

Robert Rabjasz
Mieczysław Dzierzgowski
Michał Strzeszewski
Politechnika Warszawska
Warszawa

CENTRALNE OGRZEWANIA MIESZKANIOWE MIKROPRZEWODOWE

1. SYSTEM OGRZEWANIA A KOMFORT CIEPLNY

Organizm ludzki ma zdolność do przystosowania się (aklimatyzacji) do zmiennych warunków otoczenia. Istnieje jednak określony zestaw parametrów zdefiniowany jako zakres komfortu cieplnego, w którym człowiek nie odczuwa ani ciepła, ani chłodu. **Ogólne określenie tych parametrów nie jest jednoznaczne, ponieważ niezależnie od parametrów fizycznych otoczenia, na odczucie komfortu cieplnego przez człowieka mogą mieć wpływ takie czynniki, jak: ubranie, pleć, wiek, stan zdrowia, nawyki czy też predyspozycje psychiczne.** Subiektywne odbieranie wrażeń cieplnych przez ludzi uwzględniane jest we współczesnych metodach pomiarów stopnia komfortu cieplnego. Na przykład według **metody prof. Fanger'a**, tzn. pomiarów zintegrowanych parametrów fizycznych z wprowadzeniem wartości termoizolacyjności ubrania przy użyciu miernika typu COMFY-TEST, wynik pomiaru interpretowany jest w skali procentowej przewidywanej liczby osób niezadowolonych i nawet wskazanie warunków idealnych nie wyklucza, że 5% ludzi prawdopodobnie będzie w tych warunkach „za zimno” lub „za ciepło”.

Ze względu na sposób przekazywania ciepła przez grzejniki do ogrzewanych pomieszczeń, **urządzenia ogrzewcze dzielą się na promieniujące i konwekcyjne.** Podział ten wynika z proporcji strumienia ciepła oddawanego tymi drogami przez grzejniki do pomieszczenia. Grzejnikami typowo promieniującymi są między innymi:

- promienniki,
- taśmy promieniujące,
- grzejniki płaszczyznowe (sufitowe, ścienne i podłogowe),

natomiast grzejniki konwekcyjne, to:

- grzejniki z ogniw żeliwnych i stalowych,
- konwektory.

Zagadnienie czy dla ogrzewania pomieszczeń korzystniejsze jest dostarczanie ciepła na drodze konwekcji, czy przez promieniowanie wywołuje wciąż rozważania, dotyczące między innymi **ustalenia sprawności energetycznej emisji ciepła grzejnika określonego typu, zasięgu cieplnego grzejnika i warunków komfortu cieplnego.** Obie formy dostarczania ciepła dają niewątpliwie różne efekty, które praktycznie mogą wywołać odczucia przyjemne lub być odbierane jako dyskomfort cieplny.

Odczucie przez człowieka ubytku ciepła wskutek wypromieniowania w kierunku zimnych płaszczyzn, np. z powierzchni pleców w kierunku okna, **nie może być wyrównane przez bardziej intensywne napromieniowanie innych części ciała. Zazwyczaj zmienia się wówczas pozycja w stosunku do źródła ciepła.** W odczuciu cieplnym intensywny ruch powietrza (nawet o temperaturze wyższej niż temperatura w pomieszczeniu) może być odbierany jako nieprzyjemny strumień chłodzący.

Ogólnie można obrazowo stwierdzić, że jeżeli w pomieszczeniu ogrzewanym mają panować podobne warunki dobrego samopoczucia, jakie dla większości osób stwarza nie ogrzewany pokój w czasie pięknych wiosennych, letnich czy jesiennych dni, to **temperatura powietrza nie powinna znacznie odbiegać od średniej (możliwie równomiernej) temperatury powierzchni otaczających płaszczyzn, natomiast temperatura powierzchni grzejnych nie powinna zbyt przekraczać temperatury skóry człowieka.**

Stąd wynika wniosek, że **spełnienie wymienionych warunków jest praktycznie możliwe tylko przy zastosowaniu niskotemperaturowych ogrzewań płaszczyznowych.** Podwyższanie temperatury grzejnika, a więc koncentracja źródła ciepła w pomieszczeniu, **intensyfikuje emisję ciepła zwiększając albo natężenie promieniowania cieplnego, albo prędkości ruchu powietrza w pomieszczeniu.** Nie wolno oczywiście przesadzać w ograniczaniu temperatury grzejników, ponieważ nawet temperatury ich powierzchni rzędu 80÷90°C, pomimo obniżenia warunków dobrego samopoczucia, nie są szkodliwe dla zdrowia. Ograniczenie temperatury powierzchni grzejników wynika głównie z faktu, że przy temperaturach wyższych niż 60°C rozpoczynają się procesy suchej destylacji pyłów organicznych i przypiekanie ich na powierzchniach grzejników. Produkty tych procesów drażnią błony śluzowe dróg oddechowych, wzbudzając wrażenie suchości,

bardzo nieprzyjemne zwłaszcza przy znacznie obniżonej wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu w okresie niskich temperatur zewnętrznych.

2. PODSTAWOWE CECHY ENERGOOSZCZĘDNEJ INSTALACJI CENTRALNEGO OGRZEWANIA

Nowoczesną instalację centralnego ogrzewania korzystną dla odbiorcy i umożliwiającą oszczędną gospodarkę ciepłem charakteryzuje:

Brak ubytków wody, a więc szczelność instalacji, docelowo jej hermetyczność

Cecha ta warunkuje jakość wody instalacyjnej i określa w ogóle sensowność stosowania nowoczesnych systemów i elementów c.o., a zwłaszcza precyzyjnej armatury regulacyjnej, liczników ciepła, nowoczesnych grzejników, wysokosprawnych wymienników ciepła itp. Szczelność instalacji jest wskaźnikiem jej trwałości.

Efektywne wykorzystanie energii cieplnej dostarczanej do instalacji

Cechę tę należy rozumieć dwojako, a więc:

- dotrzymanie eksploatacyjnych temperatur i strumieni wody w instalacjach odbiorców, co pozostaje w bezpośrednim związku z efektywnością źródeł ciepła lub systemu ciepłowniczego i właściwie prowadzoną regulacją centralną,
- odpowiedni rozdział nośnika ciepła umożliwiający gospodarowanie energią, z jednoczesną możliwością regulacji miejscowej (najkorzystniej automatycznej) ilościowej.

Warunkiem nadrzędnym jest utrzymanie założonych parametrów komfortu cieplnego w pomieszczeniach.

Umożliwienie rozliczania indywidualnych odbiorców z rzeczywiście zużytej energii

Cecha ta funkcjonuje w pełni w przypadku, kiedy energia staje się towarem również w zakresie wyboru i podaży, a taryfy opłat zachęcają użytkowników do instalowania ciepłomierzy. W tych warunkach jest to sprawdzony stymulator zarówno rozwoju technologicznego systemów ogrzewania, jak i oszczędzania energii.

Odpowiednia stateczność hydrauliczna instalacji

Cecha ta związana z oporami hydraulicznymi odbiorników ma bezpośredni wpływ na właściwy rozdział nośnika ciepła w obiegach, odpowiedni dobór armatury regulacyjnej i działanie automatycznych regulatorów. Jest to wynikiem poprawnie opracowanego projektu regulacji wstępnej instalacji.

Podkreślić należy, że przy ograniczeniu zapotrzebowania na ciepło dla budynków i pomieszczeń, i zmniejszających się obliczeniowych strumieni wody, waga tej cechy rośnie.

Właściwość zastosowanego systemu ogrzewania w określonym zamierzeniu inwestycyjnym

Komentując tą cechę należy podkreślić, że w ogrzewnictwie nie może dalej egzystować i być preferowany tylko jeden system centralnego ogrzewania (z pionowym rozproszaniem nośnika ciepła), zresztą nie najlepszy.

Projektant powinien mieć możliwość wyboru z palety uznanych ogólnie systemów, instalacji najbardziej właściwej z punktu widzenia:

- konstrukcji i przeznaczenia budynku,
- wymagań architektonicznych,
- wymagań komfortu cieplnego albo technologii,
- lokalnych warunków zasilania w ciepło,
- względów ekologicznych,

i wreszcie, co jest szczególnie istotne, życzeń i możliwości finansowych inwestora.

3. OGRZEWANIA MIESZKANIOWE

Z wielu możliwych układów instalacji centralnego ogrzewania wyróżnić należy rozwiązania charakteryzujące się poziomym rozproszaniem nośnika ciepła w ramach mieszkania lub funkcjonalnie związanego ze sobą zespołu pomieszczeń. System ten charakteryzuje jeden punkt dopływu i jeden punkt odpływu czynnika grzejącego dla pojedynczego odbiorcy.

Rozprowadzenie wody instalacyjnej ze źródła do miejsc przyłączenia instalacji wewnętrznej realizuje się tradycyjnie przewodami poziomymi i pionami w układzie dwururowym.

Miejsca przyłączenia instalacji mieszkaniowej, nazywane węzłami mieszkaniowymi, lokalizowane mogą być wewnątrz lub na zewnątrz obsługiwanych mieszkań. Węzeł mieszkaniowy powinien składać się z:

– armatury odcinającej i regulacyjnej oraz odpowietrzników,
a poza tym z:

- rozdzielaczy - w przypadku występowania w instalacji wewnętrznej kilku równoległych obwodów (np. ogrzewania mikroprzewodowego, ogrzewania z grzejnikami płaszczyznowymi),
- liczników ciepła albo wodomierzy w przypadku decyzji o indywidualnym rozliczaniu odbiorców za ciepło zużyte na cele ogrzewania.

System ten jest bardziej korzystny od tradycyjnego, szczególnie w przypadku budynków o podwyższonej termoizolacyjności przegród i dla budynków wysokich.

- Zapewnia on dużą stateczność hydrauliczną instalacji, z uwagi na zwiększone opory hydrauliczne instalacji mieszkaniowych.
- Następuje redukcja ilości pionów (w zasadzie do kilku w całym budynku), co powiększa ich obciążenie. Maleje więc schłodzenie wody w części zasilającej instalacji. Pozostaje to w bezpośrednim związku z właściwym doбором grzejników i dobrą sterownością instalacji.
- Polepszają się również warunki dystrybucji wody do poszczególnych instalacji mieszkaniowych.
- Istnieje możliwość odcinania instalacji domowych bez konieczności wyłączania z ruchu całego zładu.
- Poprawia się estetyka wewnątrz z uwagi na likwidację pionów indywidualnych i możliwość ukrycia przewodów w pomieszczeniach.

Ogólnie można powiedzieć, że układ ogrzewania jest bardzo elastyczny i daje możliwości różnych rozwiązań instalacji wewnętrznych, oraz, że posiada wszelkie cechy instalacji nowoczesnej.

W tym układzie instalacyjnym najbardziej przydatnymi dla celów modernizacji są ogrzewania jednoobwodowe (pętlicowe) poziome jednorurowe, albo ogrzewanie dwururowe w układzie współprądowym. Przewody poziome (średnicy $\phi 10$ lub $\phi 15$) na ogół prowadzone są w listwach przyściennych.

W budynkach nowowznoszonych znacznie lepsze walory użytkowe mają systemy wieloobwodowe – w tym ogrzewania poziome mikroprzewodowe.

4. CHARAKTERYSTYKA OGRZEWANIA MIKROPRZEWODOWEGO

Cechą charakterystyczną tego systemu jest indywidualne doprowadzenie nośnika ciepła (przewodem zasilającym i powrotnym) z rozdzielaczy mieszkaniowych do każdego grzejnika (rys. 1 i 2). Przewody prowadzone są wewnątrz przegrody budowlanej – w podłodze w warstwie estrychowej, lub w ścianie pod tynkiem. Nazwa **ogrzewanie mikroprzewodowe** pochodzi do faktu stosowania małych średnic przewodów – najczęściej od 6 do 10 lub 15 mm. Stosowanie tak małych średnic ułatwia prowadzenie przewodów oraz umożliwia bardziej precyzyjne wyrównanie oporów hydraulicznych instalacji.

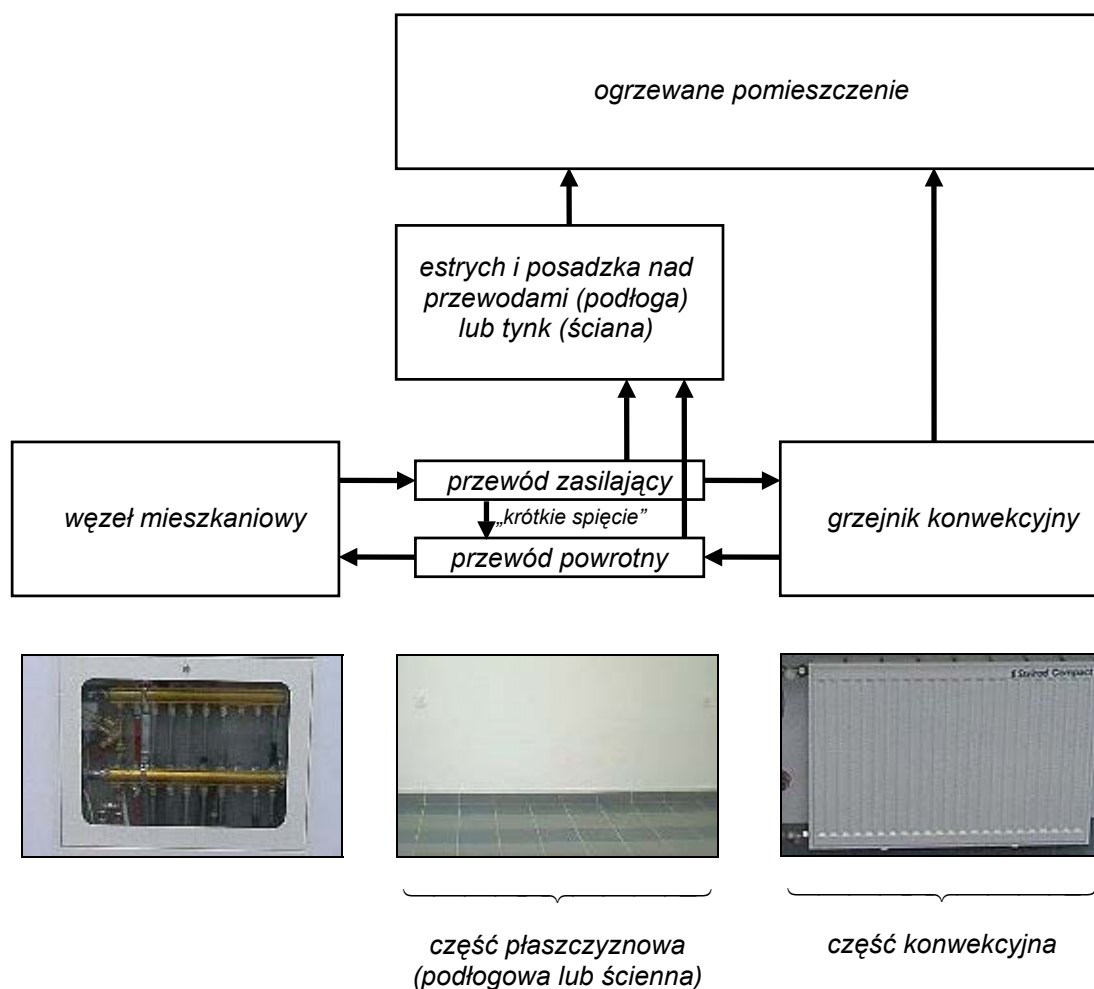
Z powodu wymagania nieprzekraczania dopuszczalnej temperatury powierzchni podłogi lub ściany (26°C , ew. 29°C), należy odpowiednio obniżyć obliczeniową temperaturę wody zasilającej system lub izolować termicznie przewody doprowadzające wodę do grzejników. Obniżona temperatura nośnika ciepła stwarza szerokie możliwości zastosowania nowoczesnych źródeł ciepła, takich jak monowalentna pompa ciepła czy kondensacyjny kocioł gazowy. Co prawda niska temperatura oznacza większą powierzchnię grzejników, ale ogólna tendencja do zwiększania termoizolacyjności budynków ogranicza znacznie wzrost powierzchni grzejników. Poza tym niska temperatura powierzchni grzejników podwyższa komfort cieplny w pomieszczeniu.

W praktyce instalacyjnej często przewody prowadzi się w rurze karbowanej (tzw. *peszlu*). Jest plastikowa rurka osłonowa o harmonijkowym kształcie. W przypadku umieszczenia przewodu wodnego w peszlu powstaje pustka powietrzna o specyficznym kształcie harmonijki. Przyjmuje się, że ta pustka stanowi wystarczającą izolację. Jednak okazuje się, że właściwości izolacyjne takiego rozwiązania są ograniczone, ponieważ estrych wypełniający zewnętrzną stronę peszla znacznie powiększa powierzchnię odbioru ciepła z rury. Jak wykazują pomiary, temperatura wody dopływającej do grzejnika jest znacznie niższa niż temperatura, przyjęta przy doborze grzejnika oraz występuje znaczące przekroczenie dopuszczalnej temperatury przegrody.

Instalacja mikroprzewodowa przyłączona jest to instalacji poprzez **węzeł mieszkaniowy**, który składa się z:

- rozdzielaczy, dzielących strumienie wody na poszczególne obiegi,
- armatury odcinającej i regulacyjnej oraz odpowietrzników,
- liczników ciepła albo wodomierzy w przypadku decyzji o indywidualnym rozliczaniu kosztów ogrzewania.

Przy prawidłowym zaprojektowaniu instalacji ogrzewania mikroprzewodowego tj. m.in. odpowiednio dobranych temperaturach wody (obniżonych w stosunku do systemów tradycyjnych) oraz właściwym zaizolowaniu przewodów, ogrzewanie to można traktować jako ogrzewanie kombinowane **grzejnikowo-podłogowe**, lub **grzejnikowo-ścienne**.



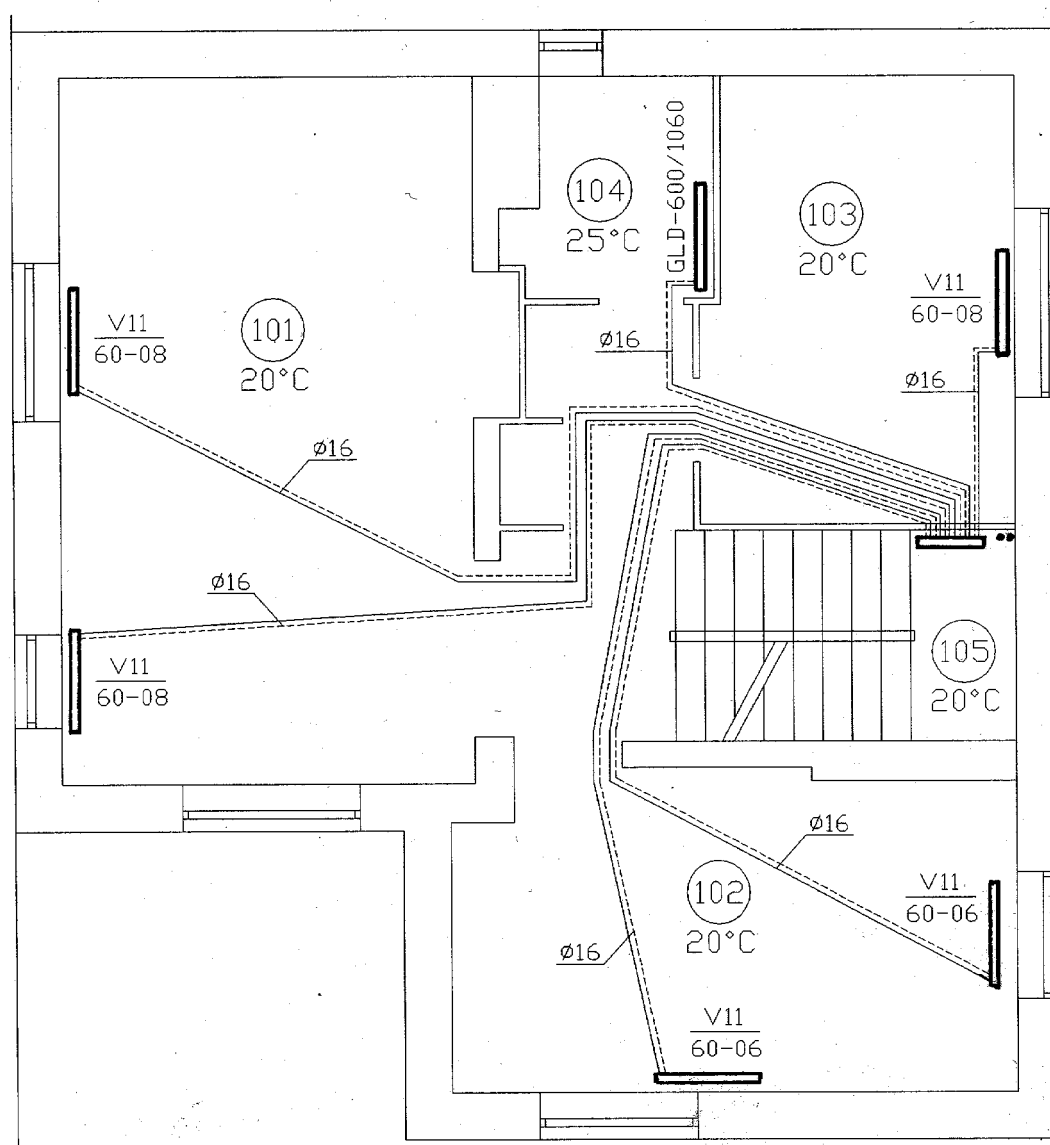
Rys. 1. Schemat modułowy ogrzewania mikroprzewodowego. Strzałkami zaznaczono strumienie ciepła.

Podkreślić należy, że połączenie tych dwóch systemów ogrzewania jest **połączeniem szeregowym**. Komplikacja ta powoduje konieczność zwiększenia dokładności obliczeń cieplno-hydraulicznych. Fakt ten powinien mieć swoje odzwierciedlenie w metodach projektowania. O ile praca grzejników konwekcyjnych jest dokładnie przebadana i istnieją odpowiednie metody projektowania, to zachodzi potrzeba przebadania i uwzględniania w projektowaniu następujących zjawisk, które zachodzą w części **płaszczyznowej** (podłogowej lub ściennej):

1. schłodzenie wody w przewodach prowadzonych w konstrukcji przegrody budowlanej,
2. zyski ciepła od przewodów do pomieszczeń, przez które przechodzą,
3. „krótkie spięcie” tj. bezpośrednia wymiana ciepła pomiędzy przewodem zasilającym i powrotnym z pominięciem ogrzewanego pomieszczenia,
4. ponadto należy zapewnić nieprzekraczanie dopuszczalnych temperatur podłogi i ściany.

W przypadku niewłaściwego zaprojektowania instalacji mogą wystąpić następujące niekorzystne zjawiska: niedogrzewanie pomieszczeń lub przekroczenie dopuszczalnych temperatur powierzchni przegród budowlanych. Niedogrzewaniu jednych pomieszczeń może towarzyszyć przegrzewanie innych, zwłaszcza tam gdzie nagromadzone są przewody np. w przedpokojach.

System ogrzewania mikroprzewodowego, ze względu na posiadane zalety jest systemem bardzo atrakcyjnym dla inwestorów i użytkowników, umożliwiającym zapewnienie komfortowych warunków ogrzewania. Jednak jego prawidłowe działanie uzależnione jest od odpowiedniego zaprojektowania i wykonania instalacji.



Rys. 2. Przykład ogrzewania mikroprzewodowego w budynku jednorodzinny – rzut poziomy

5. WYMAGANIA W ODNIESIENIU DO TEMPERATURY POWIERZCHNI PODŁOGI

W ogrzewaniu mikroprzewodowym istnieje niebezpieczeństwo znacznego podwyższenia temperatury powierzchni przegrody budowlanej tzn. podłogi lub ściany ponad temperaturę powietrza wewnętrznego. W przypadku podłogi problem ten jest szczególnie istotny, ponieważ osoby przebywające w pomieszczeniu mają z nią stały kontakt. Dlatego konieczne stało się określenie **maksymalnej dopuszczalnej temperatury** powierzchni podłogi.

Raport CEN „*Ventilation for buildings – Design criteria for indoor environment*” zaleca unikać w większości sytuacji temperatur powyżej 26°C (“It is recommended that floor temperatures higher than 26°C should be avoided on most occasions”), a szczegółowe wymagania dotyczące dozwolonego zakresu temperatury powierzchni podłogi przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Źródło: CR 1752:1998

Kategoria	Dozwolony zakres temperatury powierzchni podłogi, °C
A	19 – 29
B	19 – 29
C	17 – 31

Kategorie środowiskowe:

A – wysoki poziom wymagań,

B – średni poziom wymagań,

C – umiarkowany poziom wymagań.

Poziom wymagań zależy od zapotrzebowania na jakość klimatu wewnętrznego.

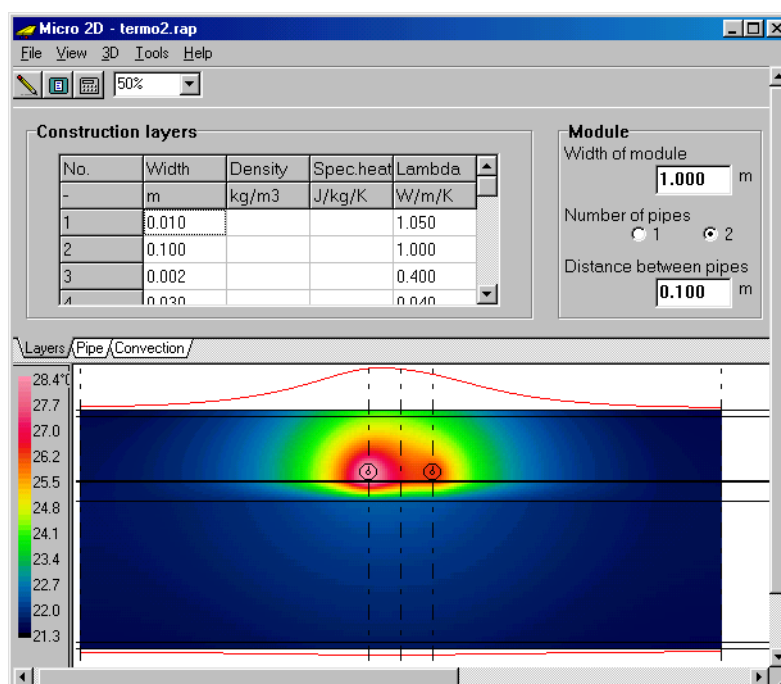
Tabela 2 przedstawia przewidywany procent niezadowolonych *PPD* w zależności od temperatury podłogi.

Tabela 2. *PPD* dla temperatur charakterystycznych – zestawienie własne na podstawie danych z CR 1752:1998

Temperatura powierzchni podłogi, °C	Przewidywany procent niezadowolonych <i>PPD</i>	Opis
23÷24°C	6%	Zakres optymalny
26°C	8%	Temperatura maksymalna zalecana
29°C	12%	Temperatura maksymalna dopuszczalna (dla kategorii wymagań A i B)
31°C	17%	Temperatura maksymalna dopuszczalna (dla kategorii wymagań C)

6. PROGRAM KOMPUTEROWY *MICRO 2D* ORAZ WSTĘPNE POMIARY ROZKŁADÓW TEMPERATURY

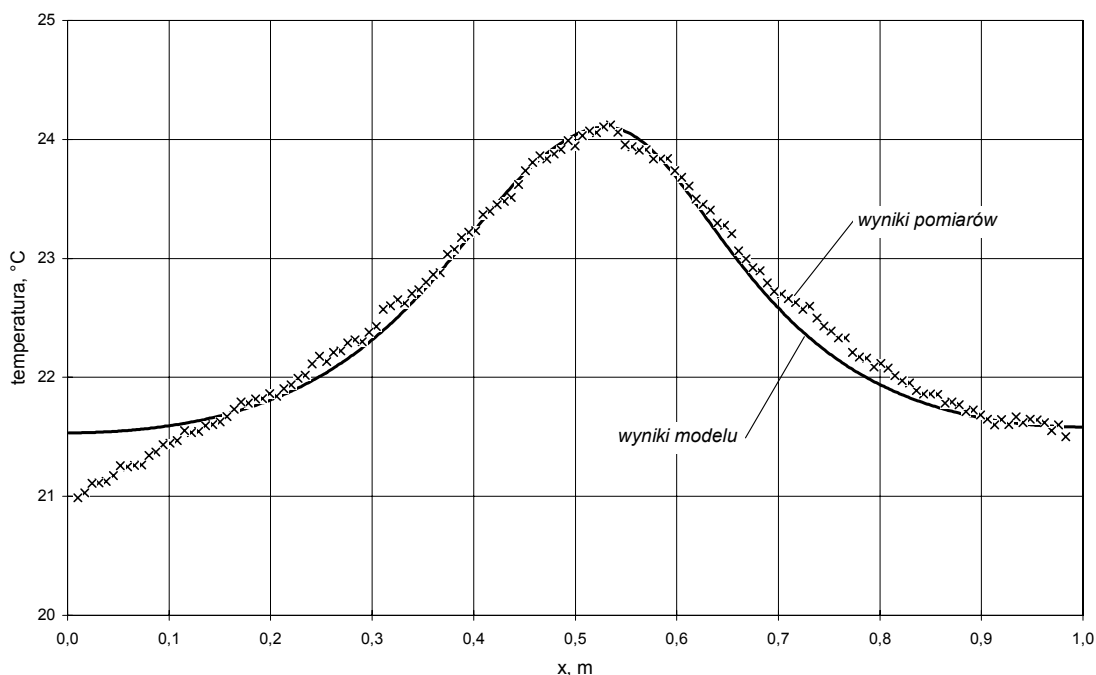
W Instytucie Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej opracowano model matematyczny oraz program komputerowy *Micro 2D*, służące do modelowania pola temperatury w przekroju stropu, w którym prowadzone są przewody c.o. Na rysunku 3 pokazano główne okno programu *Micro 2D*.



Rys. 3. Okno główne programu *Micro 2D*

Program *Micro 2D* umożliwia modelowanie pól temperatury w przekroju stropu lub ściany, przy założeniu, że strop lub ściana składa się z szeregu warstw równoległych. Jako dane do programu wprowadza się konstrukcję przegrody budowlanej, dane o przewodach wodnych i ich izolacji oraz temperatury wody i powietrza. Program oblicza pole temperatury oraz przedstawia je graficznie w formie symulacyjnego zdjęcia termograficznego (rys. 3).

Wstępne pomiary przeprowadzono przy użyciu kamery termowizyjnej Thermovision 470 Pro oraz zestawu pomiarowego opartego na czujnikach oporowych.



Rys. 4. Porównanie wyników pomiarów z wynikami obliczeń modelu matematycznego

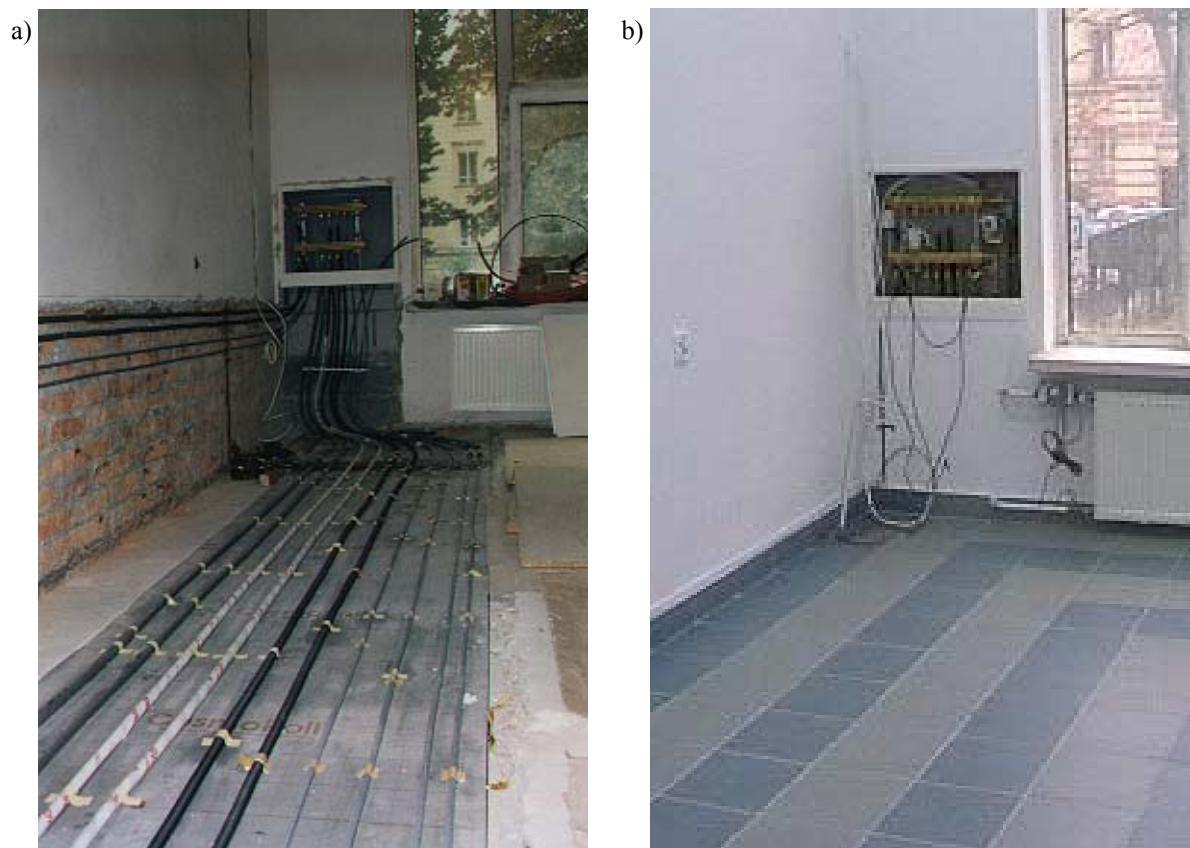
Porównanie przykładowych wyników pomiarów z wynikami obliczeń modelu matematycznego przedstawiono na rys. 4. Analizę przeprowadzono dla rury z tworzywa sztucznego ($d_z/d_w=12/8\text{mm}$) umieszczonej w rurze osłonowej (tzw. peszlu) o średnicy zewnętrznej 20,7 mm. Nad górną tworzącą peszla znajdowała się warstwa betonu o grubości 9 cm oraz terakota. Przewód zasilający i powrotny umieszczone były w odległości 10 cm (pomiędzy osiami). Temperatura wody w przewodzie zasilającym wynosiła 41°C , a w powrotnym 32°C .

Dla przeważającej części badanego obszaru model uzyskał wysoką zgodność z wynikami pomiarów. Jedyne w skrajnym zakresie ($x = 0\div 10\text{ cm}$) zmierzono niższą temperaturę od wyników modelu. Wynikało to z chłodzącego oddziaływania ściany, co nie zostało uwzględnione w modelu. Natomiast w pozostałym zakresie zbieżność modelu z wynikami eksperymentu jest duża, a różnice mieszczą się najczęściej w zakresie dokładności metody pomiarowej.

W prezentowanym przypadku maksymalna temperatura powierzchni podłogi wynosiła $24,1^\circ\text{C}$, a więc nie przekraczała zalecanej temperatury dopuszczalnej (26°C). Natomiast, gdyby temperatura wody w przewodzie zasilającym wynosiła 75°C , a w przewodzie powrotnym 55°C , wówczas temperatura maksymalna podłogi wynosiłaby $44,1^\circ\text{C}$. Wartość ta znacznie przekracza temperaturę dopuszczalną nawet dla pomieszczeń kategorii wymagań C (31°C).

7. LABORATORIUM OGRZEWAŃ MIKROPRZEWODOWYCH

W gmachu Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej zbudowano Laboratorium Ogrzewań Mikroprzewodowych. Zawiera ono badawczą instalację ogrzewania mikroprzewodowego w skali półtechnicznej. Na rys. 5 przedstawiono zdjęcia laboratorium w trakcie budowy oraz po zakończeniu prac budowlanych.



Rys. 5. Fragment Laboratorium Ogrzewań Mikroprzewodowych – a) zdjęcie wykonane w czasie budowy stanowiska, b) zdjęcie wykonane po zakończeniu prac budowlanych

Przewiduje się przeprowadzenie badań, mających na celu uzyskanie pełnych charakterystyk cieplno-hydraulicznych ogrzewań mikroprzewodowych oraz weryfikację modelu numerycznego.

Literatura

1. AGEMA Infrared Systems: *IRwin 2.02 PRO*, Program komputerowy do przetwarzania zdjęć termowizyjnych, Szwecja 1995
2. Rabjasz R., Dzierzgowski M.: *Instalacje centralnego ogrzewania z rur wielowarstwowych*, Wyd. KANON, Gdańsk, 1998
3. Rabjasz R., Dzierzgowski M., Turlejski St., Rymarczyk Z.: *An effective method of application of infrared thermography for diagnostic of elements of central heating installations*, QIRT 2000, Champiain, France
4. Rabjasz R.: *Termorenowacja budynków w zakresie wodnych instalacji ogrzewczych*, Rynek Instalacyjny, 2/2000.
5. Rymarczyk Z.: *Zastosowanie termografii do badania rozkładu temperatury na powierzchniach elementów instalacji centralnego ogrzewania (rozprawa doktorska)*, Warszawa, 1999
6. Strzeszewski M.: *Program komputerowy Micro 2D*, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997-2001
7. Szargut J. i in.: *Modelowanie numeryczne pól temperatury*, WNT, Warszawa, 1992.