

Jerzy Żurawski\*)

# ENERGOCHŁONNOŚĆ budynków mieszkalnych

Obowiązujące w Polsce wymagania w zakresie zapotrzebowania budynku na ciepło dotyczą jedynie izolacyjności cieplnej przegród budowlanych. Tymczasem nie jest to jedyny element, który należy wziąć pod uwagę na etapie projektowania architektonicznego, wpływający na energochłonność budynku.

Obecnie do oceny energochłonności budynku stosowane są różne kryteria.

## Jak OBLICZYĆ energochłonność budynku

Do oceny energochłonności budynków mieszkalnych eksperci stosują wartości wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E_A$ , podawanego w kWh/(m<sup>2</sup>·rok) i odnoszącego się do powierzchni ogrzewanej. Zaletą tej metody jest łatwość wykorzystania zawartej w nim informacji. Znając bowiem jednostkową cenę energii i powierzchnię mieszkania, bez problemów można określić średnie obliczeniowe koszty ogrzewania w miesiącu i w całym roku. Obliczenia wykonuje się, mnożąc jednostkową cenę energii przez wartość wskaźnika  $E_A$  oraz przez powierzchnię mieszkania (tabela 1). Tak więc roczne koszty ogrzewania oblicza się następująco:  $R_k = E_A \times C_e \times F_m$ , gdzie  $C_e$  – cena energii z uwzględnieniem sprawności systemu c.o. [zł/kWh],  $F_m$  – powierzchnia mieszkania. Wadą tego sposobu obliczeń jest to, iż wartości uzyskane za pomocą powierzchniowego wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E_A$  mogą być mylnie interpretowane w budynkach z dużą wysokością kondygnacji.

Do oceny energetycznej budynku stosowany jest również inny wskaźnik, wykorzystywany przez specjalistów i wymagany w polskim prawie budowlanym. Jest to kubaturowy wskaźnik sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E_v$ , podawany w kWh/(m<sup>3</sup>·rok), który umożliwia dokonywanie porównań budynków różniących się w sposób znaczący wysokością kondygnacji ogrzewanej.

Wartości graniczne tego wskaźnika określone są w rozporządzeniu MI w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU

z 2002 r. nr 75, poz. 690 z późn. zm.). Dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych wynoszą one:

- $E_0 = 29 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{rok})$  przy  $A/V < 0,20$ ,
- $E_0 = 26,6 + 12 A/V \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{rok})$  przy  $0,20 < A/V < 0,90$ ,
- $E_0 = 37,4 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{rok})$  przy  $A/V > 0,90$ .

Tabela 1. Zestawienie kosztów ogrzewania budynku w zależności od roku budowy, obliczone za pomocą powierzchniowego wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E_A$

| Rok budowy             | $E_A$<br>[kWh/<br>(m <sup>2</sup> ·rok)] | Jednostkowa<br>cena ciepła<br>uzyskana<br>z kotłowni<br>gazowej [zł/<br>kWh] | Powierzchnia<br>mieszkania<br>[m <sup>2</sup> ] | Miesięczne<br>koszty<br>ogrzewania<br>[zł/m <sup>2</sup> ] | Roczne<br>koszty<br>ogrzewania<br>[zł] |
|------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Do 1966                | 350                                      | 0,16                                                                         | 47                                              | 4,7                                                        | 2632                                   |
| Od 1967<br>do 1985     | 260                                      | 0,16                                                                         | 47                                              | 3,5                                                        | 1955,2                                 |
| Od 1986<br>do 1992     | 200                                      | 0,16                                                                         | 47                                              | 2,7                                                        | 1504                                   |
| Od 1993<br>do 1997     | 160                                      | 0,16                                                                         | 47                                              | 2,1                                                        | 1203,2                                 |
| Od 1998<br>do 2007     | 120                                      | 0,16                                                                         | 47                                              | 1,6                                                        | 902,4                                  |
| Energo-<br>oszczędny   | 80                                       | 0,16                                                                         | 47                                              | 1,1                                                        | 601,6                                  |
| Nisko-<br>energetyczny | 45                                       | 0,16                                                                         | 47                                              | 0,6                                                        | 338,4                                  |
| Pasywny                | 15                                       | 0,16                                                                         | 47                                              | 0,2                                                        | 112,8                                  |

Tabela 2. Porównanie wartości powierzchniowego wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E_A$  z obliczeniowym zapotrzebowaniem na olej opałowy na 1 m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanej

| Rok budowy        | $E_A$<br>[kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)] | Ilość oleju opałowego<br>[l/(m <sup>2</sup> ·rok)] |
|-------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Do 1966           | 350                                  | 35                                                 |
| Od 1967 do 1985   | 260                                  | 26                                                 |
| Od 1986 do 1992   | 200                                  | 20                                                 |
| Od 1993 do 1997   | 160                                  | 16                                                 |
| Od 1998 do 2007   | 120                                  | 12                                                 |
| Energooszczędny   | 80                                   | 8                                                  |
| Niskoenergetyczny | 45                                   | 4,5                                                |
| Pasywny           | 15                                   | 1,5                                                |

\*) Dolnośląska Agencja Energii i Środowiska

Partnerzy cyklu „Energooszczędność w budownictwie”:



**Dolnośląska Agencja  
Energii i Środowiska**

Inną metodą określenia energochłonności budynków, opracowaną na potrzeby marketingu i stosowaną w publikacjach w prasie fachowej, jest podawanie obliczeniowego zapotrzebowania na olej opałowy do ogrzania 1 m<sup>2</sup> powierzchni budynku w ciągu roku (**tabela 2**). W Niemczech uznano za energooszczędny budynek, który potrzebuje tylko 3 l oleju na 1 m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanej w ciągu roku. Nazwano go potocznie „budynkiem trzylitrowym”. Obecnie w Polsce w nowych budynkach zużywa się ok. 15 l/(m<sup>2</sup>·rok), a więc przy ogrzewanej powierzchni 130 m<sup>2</sup> należy liczyć się z zakupem ok. 2000 l oleju na potrzeby c.o. w ciągu całego sezonu grzewczego. Do tego należy jeszcze doliczyć olej na potrzeby c.w.u., co zwiększy zużycie o 300–500 l/(m<sup>2</sup>·rok).

Ze względów praktycznych do obliczeń zapotrzebowania budynku na ciepło w budownictwie mieszkaniowym najczęściej korzysta się z powierzchniowego wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło. W dalszej części do prezentacji wyników będą stosować zamiennie wartości  $E_A$  lub  $E_V$ .

## OD CZEGO zależą energochłonność budynku

O tym, czy budynek jest energochłonny, decyduje wiele czynników. Większość użytkowników uważa, że energochłonność zależy od systemu grzewczego, dlatego koncentrują się na poszukiwaniu supernowoczesnego i taniego w eksploatacji systemu produkującego ciepło na potrzeby c.o. i c.w.u. Za taką uważana jest np. pompa ciepła. Coraz częściej też pojawiają się na budynkach kolektory słoneczne, które, zdaniem ich użytkowników, przynoszą ogromne oszczędności kosztów ogrzewania. Inni uważają, że najważ-

niejsza jest bardzo dobra izolacja termiczna, dlatego ocieplają budynki zaczął grubością materiału termoizolacyjnego. Jeszcze inni łączą kilka sposobów działania: dobrze ocieplają i stosują wysokosprawne systemy grzewcze, wykorzystujące odnawialne źródła energii.

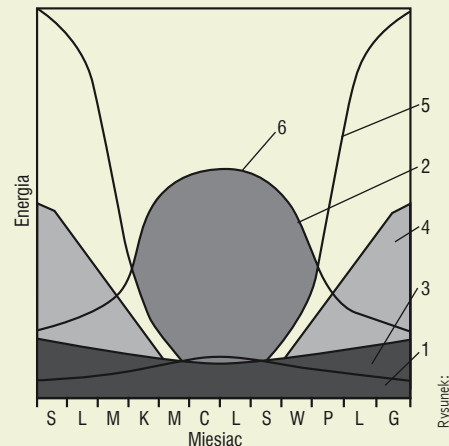
O tym, czy budynek można zaliczyć do energooszczędnych, decydują następujące czynniki:

- architektura budynku:
  - usytuowanie budynku względem stron świata,
  - wielkość przegród przezroczystych;
  - rozmieszczenie pomieszczeń,
  - geometria budynku,
- rozwiązania konstrukcyjne przegród budowlanych;
  - izolacyjność przegród budowlanych;
  - rodzaj wentylacji: czy jest naturalna, czy mechaniczna z możliwością odzysku energii z usuwanego powietrza;
  - rodzaj i sprawność systemu grzewczego na potrzeby c.o. i c.w.u.,
  - system zarządzania budynkiem, który pozwala również sterować produkcją energii.

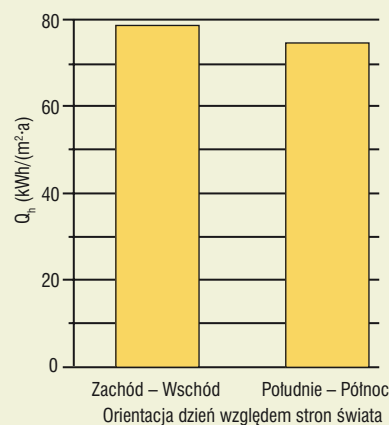
## Energochłonność a rozwiązania ARCHITEKTONICZNE

### Usytuowanie budynku względem stron świata

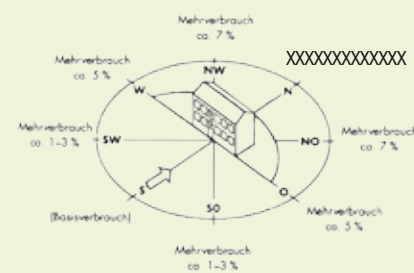
W każdym budynku oprócz strat ciepła występują również różnego rodzaju zyski ciepłe (**rys. 1, 2**). W budynkach mieszkalnych ich źródłem są głównie urządzenia elektryczne, czynności gotowania, prania, a także ciepło mieszkańców. Znaczący udział w zyskach ciepła stanowi również promieniowanie słoneczne, które dociera do



Rys. 2. Potrzeby energetyczne budynku na tle rocznego rozkładu zysków energii słonecznej: 1 – ciepło uzyskane w małym kolektorze, 2 – ciepło uzyskane w dużym kolektorze, 3 – zapotrzebowanie na c.w.u., 4 – c.o. w domu energooszczędnym, 5 – c.o. w domu energochłonnym, 6 – energia słoneczna niewykorzystana

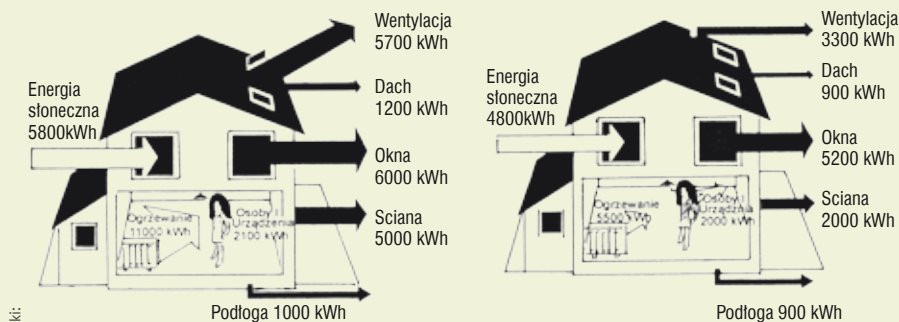


Orientacja dzień względem stron świata

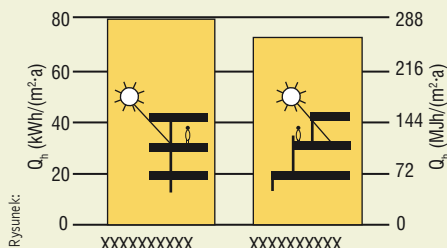


Rys. 3. Wpływ usytuowania budynku względem stron świata na energochłonność budynku

pomieszczeń przez przegrody przeszklone. A zatem ważną rolę w bilansie cieplnym budynku, zwłaszcza w budynkach energooszczędnych i pasywnych, odgrywa usytuowanie budynku względem stron świata (**rys. 3**) oraz



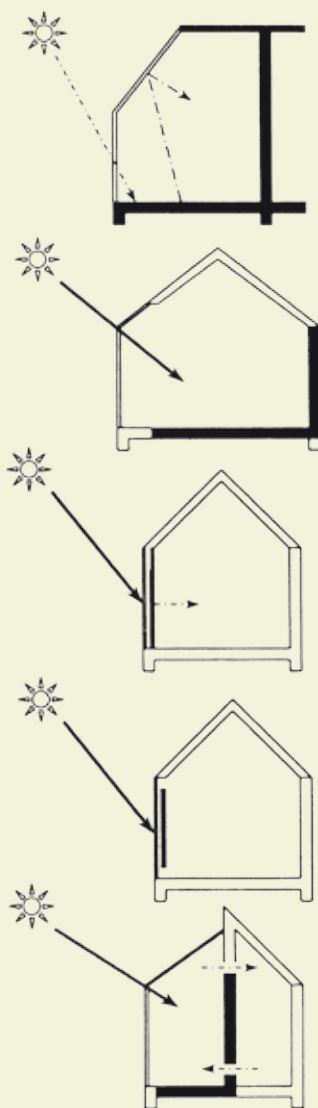
1. Przykładowy rozkład strat i zysków energii w domu o średnim i niskim zapotrzebowaniu na energię



Rys. 4. Wpływ promieniowania słonecznego na bilans cieplny budynków



Fot. Budynek wyeksponowany na południe w celu maksymalnego wykorzystania energii słonecznej do celów grzewczych i do produkcji energii elektrycznej



Rys. 5. Różne sposoby pasywnego pozyskiwania energii słonecznej w budynku mieszkalnym

poprawne wyeksponowanie przegród przesklonych na działanie słońca (rys. 4, fot.). Pozwala to na znaczne zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło – w obecnie projektowanych obiektach o 7%, a w budynkach pasywnych nawet o 30%.

Jest to pasywny sposób odzysku energii słonecznej do celów grzewczych. Możliwość stosowania dodatkowych rozwiązań, takich jak okiennice lub rolety mogące działać okresowo (np. w nocy), dodatkowo może korzystnie wpłynąć na bilans zysków i strat ciepła w budynku (rys. 5).

Przy projektowaniu na ogół nie uwzględnia się wpływu wiatru na energochłonność budynku. Jest to jednak konieczne, ponieważ udział strat ciepła w budynkach wyeksponowanych na działanie wiatru może być większy nawet o 10% w stosunku do takiego samego budynku osłoniętego od wiatru (np. usytuowanego na terenie zabudowanym).

### Rozmieszczenie pomieszczeń

Wykorzystanie energii słonecznej narzuca konieczność odpowiedniej lokalizacji pomieszczeń, tak aby w sposób optymalny wykorzystać energię słoneczną. Od strony południowej należy lokalizować pomieszczenia pobytu dziennego, od strony północnej zaś te, które są eksploatowane w godzinach nocnych, np. sypialnie lub inne pomieszczenia wymagające niższych temperatur wewnętrznych.

### Geometria budynku

Przez wiele lat wznoszono budynki, nie zwracając uwagi na koszty eksploatacyjne, nie analizując specjalnie ich energochłonności. O wyborze rozwiązań architektonicznych decydował głównie wygląd budynku, funkcje pomieszczeń oraz możliwości urbanistyczne.

Bardzo często zdarzało się więc, że budynki były bardzo „rozrzeźbione”, tzn. miały dużą powierzchnię przegród budowlanych (A), przez które dochodzi do strat ciepła, w stosunku do kubatury budynku (V) (stosunkowo duża wartość A/V).

W tabeli 3 zamieszczono wartości wskaźnika  $E_A$  w zależności od współczynnika kształtu budynku A/V przy tych samych parametrach izolacyjnych przegród budowlanych (zależności te pokazano również na rys. 6–8). Do obliczeń przyjęto przegrody występujących w domach z lat 70. (ściany z cegły pełnej 38 cm o wartości współczynnika przenikania ciepła  $U = 1,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , okna drewniane dwuszybowe o  $U = 3,0 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , dach o  $U = 0,85 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , strop nad piwnicą o  $U = 0,9 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ). Powierzchnię przegród zewnętrznych oraz bilans ciepła obliczono dla każdego budynku osobno, zachowując ich odmienność geometryczną odpowiadającą budynkom wznoszonym w odpowiednich okresach charakteryzujących się odmiennością bryły budynku.

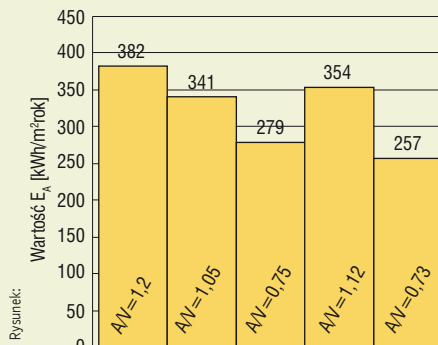
### PODSUMOWANIE

Przyjęcie właściwych rozwiązań na etapie projektowania architektonicznego umożliwia wzniesienie budynku o niskim zapotrzebowaniu na energię, czyli budynku energooszczędnego. Jest to możliwe dzięki odpowiedniemu usytuowaniu budynku względem stron świata oraz wyeksponowaniu go na działanie energii słonecznej (z zastosowaniem kolektorów słonecznych), co pozwala wykorzystywać energię słoneczną do celów grzewczych.

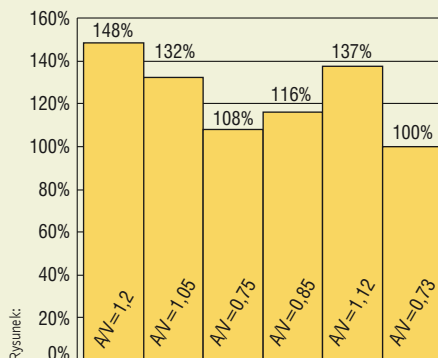
Na bilans ciepła pomieszczeń w architekturze energooszczędnej ma wpływ także rozmieszczenie pomieszczeń. Należy jednak pamiętać, że duże zyski ciepła od działania

Tabela 3. Zależność wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E_A$  od współczynnika kształtu budynku A/V

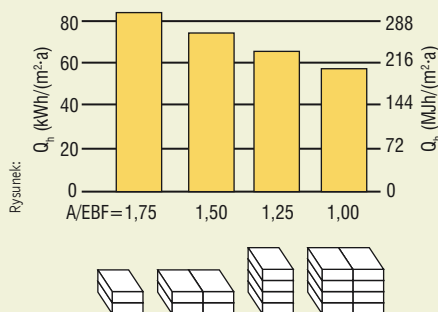
| Typ domu<br>jednorodzinny            | A [m <sup>2</sup> ] | V [m <sup>3</sup> ] | A/V<br>[1/m] | $E_A$<br>[kWh/<br>(m <sup>2</sup> ·rok)] | $E_v$<br>[kWh/<br>(m <sup>3</sup> ·rok)] |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------|--------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Budowany przed 1945 r.               | 468                 | 390                 | 1,20         | 382                                      | 147                                      |
| Budowany po 1945 r.                  | 310                 | 390                 | 1,05         | 341                                      | 131                                      |
| Z lat 70.                            | 291                 | 390                 | 0,85         | 299                                      | 115                                      |
| Typu „gierek”                        | 291                 | 390                 | 0,75         | 278                                      | 107                                      |
| Nowoczesny, wybudowany<br>po 2000 r. | 439                 | 390                 | 1,12         | 354                                      | 136                                      |
| Pasywny                              | 285                 | 390                 | 0,73         | 268                                      | 103                                      |



Rys. 6. Zależność wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło  $E_A$  od charakterystyki geometrycznej budynku



Rys. 7. Procentowe zmiany wskaźnika  $E_A$  w zależności od charakterystyki geometrycznej budynku (100% – dom pasywny)



Rys. 8. Zależność wskaźnika  $E_A$  od współczynnika kształtu budynku  $A/V$  dla budynków spełniających aktualne wymagania w zakresie izolacyjności termicznej przegród budowlanych

słońca zimą wymagać będą specjalnych rozwiązań chroniących budynek latem.

Projektując domy, trzeba mieć świadomość, że na energochłonność ma wpływ również wielkość powierzchni przegród budowlanych, przez które dochodzi do strat ciepła. Nieprawidłowo przyjęta geometria budynku jest przyczyną powstawania mostków cieplnych, z powodu których budynek nie będzie energooszczędny. Przekonali się już o tym architekci projektujący budynki pasywne. Błędnie przyjęta geometria budynku wymaga zastosowania znacznie większej grubości materiału termoizolacyjnego, to zaś stwarza wiele innych problemów związanych z fizyką budowlanej przegrody. ■