

## ANALIZA OGRZEWANIA PODŁOGOWEGO W DOMACH PASYWNYM I TRADYCYJNYM

Paweł ŁUKJANIUK<sup>a</sup>, Katarzyna GŁADYSZEWSKA-FIEDORUK<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup>student, Politechnika Białostocka, Inżynieria Środowiska V rok

<sup>b</sup>Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

**Streszczenie:** Artykuł dotyczy analizy ogrzewania podłogowego domku pasywnego znajdującego się w miejscowości Dzikie gm. Choroszcz, oraz domku wykonanego w technologii tradycyjnej znajdującego się w miejscowości Dzikie gm. Choroszcz. W celu dokonania analizy dokonano obliczeń rocznego zapotrzebowania na ciepło dla obu budynków przy pomocy programu Purmo OZC, co z kolei pozwoliło na wykonanie obliczeń ogrzewania podłogowego za pomocą programu OVplan. W artykule przedstawiono uzyskane rezultaty oraz wnioski.

*Słowa kluczowe:* bilans energetyczny, ogrzewanie podłogowe, budownictwo pasywne.

### 1. Wprowadzenie

#### 1.1. Co to jest budynek pasywny?

Budynek pasywny jest często mylony z budynkiem energooszczędnym, który ma zużywać stosunkowo mało energii na cele grzewcze, czyli budynkiem dobrze ocieplonym. Takie budynki, poprawnie wykonane, potrafią zużywać tylko 30 kWh/m<sup>2</sup>rok. Natomiast budynek pasywny, w naszym klimacie, ma inne wymagania. Rekordzista - może zużywać tylko 1,5 litra oleju opałowego na rok/m<sup>2</sup> powierzchni. Pojęcie „dom pasywny” pochodzi z Niemiec, gdzie po raz pierwszy zajęto się problemem opracowania domu, który z założenia będzie zużywał bardzo mało energii. Przyjęto, że tą graniczną wartością będzie 15 kWh/m<sup>2</sup> rok (Fiest, 2006).

#### 1.2. Podstawowe cechy domu pasywnego

##### 1.2.1. Przegrody zewnętrzne

Aby ograniczyć straty ciepła przez przegrody, dom pasywny musi mieć szczelne, warstwowe ściany z izolacją pozwalającą osiągnąć współczynnik przenikania ciepła  $U$  na poziomie 0,15 W/m<sup>2</sup>K. Można to uzyskać stosując różne technologie, zawsze jednak jest to ściana warstwowa o grubości warstwy izolacyjnej (styropian, wełna mineralna, włókna celulozowe) na poziomie około 40 cm. Odpowiednio grubą warstwę materiału

izolacyjnego stosuje się też do ocieplenia stropodachu i podłogi na gruncie. Konstrukcja zewnętrzna domu musi być bardzo szczelna i pozbawiona mostków termicznych.

##### 1.2.2. Okna

Bardzo ważnym elementem są szczelne, potrójnie szklone okna, wypełnione gazem szlachetnym (na ogół argonem), zamocowane w wielokomorowych ramach, charakteryzujące się łącznym współczynnikiem przenikania ciepła  $U$  o wartości poniżej 0,8 W/m<sup>2</sup>K. Ważna jest też wielkość okien i ich współczynnik przepuszczania promieniowania słonecznego. Zyski ciepła od promieniowania słonecznego wpadającego przez okna od strony południowej mają wynosić do 40%.

##### 1.2.3. Wentylacja mechaniczna

Wentylacja powinna być nawiewno-wywiewna z rekuperacją oraz gruntowym wymiennikiem ciepła. Wymiennik podgrzewa w gruncie wlotowe powietrze wentylacyjne zimą (dzięki temu mniejsze jest zużycie energii na podniesienie jego temperatury do temperatury pokojowej) i chłodzi je latem (dla komfortu mieszkańców). Zależnie od rodzaju rekuperatora możliwy jest odzysk ciepła z odprowadzanego powietrza wentylacyjnego na poziomie 80% (Piotrowski 2009).

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: k.gladyszewska@pb.edu.pl

### 1.2.4. Ogrzewanie

System ogrzewania w domu pasywnym zredukowany jest do minimum. O ile w domach tradycyjnych większa część energii zużywana jest na ogrzewanie pomieszczeń, a przygotowanie ciepłej wody użytkowej stanowi tylko jego nieznaczny procent, o tyle w domu pasywnym proporcje są odwrotne. Zapotrzebowanie na konwencjonalne ogrzewanie wynosi 15 kWh/m<sup>2</sup>/rok. Wystarczy zatem nieznaczne dogrzanie powietrza wlotowego, aby móc ogrzać cały dom.

### 1.2.5. Szczelna powłoka

Szczelność budynku sprawdza się specjalnym urządzeniem przeprowadzając tzw. Blower-Door-Test. Test ma wykazać, że szczelność przegród gwarantuje wymianę powietrza przez nie poniżej 0,6 l/h przy różnicy ciśnień 50 Pa. Przy takiej szczelności konieczne jest wyposażenie w system wentylacji mechanicznej.

### 1.3. Zalety domu pasywnego

Zalety domu pasywnego są następujące:

- Opłaty za ciepło potrzebne do ogrzania są 10 razy mniejsze.
- Jest zdecydowanie wyższy codzienny komfort życia i bardzo czyste powietrze w domu poprzez wymuszoną wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła.
- Mniejsza zależność od cen nośników energii.
- Dom o większej wartości rynkowej, który także za 20 lat będzie domem innowacyjnym i nowoczesnym..

### 1.4. Jakie warunki musi spełniać dom pasywny?

Warunki jakie powinien spełniać dom, aby był uznany za pasywny (Piotrkowski i Dominiak, 2006):

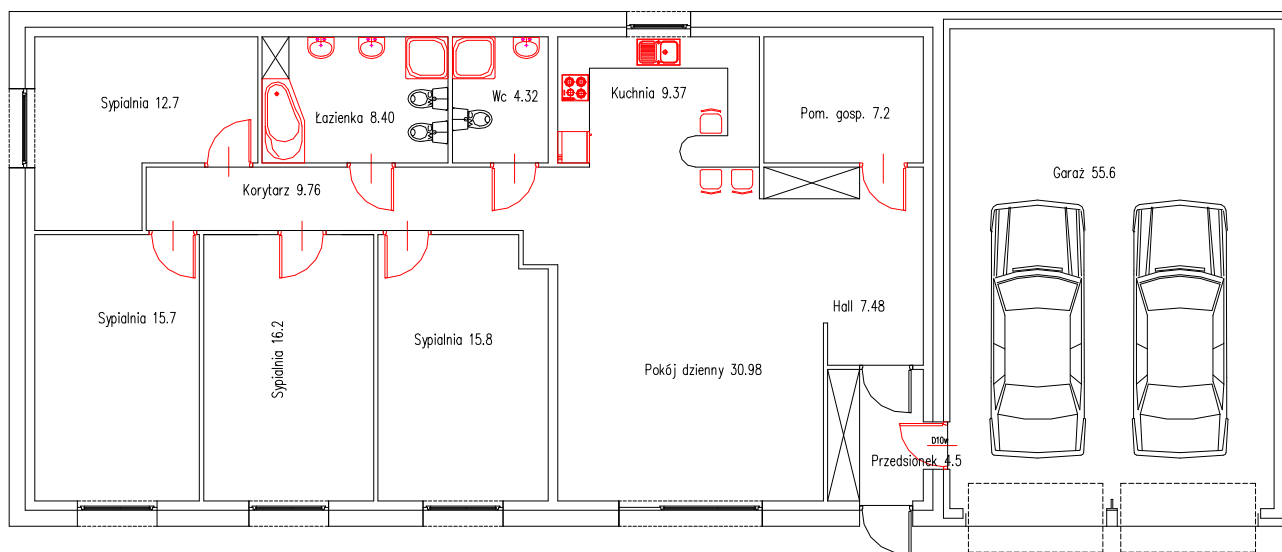
- Ma być otwarty na południe, „operacja słońca”, ma być maksymalnie długi, dostęp słońca nie może być „zablokowany” poprzez wysoki dom, drzewa, górę,
- Powinien być doskonale ocieplony – min. 30 cm ocieplenia płyty fundamentowej, ściany i dachu, współczynnik przenikania dla przegród zewnętrznych powinien wynosić  $\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- Maksymalnie zredukowane mostki termiczne,  $\Psi$  zewnątrz  $\leq 0,01 \text{ W/mK}$  dla wszystkich detali połączeniowych,
- Powinien być doskonale szczelny,
- Musi mieć zwartą, kompaktową budowę,
- Musi mieć ciepłe, trzy szybowe okna i ocieplone ramy okna o dwukrotnie większej grubości, współczynnik  $U$  dla ramy i szyby maksymalnie  $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- Ma mieć wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła (rekuperator) 80-90%,
- Ściany nie mogą mieć niższej temperatury niż  $17 \text{ }^\circ\text{C}$ , przy założeniu: temperatury  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  na zewnątrz i  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$  wewnątrz,
- Roczny wskaźnik zapotrzebowania na ciepło nie może wynosić więcej niż  $15 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$ ,
- Łączne zapotrzebowanie na tzw. energię pierwotną wraz z zapotrzebowaniem na energię elektryczną nie może być większe niż  $120 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$ .

Projektant domu pasywnego powinien zwiększać zyski ciepłe i zarazem redukować straty ciepłe..

## 2. Analizowane budynki

Rzuty analizowanych domów przedstawia rysunek 1.

Oba budynki posiadają taką samą konstrukcję, wielkość i kubaturę. Zmianie uległy jedynie rodzaje zastosowanych materiałów przy projektowaniu poszczególnych przegród, aby można było dostosować konstrukcje do wymagań stawianych domom pasywnym i uzyskać odpowiednie współczynniki przenikania ciepła zarówno dla domku pasywnego jak i tradycyjnego.



Rys. 3. Dom pasywny i tradycyjny – rzut parteru

Charakterystyczne parametry techniczne domu:

- kubatura – 1201,67m<sup>3</sup>,
- powierzchnia mieszkalna – 142,41 m<sup>2</sup>,
- powierzchnia użytkowa – 198,01 m<sup>2</sup>,
- wysokość – 6,22 m,
- długość – 24,13 m,
- szerokość – 9,78 m,
- zestawienie powierzchni:

Parter:

- pokój dzienny – 30,98m<sup>2</sup>,
- sypialnia – 15,8m<sup>2</sup>,
- sypialnia – 16,2m<sup>2</sup>,
- sypialnia – 15,7m<sup>2</sup>,
- sypialnia – 12,7 m<sup>2</sup>,
- łazienka – 8,4 m<sup>2</sup>,
- wc – 4,32m<sup>2</sup>,
- kuchnia – 9,37m<sup>2</sup>,
- kotłownia – 7,2 m<sup>2</sup>,
- hall – 7,48m<sup>2</sup>,
- korytarz – 9,76 m<sup>2</sup>,
- przedsionek – 4,5 m<sup>2</sup>,
- garaż – 55,6 m<sup>2</sup>.

### 3. Zapotrzebowanie na ciepło dla budynków

W budynku tradycyjnym możemy zauważyć znaczne straty ciepła, które są następstwem licznie występujących mostków termicznych, niedokładności wykonania lub złej jakości materiałów. Największe straty ciepła następują poprzez wentylację oraz okna i drzwi zewnętrzne. Poznanie słabych punktów, przez które ucieka energia cieplna, chroni przed dodatkowymi wydatkami i pozwala zaplanować na późniejszych kosztami.

Zmniejszenie lub ograniczenie strat ciepła znacząco wpłynie na koszty ogrzewania naszego budynku. Aby wyeliminować straty ciepła w domu, warto brać pod uwagę projekty niedużych domów, o zwartej bryle, najlepiej dwukondygnacyjnych i niepodpiwniczonych.

Przegrody stanowią ściany zewnętrzne, podłoga na gruncie, dach, stropy. Im więcej załamań ma budynek - czyli wykuszy, balkonów, lukarn - tym więcej jest miejsc, przez które ucieka ciepło (Piotrkowski, 2009).

Dach generuje do 25 % strat ciepła, dlatego należy zwrócić uwagę na jego kształt i przede wszystkim powierzchnię. W przypadku dachu dwuspadowego z poddaszem użytkowym, straty będą mniejsze niż w przypadku poddasza o podobnej powierzchni.

Kolejnym istotnym składnikiem jest dobór okien. Powinny one zapewniać odpowiednie (podwyższone w stosunku do standardowych) parametry termiczne. Uwagę należy zwrócić na wielkość otworów okiennych i drzwiowych. Można zastosować rolety zewnętrzne zamykane na noc: mogą one zmniejszyć straty ciepła przez okna nawet o 20%, warto więc zamontować je na wszystkich oknach, pod warunkiem, że będą rzeczywiście co wieczór zamykane. Aby tak było, niezbędne jest sterowanie elektroniczne ich zamykaniem i otwieraniem, a to podnosi koszty inwestycyjne co najmniej o 500 zł w na każde okno.

Podczas zakupu stolarki okiennie – drzwiowej warto zawsze poznać ich współczynniki przenikania ciepła, które powinny być możliwie najniższe. Oczywiście cieplejsze okna, drzwi i bramy są droższe, w przypadku bram nawet dwukrotnie. Jednak za tę jednorazowo wydatkowaną kwotę osiągamy komfort cieplny od razu i możemy się nim cieszyć przez długie lata. Taka inwestycja zwraca się zresztą szybko w postaci niższych rachunków za ogrzewanie.

Największe straty ciepła generuje wymiana powietrza. Wraz z powietrzem usuwanym z pomieszczeń usuwamy także ciepło. Na wentylację może przypadać nawet od 30% do 40% wszystkich strat ciepła.

W starych domach, w których znaczna część ciepła była tracona przez zimne przegrody, straty wentylacyjne stanowiły mniejszy udział w całości. Im ściany, dach i okna są cieplejsze, tym rola strat wentylacyjnych w całym bilansie energetycznym rośnie.

Straty związane z wentylacją często są powodem nadmiernego uszczelniania budynku, co ma doprowadzić do zmniejszenia intensywności wentylowania obiektu.

W efekcie znacznie pogarsza się jakość powietrza w pomieszczeniach, a przede wszystkim nadmiernie wzrasta wilgotność powietrza, która sprzyja rozwojowi grzybów i pleśni. Należy więc znaleźć kompromis pomiędzy oszczędzaniem energii, a właściwą wentylacją pomieszczeń. O taki kompromis trudno, gdy dom jest wentylowany w sposób naturalny. Wówczas możliwości są ograniczone.

Pewnym rozwiązaniem jest zastosowanie systemu wentylacji nawiewno-wywiewnej z centralą wentylacyjną (rekuperatorem) odzyskującą ciepło.

Wentylacja z odzyskiem ciepła zapewnia kontrolowany wypływ i napływ powietrza wentylacyjnego i – co najważniejsze, umożliwia odebranie części ciepła z ogrzanego powietrza wewnętrznego, zanim zostanie ono usunięte na zewnątrz. Ciepło to jest następnie przekazywane powietrzu wpływającemu do wnętrza domu, dzięki czemu odzyskuje się część ciepła, które w wentylacji naturalnej jest bezpowrotnie tracone.

Dzięki temu zmniejsza się zapotrzebowanie na energię do ogrzewania domu, a to oznacza konkretne oszczędności. Roczne zapotrzebowanie na ciepło domu z odzyskiem ciepła może zmniejszyć się 25% do nawet 85%, co w domu o powierzchni 150 m<sup>2</sup> oznacza rocznie minimum 1000 zł oszczędności na kosztach ogrzewania.

W oszczędzaniu energii wspomóc nas również optymalne usytuowanie domu na działce. Pomieszczenia niewymagające dużo ciepła, w których może być ciemniej, powinny znaleźć się po stronie północnej lub wschodniej (np. spiżarnia, łazienka, kuchnia), natomiast te wymagające dobrego doświetlenia (salon czy sypialnie) mogą być zaplanowane na zachodzie lub południu. Im mniej okien po stronie mało nasłonecznionej, tym lepiej. Przeszklenia zaś na południu lub zachodzie pomogą obniżyć zapotrzebowanie energetyczne w sezonie grzewczym.

Aby zapobiec dużym stratom ciepła przez przegrody, muszą być one dobrze zaizolowane. Oznacza to, że w domu energooszczędnym zwiększa się grubość warstw

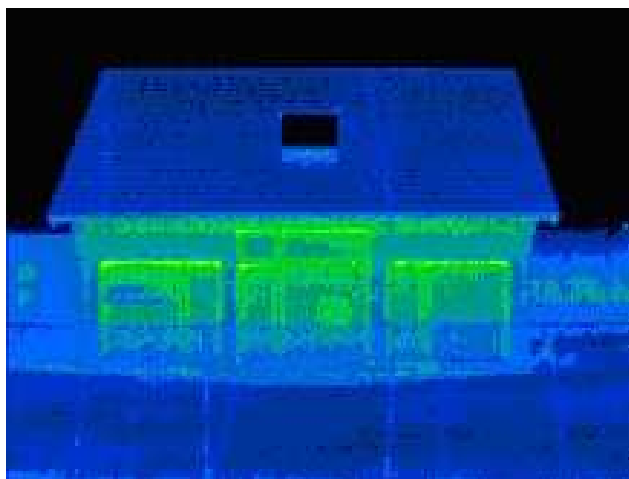
izolacyjnych: ścian zewnętrznych (jeśli są to ściany warstwowe), dachu i posadzek. Grubość warstwy izolacji cieplnej ma zasadnicze znaczenie w osiągnięciu założonych w projekcie parametrów przenikalności cieplnej dla danej przegrody.

Jeżeli chcemy poznać słabe punkty naszego budynku najlepszym rozwiązaniem jest wykonanie zdjęcia kamerą termowizyjną. Otrzymamy wtedy pełny obraz tego w jakich miejscach straty ciepła są największe (rys. 2).



Rys. 2. Zdjęcie domu tradycyjnego wykonane kamerą termowizyjną – najczęstsze straty ciepła poprzez wentylację okna i niedocieplone przegrody

Dla porównania zdjęcie z domu pasywnego (rys. 3). Straty energii są praktycznie zerowe, dzięki czemu koszty ogrzewania są znikome.



Rys. 3. Zdjęcie domu pasywnego wykonane kamerą termowizyjną

W tabelach 1 i 2 zostały zamieszczone podstawowe wyniki obliczeń dla budynków wykonane w programie Purmo OZC.

Tab. 1. Podstawowe wyniki obliczeń budynku dla domu pasywnego

Powierzchnia ogrzewana budynku $A_h$ :	190,5	$m^2$
Kubatura ogrzewana budynku $V_h$ :	514,4	$m^3$
Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :	2603	W
Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :	3511	W
Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :	6113	W
Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :	0	W
Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :	6113	W

Tab. 2. Podstawowe wyniki obliczeń budynku dla domu tradycyjnego

Powierzchnia ogrzewana budynku $A_h$ :	190,5	$m^2$
Kubatura ogrzewana budynku $V_h$ :	514,4	$m^3$
Projektowa strata ciepła przez przenikanie $\Phi_T$ :	8237	W
Projektowa wentylacyjna strata ciepła $\Phi_V$ :	3511	W
Całkowita projektowa strata ciepła $\Phi$ :	11748	W
Nadwyżka mocy cieplnej $\Phi_{RH}$ :	0	W
Projektowe obciążenie cieplne budynku $\Phi_{HL}$ :	11748	W

#### 4. Ogrzewanie podłogowe

Ogrzewanie podłogowe jest optymalnym sposobem ogrzewania zarówno dla domów jednorodzinnych jak i budynków użyteczności publicznej, takich jak kościoły, hale sportowe i wystawowe, zakłady produkcyjne czy warsztaty usługowe. U naszych europejskich, zachodnich sąsiadów ten typ ogrzewania instaluje się w ponad połowie nowo oddawanych budynkach. W Polsce proporcje te są mniej korzystne.

Główną zaletą ogrzewania podłogowego jest możliwość uzyskania w pomieszczeniach optymalnego rozkładu temperatur. Człowiek czuje się najlepiej, gdy ma ciepłe nogi i chłodne powietrze do oddychania. Przy temperaturze podłogi  $24^\circ\text{C}$  temperatura na wysokości głowy wynosi około  $19^\circ\text{C}$ , zaś pod sufitem nie przekracza  $16^\circ\text{C}$  (Pieńkowski et al., 1999).

Ogrzewanie podłogowe jest niezastąpioną metodą ogrzewania pomieszczeń o znacznej (powyżej 3 metrów) wysokości. W takich pomieszczeniach grzejniki nie spełniają swojego zadania. Grzejnik „zasysa” zimne powietrze z nad powierzchni podłogi, ogrzewa je i „tłoczy” w górę pomieszczenia, co powoduje przegrzewanie górnych części pomieszczeń przy jednoczesnym niedograniu dolnych. Przy takim rozwiązaniu najchłodniej jest przy samej podłodze, po której chodzimy. Również na wysokości naszej głowy temperatura bywa wysoce nie komfortowa. Jednocześnie tak wymuszona cyrkulacja powietrza powoduje, iż drobiny kurzu zalegające na podłodze są porywane przez ogrzane powietrze i wdmuchiwane do

pomieszczenia, co sprzyja rozwojowi wszelkich dolegliwości alergicznych.

W przypadku ogrzewania podłogowego podłoga jest tylko o kilka stopni cieplejsza od powietrza dzięki czemu nie występuje zjawisko unoszenia kurzu. Ciepło jest wytwarzane i emitowane do otoczenia z najbardziej naturalnego miejsca, jakim jest podłoga. Ciepło utrzymuje się w strefie przebywania użytkowników, a wyżej jest zimniej, ale to już jest mało znaczące. Powolna konwekcja ciepła powoduje, iż system jest niezwykle przyjazny dla osób cierpiących na alergię i astmę (system ten nie powoduje zawirowań drobin kurzu). Poprzez precyzyjną regulację ilości wytwarzanego ciepła uzyskujemy energooszczędny sposób ogrzewania pomieszczeń, niezwykle efektywny dla każdego rodzaju pokrycia podłogowego: terakota, dywan a nawet drewno.

Przy dobrze wykonanej instalacji ogrzewania podłogowego, przy dotknięciu ręką ogrzewanej posadzki nie mamy prawa poczuć ciepła, ale też nie może być ona zimna. Temperatura posadzki powinna wynosić 24 - 26°C i dla ręki jest ona zimna. Prawidłowo wykonane ogrzewanie podłogowe nie tylko zapewnia odpowiednią temperaturę, ale powoduje też zmniejszenie kosztów ogrzewania o około 30%. Wielkości grzejnika podłogowego po jego zainstalowaniu nie można zmienić. Dlatego przed przystąpieniem do montażu wodnego ogrzewania podłogowego trzeba starannie wykonać projekt (Pieńkowski et al., 1999).

Najważniejszym argumentem przemawiającym za ogrzewaniem podłogowym jest komfort. Ogrzewanie podłogowe ma opinię luksusowego, niemniej aktualne koszty instalacji szybko się zwracają dzięki możliwości

ekonomicznej eksploatacji. Oszczędność energii w budynkach mieszkalnych wynosi około 30%.

Wilgotne podłogi szybciej schną, nie ma niedostępnych zakamarków, gdzie umiejscawia się brud i mogą rozwijać się mikroorganizmy. Zastosowaniem wodnego ogrzewania podłogowego są baseny, gdzie dla bosych stóp szczególnie ważna jest ciepła podłoga.

Na rysunkach 4 i 5 zamieszczono wydruki obliczeń ogrzewania podłogowego domu, odpowiednio tradycyjnego i domu pasywnego, wykonane w programie OVplan.

### 5. Wnioski

Sama idea zastosowania ogrzewania podłogowego zarówno w domku pasywnym jak i tradycyjnym dostarcza ogromnego komfortu cieplnego.

Realizacja domu pasywnego pozwoliła na przeprowadzenie opłacalności wykorzystania ogrzewania podłogowego porównując je z domkiem zbudowanym w technologii tradycyjnej. Aby ogrzewanie spełniało swoją funkcję musi być zasilane poprzez odpowiednie źródło ciepła. O ile w domku tradycyjnym omawianym źródłem jest kocioł, o tyle w przypadku domku pasywnego mamy do czynienia zazwyczaj z połączeniem pompa ciepła-wymiennik gruntowy. Takie połączenie pozwala na prace naszego ogrzewania podłogowego przy stosunkowo niskich kosztach eksploatacyjnych, czego w przypadku domku tradycyjnego nie możemy powiedzieć. Biorąc pod uwagę temperaturę zasilania takiego ogrzewania, która maksymalnie nie powinna przekraczać 55°C (temperatura wody w rurce), pompa



Tradycja podłogowka 2010-02-25

Obliczenia																						
A		Całkowita powierzchnia pomieszczenia			H		Ogrzew. (SPst.pob., SBst.brzeg., OPogrz.podł.)			t <sub>i</sub>		Temperatura pomieszczenia										
A <sub>strefa</sub>		Poczw. grzejna			n <sub>kr</sub>		Liczbę pętli			t <sub>FB</sub>		Średnia temperatura powierzchni										
A <sub>v</sub>		Powierzchnia bez rur i izolacji			Q		Moc sugerowana z m2			t <sub>v</sub>		Temperatura zasilania										
A <sub>oH</sub>		Powierzchnia z izolacją, bez rur			Q <sub>bar</sub>		Moc ogrzewania dla pomieszczenia			t <sub>R</sub>		Temperatura powrotu										
dp		Spadek ciśnienia			RR		Rozstaw rur (Raster)			v		Przepływ w pętli										
NW		Naastawa na rozdzielaczu			Rura		Długość rury w pętli			L/dol		Długość rury dołotowej do pętli										
Ogrzewanie podłogowe: "Cofloor" - płyta z wypustkami (Noppenplatte)																						
Pom. Nr	Opis Grupa	t <sub>i</sub> °C	Q <sub>bar</sub> W	A /m2	Q W/m2	H	t <sub>v</sub> °C	t <sub>R</sub> °C	Pokrycie	Q <sub>bar</sub> W	A <sub>strefa</sub> m2	A <sub>v</sub> m2	A <sub>oH</sub> m2	t <sub>FB</sub> °C	RR mm	n <sub>kr</sub>	Rura m	L/dol m	v l/min	dp mbar	NW l/min	
1	Przedsiónek	15	409	4.5	90.9	SP	55	37	Parkiet 10mm	409	4.5			23	200	1	22		0.38	2.3	1.0	
2	Pobkój	20	1735	31.0	56.0	SP	55	28	Parkiet 10mm	1735	31.0			25	200	1	155		1.16	55.7	1.2	
3	Sypialnia	20	903	15.8	57.2	SP	55	29	Parkiet 10mm	903	15.8			25	200	1	79		0.61	15.0	1.0	
4	Sypialnia	20	916	16.2	56.5	SP	55	28	Parkiet 10mm	916	16.2			25	200	1	81		0.62	15.5	1.0	
5	Sypialnia	20	1268	15.7	80.8	SP	55	31	Parkiet 10mm	1005	15.7			26	200	1	78		0.75	15.3	1.0	
6	Sypialnia	20	1064	12.7	83.8	Deficyt mocy263Wat			SP	55	28	Parkiet 10mm	813	12.7	26	150	1	85		0.54	14.1	1.0
7	Łazienka	24	868	8.4	103.3	Deficyt mocy251Wat			SP	55	24	Parkiet 10mm	161	8.4	26	150	1	56		0.12	2.0	1.0
8	WłC	20	204	4.3	47.4	Deficyt mocy707Wat			SP	55	20	Ceramika	204	4.3	25	150	1	29		0.10	1.0	1.0
9	Kuchnia	20	724	9.4	77.0	SP	55	28	Ceramika+dyw.	724	9.4			27	150	1	63		0.47	9.1	1.0	
Podłącz do rozdzielacza nr 1, liczba pętli: 9															60.0							
Parter		8091	118.0	68.6	OP						6870	118.0	9		648	4.7						
Podsumowanie		8091	118.0	68.6	OP						6870	118.0	9		648	4.7						
"Cofloor" - płyta z wypustkami (Noppenplatte)		Raster [mm]		50	100	150	200	250	300													Suma
		Powierzchnia		34.8	83.2													118.0				

Rys. 4. Wyniki obliczeń dla domu tradycyjnego

### Obliczenia

A	Całkowita powierzchnia pomieszczenia	H	Ogrzew. (SPst.pob., SBst.brzeg., OPogrz.podł.)	$t_i$	Temperatura pomieszczenia
$A_{strefa}$	Pow. grzejna	$n_{gr}$	Liczba pętli	$t_{FB}$	Średnia temperatura powierzchni
$A_{rv}$	Powierzchnia bez rur i izolacji	Q	Moc sugerowana z m2	$t_v$	Temperatura zasilania
$A_{oh}$	Powierzchnia z izolacją, bez rur	$Q_{gr}$	Moc ogrzewania dla pomieszczenia	$t_R$	Temperatura powrotu
dp	Spadek ciśnienia	RR	Rozstaw rur (Raster)	v	Przepływ w pętli
NW	Nastawa na rozdzielaczu	Rura	Długość rury w pętli	L/dol	Długość rury dolotowej do pętli

Ogrzewanie podłogowe: "Cofloor" - płyta z wypustkami (Noppenplatte)																						
Pom. Nr	Opis (Grupa)	$t_i$ °C	$Q_{gr}$ W	A m <sup>2</sup>	Q W/m <sup>2</sup>	H	$t_v$ °C	$t_R$ °C	Pokrycie	$Q_{gr}$ W	$A_{strefa}$ m <sup>2</sup>	$A_{rv}$ m <sup>2</sup>	$A_{oh}$ m <sup>2</sup>	$t_{FB}$ °C	RR mm	$n_{gr}$	Rura m	L/dol m	v l/min	dp mbar	NW l/min	
1	Przedsiónek	15	190	4.5	42.2	SP	55	18	Parkiet 10mm	190	4.5			19	200	1	22		0.09	0.8	1.0	
2	Pokój	20	1004	31.0	32.4	SP	55	22	Parkiet 10mm	1004	31.0			23	200	1	155		0.58	27.2	1.0	
3	Sypialnia	20	500	15.8	31.6	SP	55	21	Parkiet 10mm	500	15.8			23	200	1	79		0.29	6.9	1.0	
4	Sypialnia	20	510	16.2	31.5	SP	55	21	Parkiet 10mm	510	16.2			23	200	1	81		0.30	7.2	1.0	
5	Sypialnia	20	587	15.7	37.4	SP	55	22	Parkiet 10mm	587	15.7			24	200	1	78		0.34	8.1	1.0	
6	Sypialnia	20	462	12.7	36.4	SP	55	22	Parkiet 10mm	462	12.7			24	200	1	63		0.27	5.1	1.0	
7	Łazienka	24	443	8.4	52.7	SP	55	28	Ceramika+dyw.	443	8.4			29	150	1	56		0.30	5.0	1.0	
8	WłC	20	96	4.3	22.3	SP	55	20	Ceramika	96	4.3			22	150	1	29		0.06	0.5	1.0	
9	Kuchnia	20	347	9.4	36.9	SP	55	20	Ceramika+dyw.	347	9.4			24	150	1	63		0.19	3.9	1.0	
Podłącz do rozdzielacza nr 1, liczba pętli: 9																						
Parter			4139	118.0	35.1	OP				4139	118.0				9	626				2.4		30.0
Podsumowanie			4139	118.0	35.1	OP				4139	118.0				9	626				2.4		
"Cofloor" - płyta z wypustkami (Noppenplatte)		Raster [mm]		50	100	150	200	250	300													
		Powierzchnia				22.1	95.9															
				Suma 118.0																		

Rys. 5. Wyniki obliczeń dla domu pasywnego

ciepła bez problemu powinna dostarczyć wodę o takich właśnie parametrach. Jest to rozwiązanie o wiele bardziej korzystne ekonomicznie, niż w przypadku zastosowania kotła konwencjonalnego w przypadku domu tradycyjnego, co każdy użytkownik zauważy w trakcie użytkowania. W omawianym przypadku zostało zastosowane ogrzewanie podłogowe wodne. Różnicę pomiędzy domkiem pasywnym a tradycyjnym widać szczególnie na przykładzie mocy ogrzewania dla poszczególnych pomieszczeń. Różnica ta w przypadku domu pasywnego wynosi aż połowę względem domu tradycyjnego, czyli około 51%, co oznacza, iż w domu pasywnym zużywamy o 49% mniej ciepła. Ponadto w trakcie obliczeń w przypadku domu tradycyjnego w 3 pomieszczeniach nastąpił deficyt mocy, co oznacza iż straty ciepła w stosunku do powierzchni pomieszczeń są zbyt duże aby dobrany grzejnik podłogowy pokrył zapotrzebowanie na ciepło dla tych pomieszczeń. Oznacza to, iż na wskazany deficyt jesteśmy zmuszeni dobrać dodatkowo grzejnik konwencjonalny co automatycznie podwyższa koszt inwestycji.

### Literatura

- Feist W. (2006). Podstawy budownictwa pasywnego. *Polski Instytut Budownictwa Pasywnego*, Gdańsk.
- Pieńkowski K., Krawczyk D., Tumul W. (1999). Ogrzewnictwo. T.1 i T.2. *Wydawnictwo Politechniki Białostockiej*, Białystok.
- Piotrowski R., (2009). Domy pasywne: najlepsze obiekty oraz technologie niskoenergetyczne i pasywne w Polsce. *Green Leaf*, Warszawa.
- Piotrowski R., Dominiak P. (2006). Budowa domu pasywnego: krok po kroku. *Wydawnictwo Przewodnik Budowlany*, Warszawa.

### ANALYSIS OF FLOOR HEATING IN PASSIVE AND TRADITIONAL HOUSES

**Abstract:** The aim of the paper is to present the analysis of floor heating in passive and traditional houses. In order to analyze the heating system in those two buildings it was necessary to make the calculations of annual heat demand. The calculations were made by means of the program Purmo OZC which allows us to make another important calculations for floor heating system using the program OVplan. The results and conclusions concerning the above analysis were presented in the paper.

Praca naukowa sfinansowana przez Politechnikę Białostocką w ramach pracy statutowej S/WBiŚ/23/08.