



# Materiały budowlane jako masa termiczna w budynkach

Mgr. inż. arch. Michał Golański, Uniwersytet Zielonogórski

## 1. Wprowadzenie

Materiały z wysoką pojemnością cieplną, takie jak: beton, kamień, cegła i woda określa się jako mające wysoką masę termiczną (*thermal mass*). Oznacza to, że potrzebują one zaabsorbować więcej energii cieplnej niż zanim zmieni się temperatura na powierzchni materiału. Materiał z niską masą cieplną wystawiony na oddziaływanie źródła ciepła stosunkowo szybko osiągnie temperaturę otoczenia. W przypadku materiału z wysoką masą cieplną proces ten zajmie dużo dłużej. Kiedy źródło energii cieplnej przestanie być aktywne i temperatura otoczenia spada, materiał zaczyna oddawać energię cieplną. Materiał z małą masą termiczną szybko pozbywa się stosunkowo niewielkiej ilości zgromadzonego wcześniej ciepła. Natomiast materiał z dużą masą cieplną będzie długo emitować energię, powoli oddając otoczeniu zebrane wcześniej ciepło. To ile czasu zajmuje „napełnianie” masy absorbowanym ciepłem oraz jak długo trwa proces odwrotny zależy od typu materiału, jego parametrów fizycznych i relacji z otaczającym środowiskiem. Dla przykładu: w codziennym cyklu użytkowania budynku, ciepło nie przenika głębiej niż na 10 cm betonu. Zdolność materiałów z wysoką cieplną masą do absorpcji i gromadzenia znacznej ilości ciepła przed oddaniem go do otoczenia może ogrzewać i chłodzić pomieszczenia.

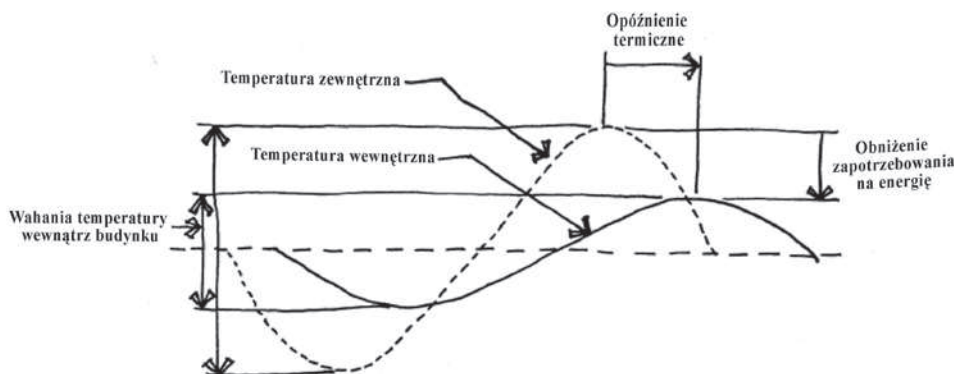
## 2. Kontrola temperatury w budynku

Obiekt z masą termiczną można potraktować jak bufor lub zbiornik gromadzący energię słoneczną w postaci światła i ciepła. Budynek może w znacznej

mierze pozyskiwać energię w sposób „samoczynny”, będąc tym samym dużo tańszym w utrzymaniu. W surowym klimacie tradycyjnie korzystano z zasady gorącego rdzenia budynku. Pomieszczenia skupiano wokół centralnego źródła ciepła, najczęściej masywnego pieca glinianego. Ciepło pochodzące z palącego się ognia lub promieni słonecznych padających na komin było powoli absorbowane w tzw. masie termicznej rdzenia i następnie emitowane stopniowo do pomieszczeń. Podobne rozwiązania stosowano w łaźniach rzymskich. Ogień był rozpalany pod wielkimi zbiornikami z wodą służącą do gorących kąpeli, a nadwyżka ciepła przewodzona była przez masywne podłogi ogrzewając samą łaźnię. Układ ten składał się ze źródła ciepła, masy termicznej do jego gromadzenia i emitowania oraz systemu dystrybucji ciepła. Stosowano horyzontalne kanały do rozprowadzania ciepła w posadzkach, a także wertykalne – w ścianach i kolumnach.

Wydatna masa termiczna, na przykład ściany z betonu lub cegły, mogą być zaprojektowane w celu wchłonięcia zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych zysków ciepła. Dyskomfort w przypadku zbyt dużych temperatur zewnętrznych może być skutecznie wyeliminowany. W czasie dnia masa termiczna może wchłaniać ciepło ze swojego otoczenia, skutecznie je ochładzając. Chłodne, nocne powietrze może ją potem skutecznie ochłodzić.

Codziennie zmiany temperatury i promieniowania słonecznego to wyzwanie dla utrzymywania cieplnego komfortu. Podczas użytkowania budynku mogą wystąpić temperatury, które można zaliczyć zarówno do zbyt gorących, jak i zbyt zimnych. W budynkach nisko-



**Rys. 1.**  
Wpływ masy termicznej na temperaturę w budynku



zero- i plusenergetycznych zastosowane rozwiązania pozwalają zarządzać dostępną energią cieplną, tak aby utrzymać warunki dla komfortu termicznego. Dzieje się tak poprzez zapewnienie wystarczającej bezwładności cieplnej materiałów budowlanych i wyeliminowanie ekstremalnych wahań temperatury budynku, czego manifestacją jest łagodniejszy przebieg wykresu w cyklu dziennym. Zjawisko to ilustruje rysunek 1.

Masa cieplna budynku jest doskonałym narzędziem dla projektantów, które może być użyte do kontroli temperatury. Strategie chłodzenia wykorzystujące masę termiczną operują w cyklu dziennym i są najodpowiedniejsze dla budynków intensywnie użytkowanych – mieszkalnych oraz użyteczności publicznej. Wykorzystanie masy cieplnej w ten sposób wymaga wysokich dziennych amplitud temperatury.

### 2.1. Proces transferu ciepła

Istnieją trzy podstawowe metody przekazywania ciepła pomiędzy obiektem budowlanym, a środowiskiem:

- niskie promieniowanie podczerwone pochodzące od słońca;
- wysokie promieniowanie podczerwone pochodzące od wszystkich ziemskich źródeł;
- przewodzenie polegające na przekazywaniu ciepła pomiędzy ciałami o różnej temperaturze, pozostającymi w bezpośrednim kontakcie;
- konwekcja, czyli proces wynikający z ruchu materii, np. ogrzanego powietrza lub wody.

Tempo strumienia gorąca jest wprost proporcjonalne do różnicy temperatur. Skutkiem wystawienia masy termicznej na bezpośrednie działanie słońca, będzie absorpcja i gromadzenie energii. W podobny sposób masa wystawiona na działanie innych źródeł promieniowania (użytkowników, lamp, wyposażenia) wchłonie i zgromadzi dużą ilość energii. Kiedy temperatura powierzchni przewyższa temperaturę powietrza i przyległych powierzchni, masa termiczna będzie oddawać energię na skutek przewodzenia, konwekcji i promieniowania ciepła do swojego otoczenia. Te same zjawiska sprawiają, że masa termiczna będzie zbierać nadwyżki ciepła, gdy temperatura otoczenia będzie wyższa. Ma to szczególne znaczenie podczas cyklu chłodzenia budynku.

### 2.2. Korzyści płynące z zastosowania masy termicznej w budynku

Rdzeń, jaki tworzy masa cieplna może służyć jako koło zamachowe systemu ogrzewania budynku zarówno w cyklu dziennym, jak i sezonowym. Masa termiczna może wchłoniąć i zgromadzić nadmiar energii cieplnej, kiedy w budynku jest ciepło i oddawać energię, kiedy będzie chłodno. Właściwość ta pomaga złagodzić wahania temperatury zarówno w sezonie zimowym, jak i letnim. Właściwie zastosowana masa termiczna w połączeniu z nowoczesnymi rozwiązaniami ogrze-

wania i wentylacji może pomóc w skutecznym zarządzaniu zasobami energii cieplnej w budynku. Zyski z energii słonecznej mogą zostać użyte przy ogrzewaniu. Latem nadmiar energii ze słońca może zostać zmagazynowany, co pozwoli utrzymać umiarkowaną temperaturę powietrza. Ciepło zatrzymane w masie termicznej zostanie oddane nocą, zapewniając w ten sposób stabilną i komfortową temperaturę w budynku.

### 2.3. Cechy fizyczne materiałów budowlanych

Materiał budowlany, aby służyć jako skuteczna masa termiczna, powinien mieć wysoką pojemność cieplną, umiarkowaną przewodność cieplną i gęstość oraz wysoką emisyjność. Dobrze jest także, kiedy materiał posiada także inną funkcję w budynku, konstrukcyjną lub dekoracyjną. Najodpowiedniejsze materiały do budowy masy termicznej to te, które mają wysokie ciepło właściwe, wysoką gęstość i niską przewodność cieplną. Materiały izolacyjne charakteryzują się wprawdzie niską przewodnością cieplną, ale ich gęstość i ciepło właściwe są zbyt niskie, aby zapewnić skuteczną masę termiczną. Nie nadają się do tego zadania także metale, które mają odpowiednie ciepło właściwe i gęstość, ale dyskwalifikuje je zbyt wysokie przewodnictwo cieplne. Najlepsze materiały budowlane to cegła, kamień lub beton. Wykorzystanie masy termicznej może zmniejszyć wpływ budynku na środowisko poprzez zmniejszenie zużycia energii budynku. Warunkiem jest uwzględnienie użycia masy termicznej w projekcie budynku, tak aby osiągnąć synergii z innymi rozwiązaniami stosowanymi w budownictwie energooszczędnym.

Masa termiczna działa na prostej zasadzie fizyki: przenosi ciepło z cieplejszych do chłodniejszych powierzchni. Kiedy słońce oświetla różne powierzchnie w pomieszczeniu, ciepło zostanie zaabsorbowane przez ściany, podłogi i stropy. Ilość zmagazynowanej energii, zależy od tego, z jakiego materiału i jak wykonane zostały te przegrody.

Drewno nie spełnia wymagań stawianych masie termicznej, ponieważ ma nie tylko niską pojemność, ale także przewodność cieplną. Materiał ten nasycy się ciepłem stosunkowo szybko, przez co szybko podnosi się temperatura powierzchni. Ciepło nie może w ten sposób dotrzeć do wnętrza materiału i jest odbijane w kierunku chłodniejszych powierzchni.

Stal, która ma wyjątkowo wysoki potencjał dla przechowywania ciepła ma dwa poważne mankamenty – niska emisyjność sprawia, że większość przypadkowego promieniowania cieplnego jest raczej odbijana niż zabsorbowana i zgromadzona, a wysoka przewodność sprawia, że zmagazynowane ciepło jest zbyt szybko wyprowadzane z rdzenia materiału w kierunku powierzchni i dalej w kierunku otoczenia. Cykl przechowywania ciepła przez stalowy wyrób budowlany jest zbyt krótki, aby zapewnić stabilność temperatury w budynku.



**Tabela 1.** Przewodność cieplna i pojemność cieplna materiałów budowlanych i gruntu [2]

Material	Przewodność cieplna (W/m/K)	Pojemność cieplna (MJ/m³/K)
Powietrze	0,02	0,0012
Woda	0,57	4,18
Granit	2,1	2,3
Beton	1,28	1,94
Szkło	0,8	2
Mur ceglany	0,5	2,1
Drewno	0,2	1,25
Styropian	0,04	0,05
Stal	60	3,1
Gleba piaszczysta		
Sucha	0,30	1,28
50% nasycona	1,80	2,12
100% nasycona	2,20	2,96
Gleba gliniasta		
Sucha	0,25	1,42
50% nasycona	1,18	2,25
100% nasycona	1,58	3,10

Szkło także wydaje się mieć wysoki potencjał do przechowywania ciepła, lecz niestety nie magazynuje zysków z niskiego promieniowania podczerwonego z powodu swojej przezroczystości, i odbija wysokie promieniowanie podczerwone. Barwienie szkła specjalnymi niebieskimi i zielonymi pigmentami powiększa jego zdolność do absorpcji promieniowania, jednak podobnie jak w przypadku stali, masa termiczna ze szkła, aby zadziałać skutecznie musiałaby być tak duża, ciężka i kosztowna, że aż niepraktyczna.

Beton, bloczki betonowe, wyroby wapienno-piaskowe i ceramika budowlana są optymalne jako masa termiczna. Wspomniane materiały charakteryzują się wysoką pojemnością cieplną, umiarkowaną przewodnością ciepła, która pozwala na magazynowanie ciepła głęboko we wnętrzu oraz wysoką emisyjnością, umożliwiającą skuteczną absorpcję promieniowania. Beton to materiał budowlany, który powinien być dobierany z dużą starannością w projektach z uwagi na materiało- i energochłonny proces produkcji. Eksperti zastrzegają jednak, że zastosowany prawidłowo może skutkować korzyściami w zarządzaniu dziennym strumieniem energii. Najkorzystniejszą z punktu widzenia postulatów „zielonego budownictwa” jest sytuacja, gdy cały zastosowany w budynku beton pełni funkcję konstrukcyjną i jest jednocześnie masą termiczną.

Woda też sprawdza się jako masa cieplna. Ze względu na wysoką pojemność cieplną może stanowić efektywny element systemu zarządzania ogrzewaniem budynku. Zastosowanie zbiorników z wodą jest o tyle problematyczne, że w odróżnieniu od ścian z betonu lub cegły nie pełnią one funkcji konstrukcyjnej. Interesującym aspektem jest możliwość zapew-

nienia w ten sposób oświetlenia poprzez normalnie nieprzezroczystą masę termiczną.

Właściwości fizyczne poszczególnych materiałów i substancji przedstawia tabela. 1.

#### 2.4. Grunt jako masa termiczna

W wymiarze globalnym powierzchnie lądów i oceanów służą jako efektywna masa termiczna dla ziemskiej atmosfery. Temperatury powietrza blisko powierzchni ziemi zarówno w skali dziennej, jak i sezonowej wykazują opóźnienie z uwagi na pojemność cieplną i wypromieniowywanie zgromadzonej energii w gruncie, a także zawartych w nim innych materiałach, najczęściej kamieniach i wodzie. W konsekwencji, średnie temperatury dnia występują najczęściej dopiero kilka godzin po południu słonecznym, a średnie roczne temperatury stabilizują się na północnej półkuli w sierpniu, dopiero dwa miesiące po przesileniu letnim. Warstwa gruntu najbliższej powierzchni ziemi najszybciej reaguje na sezonowe promieniowanie słoneczne, temperatura na głębokości ok. 1,5 m wynosi około 14°C w sierpniu i około 5°C w lutym. Grunt położony głębiej – poniżej strefy przemarzania utrzymuje stabilne warunki termiczne na poziomie około 8°C, zdecydowanie poniżej, ale blisko ludzkiego komfortu. Zaprojektowanie budynku podziemnego albo obsypanie go masą ziemi może wyeliminować skrajne wahania temperatury. Poniżej strefy przemarzania, temperatura suchej ziemi pozostaje względnie stała. Temperatura gruntu ponad strefą przemarzania zmienia się w zależności od pory roku i dodatkowo wykazuje opóźnienie w stosunku do średniej temperatury powietrza o około dwa miesiące. Sezonowe opóźnienie temperatury gruntu jest uzależnione od typu i warunków fizycznych gleby, jej głębokości i warunków klimatycznych. Ziemie suche, duża głębokość i niskie roczne amplitudy temperatur powodują najmniejsze roczne wahania temperatury gruntu.

Przykrycie budynku ziemią obniża zapotrzebowanie na ogrzewanie poprzez oddzielenie obudowy budynku od zimnego powietrza zewnętrznego. Kiedy nadmiar ciepła staje się problemem użytkowym, ziemia jest w stanie ochłodzić budynek poprzez zasłonięcie go i absorpcję promieniowania słonecznego. Warstwa ziemi może też służyć jako właściwa masa cieplna, jednak w naszych warunkach klimatycznych rozwiązanie to jest niepraktyczne, gdyż spowoduje wysokie straty ciepła. Najlepsza praktyka to sprowadzanie izolacji termicznej poniżej strefy przemarzania gruntu, budynek zagłębiony w ziemi będzie stabilizowany przez temperaturę otaczającego go gruntu.

### 3. Projektowanie budynku z zastosowaniem masy termicznej

Natura wyposaża nas w powłokę ochronną w postaci skóry. Pozostałe dwie warstwy zawdzięczamy cywili-



zacji. Drugą jest ubranie, które nosimy, a trzecią budynek, w którym przebywamy. Im bardziej zaostrzają się warunki klimatyczne, tym bardziej polegać musimy na ochronnych właściwościach budynków. Im budynek ma więcej powierzchni, tym więcej strat lub zysków ciepła. By zredukować ilość ciepła uciekającego z budynku, powinien być on zaprojektowany w jak najbardziej kompaktowej formie.

Warunki techniczne nie precyzują żadnych wymagań dotyczących stosowania masy cieplnej w budynkach. Prawo budowlane wymaga spełnienia parametru izolacyjności przegród zewnętrznych, przy czym identycznie traktowane jest ułożenie izolacji termicznej od zewnętrznej strony budynku, jak i od wewnątrz. Świadomy projektant powinien zdawać sobie sprawę, że nie można stawiać znaku równości pomiędzy tymi rozwiązaniami. Aby utrzymać wewnątrz stałą temperaturę, budynek wyposażony w masę termiczną może mieć większą powierzchnię przeszkleń i mniej ocieplenia na przegrodach zewnętrznych niż lekki budynek bez masy. Zyski energetyczne z masy termicznej budynku można wyznaczyć na podstawie obliczeń. Najlepszą metodą jest analiza porównawcza wariantów projektu budynku. Dobrze zaprojektowany niskoenergetyczny budynek korzystający z pasywnego ogrzewania energią słoneczną i masy termicznej może mieć nawet o 30% [5] wyższą sprawność, zapewniać komfort i zadowalać estetyczne wymagania użytkowników. Masa termiczna pozwala ustabilizować temperatury zarówno w budynkach z pasywnymi, jak i aktywnymi systemami ogrzewania. Aby zapewnić jej najefektywniejsze działanie należy zapewnić bezpośrednią ekspozycję na działanie wszystkich zewnętrznych i wewnętrznych zysków energetycznych w budynku.

Przy zastosowaniu masy termicznej najważniejsza dla efektywności energetycznej budynku jest jego orientacja względem słońca. Ekspertki szacują, że zastosowanie tego rozwiązania może zredukować całkowite zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i chłodzenia o 25–30% [5]. Energia słoneczna nie zawsze dociera do budynku wtedy, gdy istnieje zapotrzebowanie na ogrzewanie, zatem w znacznej części powinna być gromadzona do późniejszego użycia. W budynku zaprojektowanym jako bufor ciepła jest ona gromadzona w masie termicznej, która zwykle przybiera postać masywnych podłóg lub ścian wewnętrznych wystawionych na bezpośrednie oddziaływanie promieni słonecznych. Stosuje się także ciemne zabarwienie powierzchni w celu zwiększenia absorpcji. W sezonie letnim masa termiczna może zapobiec przegrzaniu budynku poprzez pochłanianie nadmiernej ilości energii słonecznej. Efektywność masy jest uzależniona od grubości, powierzchni i właściwości fizycznych zastosowanego materiału. Najbardziej naturalnym materiałem o wysokiej pojemności cieplnej i dobrym przewodzeniu termicznym jest surowa ziemia. Interesującą i już stosowaną techniką jest

wznoszenie ścian wewnętrznych z surowej ziemi, otoczonych lekką, dobrze zaizolowaną i częściowo przeszkloną obudową.

Masa termiczna to ważny składnik większości pasywnych systemów ogrzewania solarne, a także aktywnego ogrzewania oraz chłodzenia. Używana jest często, aby zoptymalizować zużycie energii w budynkach, które polegają w pierwszym rzędzie na tradycyjnych systemach ogrzewania lub chłodzenia. Istnieje pięć podstawowych zasad określających, czy masa cieplna w budynku jest wykorzystywana najefektywniej:

1. Powierzchnia masy termicznej nie może być zakryta przez żadne architektoniczne bariery, takie jak podwieszane sufity, dywany i wyposażenie. Elementy te zmniejszają wydajność masy termicznej.
2. Powierzchnia masy powinna być dostępna dla wszystkich źródeł promieniowania cieplnego: promieniowania słonecznego, oświetlenia, urządzeń i użytkowników. Powierzchnia usytuowana prostopadle do promieniowania najefektywniej absorbuje promieniowanie cieplne: ściana jest bardziej efektywna w wyłapywaniu promieniowania cieplnego ludzi i urządzeń, a podłoga skuteczniej gromadzi promieniowanie słoneczne.
3. Masa powinna być umieszczona wewnątrz zaizolowanej termicznie powłoki budynku. Masa termiczna zlokalizowana po zewnętrznej stronie ocieplenia ma mały wpływ na jego temperaturę.
4. Grubość przegrody pełniącej funkcję masy termicznej musi być zoptymalizowana. Ogólnie przyjmuje się, że gdy tylko jedna powierzchnia ściany akumuluje ciepło, grubość przegrody powinna wynosić około 10–15 cm. W sytuacji, gdy do tego zadania wykorzystywane są obie powierzchnie, ściana powinna mieć 20–30 cm grubości. Zbiorniki z wodą, z uwagi na zjawisko konwekcji nie są ograniczone wymiarami.
5. Masa termiczna powinna być nocą dostępna dla naturalnej lub mechanicznej wentylacji budynku. Ma to szczególne znaczenie w sezonie letnim, kiedy zabsorbowane przez powierzchnię masy nadwyżki ciepła mogą być zabrane przez chłodne powietrze.

### 3.1. Efektywne rozmieszczenie masy termicznej w budynku

Bardzo ważne jest umieszczenie masy termicznej po wewnętrznej stronie izolacji cieplnej budynku. Rozwiązanie to ma pozytywne skutki zarówno podczas sezonu zimowego, jak i letniego. Zimą ściany mogą zgromadzić energię słoneczną oraz wewnętrzne zyski i zachować je na noc. Latem masa termiczna może z kolei zaabsorbować nadwyżki ciepła z wewnętrznych źródeł. Ściana, która ma warstwę ocieplenia od wewnątrz – jest praktycznie bezużyteczna dla zarządzania wewnętrzną temperaturą budynku, gdyż jest odizolowana od wewnętrznych zysków ciepła oraz energii słonecznej, która dociera do budynku przez przeszklenia. Masywne nieocieplone ściany

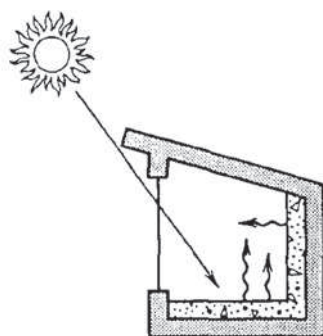


prowadzą z kolei do nadmiernej akumulacji zysków cieplnych latem i dużych strat zimą. Dystrybucja masy termicznej wewnątrz budynku ma także duże znaczenie. Masywne elementy budowlane muszą być zlokalizowane możliwie blisko wewnętrznych źródeł ciepła. Ważne jest także, aby nie przykrywały ich żadne dywany, suche tynki, ani sufity podwieszane. W sezonie zimowym trakcie słonecznego dnia należy zapewnić jak najdłuższą ekspozycję dla maksymalnej absorpcji i akumulacji energii.

### 3.2. Pasywne ogrzewanie za pomocą masy termicznej

#### 3.2.1. Technika bezpośredniej akumulacji ciepła

Sukces tej techniki jest uzależniony od masy termicznej wchłaniającej nadwyżki ciepła z promieniowania słonecznego docierającego głęboko do wnętrza domu podczas sezonu zimowego. Najlepiej, gdy masa termiczna jest bezpośrednio wystawiona na działanie słońca przez cały dzień i jej powierzchnia nie powinna być niczym zastonięta. Niepisaną zasadą jest projektowanie powierzchni masy termicznej przekraczającą powierzchnie przeszkleń nawet 3 razy. Większe proporcje – nawet 9 do 1 są zależne od zastosowanego materiału budowlanego, grubości przegrody, ekspozycji na promieniowanie słoneczne, sposobu użytkowania i energochłonności budynku oraz klimatu. Podczas sezonu letniego należy unikać nadmiernej penetracji wnętrza budynków przez słońce.



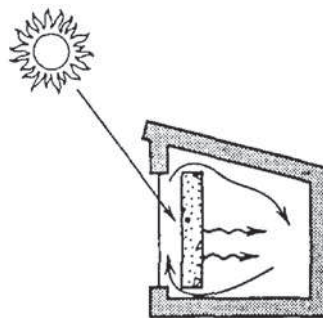
**Rys. 2.**  
Schemat  
bezpośredniej  
akumulacji ciepła

#### 3.2.2. Technika pośredniej akumulacji ciepła

Masa termiczna oddziela urządzenie absorbujące energię cieplną od ogrzewanej przestrzeni. Zarządzanie strumieniem energii cieplnej następuje poprzez właściwość opóźnienia termicznego materiału, z którego wykonana jest przegroda. Otwory wentylacyjne albo inne rozwiązania wykorzystujące konwekcję pomiędzy odbiornikiem ciepła a ogrzewaną przestrzenią pozwalają rozprowadzić ogrzane powietrze po budynku. Najpopularniejsze techniki pośredniej akumulacji ciepła to: ściana Trombe'a, zbiorniki wody umieszczone w ścianach i na dachu, szklarnie oraz ogrody zimowe.

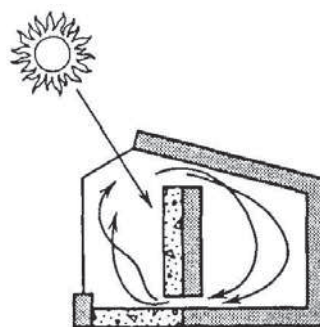
Ściany Trombe'a, zwykle budowane z betonu, cegieł lub bloczków, umieszczone są bezpośrednio pomię-

dzy zorientowanymi na południe przeszklonymi szczelinami, a wewnętrzną przestrzenią budynku. Nocna izolacja znacznie poprawia skuteczność tego systemu. Kiedy celem projektowania jest ogrzewanie budynku w trakcie dnia, otwory cyrkulacyjne mogą dostarczyć ciepłe powietrze, aby podnieść temperaturę w budynku.



**Rys. 3.**  
Schemat pośredniej  
akumulacji ciepła –  
ściana Trombe'a

Zbiorniki z wodą, umieszczone pomiędzy zorientowanymi na południe przeszklonymi szczelinami i wnętrzem budynku lub na dachu mogą przynieść korzyści energetyczne z uwagi na wysoką pojemność cieplną wody i potencjalną przezroczystość instalacji, która pozwala na dystrybucję światła do przestrzeni, jednak z uwagi na warunki klimatyczne panujące w Polsce, tego rodzaju rozwiązania pozostają tylko ciekawostką. Szklarnie i ogrody zimowe są zamkniętymi, przeszklonymi kubaturami, służącymi do absorpcji energii z promieniowania słonecznego. Usytuowanie masy termicznej powinno uwzględniać względy użytkowe tego rodzaju pomieszczeń oraz możliwość akumulacji i przekazywania strumienia ciepła w głąb budynku.



**Rys. 4**  
Schemat pośredniej  
akumulacji ciepła  
– ogród zimowy

### 3.3. Aktywne ogrzewanie za pomocą masy termicznej

Warstwa kamieni ułożonych pod budynkiem i zbiorniki do przechowywania wody, to najczęstsze elementy aktywnego systemu ogrzewania słonecznego. Zgromadzona tam energia cieplna może zostać użyta do ogrzewania w razie zaistniałej potrzeby zarówno w cyklu dziennym, jak i sezonowym. W przeciwieństwie do pasywnych systemów ogrzewania, masa termiczna w aktywnych systemach jest zwykle odizolowana od absorbera i klimatyzowanej kubatury



budynku. Zgromadzone przez cały sezon letni ciepło może zostać użyte zimą.

#### 4. Podsumowanie

Bezwładność termiczną budynku zapewnia pojemność cieplna zastosowanych materiałów budowlanych. Budynek stopniowo napełnia się energią w dni słoneczne i emituje ją w dni pochmurne. Promieniowanie słoneczne dochodzące do pomieszczeń przez przeszklenia jest absorbowane i zapewnia zyski energetyczne w ciągu dnia. Nocą ciepło zmagazynowane w masie ścian przechodzi do pomieszczeń i zapewnia zyski termiczne przez całą noc. Zapewnienie wysokiej izolacyjności przegród zewnętrznych, w połączeniu z dużą bezwładnością termiczną powoduje, że domy takie nagrzewają się latem i wychładzają zimą bardzo powoli. Na efektywność masy termicznej w dużym stopniu wpływa jej grubość. Zbyt mała grubość spowoduje brak możliwości wchłonięcia całej nadwyżki ciepła, co prowadzi do przegrzania pomieszczeń. Badania wykazują, że w zależności od materiału budowlanego optymalne wartości należy określać na ok. 10–15 cm grubości warstwy aktywnej. Przy założeniu, że akumulacja ciepła odbywa się przez obie płaszczyzny przegrody, wartość tę należy podwoić. Pokrywa się ona wtedy z grubością typowych ścian konstrukcyjnych i nie przekracza grubości większości stropów.

O efektywności masy termicznej decyduje także materiał, z którego wykonana jest przegroda wewnętrzna oraz wielkość jej powierzchni czynnej zdolnej do akumulacji ciepła. Wśród typowych materiałów budowlanych, największą dobową zdolnością akumulacji cechuje się beton. Jest ona wyższa o około 30%

od wartości, jaką uzyskują przegrody z cegły i o około 75% w stosunku do przegród z gazobetonu.

Klimat w Polsce jest odpowiedni do używania masy termicznej w budownictwie. Należy koniecznie nadmienić, że system wentylacji grawitacyjnej tradycyjnie stosowany w budownictwie może w największym stopniu ograniczyć korzyści z bezwładności termicznej – wymiana powietrza bez odzysku ciepła powoduje najszybsze starty ciepła i wychładzanie pomieszczeń. Aby uniknąć tego rodzaju strat energii cieplnej konieczne jest zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Zastosowanie masy termicznej w projektowaniu umożliwia projektantowi kształtowanie przebiegu strumienia energii cieplnej w budynku w sposób korzystny dla jego użytkowników. Pozwala zmniejszyć zużycie energii. Uwzględnienie korzyści płynących z zastosowania masy termicznej w trakcie opracowywania projektu budowlanego może być wydajną strategią podnoszenia efektywności energetycznej.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Runkiewicz L., (2010), Wykonywanie obiektów budowlanych zgodnie z zasadami rozwoju zrównoważonego, ITB, Warszawa
- [2] Minkin W., (2004), Pomiary termowizyjne przyrządy i metody, Politechnika Częstochowska
- [3] Anink, D., Boonstra, C., Mak, J., (1996) Handbook of Sustainable Building, An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment. James & James, London
- [4] Woolley T., Kimmins S., Harrison P., Harrison R., (1997) Green Building Handbook, Spon Press, London
- [5] Berge B., (2001), The Ecology of Building Materials, Oxford Architectural Press
- [6] Bry Sarté S., (2010), Sustainable Infrastructure The Guide to Green Engineering and Design, Oxford
- [7] Brand S., (1994), How Buildings Learn, Viking Penguin, New York
- [8] Bokalders V., Block M., (2010) The Whole Building Handbook, London

## Zrównoważone zarządzanie energią w gospodarce komunalnej Niemiec

Dr hab. inż. arch. Janina Kopietz-Unger, Uniwersytet Zielonogórski

W grudniu 2007 r. rząd federalny Niemiec przyjął zintegrowany program w sprawie energii i klimatu, w którym zobowiązał się m.in. do redukcji emisji gazów cieplarnianych o 40% do roku 2020, w stosunku do wartości emisji z 1990 roku. Miasta i gminy w ramach narodowego planu ochrony klimatu odgrywa-

ją istotną rolę. Cele polityki ochronnej energetycznej i klimatycznej – oszczędność energetyczna, zwiększenie efektywności energetycznej oraz stosowanie odnawialnych źródeł energii – są wdrażane w praktyce komunalnej. W tym kontekście ciągle aktualne jest pytanie w jaki sposób polityka rozwoju miast może

bardziej intensywnie przyczynić się do ochrony klimatu. Horyzont czasowy roku 2020 jest przy tym dużym wyzwaniem dla miast i gmin. Instrumentem pozwalającym na pokonanie opisanych trudności jest zrównoważone zarządzanie energią w gospodarce komunalnej. Polega ono na zintegrowanym zarządza-