

# Zasady

projektowania  
domu  
energooszczędnego



Tadeusz Lipski

Podstawowym zadaniem domów energooszczędnych jest ograniczenie ilości energii zużywanej w domu – zwłaszcza energii termicznej przeznaczonej do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Zakłada się, że oszczędności wyniosą 30–50% w porównaniu z budynkami spełniającymi aktualnie obowiązujące dopuszczalne wskaźniki normowe. Ale do osiągnięcia tego celu nie wystarczy ułożenie na ścianach i dachu nieco grubszej warstwy termoizolacji. To o wiele bardziej złożone zagadnienie.

PATRONI CYKLU

## Kompleksowe działanie to podstawa

W wielu publikacjach można przeczytać, że każdy istniejący budynek da się przerobić na dom energooszczędny. Inwestorzy namawiani są jedynie do zwiększenia grubości izolacji termicznej w ścianach i dachu oraz do wymiany okien. Takie działanie oczywiście poprawi termoizolacyjność wybranych przegród zewnętrznych, ale nie wpłynie znacząco na zmniejszenie rachunków za ogrzewanie. Na dodatek zastosowanie szczelnej stolarki wraz z powszechnie stosowaną wentylacją grawitacyjną może być przyczyną zawilgocenia budynku oraz niedostatecznej jakości powietrza wewnętrznego (ciepłego, ale z bardzo dużą zawartością pary wodnej oraz dwutlenku węgla).

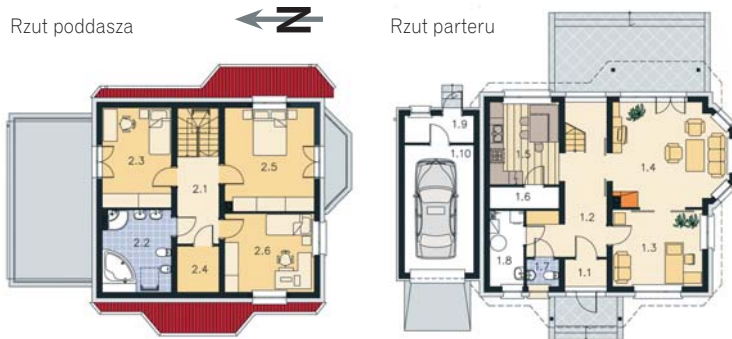
Te uwagi dotyczą przede wszystkim starych modernizowanych budynków, ale także wielu dostępnych dokumentacji katalogowych. Łatwo się o tym przekonać, oglądając projekty sygnowane jako energooszczędne i analizując usytuowanie oraz liczbę kominów. Bardzo często są dwa lub trzy, co zwykle oznacza, że projektant założył funkcjonowanie wentylacji grawitacyjnej – niedopuszczalnej w domach energooszczędnych. Równie często można znaleźć komin, który w zasadzie nie powinien być projektowany w domach energooszczędnych (chyba że jego funkcjonowanie jest całkowicie niezależne od powietrza znajdującego się wewnątrz budynku) **1**, **2**.

Podstawowe wytyczne do projektowania domów energooszczędnych, bez których znaczące ograniczenie zużycia energii cieplnej jest niemożliwe:

- Dobór odpowiedniej działki budowlanej pozwalającej na zorientowanie budynku w kierunku południowym oraz twórcze wykorzystanie naturalnych warunków terenowych (złębień, skarp, drzew itd.).
- Zapewnienie jak najlepszej termoizolacyjności wszystkich przegród zewnętrznych
- Zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.
- Szczelność wszystkich przegród (podłóg, ścian, dachu, okien, drzwi zewnętrznych itd.)
- Wyeliminowanie mostków termicznych, nawet tych liniowych czy punktowych. Inaczej teoretyczne założenia mogą dość znacznie odbiegać od rzeczywistości.
- Możliwość wykorzystywania ciepła energii słonecznej. Sprowadza się to do odpowiedniego usytuowania budynku względem stron świata, zaprojektowania domu o zwartej bryle, buforowym układzie pomieszczeń, wykorzystania nowoczesnych urządzeń takich, jak kolektory słoneczne, pompy ciepła, czy gruntowe wymienniki ciepła.
- Zastosowania energooszczędnych urządzeń nie tylko AGD i oświetlenia, ale również zużywających wodę (baterie umywalkowe, wannowe, spłuczki w.c. itp.).

Dopiero takie kompleksowe podejście do tematu może przynieść zamierzony efekt, czyli zaprojektowanie domu, w którym zużycie energii będzie znacząco niższe niż w tzw. domach typowych lub referencyjnych.

**2** Projekt domu, który może być energooszczędny pod warunkiem, że zostanie zainstalowana w nim wentylacja mechaniczna z rekuperatorem (projekt ukazuje dom z wentylacją grawitacyjną, o czym świadczy liczba przewodów kominowych). Szkoda również, że największa sypialnia ma okna skierowane w kierunku północnym



**1** Przykład domu, w którym projektant myślał o energooszczędności. Świadczą o tym np. garaż usytuowany od strony północnej całkowicie oddylatowany od bryły budynku, przeszklony wykusz od strony południowej, podział wnętrza na strefy buforowe czy brak przewodów wentylacji grawitacyjnej

foto: I. rys. Lipiński



foto: I. rys. MTM Style



## Wykorzystanie potencjału działki budowlanej

Na nieodpowiedniej działce budowlanej bardzo trudno jest zaprojektować dom energooszczędny. Najlepszym przykładem mogą być tereny na stokach północnych czy działki o szerokości zaledwie 16–20 m (to niemal norma na terenach miejskich). Można na nich zbudować rozległe parterowe bądź wąskie piętrowe domy o szerokości 8–12 m. Ale wtedy prawie niemożliwe jest spełnienie fundamentalnych warunków energooszczędności – zwartej bryły budynku, usytuowania wszystkich pokoi mieszkalnych od strony południowej, buforowego układu pomieszczeń itd. **3**. Dlatego chcąc zbudować dom energooszczędny, należy zacząć od wyboru odpowiedniej działki, czyli szerokiej przynajmniej na 25 m, z wjazdem od strony północnej lub wschodniej, w miarę płaskiej (najlepiej nachylonej w kierunku południowym), z wysokimi liściastymi drzewami mogącymi zacienić dom w lecie, o korzystnych warunkach gruntowo-wodnych itd. Trzeba też pamiętać o możliwości precyzyjnego zorientowania budynku względem stron świata. Standardowe odchylenie od

założonych osi o 30° (dopuszczalne w projektach katalogowych) może okazać się zbyt duże dla domów projektowanych jako energooszczędne. Z kolei zapewnienie ładnego widoku z okien, a przede wszystkim spełnienie wszystkich wymagań i potrzeb przyszłych mieszkańców, zależy od umiejętności i wiedzy architektów, którzy wcześniej mogą zobaczyć działki i poznać inwestorów. Niestety jest to możliwe właściwie tylko przy projektach wykonywanych na indywidualne zamówienie.

## Ciepłe przegrody zewnętrzne to warunek konieczny

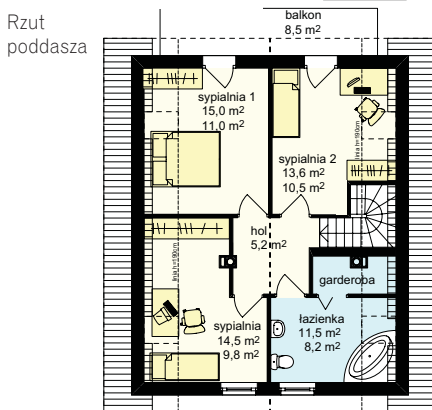
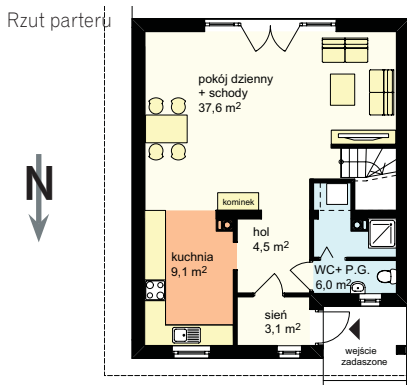
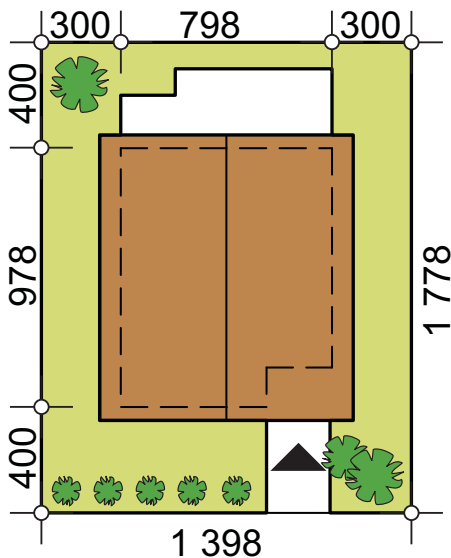
Projektując dom energooszczędny, należy założyć, że wszystkie przegrody zewnętrzne, czyli podłogi na gruncie, ściany, dachy lub stropodachy będą charakteryzowały się współczynnikiem przenikania ciepła  $U=0,16-0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Jeśli nie zapewni się budynkowi tak dobrej termoizolacyjności, to właściwie żadne inne działania nie będą miały sensu. Po prostu straty energii cieplnej przez przegrody zewnętrzne będą tak duże, że oszczędności wynikające np. z zainstalowania pompy ciepła czy rekuperatora

**3** Dość skrajny przykład działki o szerokości zaledwie 14 m. Brak otworów okiennych w ścianach wschodniej i zachodniej umożliwił budowę domu o szerokości 8 m (po 3 m do granicy działki). Zastęga projektanta jest również to, że tylko jeden pokój ma okna od strony północnej. Trzeba zwrócić uwagę, że na tak wąskiej działce nie ma garażu, magazynu na sprzęt ogrodowy, a w budynku pralni, spiżarni itp. pomieszczeń usługowych. To po prostu mieszkanie w formie domu

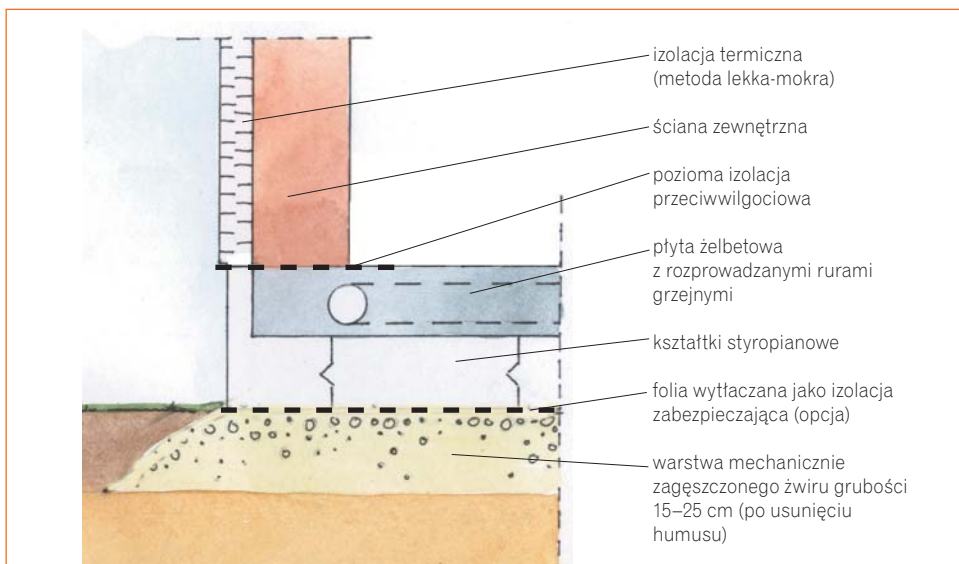
## ► Czy projekt domu energooszczędnego jest gwarancją budowy takiego budynku?

Warto pamiętać o tym, że aktualnie nie ma żadnych prawnych wymagań nakazujących wykazanie, że oferowany projekt domu jednorodzinnego rzeczywiście może być kwalifikowany jako energooszczędny. Oczywiście istnieją i są dostępne odpowiednie programy, na podstawie których można określić zużycie energii w projektowanych domach (obowiązkowe w budynkach pasywnych). Jednak są dość kosztowne, a na dodatek skomplikowane w użyciu i nieobowiązkowe – zatem pomijane przez architektów. Zwykle więc trzeba wierzyć, że to co twierdzi autor projektu, jest prawdziwe. Tylko że to jemu zależy na sprzedaży dokumentacji (bo z tego żyje) i może mówić, co chce, ponieważ przystawiony Kowalski lub Nowak nie ma jak tego sprawdzić. I tak zaptaci za wszystkie ewentualne błędy zarówno projektowe, jak i wykonawcze. Może się o tym przekonać dopiero po wybudowaniu domu, płacąc rachunki za ogrzewanie lub wykonując zdjęcia budynku kamerą termowizyjną – niestety to trochę późno w porównaniu do wielkości podjętego ryzyka finansowego.

Jednym ze sposobów zmniejszenia tego ryzyka jest zamówienie indywidualnego projektu domu energooszczędnego. Oczywiście będzie on kilka, a nawet kilkanaście razy droższy od katalogowego, ale najczęściej właśnie to się opłaca. Wtedy przecież jest czas na rozmowy z architektem, na stawianie pytań, na dostosowanie domu do warunków terenowych, stron świata, na zweryfikowanie życzeń i oczekiwań inwestorów, czyli na unikanie lub eliminowanie zwykle zasadniczych błędów.



fol. 1 rys. Studio Z 500



4 Schemat połączenia ogrzewanej płyty fundamentowej ze ścianami parteru

powietrza o bardzo dużej sprawności staną się prawie niezauważalne. A przecież urządzenia te są drogie i warto stosować je tylko wtedy, gdy rzeczywiste koszty ogrzewania i wentylacji budynków będą minimalne.

Oczywiście od przegród zewnętrznych wymaga się, aby nie miały żadnych mostków termicznych. Konieczne jest

zatem zachowanie ciągłości termoizolacji oraz zrezygnowanie np. ze wspornikowych balkonów (mogą być projektowane jako konstrukcje samonośne). Poza tym wszystkie przegrody, ale zwłaszcza ściany, muszą być szczelne. Spełnienie tego warunku najczęściej wyklucza, a przynajmniej bardzo utrudnia stosowanie

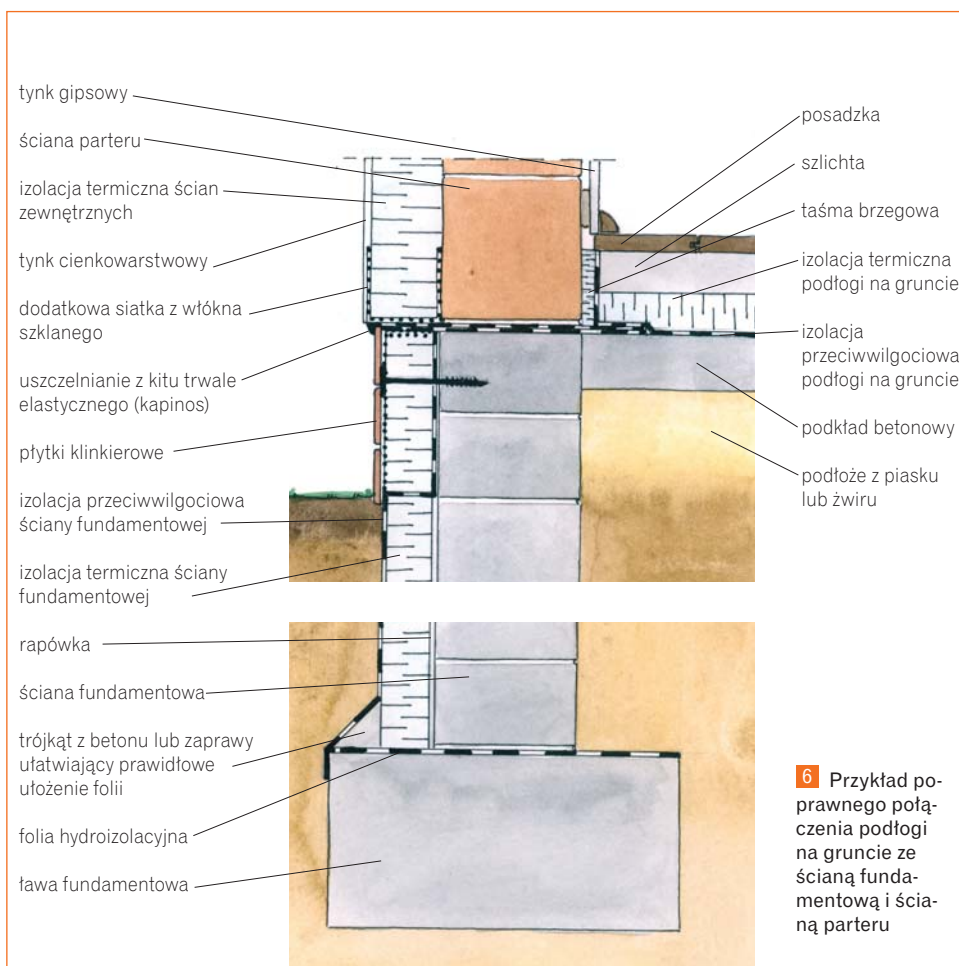


5

Fundament Legalett przed zabetonowaniem

ścian murowanych tylko na spoiny poziome.

**Podłogi na gruncie.** Fundamenty płytowe lub ściany fundamentowe warto ocieplić grubą warstwą polistyrenu ekstrudowanego. Ten materiał jest dość twardy i odporny na uszkodzenia mechaniczne oraz prawie nie nasiąkliwy i dlatego najlepiej nadaje się do



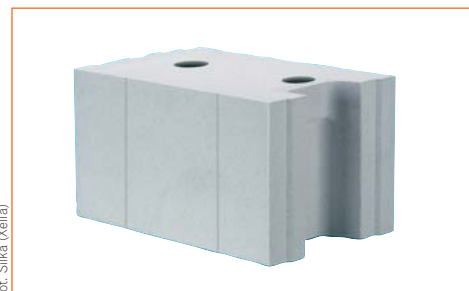
6 Przykład poprawnego połączenia podłogi na gruncie ze ścianą fundamentową i ścianą parteru



7

Błoczek Fortis i przykład wznoszenia energooszczędnej ściany jednowarstwowej

8 Silikaty to bardzo dobry materiał do budowy ścian zewnętrznych w domu energooszczędnym



8

izolowania części podziemnych budynku. Grubość warstwy dobiera się w zależności od podłoża (piaszczyste, gliniaste, skalne), rodzaju konstrukcji oraz sposobu ogrzewania budynku. To dlatego, że w domach energooszczędnych warto rozważyć zastosowanie niskotemperaturowego ogrzewania podłogowego. A wtedy najkorzystniejszym rozwiązaniem jest zwykle wykonanie ogrzewanej płyty fundamentowej, a nie tradycyjnych ław i ścian fundamentowych oraz podłóg na gruncie. Trzeba również pamiętać, że do obliczania współczynnika przenikania ciepła przegród na gruncie wykorzystuje się inne wzory niż dla ścian zewnętrznych i dachów. Zatem nie należy się dziwić, że np. o połowę cieńsza warstwa styropianu pod płytą fundamentową pozwoli na uzyskanie identycznego współczynnika, jak dla ścian. W domach energooszczędnych do ocieplania przegród podziemnych zaleca się stosowanie warstwy polistyrenu ekstrudowanego grubości przynajmniej 10 cm, a w przypadku ogrzewania podłogowego min. 15 cm **4, 5, 6**.

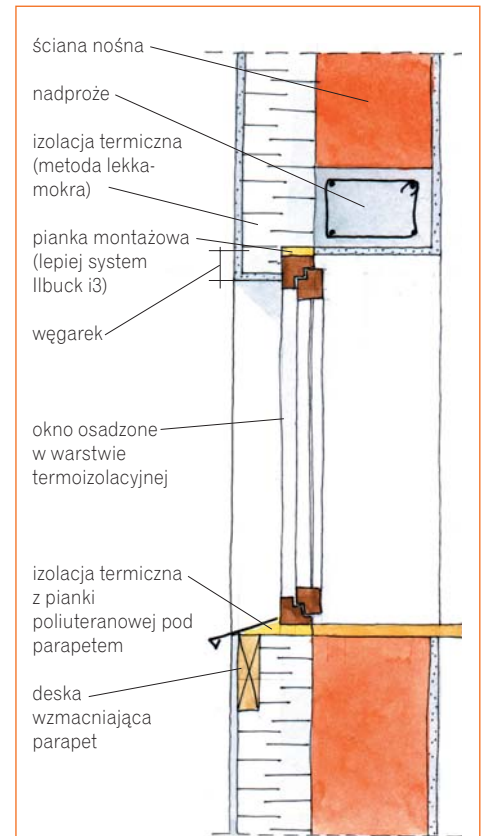
**Ściany zewnętrzne.** W domach energooszczędnych muszą spełniać nieco inne wymagania niż w budynkach typowych. Oczywiście jest projektowanie przegród warstwowych. Wyjątek od reguły stanowią bloczki Fortis, z których można wybudować ściany jednowarstwowe o bardzo dobrych parametrach [ $U=0,184 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ] pod warunkiem wypełnienia spoin pionowych sznurem poliuretanowym lub pianką montażową **7**. Jednak najczęściej projektuje się ściany dwu- ewentualnie trójwarstwowe. Rozdzielenie funkcji, czyli ściany nośnej akumulującej ciepło oraz tłumiącej hałasy zewnętrzne (grubości 18–25 cm) oraz warstwy termoizolacyjnej grubości min. 15 cm (lepiej 18–20 cm) upraszcza prawidłowe projektowanie oraz wykonanie takich elementów jak nadproża, wieńce stropowe, słupy wewnętrzne itp. Po prostu nie wolno dopuścić do powstania jakichkolwiek mostków termicznych, a jednocze-

śnie trzeba dbać o jak najlepszą szczelność ścian. W przeciwnym razie straty ciepła lub przedostawanie się do wnętrza domu niekontrolowanego zimnego powietrza mogą w znacznym stopniu zaważyć na efektywności całego przedsięwzięcia. Z tego względu najlepsze są tradycyjne ściany murowane na spoiny poziome i pionowe. W przegrodach dwuwarstwowych powinny to być materiały ciężkie takie, jak cegły pełne lub wapienno-piaskowe albo z odpowiednio ukształtowanymi szczelinami np. pustaki typu MAX (grubość ściany 19 cm) czy Porotherm 25 AKU. To ważne, zwłaszcza przy powszechnie stosowanej termoizolacji ze styropianu, która jest przecież tańsza od wełny mineralnej. Zresztą w szczelnych domach energooszczędnych (z wentylacją mechaniczną) poroprzepuszczalność ścian nie ma właściwie znaczenia. Dlatego ocieplenie z wełny mineralnej warto stosować jedynie w rejonach o dużym natężeniu hałasu – głównie ze względu na zdecydowanie lepsze właściwości akustyczne.

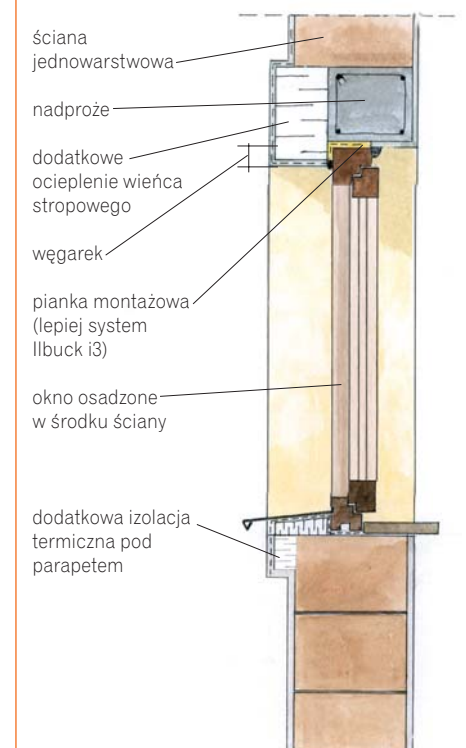
**Okna.** Stanowią bardzo ważny element w domach energooszczędnych i powinny charakteryzować się jak najlepszą izolacyjnością termiczną. Wskazane jest nawet stosowanie stolarki przeznaczonej do domów pasywnych. To dlatego, że jedynie okna (szyby zwykle mają lepszą termoizolacyjność niż ramy) o współczynniku  $U < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  dają jakkolwiek zysk energetyczny i to pod warunkiem, że są umieszczone w elewacji południowej. Te gorsze w ogólnym rozrachunku generują same straty ciepła. Z tego też względu z wielkością okien w domach energooszczędnych nie należy przesadzać, nawet gdy znajdują się od strony południowej. Natomiast bardzo ważne jest właściwe ich umiejscowienie w ścianie. Po prostu muszą być osadzone w grubości warstwy termoizolacyjnej, a nie w ścianie konstrukcyjnej. Na dodatek ramy powinny być osłonięte węgarkami (ze styropianu lub wełny mineralnej) i to

Przegrody zewnętrzne we współczesnych domach jednorodzinnych

Rodzaj przegrody	Wartość współczynnika przenikania ciepła $U$ [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]	
	Dom zgodny z normami	Dom energooszczędny
Ściany zewnętrzne	0,30	0,15–0,20
Okna	2,00	0,80–1,00
Drzwi zewnętrzne	2,60	0,80–1,00
Dach lub stropodach	0,30	0,15–0,20
Podłoga na gruncie	0,60	0,15–0,20
Strop nad piwnicą	0,60	0,20–0,30



**9** Osadzenie okna w ścianie dwuwarstwowej



**10** Osadzenie okna w ścianie jednowarstwowej

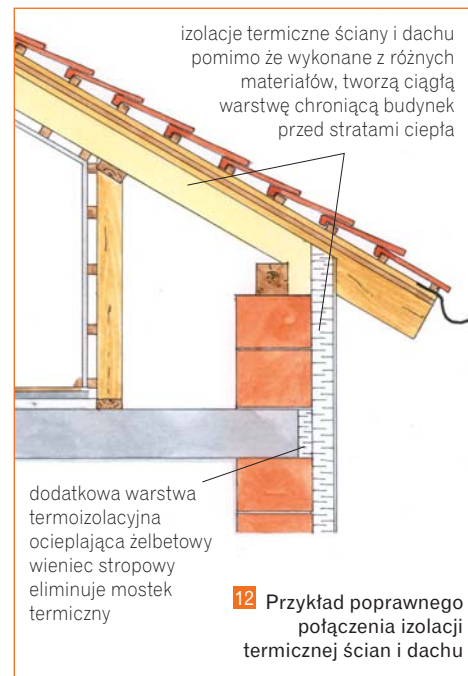
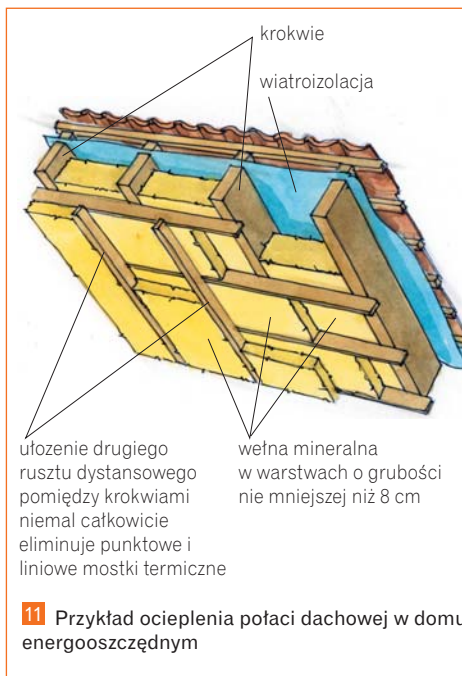
przynajmniej na 2/3 szerokości profili **9**, **10**. W miarę możliwości zalecane jest stosowanie dużej liczby okien nieotwieranych oraz dodatkowych zabezpieczeń termicznych takich, jak ocieplone okiennice czy rolety zewnętrzne. Dzięki temu straty ciepła przez okna mogą być dość znacznie ograniczone. W końcu trzeba pamiętać, że w okresie zimowym noc może trwać nawet 16 godzin na dobę, a dni też zwykle są pochmurne.

**Dachy** – w domach jednorodzinnych to prawie wyłącznie konstrukcje drewniane tradycyjne (krokwiowe, jętkowe, płatiwiwo-kleszczowe) lub kratownicowe. Przy ich projektowaniu ważne są co najmniej dwa elementy: ułożenie izolacji termicznej z kilku warstw wełny mineralnej o łącznej grubości min. 20 cm (tak, aby nie powstawały nawet punktowe mostki termiczne) oraz bardzo staranne ułożenie warstwy paroizolacji (łącznie z uszczelnieniem taśmą samoprzylepną wszystkich styków, łączeń, czy miejsc wbicia zszywek) **11**, **12**.

Do ocieplania połaci dachu głównie stosuje się wełnę mineralną z uwagi na jej elastyczność oraz bardzo dobre właściwości akustyczne. Trzeba jednak pamiętać, żeby najcieńsza warstwa miała grubość przynajmniej 8 cm. Dopiero wtedy wielkość i oddziaływanie liniowych oraz punktowych mostków termicznych będzie można uznać za pomijalnie małe.

### Zwarta bryła budynku – czy to się opłaca?

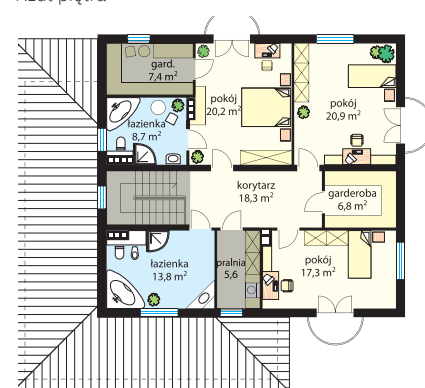
Przy projektowaniu domów energooszczędnych zaleca się komponowanie zwartych, ale dużych brył. Chodzi o to, aby uzyskać jak najmniejszy stosunek powierzchni przegród zewnętrznych (łącznie z podłogą na gruncie) do kubatury ogrzewanej części budynku. Jednocześnie im większy będzie dom, tym większa będzie jego bezwładność cieplna, a to oznacza, że straty ciepła będą mniejsze. O słuszności tych założeń łatwo się przekonać, np. wylewając gorącą wodę na talerz i wlewając ją do małego i dużego słoika. Oczywiście jest, że woda na talerzu i w małym słoiku wystygnie szybciej. To podpowiada nam intuicja, ale ile dzięki temu można zaoszczędzić pieniędzy? Wystarczy przeanalizować podane przykłady. Wynika z nich, że oszczędności finansowe nie przekroczą kilku procent. Dla wielu inwestorów ten zysk może okazać się niewystarczający do zrezy-



Rzut parteru



Rzut piętra



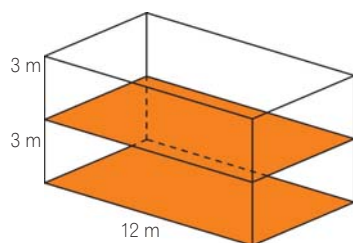
**13** W domu piętrowym trudno jest zrealizować zasadę stref buforowych (zwłaszcza na piętrze). Jednak parter obrazowanego budynku dobrze ją prezentuje. Zimny garaż odizolowany jest od cieplej części mieszkalnej za pomocą pomieszczeń takich jak przedśionek, klatka schodowa

## ▶ Przykład I

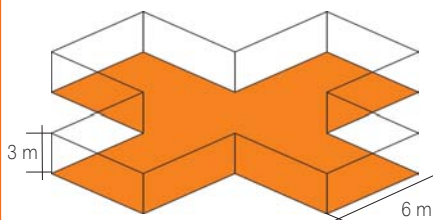
Przyjmijmy do rozważań uproszczony model dwukondygnacyjnego domu jednorodzinnego o dość zwartej bryle. Budynek na planie prostokąta o długości boków odpowiednio 7,5 oraz 12 m i wysokości kondygnacji równej 3 m. Łączna powierzchnia użytkowa to  $P=2 \times 7,5 \times 12=180 \text{ m}^2$ , kubatura  $V=7,5 \times 12 \times 6=540 \text{ m}^3$ , a powierzchnia wszystkich przegród zewnętrznych  $A=2(7,5 \times 12 + 7,5 \times 6 + 12 \times 6)=414 \text{ m}^2$ . Zatem stosunek  $A/V=414/540=0,77$ .

Porównajmy go teraz z np. z domem parterowym o takiej samej powierzchni i kubaturze, ale na planie krzyża, czyli o bardzo rozczłonkowanej formie. Długość każdego boku to 6 m, a wysokość kondygnacji bez zmian 3 m. Powierzchnia przegród zewnętrznych to  $A=2 \times 180 + 12 \times 6 \times 3=576 \text{ m}^2$ . Jednak teraz stosunek  $A/V=576/540=1,07$ , czyli jest aż o 39% większy.

Oznacza to, że w omawianym budynku piętrowym na ogrzewanie zużyje się  $540 \times 35,8=19332 \text{ kWh}$  energii w ciągu roku, a domu parterowym  $540 \times 37,4=20196 \text{ kWh}$ . Różnica to 864 kWh, czyli 260 zł/rok (przyjęto 0,30 zł/kWh), co stanowi prawie 5% ogólnych kosztów ogrzewania.



**różnica A/V wynosi 39%**  
**różnica w kosztach**  
**ogrzewania to 5%**



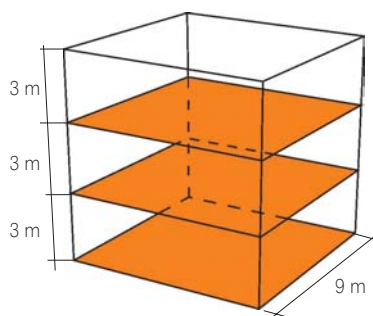
## ▶ Przykład II

Porównajmy teraz dwa domy w kształcie sześciąnu: jeden o boku 9 m i drugi o boku 6 m. To uproszczone modele budynków o trzech i dwóch kondygnacyjnych.

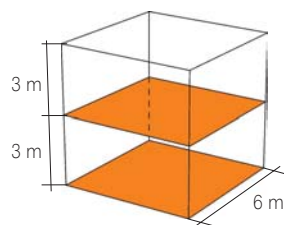
Większy, o łącznej powierzchni użytkowej  $P=3 \times 81=243 \text{ m}^2$ , ma powierzchnię przegród zewnętrznych  $A=6 \times 81=486 \text{ m}^2$  i kubaturę  $V=81 \times 9=729 \text{ m}^3$ . Zatem stosunek  $A/V=486/729=0,67$ .

W budynku mniejszym powierzchnia użytkowa to  $P=2 \times 36=72 \text{ m}^2$ , powierzchnia przegród zewnętrznych  $A=6 \times 36=216 \text{ m}^2$ , a kubatura  $V=36 \times 6=216 \text{ m}^3$ . Oznacza to, że stosunek  $A/V=216/216=1,00$  jest aż o 49% większy w porównaniu do dużego budynku o trzech kondygnacjach.

To dowód, że małe domy są mniej energooszczędne od dużych, pomimo że w wartościach bezwzględnych zużywa się w nich mniej energii cieplnej ( $216 \times 37,4=8078 \text{ kWh/rok}$  w porównaniu do  $729 \times 34,6=25223 \text{ kWh/rok}$ ). Przeliczając na złotówki, okazuje się, że roczny koszt ogrzewania małego domu wyniesie 2423 zł, a dużego 7567 zł. Jednak odnosząc te kwoty do powierzchni użytkowej – w małym domu zapłaci się 33,65 zł za ogrzanie  $1 \text{ m}^2$ , a w dużym 31,14 zł, czyli o 8% taniej.



**różnica A/V wynosi 49%**  
**różnica w kubaturze 338%**  
**różnica w kosztach**  
**ogrzewania w przeliczeniu na  $\text{m}^2$  to 8%**



gnowania z bardziej atrakcyjnej architektury budynku (z podcieniami, wykuszami czy lukarnami) i świadomie zgodzą się na ponoszenie nieco wyższych kosztów eksploatacyjnych. Jednak trzeba mieć na uwadze, że suma takich niewielkich zysków wynikających z zastosowania zwartej bryły domu, buforowego układu pomieszczeń czy usytuowania pomieszczeń mieszkalnych od strony południowej w rezultacie może przynieść całkiem spore oszczędności energii i pieniędzy. Szacuje się, że nawet na poziomie 10–15%, a to już chyba wystarczająco dużo, żeby opłacało się uwzględnić je w projektach domów energooszczędnych.

## Organizacja przestrzeni wewnętrznej budynku

W domu energooszczędnym podstawową zasadą jest projektowanie pomieszczeń mieszkalnych i w miarę dużych powierzchni przeszklonych od strony południowej. Korzystne są także ogrody zimowe, które nawet nieogrzewane stanowią rodzaj bufora termicznego i dodatkowo osłaniają dom przed wiatrem. Pokoje powinny być oddzielone od północnych ścian zewnętrznych pomieszczeniami gospodarczymi, garderobami czy pralniami (12–15°C). A te z kolei magazynami, składzikami, garażami, czyli pomieszczeniami, w których może być utrzymywana jeszcze niższa temperatura (na poziomie 4–8°C). Dzięki temu powstaną wyraźnie zróżnicowane strefy termiczne <sup>13</sup>. Ważne jeszcze jest to, aby różnica temperatury pomiędzy sąsiadującymi strefami nie była większa niż 8°C. Wtedy straty energii cieplnej pomiędzy pomieszczeniami będą pomijalnie małe. Oczywiście pod warunkiem, że współczynnik przenikania ciepła ścian działowych wyniesie  $U < 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  [lepiej  $U < 0,60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]. Taki układ pomieszczeń w budynku gwarantuje mniejsze straty ciepła w okresie zimowym. Po prostu różnica temperatury wewnątrz np. garażu i na zewnątrz budynku (obliczeniowa od -16°C do -24°C w zależności od regionu kraju) wynosi 20–32°C, a pomiędzy pokojami mieszkalnymi a otaczającym terenem odpowiednio 34–46°C. I właśnie ta różnica około 15°C powoduje kilkuprocentowe zmniejszenie wydatków na ogrzewanie domu. O niezbędnej w domu energooszczędnym wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła, piszemy w artykule na stronie 74. ■