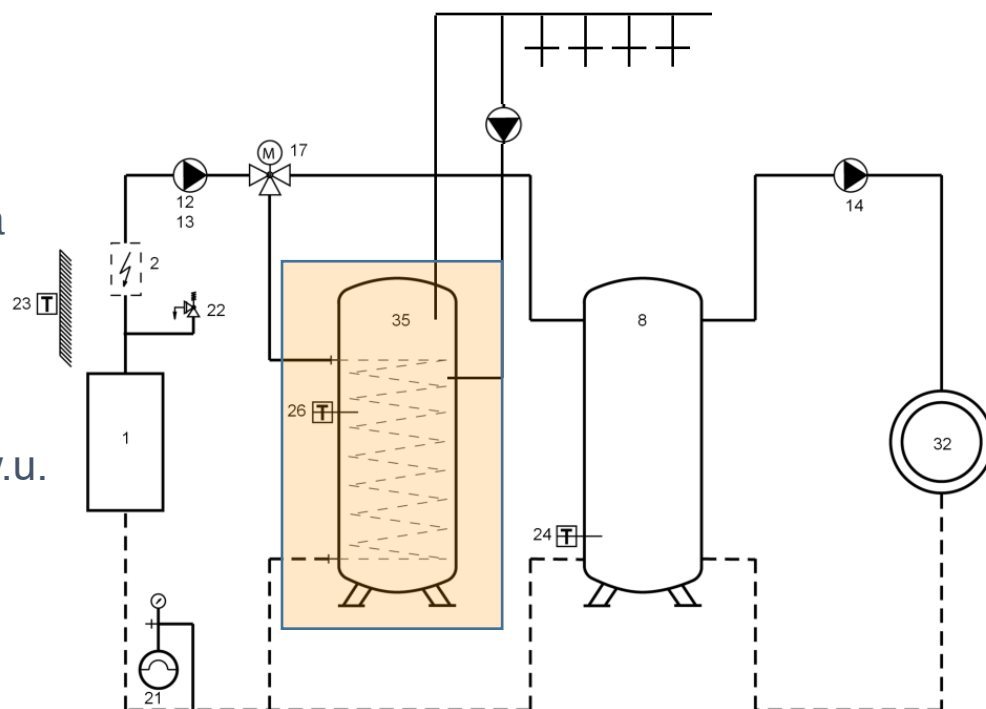
i stratach postojowych w trybie czuwania

$$Q_{Str,zas} = 2,9 \text{ kWh/24h}$$

Łączna ilości ciepła do podgrzewania c.w.u.
wynosi zatem w ciągu doby:

$$Q_{DP,calc} = Q_{DP} + Q_{Str,zas}$$

$$Q_{DP,calc} = (58,4 + 2,9) \text{ kWh} = 61,3 \text{ kWh}$$



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

10. Konieczna moc grzewcza pompy ciepła

$$P_{PC,wym} = \frac{Q_{H,AP} + Q_{DP,całk} + Q_{pozost}}{24 - \sum t_{sp}}$$

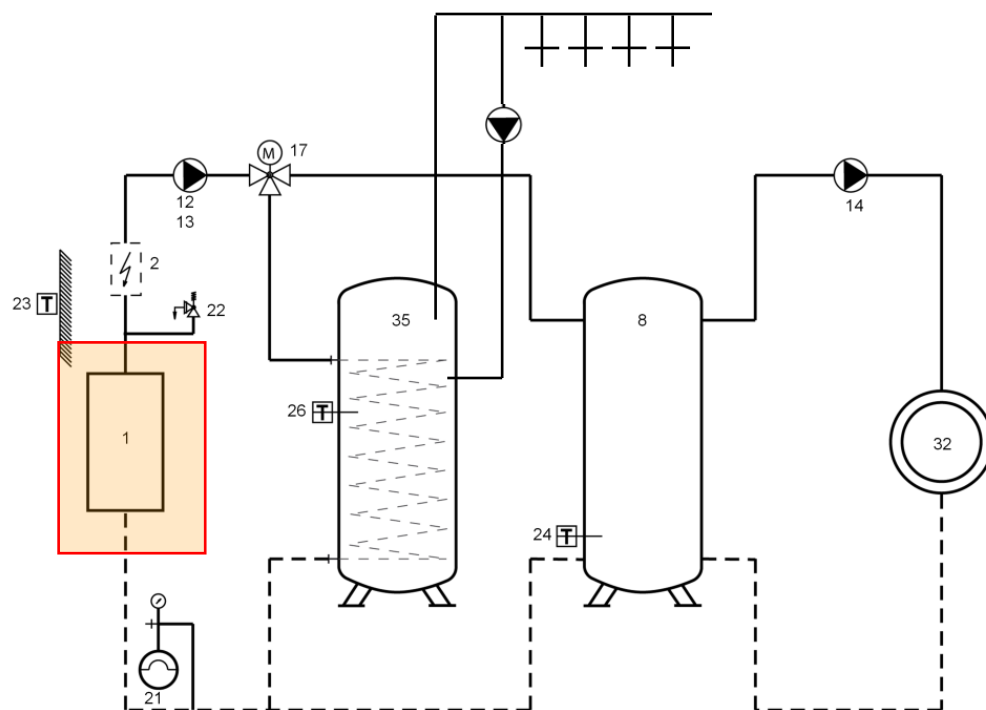
$Q_{H,AP}$ ilość ciepła do ogrzewania pomieszczeń przez okres 24h w wybranym punkcie doboru

$Q_{DP,całk}$ ilość ciepła do podgrzewania wody użytkowej przez okres 24h w wybranym punkcie doboru

Q_{pozost} ilość ciepła potrzebna w przypadku pozostałych „użytkowników” w ciągu 24h w wybranym punkcie doboru

$\sum t_{sp}$ łączny czas trwania blokady zgodnie z umową o dostawę ciepła w ciągu 24h

$$P_{PC,wym} = \frac{600kWh + 61,3kWh + 0kWh}{24h - 4h}$$



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

10. Konieczna moc grzewcza pompy ciepła

$$P_{PC,wym} = 33 \text{ kW}$$

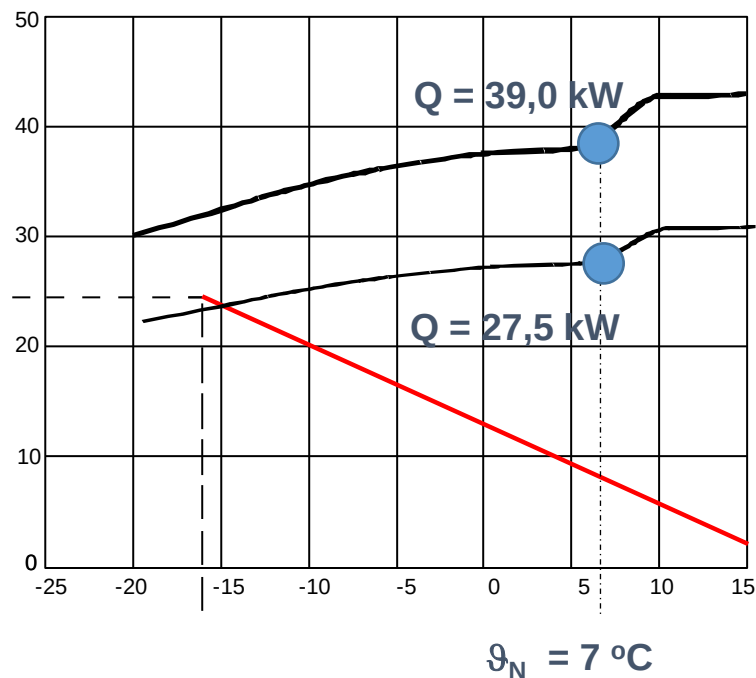
Dobrano pompę ciepła powietrze-woda o nominalnej mocy grzewczej (A7/W35) 27,5 kW, ponieważ kolejna dostępna wielkość ma moc 39 kW. Wynik podano poniżej:

$$P_{PC,wybrana} < P_{PC,wym.}$$

$P_{PC,wym.}$ konieczna moc grzewcza pompy ciepła

$P_{PC,wybrana}$ dobrana moc grzewcza pompy ciepła

Tym samym istnieją dwie możliwości:



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

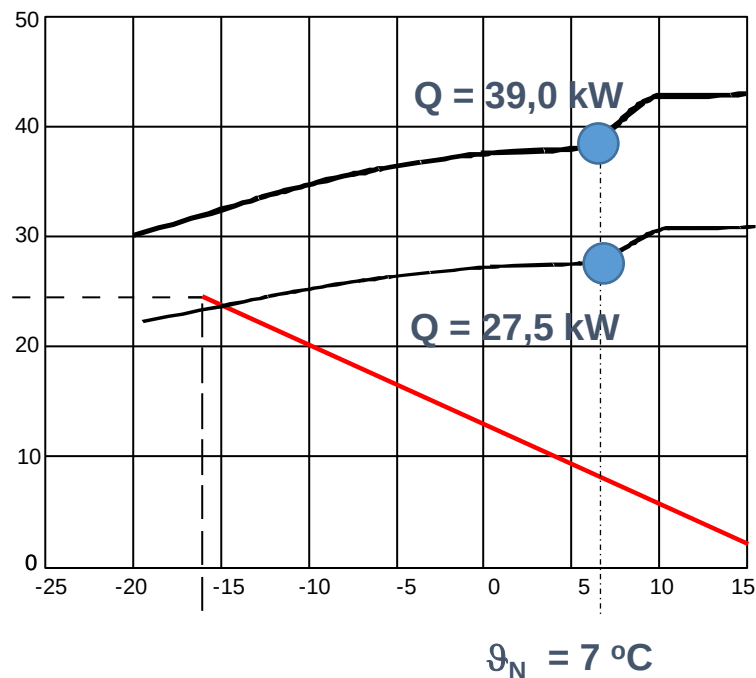
11. Konieczna moc grzewcza pompy ciepła c.d.

Do dalszej analizy przyjmuje się mniejszą mocowo pompę ciepła.

Ponieważ do ustalania ilości ciepła potrzebnego do podgrzewania wody użytkowej konieczne było zastosowanie dokładnej metody (metoda okresów poboru), należy dodatkowo przeprowadzić kontrolę poprawności doboru.

$$\frac{Q_{DPB}}{Q_{PC} \cdot t_{DBP}} \leq 1$$

Q_{DPB}	zapotrzebowanie na ciepło - podgrzewanie wody użytkowej podczas wybranego okresu poboru w kWh
t_{DBP}	czas wybranego (niekorzystanego) okresu poboru c.w.u. który można wykorzystać, w celu dogrzania pojemności zasobnika
Q_{PC}	dobrana moc pompy ciepła

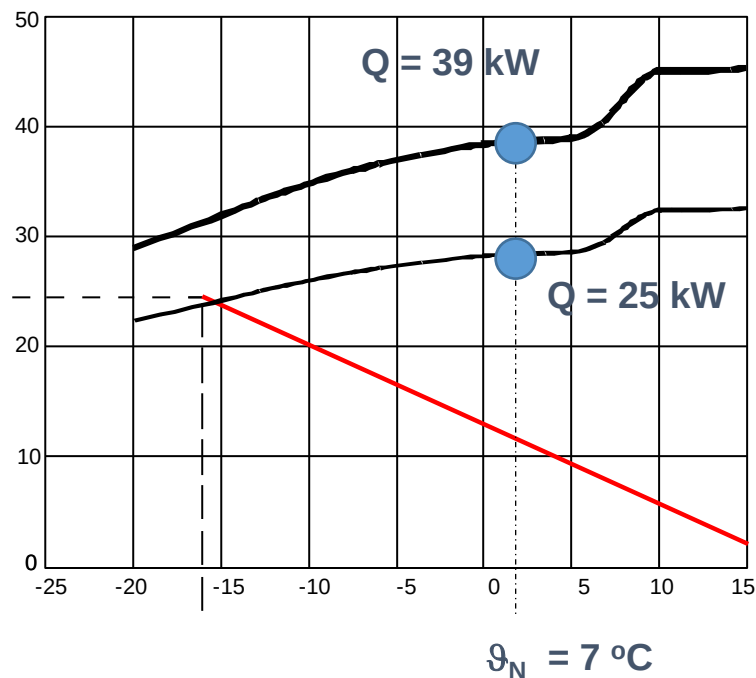


Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

11. Konieczna moc grzewcza pompy ciepła c.d.

$$\frac{22,4kWh}{27,5kW \cdot 1h} = 0,81 \leq 1$$

W ten sposób przeprowadzono kontrolę poprawności, która dowodzi, że dobrana pompa ciepła oraz dobrany zasobnik są poprawnie dobrane.



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

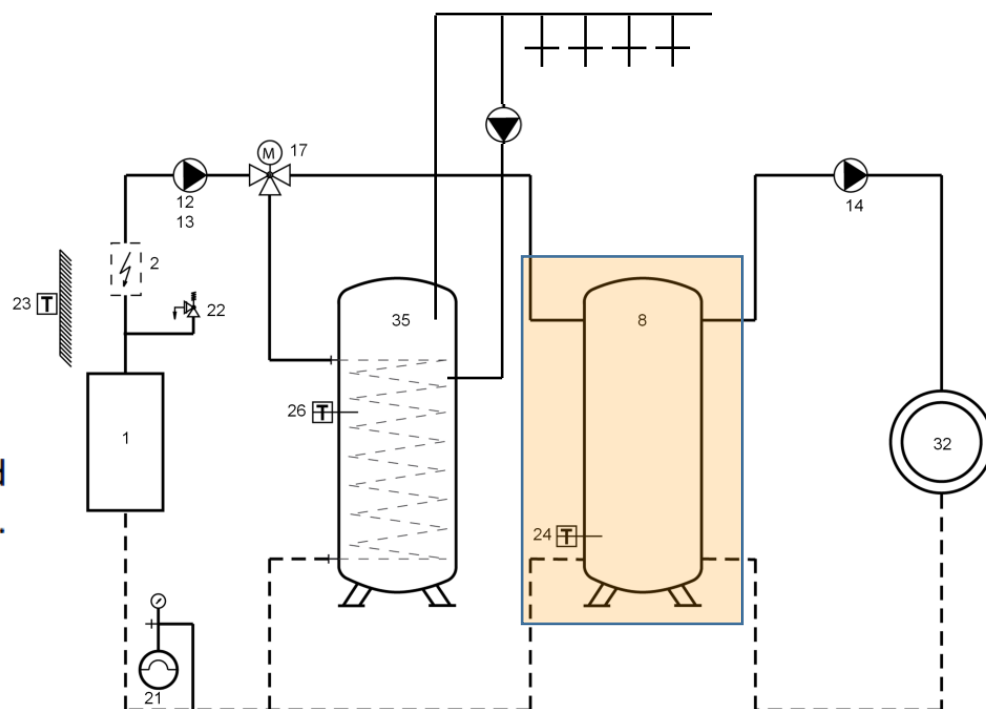
11. Dobór zasobników buforowych wody grzewczej

Kryterium 1

Zapas wody dot. minimalnego czasu pracy:

$$V_{PC,t,wym} = \frac{\dot{Q}_{PC,proj} * t}{\rho * c * \Delta\vartheta} = 65,5 \text{ litrów}$$

$\dot{Q}_{PC,proj}$	moc w fazie rozruchu: 27,5 kW
t	minimalny czas pracy: 5 min.
ρ	gęstość wody: 1 kg/l
c	ciepło właściwe wody: 4,2 kJ/(kgK)
$\Delta\vartheta$	dopuszczalny wzrost temperatury od 30 °C na powrocie do maks. temperatury 60 °C na zasilaniu: 30 K



Przykładowy dobór pompy ciepła (budynek wielorodzinny)

11. Dobór zasobników buforowych wody grzewczej

Kryterium 2

Zapas wody potrzebny do odszraniania:

$$V_{PC,A,wym} = \frac{\dot{Q}_{PC,Odszr} * t * (COP_{PC,Odszr} - 1)}{\rho * c * \Delta\theta * COP_{PC,Odszr}} = 49 \text{ litrów}$$

$\dot{Q}_{PC,Odszr}$ moc grzewcza pompy ciepła podczas odszraniania: 30 kW

t czas odszraniania: 5 min.

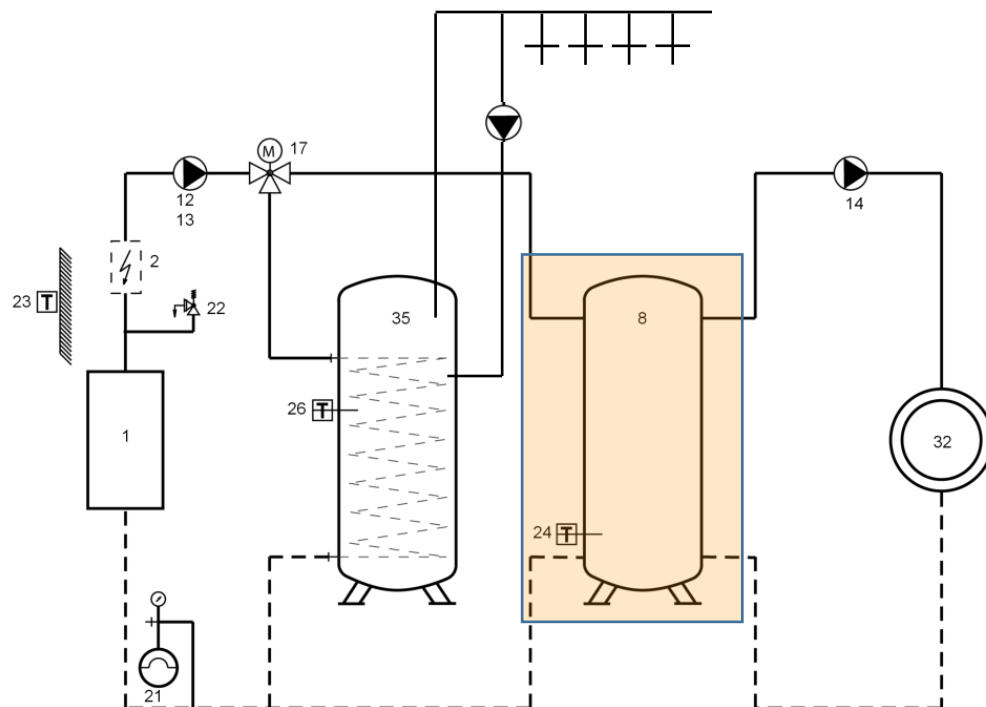
ρ gęstość wody: 1 kg/l

c ciepło właściwe wody: 4,2 kJ/(kgK)

$\Delta\theta$ różnica temperatury między temperaturą na zasilaniu 35 °C i temperaturą pokojową 20 °C: 15 K

$COP_{PC,Odszr}$ COP podczas odszraniania: 5,0

Zasobnik buforowy o pojemności 65 litrów zapewnia możliwość odszraniania, a także wystarczający minimalny czas pracy pompy ciepła.





12. DNI OSZCZEDZANIA ENERGII

MODERNIZACJA BUDYNKÓW ZABYTKOWYCH



**Dolnośląska Agencja
Energii i Środowiska**

Adolf Mirowski

Wrocław 15.11.2018