

ANALIZA PRACY PŁYTOWEGO FUNDAMENTU GRZEW CZEGO

Janusz BELOK^{*}, Beata WILK-SŁOMKA^{**}

^{*}, ^{**} Politechnika Śląska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice,
e-mail: Janusz.Belok@polsl.pl,
Beata.Wilk-Slomka@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przeanalizowano możliwości zastosowania płytowego fundamentu grzewczego z powietrznym ogrzewaniem podłogowym [5] w budynku jednorodinnym. Rozpatrywano warianty zapewniające uzyskanie komfortu cieplnego, projektowej temperatury powietrza w pomieszczeniu, obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło dla budynku, przy zastosowaniu do ogrzewania pomieszczenia nagrzewnicy elektrycznej oraz zadanej grubości fundamentu.

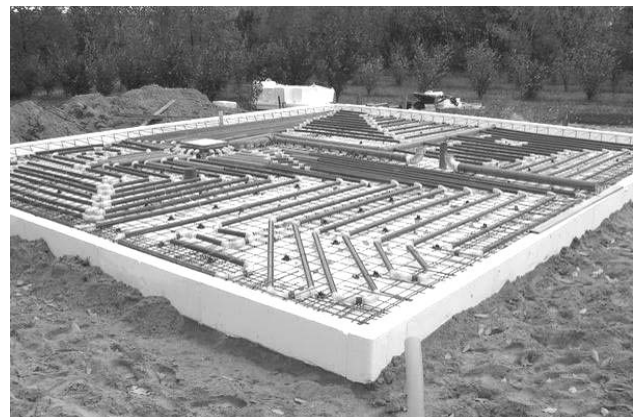
Słowa kluczowe: płytowy fundament grzewczy, powietrzne ogrzewanie podłogowe, esp-r, prąd dwutaryfowy, idealny rozkład temperatury w pomieszczeniu

1. WPROWADZENIE

W każdym pomieszczeniu występują różnice temperatury w kierunku pionowym i poziomym. Najbardziej zbliżonym do optymalnego pionowego rozkładu temperatury charakteryzuje się ogrzewanie podłogowe, które można podzielić ogólnie na wodne oraz elektryczne. Zaletą tego typu ogrzewania jest to, iż "pracuje" zazwyczaj jako tzw. niskotemperaturowe – może być zatem wykorzystywane w nowoczesnych układach wykorzystujących energię ze źródeł niekonwencjonalnych. Natomiast wadami tego systemu są większa bezwładność (trudniejsza regulacja), wyższe koszty inwestycyjne i brak możliwości późniejszych zmian powierzchni grzejnych. Istotnym aspektem w tego typu ogrzewaniach jest akumulacyjność podłogi (kolejność i grubość warstw, rodzaj wykończenia podłogi) [1]. Ideę połączenia posadowienia budynku z powietrznym ogrzewaniem podłogowym reprezentuje płytowy fundament grzewczy [5].

Grzewcza płyta fundamentowa jest połączeniem elementu konstrukcyjnego z podłogową płytą grzewczą. Każdy fundament jest zaprojektowany indywidualnie. Fundament izolowany jest od gruntu płytami styropianowymi

o łącznej grubości $d=16,0$ cm i współczynnikiem przenikania ciepła $U=0,16$ [W/m^2K]. System grzewczy polega na rozprawadzeniu ciepłego powietrza w kanałach zatopionych w płycie fundamentowej. Gorące powietrze jest rozprawadza-ne za pomocą rur spiro o średnicy $\varnothing=100$ mm, ułożonych na pokrytej siatką zbrojeniowej warstwie styropianu. Następnie rury są zalewane betonem. Jednostką grzewczą w tym systemie jest agregat grzewczy elektryczny lub wodny (nagrzewnica), znajdujący się metalowej obudowie umiesz-czonej całkowicie w płycie fundamentowej, zabetonowany (ukrytym pod płytą maskującą). Agregaty wodne mogą być zasilane z kotłów niskotemperaturowych lub z innych źró-deł (piece olejowe, węglowe, elektrociepłownia, pompa ciepła). Odległość między rurami wynosi $0,8\div 1,2$ m. Dłu-gość pętli, jak i ilość kolanek we wszystkich obiegach musi być równa dla zapewnienia jednakowego przepływu powie-trza. Sterowanie systemem odbywa się poprzez termostaty znajdujące się w pomieszczeniu [5]. Na rys. 1 przedstawio-no przykładowy płytowy fundament grzewczy.



Rys. 1. Przykładowy płytowy fundament grzewczy [5]
Fig 1. An exemplary plate heat foundation [5]

2. PRZEDMIOT ANALIZ

Przedmiotem pracy jest budynek jednorodzinny parterowy z poddaszem nieużytkowym (nieogrzewanym), niepodpiwniczony, wykonany w technologii drewnianej szkieletowej lekkiej. Budynek, zlokalizowany został w okolicach Gliwic, przeznaczony dla czterech osób. Przykryty dwuspadowym dachem o kącie nachylenia 40° ; dach przekryty blachą cynkowo-tytanową. Budynek składa się z pokoju dziennego, połączonego z kuchnią, trzech sypialni, dwóch łazienek, gabinetu, kotłowni, przedsionka (część ogrzewana) oraz garażu i pomieszczenia gospodarczego (część nieogrzewana). Na rys. 2 przedstawiono rzut oraz elewacje rozpatrywanego obiektu.

Zestawienie powierzchni:

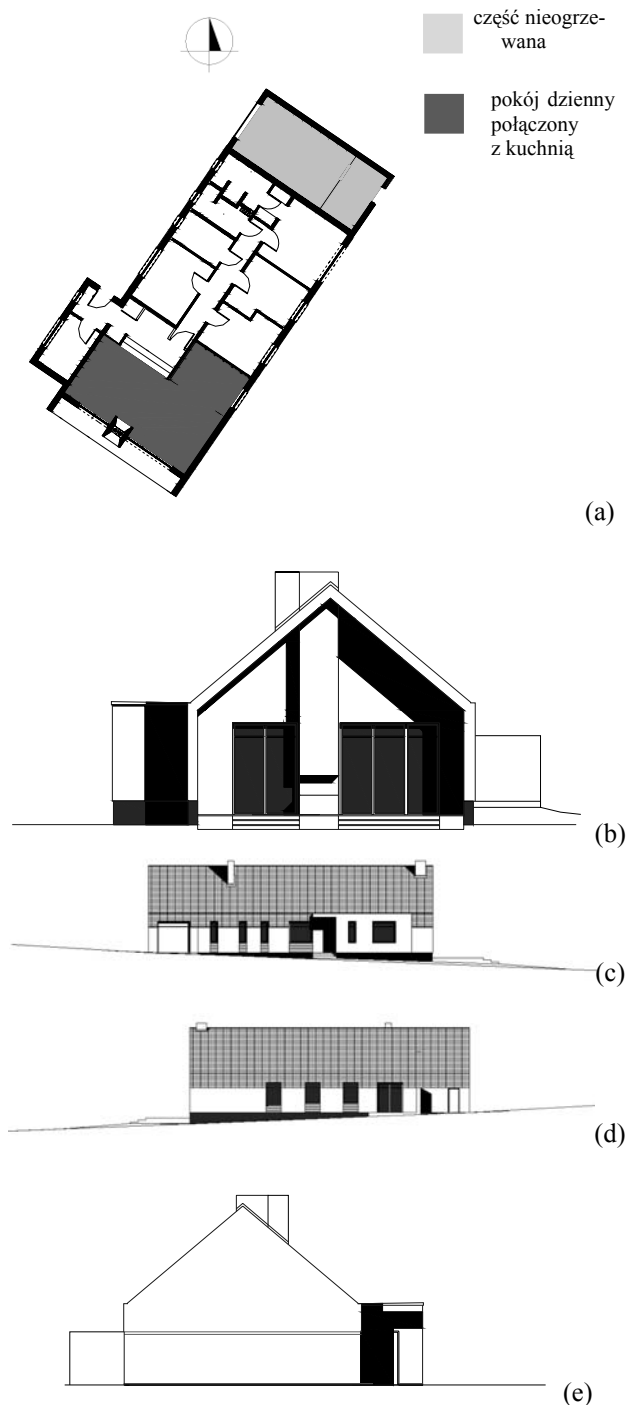
– powierzchnia całkowita: $165,15 \text{ m}^2$

– powierzchnia użytkowa ogrzewana: $136,03 \text{ m}^2$.

Obliczenia zapotrzebowania na energię końcową przeprowadzono zgodnie z procedurą zawartą w [3]. Roczne zapotrzebowanie na ciepło dla budynku wynosi $12280,28 \text{ [kWh]}$, wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową: $EK = 90,28 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}$. W tab. 1 zestawiono współczynniki przenikania ciepła przegród budynku (wszystkie przegrody spełniają wymagania izolacyjności termicznej zawarte w [2]).

Tabela 1. Współczynniki przenikania ciepła przegród budynku
Table 1. Heat transfer coefficients of building partitions

Rodzaj przegrody	Współczynnik przenikania ciepła $U \text{ [W/m}^2\text{K]}$
podłoga na gruncie	0,36
ściana zewnętrzna	0,20
strop nad parterem	0,25
dach	0,18



Rys. 2. Analizowany budynek: (a) rzut parteru; elewacje: (b) południowo-zachodnia, (c) północno-zachodnia, (d) południowo-wschodnia, (e) północno-wschodnia

Fig. 2. The analyzed building: (a) projection of the ground floor; elevations: (b) S-W, (c) N-W, (d) S-E, (e) N-E

3. MODEL ORAZ ZAŁOŻENIA ANALIZ

W obliczeniach przyjęto następujące założenia:

- dane klimatyczne dla stacji meteorologicznej: Katowice;
- stacja aktywności: Chorzów.
- układ pomiarowo-rozliczeniowy umożliwiający rejestrację zużycia energii elektrycznej w podziale na dwie strefy czasowe (dzień i noc). Podział na strefy czasowe przyjęto zgodnie z [6]: dzień: $6^{00} \div 13^{00}$, $15^{00} \div 22^{00}$; noc: $22^{00} \div 6^{00}$, $13^{00} \div 15^{00}$.

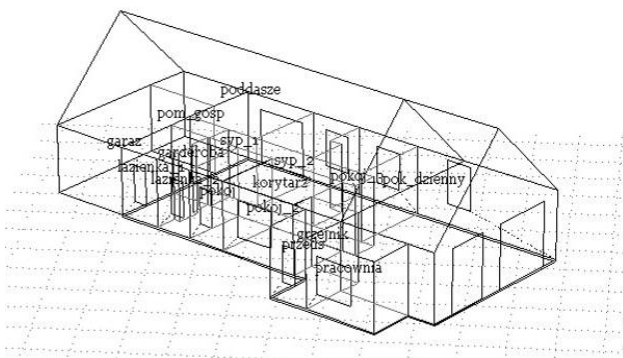
Na rys. 3 przedstawiono model obiektu wykonany w programie esp-r. Rys. 4, 5 ilustrują dane klimatyczne wykorzystane w symulacji komputerowej.

W artykule zaprezentowano wyniki dla miesiąca o najniższych średnich wieloletnich wartościach temperatury powietrza zewnętrznego – luty. Na rys. 6 przedstawiono wartości temperatury powietrza zewnętrznego, a na rys. 7 natężenia całkowitego promieniowania słonecznego dla miesiąca lutego.

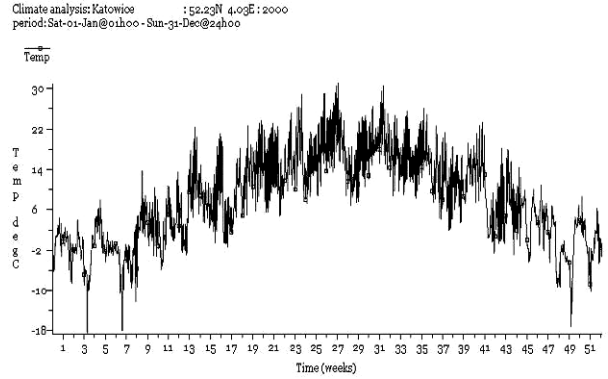
W celu określenia komfortu cieplnego posłużono się wskaźnikiem PMV, który przewiduje średnią ocenę dużej grupy osób w siedmiostopniowej skali. „Wskaźnik PMV jest oparty na równowadze cieplnej ciała człowieka. Człowiek znajduje się w równowadze cieplnej, gdy wewnętrzne wytwarzanie ciepła w jego ciele jest równe utracie ciepła do otoczenia” [4]. W tab. 2 przedstawiono skalę ocen wskaźnika PMV.

Tabela 2. Skala ocen wskaźnika PMV [4]
Table 2. Grading scale of PMV index [4]

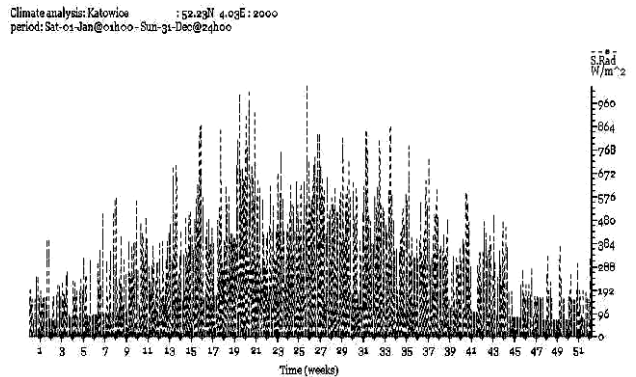
+ 3 gorąco	0 obojętnie	- 1 dość chłodno
+ 2 ciepło		- 2 chłodno
+ 1 dość ciepło		- 3 zimno



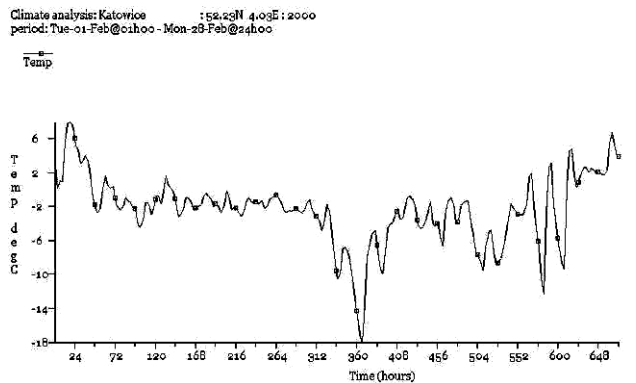
Rys. 3. Model budynku wykonany w programie esp-r
Fig. 3. The building model made in esp-r



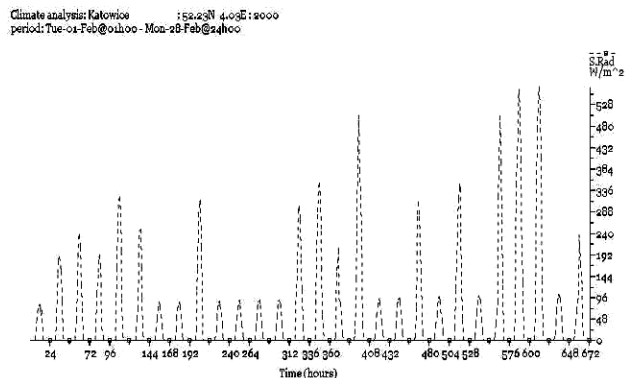
Rys. 4. Średnie wieloletnie wartości temperatury powietrza zewnętrznego dla Katowic – $1.01 \div 31.12$.
Fig. 4. The average of many years' value of outside air temperature for Katowice – $1.01 \div 31.12$.



Rys. 5. Średnie wieloletnie wartości natężenia całkowitego promieniowania słonecznego dla Katowic – $1.01 \div 31.12$.
Fig. 5. The average of many years' value of total solar radiation intensity for Katowice – $1.01 \div 31.12$.



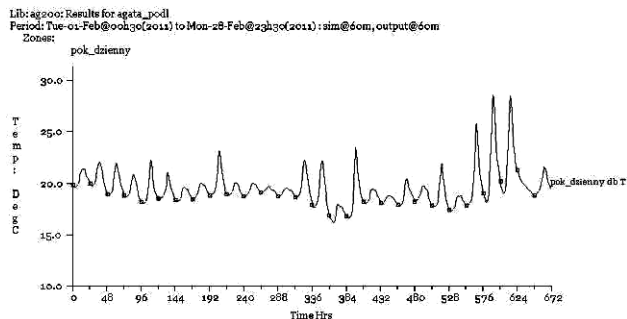
Rys. 6. Średnie wieloletnie wartości temperatury powietrza zewnętrznego dla Katowic – $1.02 \div 28.02$.
Fig. 6. The average of many years' value of outside air temperature for Katowice – $1.02 \div 28.02$.



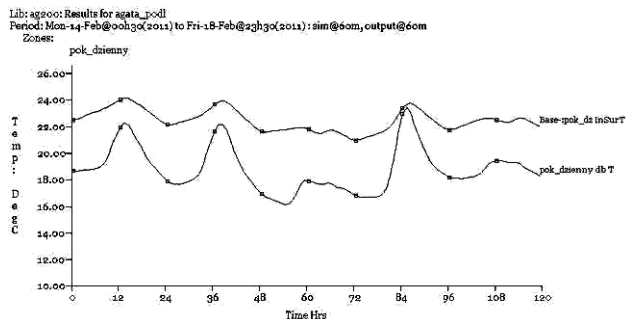
Rys. 7. Średnie wieloletnie wartości natężenia całkowitego promieniowania słonecznego dla Katowic – 1.02÷28.02
 Fig. 7. The average of many years' value of total solar radiation intensity for Katowice – 1.02÷28.02

4. WYNIKI ANALIZ

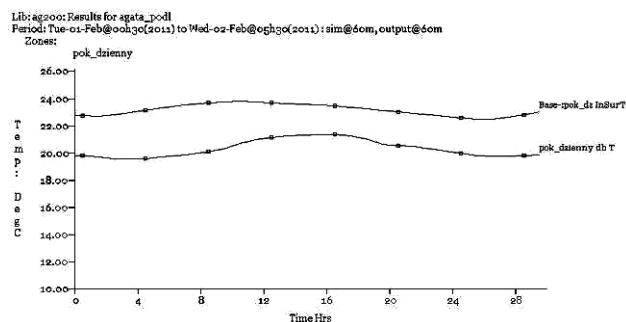
Analizy obejmowały określenie wpływu przerw w ogrzewaniu budynku zgodnie z dostępnością energii tylko w taryfie nocnej przy danej grubości płytowego fundamentu grzewczego na uzyskanie komfortu cieplnego (wskaźnik PMV), projektowej temperatury powietrza w pomieszczeniu, obliczeniowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania dla budynku, przy zastosowaniu do ogrzewania nagrzewnicy elektrycznej. Symulacje były prowadzone dla całego budynku, natomiast prezentowane są wyniki dla pokoju dziennego połączonego z kuchnią (orientacja: południowy-zachód), które tworzą jedną przestrzeń o największej powierzchni przegród przeszklonych (13,23 m²) i największej powierzchni ogrzewanej (47,77 m²). W obliczeniach przyjęto założenia opisane w punktach 2 oraz 3. Na rys. 8÷19 prezentowane są wyniki dla miesiąca najzimniejszego (luty) przy różnych grubościach płyty grzewczej (d=200, 250 i 300 mm). Dodatkowo wybrano okres kilku najzimniejszych dni z rzędu (14.02÷18.02.). Dla celów zobrazowania dobowych wahań temperatury przedstawiono wyniki dla doby najzimniejszej (1.02÷2.02).



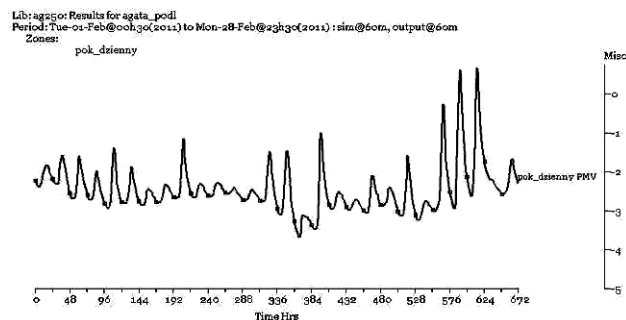
Rys. 8. Temperatura powietrza w pokoju dziennym dla grubości płyty grzewczej d=200mm – 1.02÷28.02
 Fig. 8. The air temperature in the living room for the heating plate thickness d=200mm – 1.02÷28.02



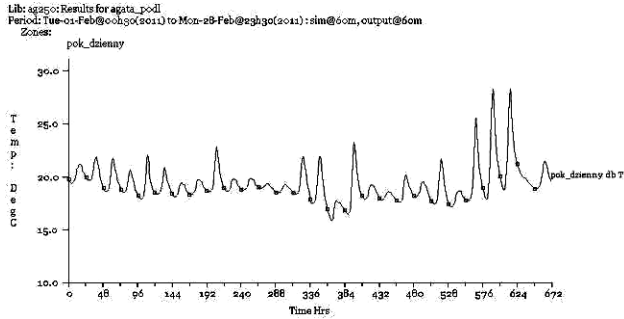
Rys. 9. Temperatura powietrza w pokoju dziennym i powierzchni podłogi przy grubości płyty grzewczej d=200mm – 14.02÷18.02
 Fig.9. The air temperature and the floor in the living room for the heating plate thickness d=200mm – 14.02÷18.02



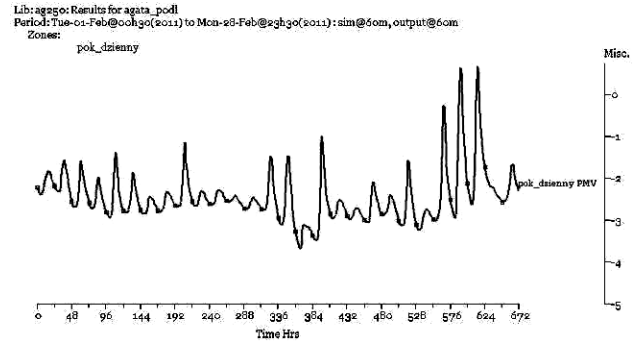
Rys. 10. Temperatura powietrza w pokoju dziennym i powierzchni podłogi dla grubości płyty grzewczej d=200mm – 1.02÷2.02
 Fig. 10. The air temperature and the floor in the living room for the heating plate thickness d=200mm – 1.02÷2.02



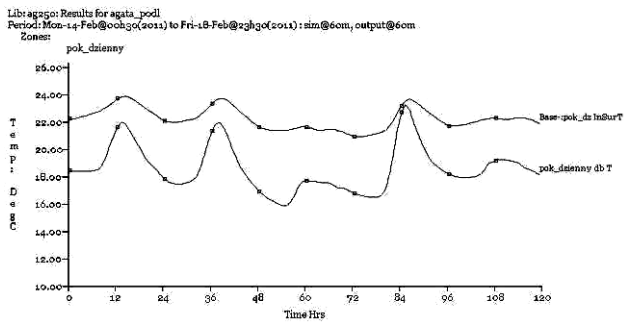
Rys. 11. Wartości wskaźnika PMV dla pokoju dziennego przy grubości płyty grzewczej d=200mm – 1.02÷28.02
 Fig. 11. PMV values for the living room for the heating plate thickness d=200mm – 1.02÷28.02.



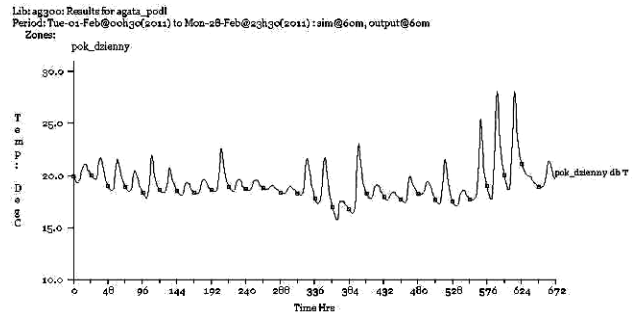
Rys. 12. Temperatura powietrza w pokoju dziennym przy grubości płyty grzewczej $d=250\text{mm}$ – 1.02÷28.02
 Fig. 12. The air temperature in the living room for the heating plate thickness $d=250\text{mm}$ – 1.02÷28.02



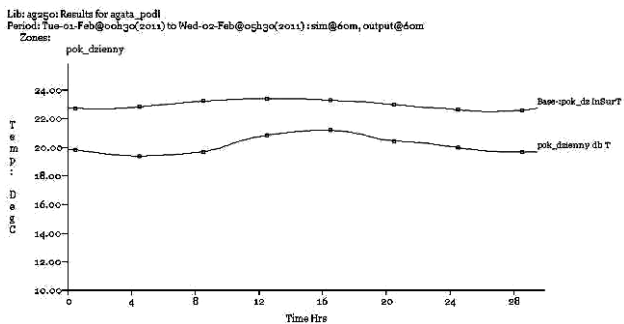
Rys. 15. Wartości wskaźnika PMV dla pokoju dziennego przy grubości płyty grzewczej $d=250\text{mm}$ – 1.02÷28.02
 Fig. 15. PMV values for the living room for the heating plate thickness $d=250\text{mm}$ – 1.02÷28.02



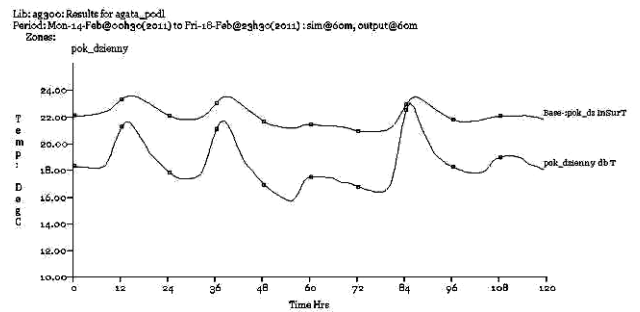
Rys. 13. Temperatura powietrza w pokoju i powierzchni podłogi przy grubości płyty grzewczej $d=250\text{mm}$ – 14.02÷18.02
 Fig. 13. The air temperature and the floor in the living room for the heating plate thickness $d=250\text{mm}$ – 14.02÷18.02



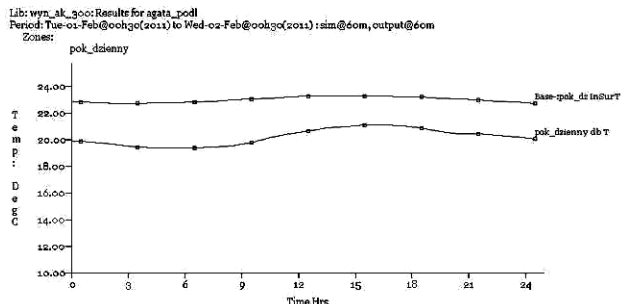
Rys. 16. Temperatura powietrza w pokoju dziennym przy grubości płyty grzewczej $d=300\text{mm}$ – 1.02÷28.02
 Fig. 16. The air temperature in the living room for the heating plate thickness $d=300\text{mm}$ 1.02÷28.02



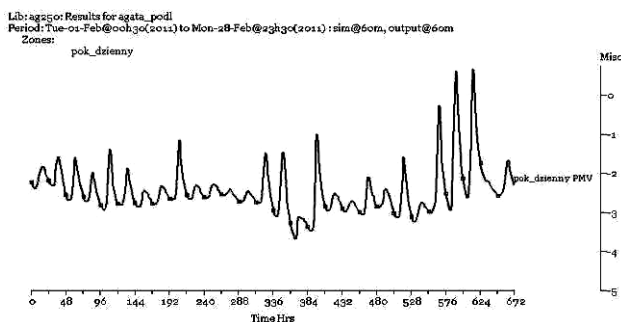
Rys. 14. Temperatura powietrza w pokoju dziennym i powierzchni podłogi dla grubości płyty grzewczej $d=250\text{mm}$ – 1.02÷2.02
 Fig. 14. The air temperature and the floor in the living room for the heating plate thickness $d=250\text{mm}$ – 1.02÷2.02



Rys. 17. Temperatura powietrza w pokoju dziennym i powierzchni podłogi dla grubości płyty grzewczej $d=300\text{mm}$ – 14.02÷18.02
 Fig. 17. The air temperature and the floor in the living room for the heating plate thickness $d=300\text{mm}$ – 14.02÷18.02



Rys. 18. Temperatura powietrza w pokoju dziennym i powierzchni podłogi dla grubości płyty grzewczej $d=300$ mm – 1.02÷2.02
 Fig. 18. The air temperature and the floor in the living room for the heating plate thickness $d=300$ mm – 1.02÷2.02



Rys. 19. Wartości wskaźnika PMV dla pokoju dziennego przy grubości płyty grzewczej $d=300$ mm – 1.02÷28.02
 Fig. 19. PMV values for the living room for the heating plate thickness $d=300$ mm – 1.02÷28.02.

Analiza wyników obliczeń pozwala na poniższe stwierdzenia:

- temperatura powietrza w pomieszczeniu dla najzimniejszego miesiąca (luty) waha się w przedziale $16\div 28^{\circ}\text{C}$;
- temperatura powierzchni podłogi waha się w przedziale $21\div 24^{\circ}\text{C}$ dla najzimniejszych kilku dni z rzędu (14÷18.02). Porównując wartości te z temperaturą powierzchni podłogi w pomieszczeniach takich jak pokoje, kuchnia dla ogrzewania podłogowego, która nie powinna przekraczać 29°C [1], uzyskano wartości zadowalające;
- dla najzimniejszej doby (1.02÷02.02) temperatura powietrza w największym pomieszczeniu waha się w przedziale $19,5\div 21^{\circ}\text{C}$ (projektowa temperatura powietrza została zapewniona);
- ocena warunków komfortu cieplnego jest niekorzystna dla okresu najzimniejszego miesiąca, wartości wahają się w przedziale $\text{PMV} = +0,5 \div -3$ – por. tab. 2. niezależnie od grubości płyty grzewczej.

5. PODSUMOWANIE

Analizy uzyskanych wyników wykazały, iż przy zastosowaniu przerw w ogrzewaniu (zastosowanie energii tylko taryfie nocnej) nie uzyskano obliczeniowego zapotrzebo-

wania na ciepło do ogrzewania dla budynku. Rozważając najzimniejszy miesiąc w roku (luty) stwierdzono, iż także nie da się uzyskać projektowej temperatury powietrza w pomieszczeniu (20°C) dla takich założeń oraz grubości płyty grzewczej w przedziale $d=200\div 300$ mm. Jednakże dla najzimniejszej doby w ciągu roku (1.02÷02.02) projektowa temperatura powietrza w pomieszczeniu została osiągnięta. Uzyskane wyniki obliczeń zachęcają do podjęcia prób poszukiwania takiej pojemności cieplnej płyty grzewczej, która byłaby w stanie zapewnić zarówno obliczeniowe zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania dla budynku oraz projektowe temperatury w pomieszczeniach.

WORK ANALYSIS OF THE PLATE HEATING FOUNDATION

Summary: In the article possibilities of using the plate heating foundation with the air floor heating [5] at the single-family building were analysed. Variants guaranteeing obtaining thermal comfort, design air temperature in the room, computational demand for the heating of building, at applying the electric and set stove for heating air up thicknesses of the foundation were being considered.

Literatura

- [1] Recknagel H. i inni.: Ogrzewanie i klimatyzacja. EWFE, Gdańsk 1994
- [2] Rozporządzenie MI, DzU Nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami
- [3] Rozporządzenie MI, DzU Nr 201, poz. 1240 z późniejszymi zmianami
- [4] PN-EN ISO 7730:2006. Ergonomia środowiska termicznego. Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów lokalnego komfortu termicznego
- [5] www.legalett.com.pl
- [6] www.vatenfall.pl
- [7] www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.