

Posadzki grzewcze - kiedy warto i jak je modelować?

Analiza techniczna z wykorzystaniem CYPEHVAC Radiant Floor

Ogrzewanie płaszczyznowe, a w szczególności posadzki grzewcze, to coraz częściej wybierane rozwiązanie w nowoczesnym budownictwie energooszczędnym. Niska temperatura zasilania, równomierny rozkład temperatury w pomieszczeniu oraz wysoki komfort cieplny sprawiają, że tego typu systemy znajdują zastosowanie zarówno w budynkach mieszkalnych, jak i użyteczności publicznej.

Kiedy więc warto rozważyć zastosowanie takiego systemu i jak go zaprojektować? Odpowiedzi znajdziesz w poniższym artykule.

Podstawy fizyczne działania posadzek grzewczych

Posadzki grzewcze przekazują ciepło do pomieszczenia trzema głównymi mechanizmami:

- Przewodzenie (kondukcja) - transport ciepła przez warstwy posadzki, którego efektywność zależy od przewodności cieplnej materiałów oraz ich grubości.
- Promieniowanie - emisja ciepła z powierzchni podłogi do elementów i osób znajdujących się w pomieszczeniu. Odpowiada za subiektywne poczucie komfortu cieplnego.
- Konwekcja - niewielki udział wynikający z ogrzewania powietrza nad powierzchnią podłogi.

Z punktu widzenia komfortu cieplnego istotny jest równomierny rozkład temperatury. Według PN-EN ISO 7730:2006 optymalna temperatura powierzchni podłogi w strefie przebywania powinna wynosić od 26 do 29 stopni Celsjusza, przy czym dla stref brzegowych (np. przy oknach) może osiągać wartości wyższe.

Kiedy warto zastosować posadzki grzewcze?

1. Warunki techniczne

- Izolacja cieplna pod płytą grzewczą - zaleca się stosowanie izolacji o współczynniku $\lambda \leq 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ i grubości min. 5 cm, aby ograniczyć straty do gruntu lub stropu.
- Bezwładność cieplna - systemy wodne posiadają dużą pojemność cieplną, co sprzyja stabilności temperatury, ale utrudnia szybkie zmiany nastaw.
- Temperatura maksymalna - wg PN-EN 1264-2 temperatura powierzchni w strefie przebywania nie powinna przekraczać 29°C, w łazienkach dopuszczalne jest 33°C.

2. Warunki ekonomiczne

- Posadzki grzewcze najlepiej współpracują z niskotemperaturowymi źródłami ciepła (takimi jak pompy ciepła czy kotły kondensacyjne).
- Przy poprawnym zaprojektowaniu umożliwiają obniżenie temperatury zasilania o 10-20°C względem tradycyjnych grzejników, co przekłada się na wyższą sprawność źródła ciepła.

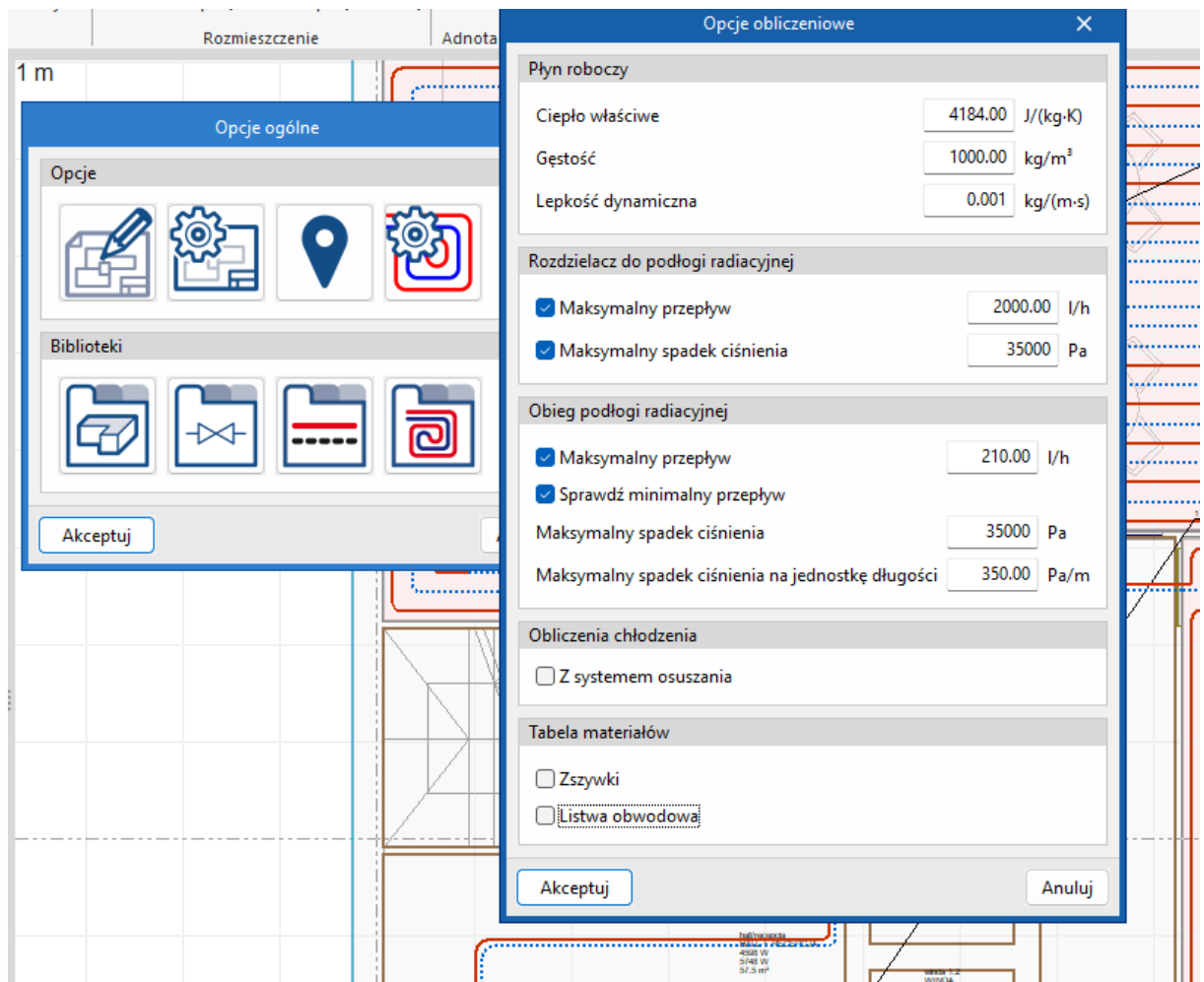
3. Warunki użytkowe

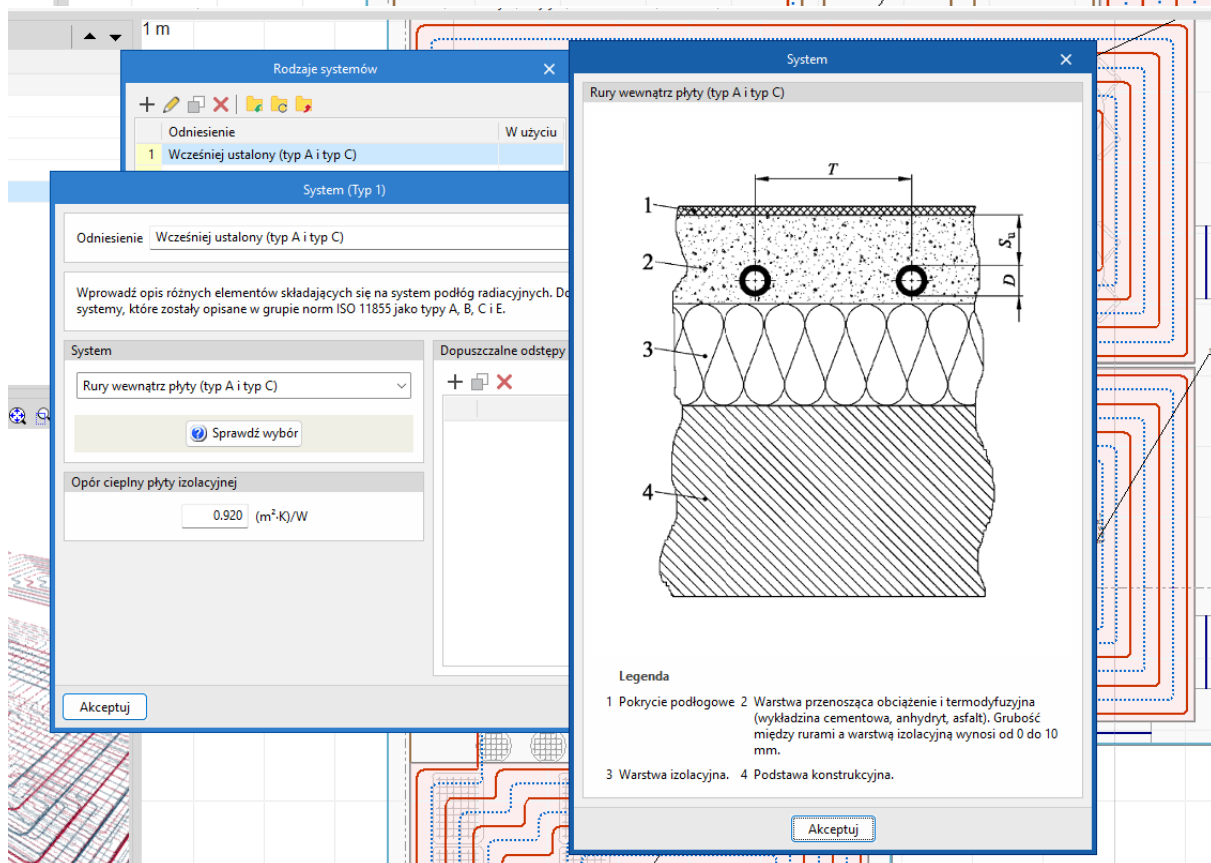
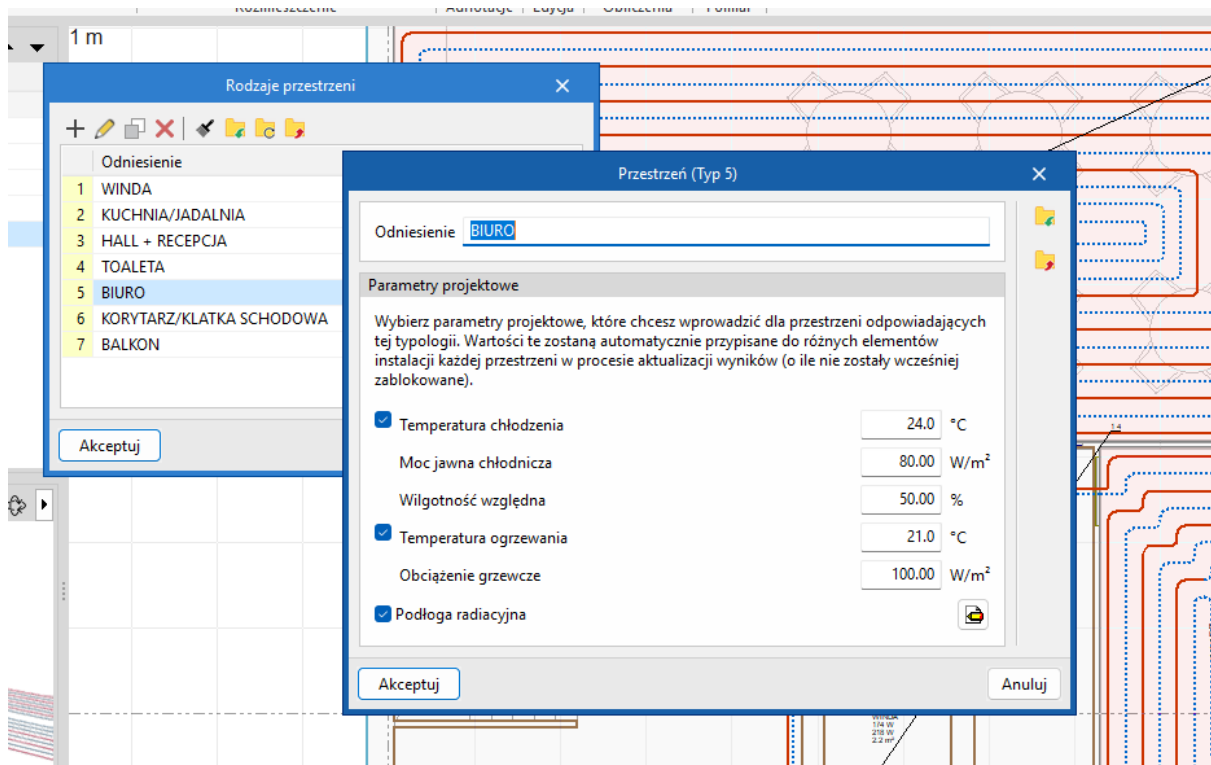
- Komfort cieplny dzięki równomiernemu rozkładowi temperatury.
- Brak konwekcji unoszącej kurz jako zaleta dla alergików.
- Ograniczenia aranżacyjne - duże meble czy dywany mogą tłumić emisję ciepła.

Proces modelowania instalacji w CYPEHVAC Radiant Floor

1. Założenia projektowe

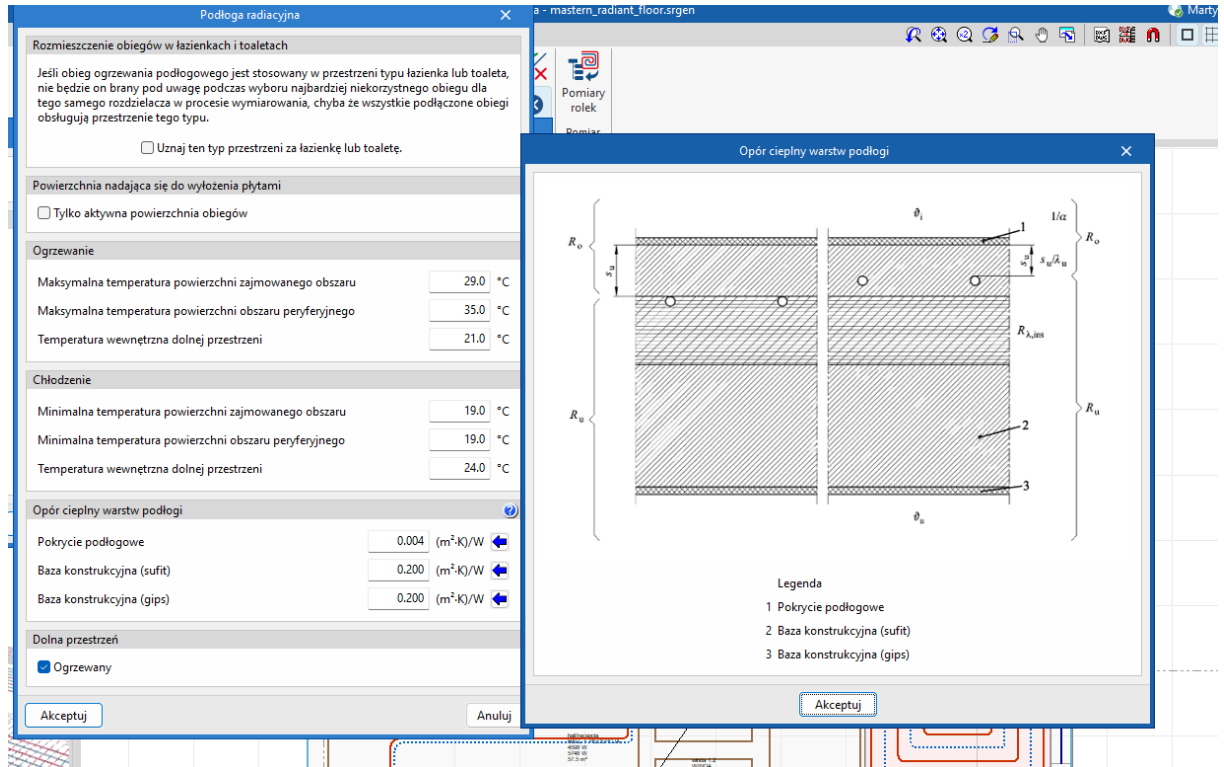
Modelowanie rozpoczyna się od wczytania modelu budynku w formacie IFC lub zaczytania podkładów DWG/DXF i utworzenia wysokości kondygnacji. Następnie należy zdefiniować strefy grzewcze, na których będą tworzone obiegi oraz parametry obciążeń cieplnych na podstawie strat ciepła.





2. Definicja warstw posadzki

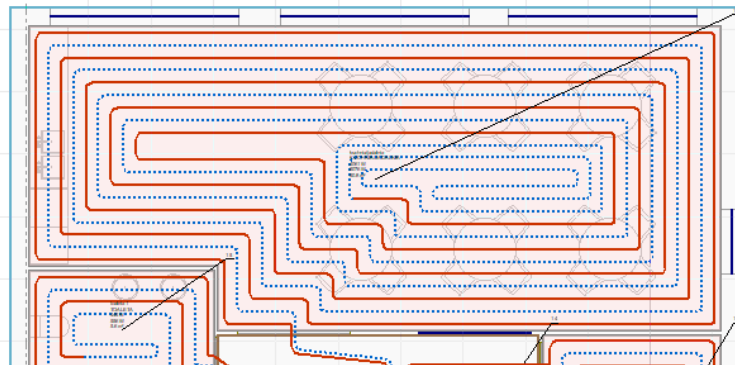
Kolejnym krokiem jest przypisanie warstw o określonej przewodności cieplnej i grubości. Wprowadza się również typ rur (materiał, średnica, rozstaw), co pozwala na precyzyjne odwzorowanie oporu cieplnego.



3. Tworzenie obiegów

Po zdefiniowaniu warstw posadzki i parametrów przewodzenia ciepła projektant przystępuje do tworzenia obiegów grzewczych w wyznaczonych strefach.

W CYPEHVAC Radiant Floor proces ten odbywa się poprzez wskazanie strefy grzewczej, określenie trasy obiegu z automatycznym lub ręcznym prowadzeniem rur oraz wybór rozstawu rur oraz wzoru układania (meandrowy, spiralny lub mieszany). Dane takie jak rozstaw rur i wzór układania zgodne są z normami ISO 11855 ale w przypadku konieczności modyfikacji danych wystarczy wrócić do opcji ogólnych projektu i zdefiniować dane na nowo.



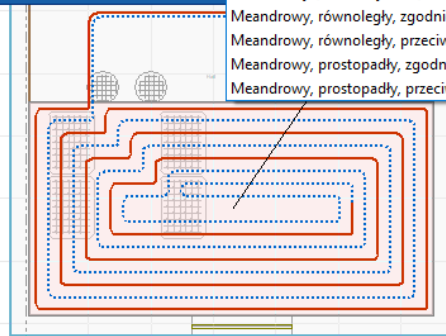
Trasa

Rodzaj trasy

Margines odstępu na brzegu obszaru

Akceptuj

- Ślimakowy (automatycznie)
- Automatyczna
- Ślimakowy (automatycznie)
- Ślimakowy, zgodnie z ruchem wskazówek zegara
- Ślimakowy, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara
- Meandrowy (automatycznie)
- Meandrowy, równoległy, zgodnie z ruchem wskazówek zegara
- Meandrowy, równoległy, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara
- Meandrowy, prostopadły, zgodnie z ruchem wskazówek zegara
- Meandrowy, prostopadły, przeciwnie do ruchu wskazówek zegara



Obieg

Odniesienie

System

Płyta 1: Wcześniej ustalony (typ A i typ C)

Rura 1: Wstępnie zdefiniowany

Warstwa zaprawy

Grubość 5.00 cm

Przewodność cieplna 2.00 W/(m·K)

☒ Z częściami pośrednimi

Przewodność cieplna części 3.00 W/(m·K)

Stosunek objętości części względem płyty 0.01 %

Trasa Podłoga przestrzeni Dolna przestrzeń

Odstęp w zajęтым obszarze 20.0 cm

Odstęp w obszarze peryferyjnym 20.0 cm

Odstęp w obszarze usługowym 15.0 cm

Powierzchnia zajętego obszaru 10.0 m²

Powierzchnia obszaru peryferyjnego 0.0 m²

Powierzchnia obszaru usługowego 0.0 m²

Długość rury obiegu 10.00 m

Długość przyłącza wodociągowego 0.00 m

Ogrzewanie ☐ Chłodzenie

Różnica temperatur 5.0 °C

Temperatura projektowa wewnętrzna 21.0 °C

Maksymalna temperatura powierzchni zajmowanego obszaru 29.0 °C

Maksymalna temperatura powierzchni obszaru peryferyjnego 35.0 °C

Temperatura wewnętrzna dolnej przestrzeni 21.0 °C

Temperatura zasilania (rozdzielacz) 45.0 °C

Wymagana moc 0 W

Weryfikacje

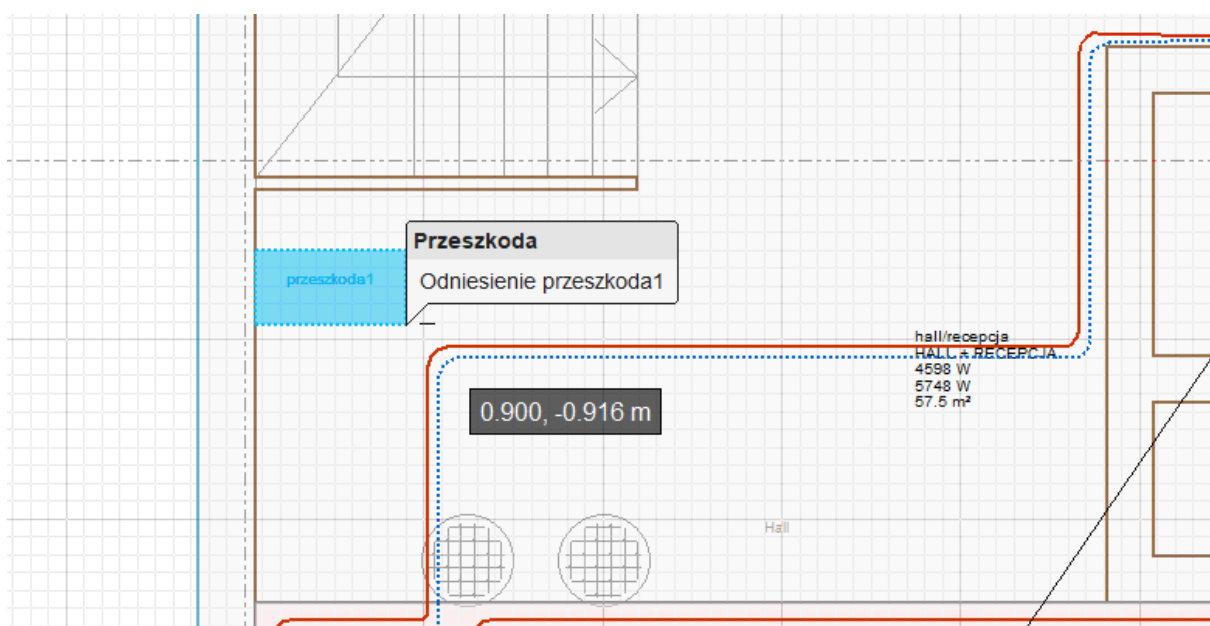
Dostarczana moc 1127 ≥ 0 W ✓

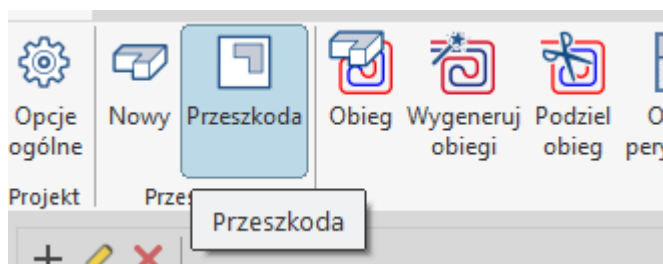
Konsultuj weryfikacje

Akceptuj

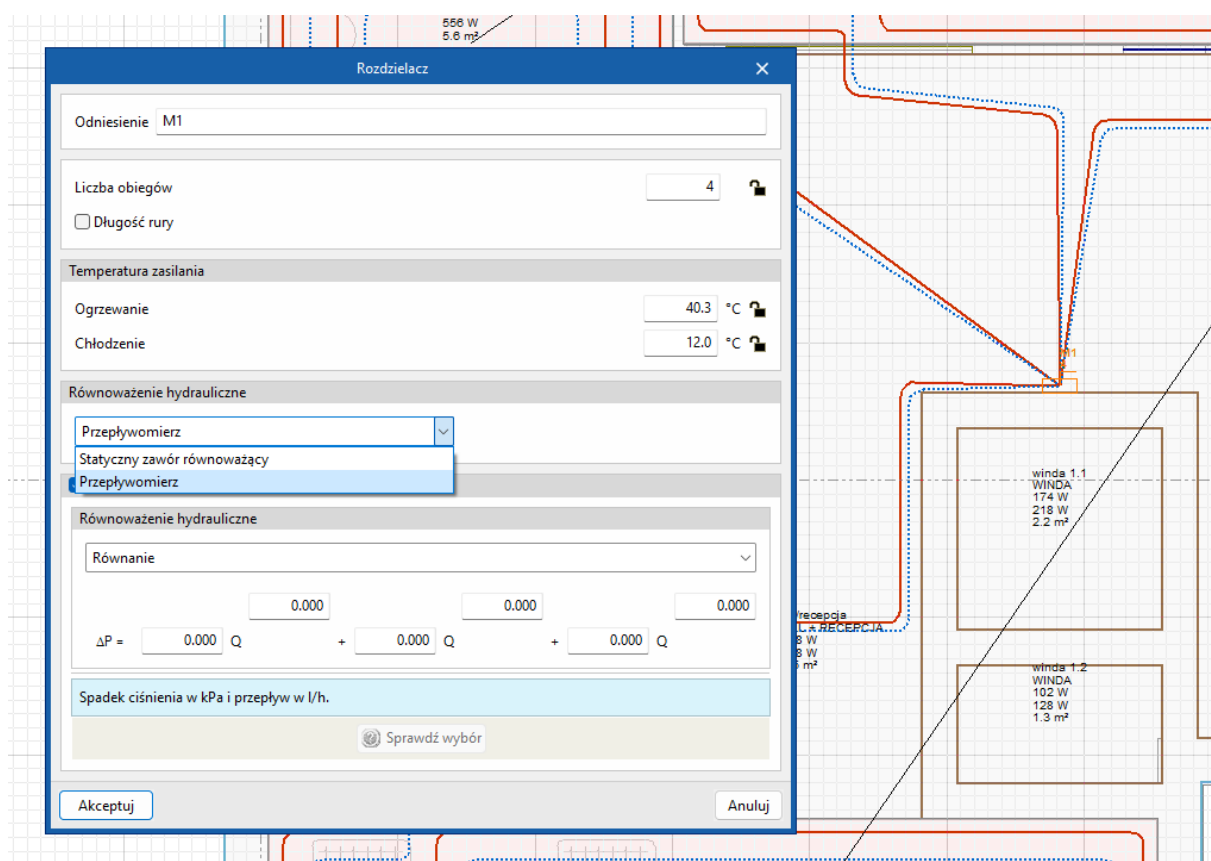
Anuluj

Program umożliwia również wprowadzanie przeszkód (np. stałych elementów zabudowy, słupów, miejsc pod kominki), w których rury nie będą prowadzone. Dzięki temu model odzwierciedla rzeczywiste warunki montażu.





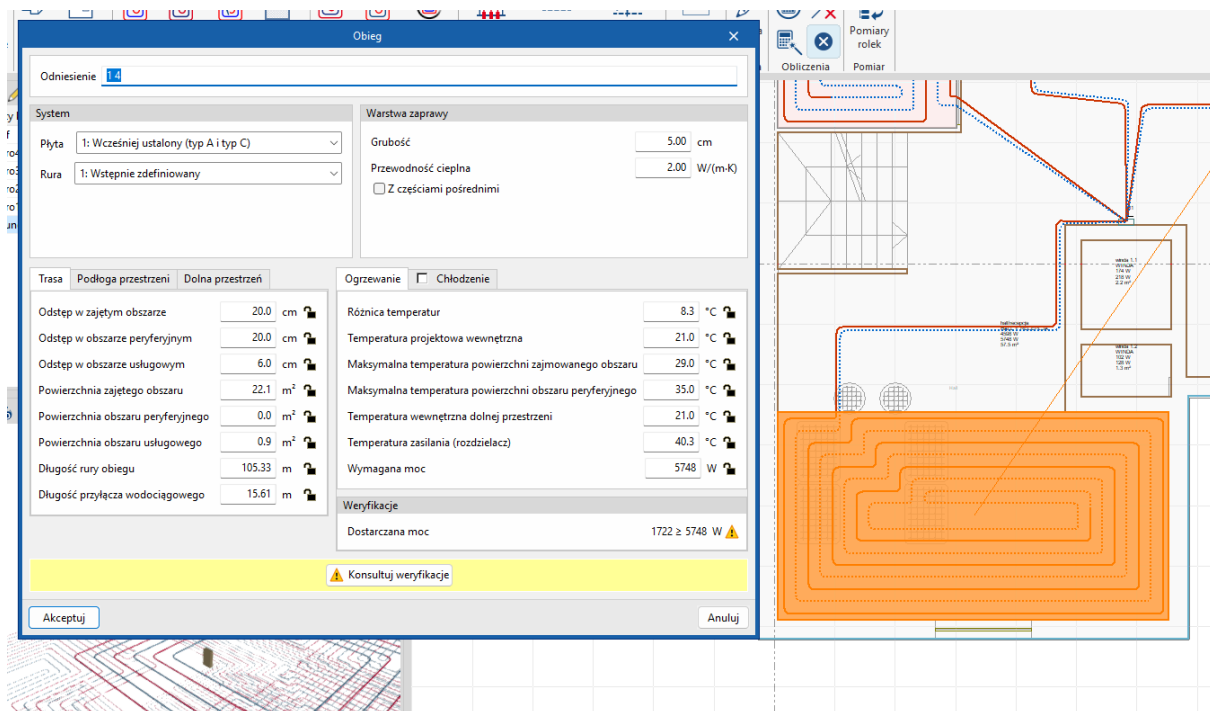
Każdy obieg przypisany jest do rozdzielacza. W module możliwe jest wstawienie rozdzielaczy w wybranych lokalizacjach pomieszczeń lub korytarzy, a następnie podłączenie do nich wszystkich pętli przypisanych do danej strefy.



Warto podkreślić, że źródło zasilania (np. kocioł czy pompa ciepła) oraz podłączenie instalacji z pionami grzewczymi możliwe do zaprojektowania jest w kolejnym oprogramowaniu przewidzianym w workflow pracy CYPE- CYPEHVAC.

4. Obliczenia hydrauliczne i cieplne

CYPEHVAC Radiant Floor automatycznie oblicza przepływy w pętach, dobiera długość obiegów, ustala temperaturę zasilania i powrotu oraz generuje bilans cieplny pomieszczeń. Oprócz tego użytkownik ma możliwość wykonania pomiaru ilości rolek potrzebnych do wykonania instalacji (wraz z informacją o niewykorzystanych materiałach), co pozwala lepiej zaplanować pracę na budowie.



1 4		Łącznie (obieg)	Powierzchnia	
			Zajęta	Użytkowa
Ogrzewanie	Dostarczona moc cieplna W	1722	1722	107
	Gęstość strumienia ciepła W/m²	77.79	77.79	114.72
	Temperatura powierzchniowa °C	28.2	28.2	31.2
Obliczenia hydrauliczne	Długość m	120.94		
	Przepływ l/h	205.11		
	Spadek ciśnienia Pa	34394		
	Jednostkowa strata ciśnienia Pa/m	284.38		

1 4		Łącznie (obieg)	Powierzchnia	
			Zajęta	Użytkowa
Geometria	Powierzchnia m²	22.1	22.1	0.9
	Długość m	120.94	105.33	15.61
	Odstęp cm	-	20.0	6.0
OGRZEWANIE				
Moc cieplna	Gęstość strumienia ciepła W/m²	77.79	77.79	114.72
	Dostarczana moc W	1722	1722	107
	Straty w dół W	149		
	Wymagana moc W	1979		
Temperatury	Powierzchniowa °C	28.2	28.2	31.2
	Tłoczenie °C	40.3		
	Różnica temperatur °C	8.3		
Obliczenia hydrauliczne	Przepływ l/h	205.11		
	Spadek ciśnienia Pa	34394		
	Jednostkowa strata ciśnienia Pa/m	284.38		
	OPIS			
Rura	Wstępnie zdefiniowany			
System	Wcześniej ustalony (typ A i typ C)			

Straty ciepła w dół

$Q_u = \sum A_j \cdot q_{u,j}$
Ogrzewanie
149.3

Gdzie:

- Q_u Straty całkowite spowodowane strumieniem ciepła w dół [W];
 A_j Pole powierzchni j [m²];
 $q_{u,j}$ Straty spowodowane strumieniem ciepła w dół dla powierzchni j [W/m²].

Powierzchnia	$q_u = \frac{1}{R_u} \cdot (R_o \cdot q + \vartheta_i - \vartheta_u)$
	Ogrzewanie
Zajęta	6.35
Użytkowa	9.36

Gdzie:

- q_u Straty spowodowane strumieniem ciepła w dół [W/m²];
 q Gęstość strumienia ciepła systemu podłóg radiacyjnych [W/m²];
 R_u Opór wobec częściowego przenikania ciepła w dół [(m²·K)/W];
 R_o Opór wobec częściowego przenikania ciepła w górę [(m²·K)/W];
 ϑ_i Nominalna temperatura otoczenia w pomieszczeniu [°C];
 ϑ_u Nominalna temperatura otoczenia w pomieszczeniu poniżej [°C].

Powierzchnia	$R_o = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + \frac{s_u}{\lambda_u}$	$R_u = R_{i,ins} + R_{i,sufft} + R_{i,qps} + R_{a,sufft}$
Zajęta	0.122	1.490
Użytkowa		

Gdzie:

- $1/\alpha = 0.093 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W};$
 $R_{a,sufft} = 0.170 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W};$

Weryfikacje:

Graniczna wartość gęstości strumienia ciepła

Gęstość strumienia ciepła systemu nie może przekroczyć wartości granicznej określonej przez maksymalną temperaturę powierzchni i minimalną temperaturę powierzchni.

	q	q_{lim}
Ogrzewanie $q_{lim} = 8.92 (\vartheta_{F,max} - \vartheta_i)^{1,1}$ Zajęta powierzchnia	77.79	≤ 87.85 ✓

Gdzie:

- q Gęstość strumienia ciepła systemu ogrzewania podłogowego [W/m²];
- q_{lim} Graniczna wartość gęstości strumienia ciepła systemu podłóg radiacyjnych [W/m²];
- $\vartheta_{F,max}$ Maksymalna temperatura powierzchni podłogi [°C];
- ϑ_i Temperatura wewnętrzna przestrzeni [°C].

Temperatura powierzchni podłogi

Temperatura osiągnięta na powierzchni podłogi nie może przekraczać maksymalnej dopuszczalnej temperatury i nie może być niższa niż minimalna dopuszczalna temperatura określona z przyczyn fizjologicznych lub ze względów fizycznych budynku.

	ϑ_F	$\vartheta_{F,max}$
Ogrzewanie $\vartheta_F = \vartheta_i + \left(\frac{q}{8.92}\right)^{0,9091}$ Zajęta powierzchnia	28.2	≤ 29.0 ✓

Gdzie:

- ϑ_F Temperatura powierzchni podłogi [°C];
- ϑ_i Temperatura wewnętrzna przestrzeni [°C];
- $\vartheta_{F,max}$ Maksymalna temperatura powierzchni podłogi [°C];
- q Gęstość strumienia ciepła systemu ogrzewania podłogowego [W/m²].

Jawna moc grzewcza

Dostarczana jawna moc grzewcza jest wyższa niż wymagana.

Wymagana jawna moc grzewcza: 5748 W

Dostarczana jawna moc grzewcza: 1722 W ⚠

Pomiary rolek

	Rolek (m)	Obiegi (m)	Pozostałe (m)	
1	200.00	188.06 m	11.94 m	✓
2	100.00	77.05 m	22.95 m	✓
Łącznie pozostałe			34.90 m	

Akceptuj Anuluj

Rzuty kondygnacji

- Roof
- Piętro4
- Piętro3 (77.05 m)
 - M4 (77.05 m)
 - biuro 10 (77.05 m)
 - biuro 11 (Rolka 1)
 - biuro 12 (Rolka 1)
- Piętro2 (519.33 m)
 - M3 (519.33 m)
 - biuro 6 (164.01 m)
 - biuro 7 (84.71 m)
 - biuro 8 (113.36 m)
 - biuro 9 (157.25 m)
- Piętro1 (516.24 m)
 - M2 (516.24 m)
 - biuro 2 (163.37 m)
 - biuro 3 (84.28 m)
 - biuro 4 (111.59 m)
 - biuro 5 (156.99 m)
- Ground floor (482.79 m)
 - M1 (482.79 m)
 - 1 3 (253.39 m)
 - 1 4 (120.94 m)
 - 1 5 (31.59 m)
 - 1 6 (76.86 m)

Proces modelowania instalacji krok po kroku został również przedstawiony w filmie:

<https://www.youtube.com/watch?v=3TQ2sXcBiNA>

Uwagi projektowe dotyczące modelowania w CYPEHVAC Radiant Floor

Na etapie projektowania ogrzewania podłogowego w CYPEHVAC Radiant Floor warto zwrócić uwagę na kilka aspektów, aby uniknąć błędów w obliczeniach:

1. Rozstaw rur: zbyt duży (np. powyżej 25 cm) może powodować lokalne wychłodzenia podłogi.
2. Uwzględnianie przeszkód: definiowanie obszarów, w których rury nie będą prowadzone pozwoli na ograniczenie niepotrzebnych odcinków rur lub uchroni przed przegrzewaniem elementów konstrukcji.
3. Rozmieszczenie rozdzielaczy: warto optymalizować położenie rozdzielaczy, ponieważ pozwoli to na zminimalizowanie długości przewodów zasilających i powrotnych, a także poprawi to równowagę hydrauliczną systemu i zmniejszy spadki ciśnienia.
4. Dobór parametrów warstw posadzki: wprowadzenie rzeczywistych wartości przewodności cieplnej materiałów jest kluczowe do uzyskania wiarygodnych wyników obliczeń.

Ogrzewanie podłogowe stanowi jedno z najbardziej efektywnych rozwiązań w nowoczesnym budownictwie, łącząc wysoką efektywność energetyczną z komfortem cieplnym użytkowników. Dzięki pracy w niskich parametrach temperaturowych idealnie współpracuje z odnawialnymi źródłami energii, takimi jak pompy ciepła czy kotły kondensacyjne, minimalizując koszty eksploatacji.

Kluczem do uzyskania optymalnych wyników jest jednak precyzyjne zaprojektowanie systemu - uwzględniające rozkład rur, parametry warstw posadzki, rozmieszczenie rozdzielaczy oraz rzeczywiste warunki eksploatacji obiektu.

Oprogramowanie CYPEHVAC Radiant Floor umożliwia odwzorowanie tych wszystkich elementów w środowisku BIM, zapewniając obliczenia zgodne z normami europejskimi, wizualizację efektów oraz łatwą integrację z pozostałymi instalacjami budynku. W efekcie projektant otrzymuje narzędzie, które pozwala nie tylko zaplanować układ ogrzewania podłogowego, ale również zweryfikować jego skuteczność i dostosować go do specyficznych wymagań inwestycji.