

Pasywny



↑ Jak na budynek pasywny i prefabrykowany dom w Stawigudzie prezentuje się całkiem oryginalnie. Z daleka zwracają uwagę urozmaicona elewacja z dużymi oknami i dach kryty płaską dachówką



↑ Dach pokryto płaską dachówką cementową. W połaci zainstalowano energooszczędne okna dachowe. Daszek nad wejściem i tarasem to konstrukcje samonośne niepołączone ze ścianami domu, aby nie tworzyć mostka termicznego

i prefabrykowany

Dom pasywny można zamówić w fabryce domów prefabrykowanych. Jeden taki, o konstrukcji szkieletowej, stoi już w miejscowości Stawiguda pod Olsztynem.

Tekst Radosław Murat
Zdjęcia SAINT-GOBAIN

Dom w Stawigudzie śmiało nazwiemy prototypem. Co więcej, jest to prototyp udany, który przeszedł szereg skomplikowanych testów i zakwalifikował się do produkcji seryjnej. Zastosowano w nim najnowocześniejsze, a nawet unikalne rozwiązania sprzyjające energooszczędności i komfortowi użytkownika. Został zbudowany przez firmę Brawo Domy Pasywne jako obiekt referencyjny. Część pomieszczeń udostępniono wszystkim zainteresowanym takim budownictwem, reszta to powierzchnie biurowe. Dom w Stawigudzie zaskakuje ładną bryłą oraz dużymi przeszkleniami, i to nie tylko na elewacji południowej,

co nie jest zupełnie typowe dla domów pasywnych. Ma dwa skrzydła. Jedno – zbudowane w technologii szkieletowej – to część prefabrykowana. Drugie wymurowano z betonu komórkowego. Ten wzorcowy budynek przeszedł test szczelności i otrzymał certyfikat Instytutu Budownictwa Pasywnego. To dowodzi, że zamówienie prefabrykowanego

domu pasywnego w wyspecjalizowanej firmie zapewniającej staranność i fachowość montażu może być dobrym wyborem. Warto bowiem wiedzieć, że w przypadku budownictwa pasywnego jakość wykonania jest równie ważna jak projekt. Najlepiej, gdy wykonawca przed przekazaniem kluczy wręczy nam też certyfikat

TRZY STANDARDY

→ **STANDARD DOMU PASYWNEGO**
Potwierdził go Polski Instytut Budownictwa Pasywnego i Energii Odnawialnej oraz Passivhaus Institut z Darmstadt.

→ **STANDARD ENERGOOSZCZĘDNOŚCI NF15**
Dom budowano zgodnie z wymaganym programem Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

→ **STANDARD MULTI-COMFORT**
Potwierdzony przez firmę Saint-Gobain. Domy w tym standardzie charakteryzują się między innymi znakomitą izolacyjnością cieplną i akustyczną.

Modelowa budowa



↑ Z zakładu przyjechały ściany nośne, które ustawiono na fundamentach. Wymagały jeszcze zamocowania okien, ocieplenia od zewnątrz i od środka, ułożenia folii wiatro- i paroizolacyjnej oraz wykończenia



↑ Okna wysunięto poza lico ścian, aby ich ościeżnice mogły zostać dokładnie otulone wełną mineralną



↑ Dzięki wyjątkowo długim wieszakom do rusztu pod płyty g-k udało się zaizolować połacie warstwą 55 cm wełny mineralnej w formie maty. Drugą warstwę wełny można było nabijać na wieszaki, co skróciło czas robót

pasywności wystawiony przez renomowaną jednostkę badawczą. Taki dokument gwarantuje, że nie kupiliśmy domu, którego pasywność kończy się na projekcie.

Produkty z jednego koncernu

Pomysłodawcą i projektantem tego budynku jest architekt Jacek Ročko, współwłaściciel firmy Brawo Domy Pasywne, która produkuje i montuje domy prefabrykowane o konstrukcji szkieletowej. Budowa takiego domu była od dawna jego marzeniem. Do współpracy zaprosił francuski koncern Saint-Gobain. Firma ta postanowiła zaprezentować w tym budynku produkty swoich marek przeznaczone dla budownictwa jednorodzinne. Materiały izolacyjne pochodzą więc od Isovera, chemia budowlana i system ociepleniowy od firmy Weber, płyty do suchej zabudowy zaferował Rigips, ceramikę sanitarną i baterie – Tadmara, a szkło – Glassolutions. Koncern dostarczył łącznie ponad 100 różnych produktów. Czas budowy jak na dom prefabrykowany nie był krótki – prace trwały aż dziewięć miesięcy. Trzeba jednak wziąć poprawkę na to, że zaczęły się jesienią, a zima wymusiła kilka przerw. Dom jest częściowo obiektem eksperymentalnym, gdzie testowano różne rozwiązania i w związku z tym prowadzono skrupulatną dokumentację, a to również trochę trwa. Sporo czasu zajęły też prace ziemne. Gdyby rozpocząć budowę wiosną, otwarcie domu nastąpiłoby po pięciu miesiącach.

PARAMETRY DOMU

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię do ogrzania domu – **15 kWh/(m²·a)**.
Maksymalne roczne zapotrzebowanie na energię pierwotną do ogrzewania, chłodzenia, przygotowywania ciepłej wody użytkowej, prąd i inne zastosowania, w odniesieniu do powierzchni użytkowej – **120 kWh/(m²·a)**.
Izolacyjność termiczna ścian zewnętrznych:
• szkieletowych ocieplonych systemem ETICS – **U = 0,073 W/(m²·K)**,
• murowanych ocieplonych systemem ETICS – **U = 0,095 W/(m²·K)**,
• szkieletowych ocieplonych metodą lekką suchą – **U = 0,083 W/(m²·K)**.
Izolacyjność termiczna fundamentów – **U = 0,11 W/(m²·K)**.
Izolacyjność termiczna połaci dachowych – **U = 0,059 W/(m²·K)**.
Wynik próby szczelności – **0,57h-1**.

Łamana bryła

Ponieważ dom miał być wizytówką firmy Brawo Domy Pasywne, projektantowi zależało na tym, aby przyciągał wzrok. Ma on 250 m² powierzchni użytkowej. Jest parterowy z wysokim poddaszem użytkowym. Część, w której znajduje się garaż, jest ustawiona pod niewielkim kątem w stosunku do reszty, co urozmaica formę. Po przeciwnej stronie budynku znajduje się zadaszony taras naziemny, także skierowany skośnie.

Uniknięto w ten sposób wrażenia prostoty charakterystycznego dla budynków pasywnych, które siłą rzeczy często muszą wyglądać dość ascetycznie, aby spełnić surowe wymogi dotyczące izolacyjności cieplnej i pozyskiwania naturalnej energii.

Ciepłe posadowienie

Budowa domu rozpoczęła się we wrześniu zeszłego roku. Pierwszym istotnym etapem była budowa fundamentów. Dom pasywny rzadko ma tradycyjne ściany fundamentowe, które przeważnie zastępuje się wygodniejszą do solidnego ocieplenia płytą. Tu jest jednak inaczej. Mamy więc ściany murowane z bloczków betonowych oparte na ławach oraz klasyczną podłogę na gruncie o konstrukcji betonowej. Ściany zaizolowano przeciwwilgociowo i ocieplono styropianem grubości 27 cm. Na styropianie znalazła się druga, osłonowa warstwa hydroizolacji, a na niej podkład zbrojony siatką i tynk mozaikowy. Na betonowej konstrukcji podłogi są ułożone papa podkładowa oraz 30-centymetrowa termoizolacja ze styropianu. Podkład pod posadzkę stanowi jastrych cementowy grubości 8 cm układany z wykorzystaniem miksokreta. Współczynnik przenikania ciepła dla tak wykonanych fundamentów wynosi 0,1 W/(m²·K).
– Kolejne domy będziemy budować na płytach fundamentowych – wyjaśnia Jacek Ročko. – Tak będzie jednak łatwiej uzyskać zakładane parametry, choć i tradycyjny fundament dobrze się sprawdza w domu pasywnym – dodaje.

Szczelne okna i drzwi



Okna i drzwi uszczelniono od wewnątrz taśmą paroizolacyjną. Pas taśmy wprowadzono na folię paroizolacyjną i dokładnie z nią sklejono. Styk z elementami mocującymi okno dokładnie sklejono masą butylową



↑ Żeby zapewnić wymaganą szczelność, ościeżnice dokładnie połączono z paroizolacją, stosując odpowiednie do tych materiałów taśmy uszczelniające. Taśmą rozprężną wypełniono styk ram z ociepleniem, aby nie powstał tam liniowy mostek termiczny

Zbudowany pod dachem

W znacznej większości ten dom ma konstrukcję szkieletową. Elementy w tej technologii przygotował zakład prefabrykacji. Ściany zbudowano z drewna suszonego komorowo i czterostronnie struganego. Między belkami umieszczono 18 cm wełny mineralnej – szklanej o wyjątkowo niskim współczynniku przewodzenia ciepła λ równym 0,031 W/(m·K). Ściany są z zewnątrz usztywnione płytami mineralnymi (cementowo-włóknowymi), które stanowią idealne podłoże pod system ociepleniowy ETICS. Na takim poszyciu wykonano później ocieplenie z wełny mineralnej

-fasadowej o współczynniku λ równym 0,036 W/(m·K) mające grubość aż 25 i 26 cm. Elewację stanowi paroprzepuszczalny tynk cienkowarstwowy silikatowo-silikonowy nanoszony na tak zwaną warstwę zbrojną siatką z włókna szklanego. Tynk ten zawiera dodatek biocydów, więc nie ma obaw, że w zacienionych miejscach na jego powierzchni wyrosną glony lub pleśnie. Od wewnątrz ścian nośnych, na płytach drewnopochodnych ułożono system inteligentnej paroizolacji mocowanej specjalnymi taśmami. Jej połączenia zostały starannie uszczelnione systemową taśmą samoprzylepną. Izolacja taka

może sama regulować przepływ pary wodnej przez przegrodę. Na płytach zamocowano ruszt nośny ze stalowych profili ocynkowanych, a na nim okładzinę wykończeniową z płyt gipsowo-kartonowych. Między elementami rusztu zmieściło się jeszcze 5 cm wełny szklanej o podwyższonych właściwościach akustycznych. Ściany zewnętrzne poddasza są wykończone deskami (lekka sucha metoda ociepleniowa). Międzywołnami mocowanej szczeliny. Krążący w niej powietrze, które usuwa parę wodną mogącą się tam gromadzić i skraplać na ociepleniu. Zastosowano tu wełnę szklaną powlekaną welonem



Zdaniem projektanta

Szczelność to wyzwanie

Jacek Ročko, architekt i współwłaściciel firmy Brawo Domy Pasywne

W budynku pasywnym największe znaczenie ma uzyskanie stuprocentowej szczelności przegród, zwłaszcza gdy jego konstrukcja jest szkieletowa. W takie ściany można wpakować bardzo dużo ocieplenia, więc z powodzeniem spełni on wymogi energooszczędności. Trudniej będzie z zaliczeniem testu szczelności. Przygotowywaliśmy się do niego niezwykle starannie. Nasi pracownicy pilnowali, żeby żadna przypadkowa nieszczelność nie powstała w trakcie układania pokrycia i instalacji. Sami dokładnie ustalaliśmy, jak uszczelnić poszczególne elementy domu. Unikaliśmy mocowania folii paroizolacyjnej mechanicznie, wybraliśmy do tego specjalny klej. Szczelnie wypełniliśmy szczelinę dylatacyjną między częścią murowaną a szkieletową, używając do tego piany poliuretanowej.

Folię ze ścian szkieletowych wyprowadziliśmy na mury i uszczelniliśmy połączenie taśmą systemową. Poważnym problemem były mury z bloczków. Mimo że producent tego nie przewiduje, zaprawą klejową wypełnialiśmy także spoiny pionowe. Była to żmudna praca, gdybyśmy jej nie wykonali, pograżylibyśmy się na teście szczelności. Wypełnienie spoin można by było sobie darować tylko pod warunkiem, że ściany byłyby od wewnątrz tynkowane. My jednak chcieliśmy wykorzystać je płytami g-k mocowanymi na placki kleju – głównie po to, aby zaoszczędzić czas i nie wprowadzać do wnętrza wilgoci. Właściwe uszczelnienie okien i drzwi okazało się trudne, ponieważ ościeżnice zostały wysunięte na specjalnych konsolach poza ściany.

Postanowiliśmy więc folię paroizolacyjną podwinąć na wnęki okienne przed montażem konsoli, a później uszczelniliśmy ościeżnice taśmą paroizolacyjną. Była przyklejana do okien i do folii paroizolacyjnej, a miejsca mocowania konsoli dodatkowo uszczelniliśmy masą butylową. Po takich zabiegach każde okno sprawdzaliśmy specjalnym urządzeniem mierzącym przepływ powietrza. Okazało się także, że niezwykle kłopotliwe jest uszczelnienie styku ścian szkieletowych z fundamentami. Okazuje się, że te muszą być idealnie wypoziomowane i bardzo równe. Pod każdą ścianą oprócz typowej hydroizolacji poziomej znalazła się dodatkowo taśma uszczelniająca, a styk folii z podłogą dokładnie zabezpieczyliśmy systemową taśmą izolacyjną.

szklanym. Welon chroni między innymi przed wywiewaniem włókienek wełny przez powietrze dostające się do szczeliny wentylacyjnej.

Dzięki wysokiej elastyczności tej wełny (przeznaczonej specjalnie do fasad wentylowanych) udało się uniknąć mostków termicznych między nią a elementami podtrzymującymi ruszt nośny elewacji. Zastosowanie wełny szklanej o najniższym na rynku współczynniku $\lambda = 0,030$ i 0,031 W/(m·K) pozwoliło też zmniejszyć grubość warstwy termoizolacyjnej. Ściany konstrukcyjne, opuszczając zakład, nie miały ocieplenia zewnętrznego i tego układanego od strony pomieszczeń. Elementy dowieszono na plac budowy i dźwigiem ustawiono je na fundamentach.

Ściany działowe o konstrukcji szkieletowej budowano już na miejscu. Zastosowano rozwiązania systemowe Rigips. Ruszt nośny montowano z profili stalowych. Okładzinę stanowiły płyty gipsowo-kartonowe. W niektórych pomieszczeniach zastosowano nowatorskie płyty g-k zdolne pochłaniać zanieczyszczenia z powietrza, zwłaszcza toksyczne formaldehydy pochodzące głównie z mebli. Wewnątrz ścian nie zabrakło oczywiście izolacji akustycznej z mineralnej wełny szklanej.

W niektórych pomieszczeniach zbudowano ściany działowe o podwyższonej izolacyjności akustycznej. Poprawiają komfort akustyczny o 6 dB w stosunku do zwykłych lekkich ścian działowych. Za wygłuszenie dźwięków oprócz wełny odpowiadają tam specjalne płyty gipsowo-kartonowe o ponadstandardowej dźwiękochłonności oraz profile mające wyjątkowy kształt opracowany z myślą o ograniczeniu transmisji drgań przez stalową konstrukcję.

Murowane skrzydło

To skrzydło budynku, w którym mieści się garaż, zbudowano na miejscu – z betonu komórkowego. Dlaczego? Głównie z tego względu, że nad garażem jest niewielki taras, a to wymusiło oparcie ścian poddasza na stropie. Żeby uniknąć nieszczelności, ściany te wymurowano z betonu komórkowego. To z kolei przesądziło o tym, że postanowiono zamiast stropu szkieletowego zrobić tańszy – żelbetowy. W konsekwencji całą dobudówkę wzniesiono w technologii murowanej. Użyto

bloczków szerokości 24 cm o wyjątkowo niskim współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,095$ W/(m·K) i murowano je na zaprawę klejową. Zostały ocieplone styropianem fasadowym grubości 25 cm (system ETICS). Wykończenie stanowi tynk cienkowarstwowy, taki jak na szkieletowej części budynku. Tak skonstruowane ściany są też na poddaszu.

Stropy w dwóch wariantach

Nad murowaną częścią budynku zbudowano strop żelbetowy. Nad pozostałą – drewniany strop belkowy grubości ponad 45 cm, typowy dla domów szkieletowych. Jest to oczywiście strop z elementów prefabrykowanych. Między drewnianymi belkami, w ich górnej części, ułożono warstwę mineralnej wełny szklanej grubości 15 cm. Tworzy ona izolację akustyczną, którą wspomagają termoizolacyjne płyty gipsowo-kartonowe, mające także zdolność tłumienia dźwięków. Celowo nie umieszczono wełny niżej, a zwłaszcza pod rusztem, na którym wiszą płyty, gdyż znacznie pogorszyłyby się wtedy komfort akustyczny w budynku.

Na belkach konstrukcji stropu są pasy taśmy akustycznej. Poszycie tworzą płyty drewnopochodne grubości 22 mm. Na nich ułożono dodatkową izolację wyciszającą z twardej akustycznej wełny mineralnej grubości 4 cm. Podkład pod posadzkę stanowi jastrych cementowy grubości 4 cm odznaczający się wysoką wytrzymałością i elastycznością. Musi być odporny na naprężenia, które w stropach drewnianych są zdecydowanie większe niż w betonowych.

Poddasze grubo ocieplone

Wieżba dachowa, podobnie jak ściany i panele stropowe, dojechała wprost z wytwórni w postaci paneli dachowych. Sufit poddasza oddzielający część ogrzewaną od nieogrzewanego i niez izolowanego termicznie stryszku zaizolowano warstwą wełny mineralnej o współczynniku $\lambda = 0,033$ W/(m·K) i łącznej grubości aż 55 cm. Ułożono ją między belkami stropu, na nim oraz pod spodem, na stalowej konstrukcji rusztu nośnego będącego oparciem dla okładziny z termoizolacyjnych płyt gipsowo-kartonowych. Między rusztem a płytami nie zabrakło inteligentnej folii

paroizolacyjnej, która samoczynnie rozszczelnia się w sezonie letnim i ponownie zwiększa szczelność zimą. Identycznej grubości ocieplenie znalazło się w połaciach dachu nad ocieploną częścią poddasza.

Ciepłe okna w ścianach i połaciach

W ścianach zamontowano okna o sześciokomorowych profilach z PCW. Część z komór jest wypełniona pianką poliuretanową, aby podnieść ich izolacyjność termiczną. Usztywnienie plastikowych ram zapewniają nie metalowe kształtowniki, tylko termoplastyczne wkładki z włókna szklanego. Okna wyposażono w dwukomorowe pakiety szybowe Glassolutions. Od południa szyby te mają współczynnik przenikania ciepła U_g na poziomie 0,6 W/(m²·K), U_w całych okien to 0,822 W/(m²·K), a tak zwany *solar faktor*, czyli współczynnik obrazujący zyski ciepła pochodzące z promieniowania słonecznego, sięga 62%. Okna od północy mają lepszą izolacyjność termiczną – U_g szyb wynosi 0,5 W/(m²·K), U_w całych okien – 0,733 W/(m²·K), a *solar faktor* tylko 50%, ponieważ z tej strony budynku korzyści ze słońca są mniejsze.

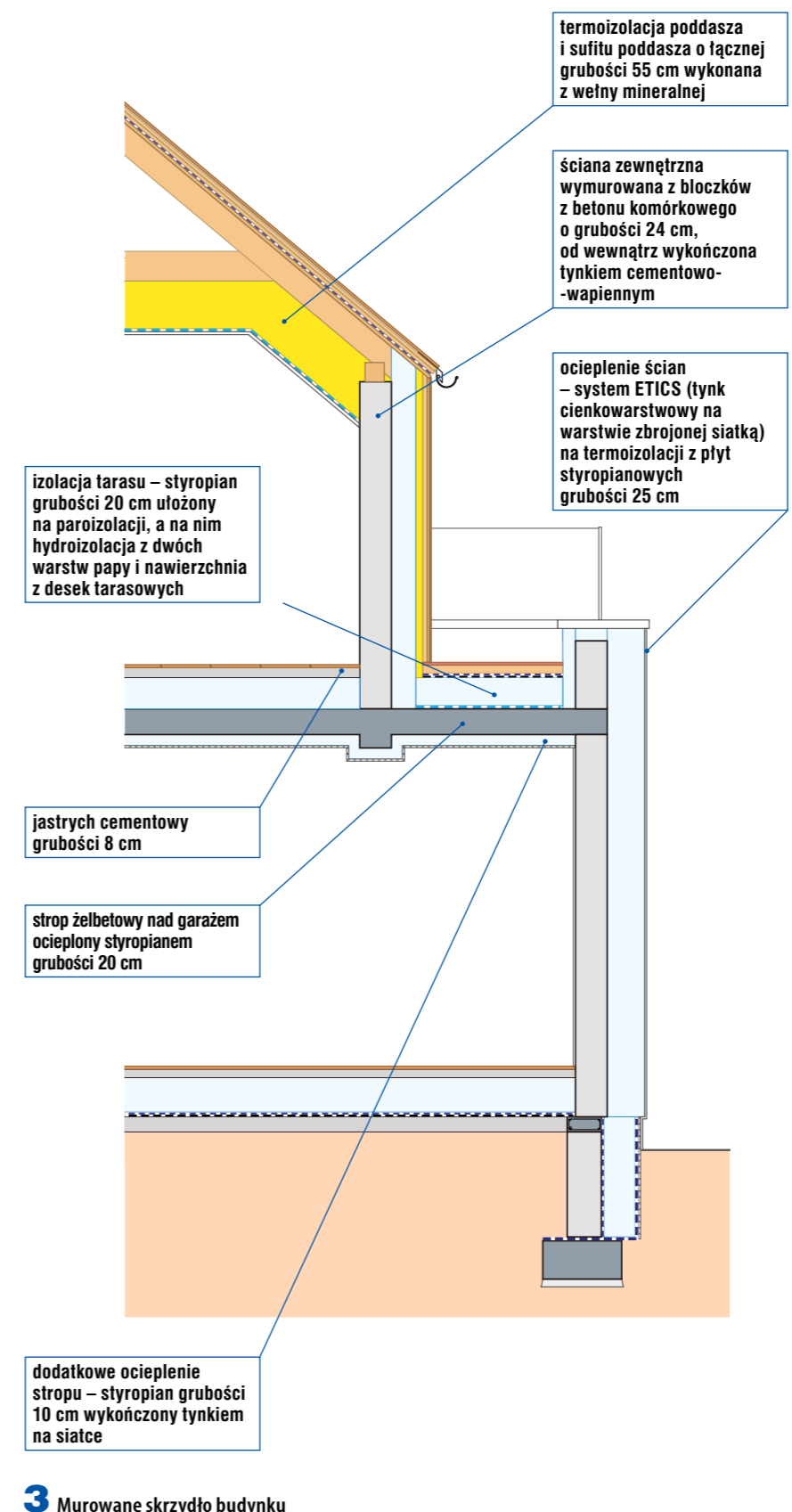
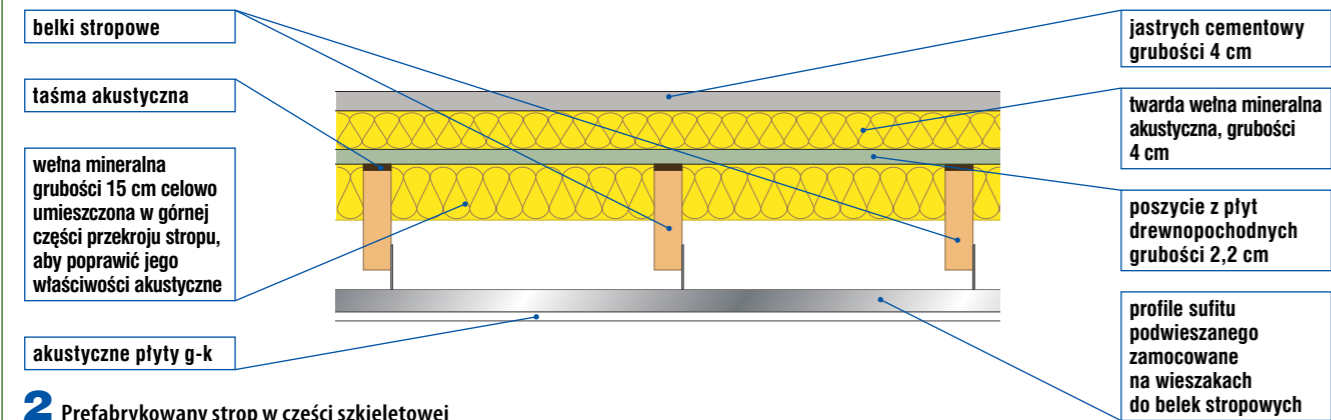
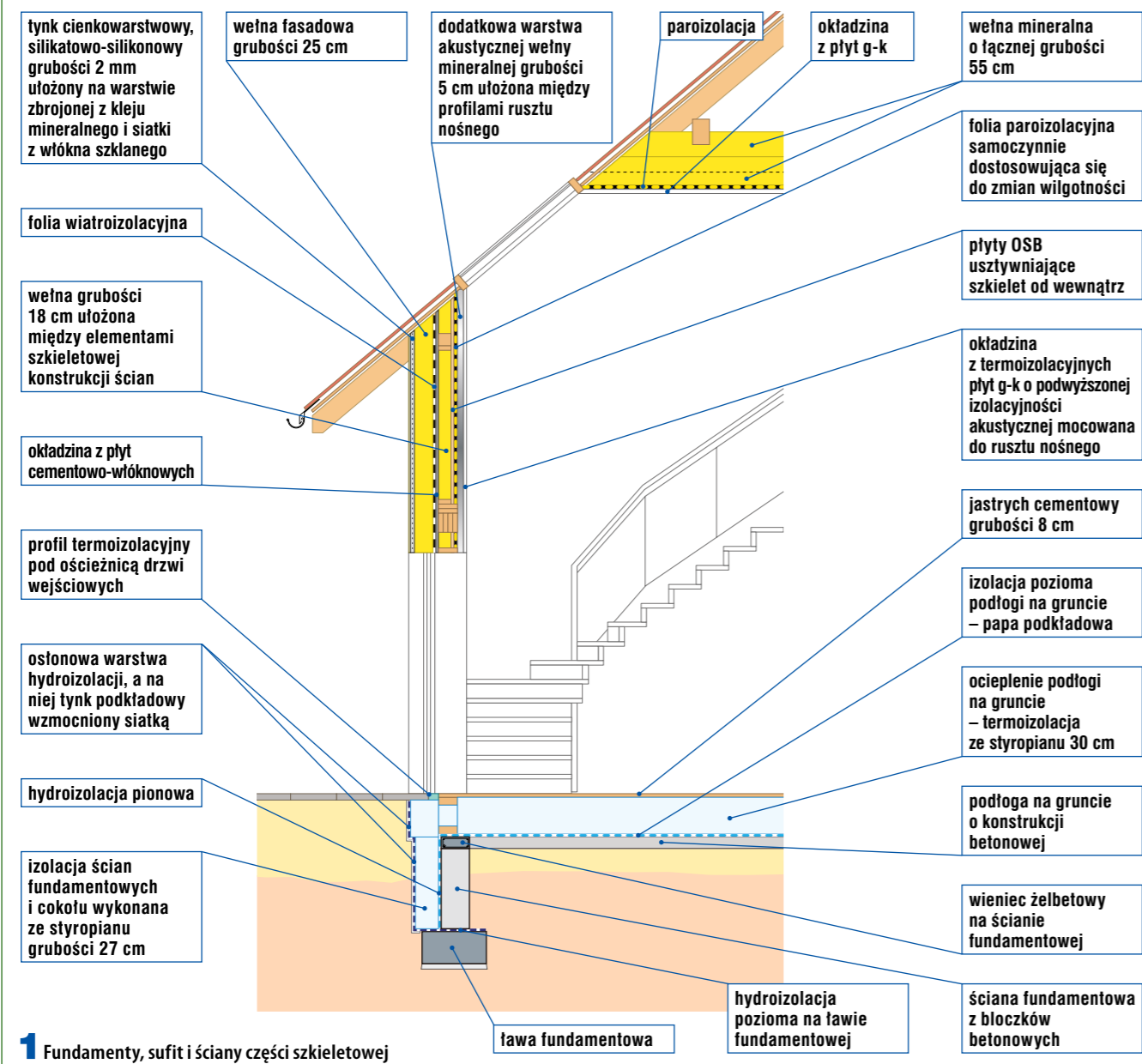
Dzięki takiemu dobraniu pakietów szybowych duże okna mogą być nie tylko w ścianach południowych, ale także od zachodu czy od północy.



NIEPASYWNY GARAŻ

W domach pasywnych garaże są albo zupełnie odsunięte od głównego budynku, albo stanowią dobudówkę niepołączoną konstrukcyjnie z resztą. W takiej sytuacji garaż przeważnie nie jest ogrzewany. Ten w Stawigudzie znajduje się w skrzydle domu. Jest doskonale ocieplony, chociaż nie przewiduje się jego ogrzewania. Stanowi element niepasywny, wyodrębniony pod tym względem z całości, choć konstrukcyjnie integralny. Nie był brany pod uwagę ani w obliczeniach, ani podczas testu szczelności. Powodem tego jest ogromna trudność w szczelnym połączeniu bramy garażowej ze ścianami. Garaż nie miałby przez to szans, żeby pozytywnie przejść test szczelności.

Konstrukcja domu w Stawigudzie



Na poddaszu zainstalowano także okna połaciowe firmy Velux. Wybrano okna energooszczędne, których drewniane ramy są ciśnieniowo powleczone poliuretanem. Taka konstrukcja zdecydowanie zwiększa izolacyjność cieplną. Okna mają współczynnik przenikania ciepła $U_w = 0,91 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, a współczynnik U_g szyb wynosi $0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Jest to model o obniżonej wysokości montażu – ramy są blisko linii ogrzewania, co ma pozytywny wpływ na izolacyjność termiczną połaci.

Bez mostków

Aby uniknąć mostków termicznych, zarówno daszek nad wejściem, jak i konstrukcja wiaty nad tarasem nie są połączone z budynkiem. Istnieją jako elementy samonośne. W innym wypadku trzeba by było łączyć je ze ścianami nośnymi domu, naruszając ciągłość izolacji termicznej. Pod każdym oknem i wszystkimi drzwiami znajdują się specjalne profile progowe lub belki podokienne z PCW wypełnione pianką poliuretanową. Zmniejszają ucieczkę ciepła przez te miejsca (jest ona trudna do całkowitego uniknięcia nawet w domach pasywnych). Budynek nie ma balkonów, tylko taras nad garażem. Jest zaizolowany szczelnie, identycznie jak reszta stropu żelbetowego.

Pompa musi wystarczyć

Powierzchnia ogrzewana domu w Stawigudzie to $205,86 \text{ m}^2$. Ciepła dostarczy gruntowa pompa ciepła. Część energii z systemu wentylacji odzyska rekuperator. Dlaczego nie ma więcej nowinek technicznych stworzonych po to, żeby pozyskiwać darmową energię? – Energia słoneczna to supersprawa i w przyszłości planujemy zamontowanie fotowoltaicznych paneli słonecznych. Chcieliśmy to zrobić już na etapie budowy, ale odłożyliśmy pomysł na później – wyjaśnia Jacek Ročko. – Nie jestem natomiast fanem kolektorów słonecznych. Mamy zainstalowaną pompę ciepła, więc zasadność ich użycia spadła prawie do zera. Oczywiście można w takim budynku jak nasz zamontować wszystko, ale pamiętajmy o czynniku finansowym. Nie po to inwestujemy w izolację budynku, żeby dodatkowo wydawać pieniądze na różne rozwiązania instalacyjne – tłumaczy architekt. ■