

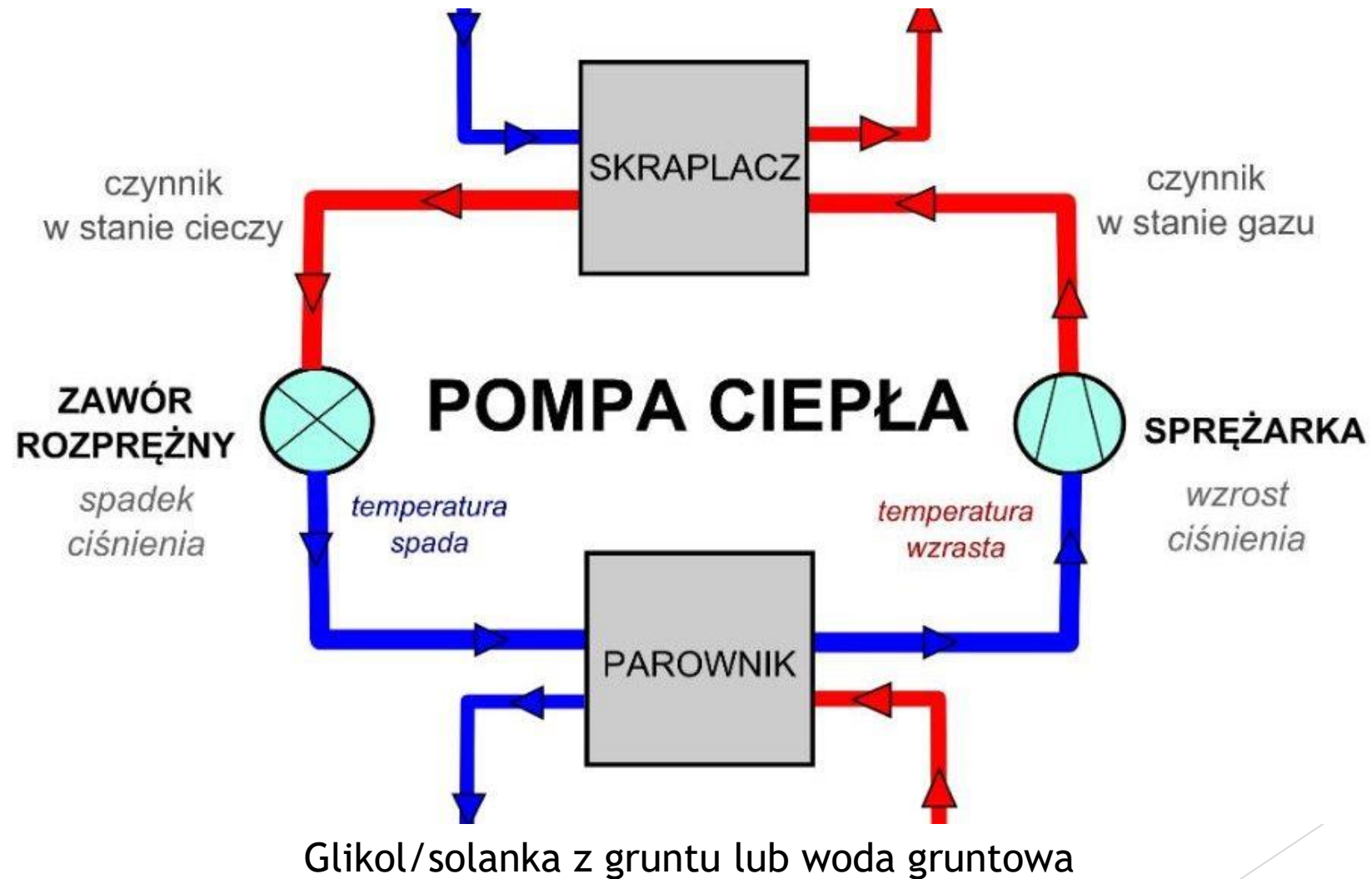
Energetyka Geotermalna

Dr inż. Tomasz Hałon

Rozwiązywanie praktycznych zadań dotyczących bezpośredniego i
pośredniego wykorzystania energii geotermalnej

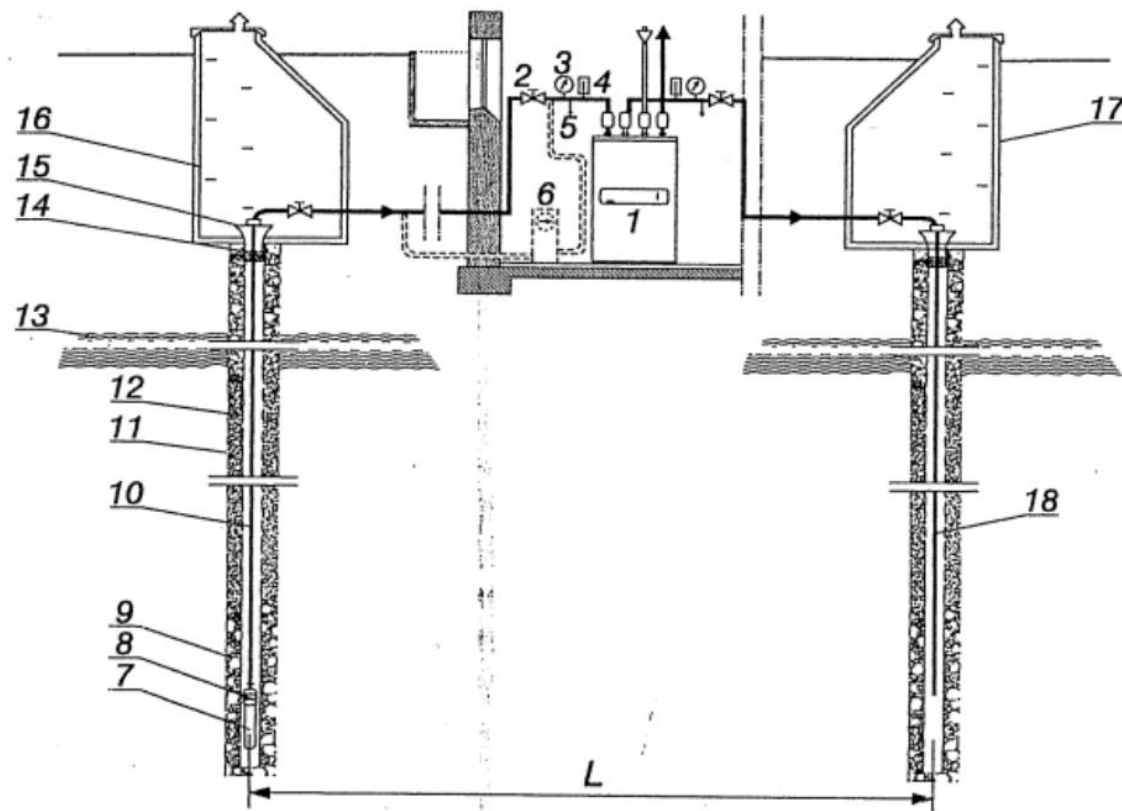
Część I - płytka geotermia

Pompy ciepła



Pompy ciepła woda/woda

Wykorzystanie wód gruntowych



Rys. 9–17. Ideowy schemat instalacji zasilania parowacza SPC wodą podziemną (gruntową): 1 – pompa ciepła systemu „W/W”, 2 – zawór odcinający, 3 – manometr, 4 – termometr, 5 – kurek do poboru próbek wody, 6 – pompa wirowa (przy wysokości zasysania do 6 m), 7 – pompa zatopiona, 8 – zawór zwrotny, 9 – rura zbiorcza, 10 – rura tłoczna, 11 – filtr rurowy, 12 – wypełnienie żwirowe, 13 – poziom wody gruntowej, 14 – uszczelnienie otworu studni, 15 – głowica studni, 16 – obudowa studni czerpальной, 17 – obudowa studni chłonnej, 18 – rura zatłaczająca, L – odległość między studniami

Pompy ciepła woda/woda

Wykorzystanie wód gruntowych

1. Oblicz wymaganą wydajność studni głębinowej V wiedząc, że wydajność parowacza pompy ciepła wynosi 15 kW. Załóż spadek temperatury wody na parowaczu równy 3 K. Sprężarka pobiera N 4 kW energii elektrycznej. Sprawność silnika sprężarki 80 %.
2. Oblicz wymaganą wydajność studni głębinowej V wiedząc, że zapotrzebowanie na ciepło budynku wynosi 15 kW. Załóż spadek temperatury wody na parowaczu równy 3 K. Sprężarka pobiera N 4 kW energii elektrycznej. Sprawność silnika sprężarki 80 %.
3. Oblicz wymaganą wydajność studni głębinowej V wiedząc, że zapotrzebowanie na ciepło budynku wynosi 15 kW. Załóż spadek temperatury wody na parowaczu równy 3 K. Pompa ciepła ma średnioroczny COP = 3,5.

Pompy ciepła woda/woda

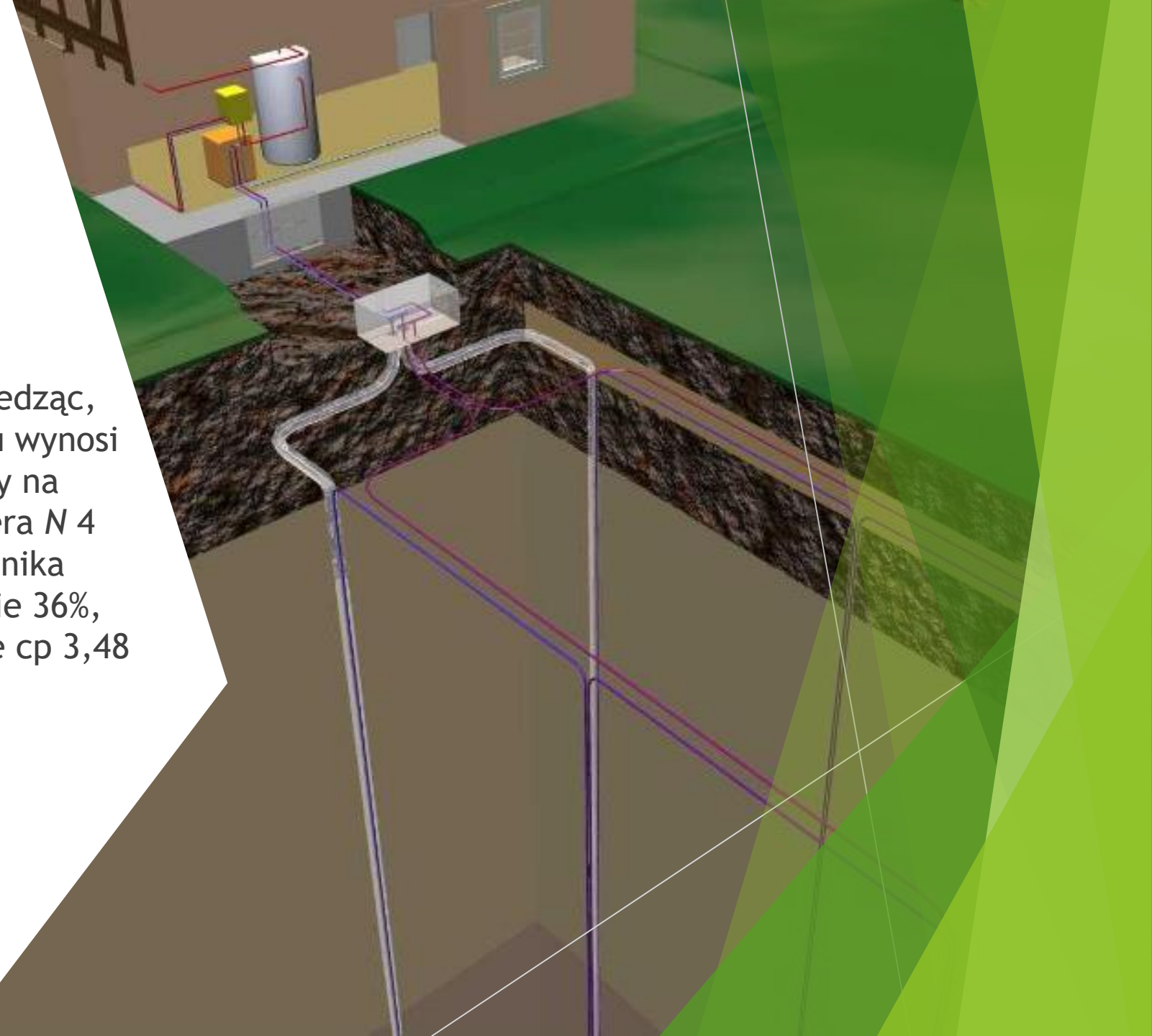
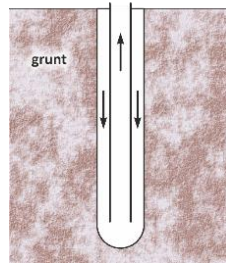
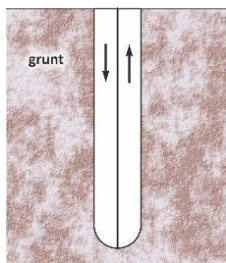
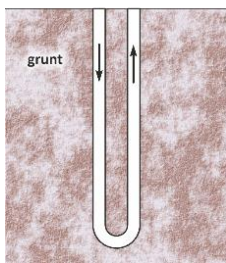
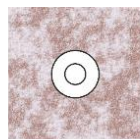
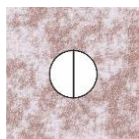
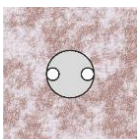
Wykorzystanie wód gruntowych

4. Oblicz odległość pomiędzy studnią czerpalną, a chłonną L zakładając V z zadania 2. Prędkość filtracji gruntu $k = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, Grubość warstwy wodonośnej $H = 8 \text{ m}$, jednostkowy spadek poziomu zwierciadła wody (depresja) $i = 1\text{‰}$.
5. Oblicz odległość pomiędzy studnią czerpalną, a chłonną L zakładając V z zadania 2. Prędkość filtracji gruntu $k = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$, Grubość warstwy wodonośnej $H = 3 \text{ m}$, jednostkowy spadek poziomu zwierciadła wody (depresja) $i = 1\text{‰}$.

$$L = \frac{2}{\pi} \frac{V}{i k H}, m$$

Pompy ciepła grunt/woda Wykorzystanie wymienników pionowych

1. Oblicz wymaganą wydajność V pompy obiegowej wymiennika gruntowego wiedząc, że zapotrzebowanie na ciepło budynku wynosi 15 kW. Załóż spadek temperatury wody na parowaczu równy 3 K. Sprężarka pobiera N 4 kW energii elektrycznej. Sprawność silnika sprężarki 80 %. Użyty glikol ma stężenie 36%, gęstość 1058 kg/m³, a ciepło właściwe c_p 3,48 kJ/(kgK).

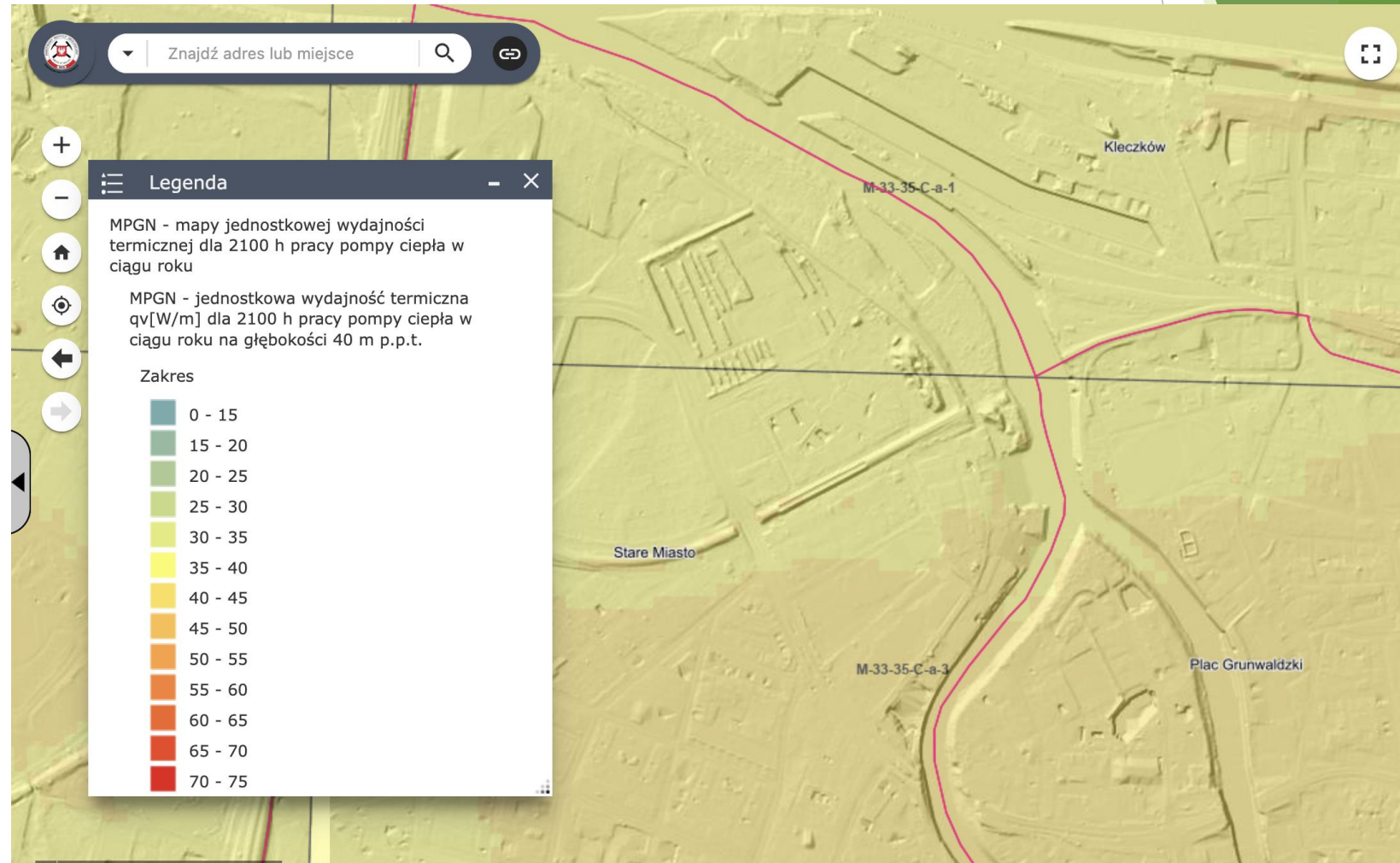


Pompy ciepła grunt/woda

Wykorzystanie wymienników pionowych - uproszczone

$$L = \frac{Q_0}{q_e}$$

$$Q = L q_e$$



Charakterystyka gruntu	Pobierana jednostkowa moc cieplna q_v [W/m]
Grunt o niekorzystnych właściwościach cieplnych $\lambda < 1,5$ W/(m·K)	20
Zwykłe podłoże skalne i złoża nasycone wodą $\lambda = 1,5 \div 3,0$ W/(m·K)	50
Skąła lita o dużej przewodności cieplnej $\lambda > 3,0$ W/(m·K)	70
Żwir, piasek - suche	<20
Żwir, piasek - w warstwie wody	55 ÷ 65
Gлина wilgotna	30 ÷ 45
Wapień (skąła)	45 ÷ 60
Piaskowiec	55 ÷ 65
Kwaśne skąły magmowe (np. granit)	35 ÷ 55
Zasadowe skąły magmowe (np. bazalt)	50 ÷ 75
Gnejs	60 ÷ 70
Duże ciekі gruntowe w piaskach i żwirach	80 ÷ 100

Pompy ciepła grunt/woda

Wykorzystanie wymienników pionowych - uproszczone

1. Oblicz wymaganą powierzchnię wymiennika pionowego dla pompy ciepła o wydajności grzewczej 15 kW, pracującej 2100 godz/rok, przy rocznym COP = 3,5. Załóż, że jednostkowa wydajność termiczna q_v wynosi 40 W/m.
2. Oblicz wymaganą powierzchnię wymiennika pionowego dla pompy ciepła o wydajności grzewczej 15 kW, pracującej 2100 godz/rok, przy rocznym COP = 3,5. Załóż, że do głębokości 40 m jednostkowa wydajność termiczna q_v wynosi 25 W/m, następnie do 80 m $q_v = 40$ W/m, a poniżej już tylko znajduje się skała o $q_v = 60$ W/m.

Pompy ciepła grunt/woda

Wykorzystanie wymienników poziomych - uproszczone

Rodzaj gruntu	q_e [W/m ²]
Suchy grunt piaszczysty	10-15
Wilgotny grunt piaszczysty	15-20
Suchy grunt gliniasty	20-25
Wilgotny grunt gliniasty	25-30
Nasycony wodą piasek / żwir	30-40

Pompy ciepła grunt/woda

Wykorzystanie wymienników poziomych - uproszczone

1. Oblicz wymaganą powierzchnię wymiennika poziomego dla pompy ciepła o wydajności grzewczej 15 kW, pracującej 2100 godz/rok, przy rocznym COP = 3,5. Załóż, że jednostkowa moc cieplna q_v wynosi 30 W/m².
2. Oblicz wymaganą powierzchnię wymiennika poziomego dla pompy ciepła o wydajności grzewczej 15 kW, pracującej 1800 godz/rok, przy rocznym COP = 3,5. Załóż, że jednostkowa moc cieplna q_v wynosi 40 W/m².
3. Oblicz wymaganą powierzchnię wymiennika poziomego dla pompy ciepła o wydajności grzewczej 15 kW, pracującej 2100 godz/rok, przy rocznym COP = 3,5. Załóż, że jednostkowa moc cieplna q_v wynosi 10 W/m².

Studnia kanadyjska

Powietrzny gruntowy wymiennik ciepła

- ▶ $L = \frac{Q}{U \pi d \Delta T_{log}}$
- ▶ $\Delta T_{log} = \frac{(T_{wej} - T_g) - (T_{wyj} - T_g)}{\ln\left(\frac{T_{wej} - T_g}{T_{wyj} - T_g}\right)}$
- ▶ $U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{wew} A} + \frac{\ln\left(\frac{r_{zew}}{r_{wew}}\right)}{2\pi\lambda} + \frac{1}{\alpha_{zew} A}}$
- ▶ L - długość wymiennika, m
- ▶ Q - Obliczeniowy strumień ciepła, W
- ▶ d - średnica wymiennika, m -> $A = \frac{\pi d^2}{4}$, m²
- ▶ T_g - temp. gruntu, °C
- ▶ α_{wew} - 2-10 W/m²K, $\alpha_{zew} = \frac{\lambda_g}{0.15}$ - wnikanie ciepła od gruntu do rury

Studnia kanadyjska

Powietrzny gruntowy wymiennik ciepła

1. Oblicz długość studni kanadyjskiej o mocy grzewczej 1500 W. Przewodność cieplna gruntu wynosi λ_g 1,5 W/mK, temperatura gruntu 0°C, powietrze powinno się ogrzać z temperatury -8 do -2°C, rura PE fi 200mm o 0,4 W/mK.
2. Oblicz długość studni kanadyjskiej o mocy chłodniczej 1500 W. Przewodność cieplna gruntu wynosi λ_g 1,5 W/mK, temperatura gruntu 0°C, powietrze powinno się ochłodzić z temperatury +30 do +20°C, rura PE fi 200mm o 0,4 W/mK.
3. Oblicz moc cieplną studni kanadyjskiej o długości 100 m, przez którą przepływa powietrze ogrzewające się z temperatury -8 do -2°C, rura PE fi 200mm o 0,4 W/mK. Przewodność cieplna gruntu wynosi λ_g 0,4 W/mK.