

Modelowy dom pasywny na Dolnym Śląsku

dr inż. arch. **Ludwika Juchniewicz-Lipińska**
Lipińscy Domy
mgr inż. **Szymon Firląg**
Instytut Budynków Pasywnych przy NAPE

Dzięki współpracy biura projektowego Lipińscy Domy i Instytutu Budynków Pasywnych przy Narodowej Agencji Poszanowania Energii powstał autorski projekt Lipińscy Dom Pasywny 1, którego podstawowym założeniem była adaptacja obowiązujących wytycznych konstrukcyjnych do lokalnych warunków klimatycznych okolic Wrocławia. Zrealizowany na jego podstawie dom, jako pierwszy z Europy Środkowo-Wschodniej, został umieszczony w międzynarodowej bazie domów pasywnych *Passivhaus Institut* w Darmstadt oraz brał udział w organizowanych pod jego patronatem europejskich dniach otwartych.

Wynikająca z uwarunkowań środowiskowo-ekonomicznych konieczność zmniejszenia zużycia energii przez sektor komunalno-bytowy spowodowała wzrost zainteresowania pasywnym standardem budowlanym. W Polsce jednak trudno wskazać obiekty, które ściśle odpowiadałyby wyznaczonym kryteriom. Często określa się tym mianem domy niskoenergetyczne lub eksperymentalne; jednak zapomina się, że opracowane w Niemczech wytyczne konstrukcyjne odpowiadają tamtejszym warunkom klimatycznym. Taki sam dom, który we Freiburgu (niemiecki biegun ciepła) jest pasywny, nie spełnia tych wymagań w przypadku zbudowania go w Suwałkach.

Idea

Pojęcie budynku pasywnego zostało zaproponowane przez dr. Wolfganga Feista i prof. Bo Adamsona z Uniwersytetu w Lund. W 1988 r. postawili oni tezę, że możliwe jest zbudowanie domu, który w wyniku znacznego ograniczenia strat ciepła, nie będzie wymagał tradycyjnej instalacji ogrzewczej. Po 3 latach, teoria ta została potwierdzona powstaniem pierwszego domu pasywnego w Darmstadt w Niemczech. Szacuje się, że w ciągu kolejnych 15 lat wybudowano ok. 5000 obiektów pasywnych. Budownictwo pasywne przeżywa obecnie okres dynamicznego rozwoju w całej Europie.

Projekt architektoniczny

Zaproponowana przez biuro projektowe Lipińscy Domy architektura domu pasywnego nawiązuje do archetypu domu jednorodzinnego, przy czym doskonale wpisuje się w polski krajobraz zurbanizowany. Projekt i konstrukcja zapewnia maksymalne ograniczenie strat ciepła, przy jednoczesnym pozyskaniu jak największej

ilości ciepła od słońca. Kompaktowy charakter budynku potwierdza współczynnik A/V wynoszący 0,75, a dostawiony od strony zachodniej garaż o niezależnej konstrukcji pełni rolę dodatkowego bufora ciepła. Maksymalizację solarnych zysków ciepła osiągnięto dzięki odpowiedniemu rozmieszczeniu okien na fasadach domu. Największa ilość promieniowania słonecznego przypada na kierunek południowy, dlatego dom pasywny ma dużą przeszkloną fasadę od strony południowej. Sytuacja jest odwrotna, jeśli chodzi o fasadę północną. Ponieważ ilość promieniowania słonecznego przypadająca na ten kierunek jest niewielka, to umieszczenie okien na północnej elewacji powoduje tylko dodatkowe straty ciepła. Jednak zrezygnowano z „zamknięcia” fasady północnej. Doprowadziłoby to do znacznego pogorszenia architektury domu i zmniejszenia jego atrakcyjności.

Rozmieszczenie powierzchni przeszklonych jest korzystne z punktu widzenia pozyskiwania zysków ciepła, ale może to doprowadzić do przegrzania domu w okresie lata. Aby temu zapobiec w projekcie architektonicznym przewidziano odpowiednie elementy zacieniające, np. wysunięte poza obrys budynku okapy. Dzięki nim ilość promieniowania słonecznego docierającego do domu w okresie lata zostaje zoptymalizowana. Innym rozwiązaniem jest odpowiedni projekt zieleni. Zasadzone od strony południowej drzewa i krzewy (okresowo zielone) dają cień latem. Natomiast zimą po zgubieniu liści, nie ograniczają dostępu promieniowania słonecznego.

Funkcjonalnie dom przeznaczony jest dla 4-osobowej rodziny. Jest tu miejsce na pracę w domu oraz realizację hobby. Strefę ogólnego użytkowania tworzy pokój dzienny z antresolą. Duża przeszklona południowa fasada powoduje optyczne powiększenie wnętrza. Dom, pomimo stosunkowo

niedużej powierzchni (132 m²), jest bardzo przestronny. Kuchnia połączona z jadalnią ma pomieszczenie gospodarcze, w którym umieszczone jest zintegrowane urządzenie grzewczo-wentylacyjne. Zastępuje ono w domach pasywnych tradycyjną instalację grzewczą. Jest tu również miejsce na pralkę i podręczną spiżarkę.

Zdecydowano się na wybudowanie budynku na terenie nowo realizowanego osiedla domów jednorodzinnych w Solcu k. Wrocławia. Dział-



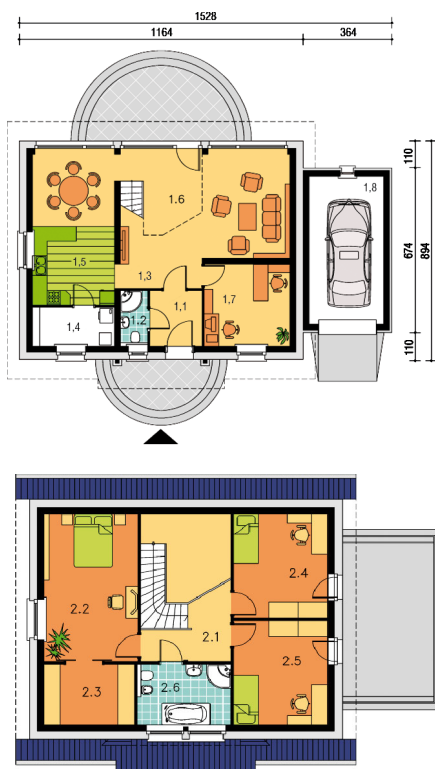
Rys. 1. Wizualizacja elewacji frontowej i ogrodowej domu (rys. Lipińscy Domy)

ka, na której powstaje dom, ma powierzchnię 700 m². Ze względu na jej narożny charakter, dom nie jest zasłonięty od strony południowej żadnymi obiektami, które ograniczałyby dostęp promieniowania słonecznego. Orientacja budynku różni się jednak nieznacznie do założeń projektowych. Elewacja ogrodowa o dużej powierzchni przeszklonej jest zorientowana na południowo-zachód, a nie na południe. Różnica

ta została uwzględniona w obliczeniach energetycznych, które potwierdziły, że również dla takiej orientacji dom osiągnie standard pasywny. Po zakończeniu inwestycji obiekt ma pełnić funkcję domu pokazowego.

Przegrody zewnętrzne

Konstrukcja przegród zewnętrznych domu pasywnego jest podporządkowana maksymalnemu ograniczeniu strat ciepła przez przenikanie. W standardowych wytycznych konstrukcyjnych można znaleźć warunek mówiący, że wartość współczynnika przenikania ciepła U ścian zewnętrznych, podłóg, stropów i dachów nie może przekraczać $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Podczas prac projektowych okazało się jednak, że dom pod Wrocławiem osiągnie standard pasywny, gdy średni współczynnik U przegród zewnętrznych wyniesie ok. $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Osiągnięcie tak niskiego współczynnika wymusiło konieczność zastosowania warstw izolacji o grubości $30\text{--}44 \text{ cm}$ i bardzo dobrych materiałów izolacyjnych.



Rys. 2. Rzut parteru i poddasza
(rys. Lipiński Domy)

W pierwszym etapie prac budowlanych wykonano fundamenty i płytę żelbetową posadzki. Dom nie jest podpiwniczony, co znacznie uprościło konstrukcję budynku. Posadzkę zaizolowano od spodu warstwą 30 cm styropianu odpornego na działanie wody, charakteryzującego współczynnikiem przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$. Pozwoliło to na uzyskanie przez posadzkę na gruncie współczynnika $U = 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Po wykonaniu płyty żelbetowej nastąpił montaż ścian zewnętrznych. Zajął on tylko 3 dni, dzięki zastosowaniu technologii prefabrykatów z keramzytobetonu. Oprócz szybkiego montażu system ten ma kilka zalet, szczególnie istotnych w budownictwie pasywnym. Pierwszą z nich jest duża masa akumulacyjna prefabrykatów keramzytobetonowych. Ilość solarnych zysków ciepła pozyskanych przez dom pasywny nie zawsze pokrywa się z jego aktualnym zapotrzebowaniem na ciepło, dlatego może dojść do przegrzania budynku. Aby do tego nie dopuścić należy magazynować zyski ciepła, a następnie uwalniać je w momencie spadku temperatury w budynku. Najprostszym sposobem magazynowania ciepła jest akumulacja bezpośrednia w masywnej konstrukcji budynku. Jej prawidłowe wykorzystanie wpływa korzystnie na komfort użytkownika domu pasywnego i jego bilans energetyczny.

Drugą zaletą technologii prefabrykowanej jest niewielka grubość konstrukcji nośnej wynosząca 15 cm . Ma to szczególne znaczenie dla grubości całej ściany zaizolowanej 30 cm warstwą izolacji. Zastosowanie cienkiej konstrukcji nośnej pozwoliło na uniknięcie „efektu bunkra”, który może wystąpić w domach pasywnych. Prefabrykaty keramzytobetonowe zaizolowano szarym styropianem z dodatkiem grafitu, charakteryzującym się bardzo dobrym współczynnikiem przewodzenia ciepła $\lambda = 0,031 \text{ W/mK}$. Pozwoliło to na uzyskanie przez ściany zewnętrzne współczynnika $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Więźbę dachową wykonano w sposób tradycyjny. Podstawowa różnica polega na zastosowaniu 3-warstwowego systemu izolacji. Pierwszy z jej elementów stanowią styropianowe panele dachowe o średniej grubości 14 cm . Drugą warstwą jest szary styropian przeznaczony do izolacji dachu, wypełniający przestrzeń pomiędzy krokiewkami. Grubość styropianu wynosi 20 cm , natomiast jego współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$. Ostatnią warstwę izolacji stanowią płyty z szarego styropianu o grubości 10 cm dobite pod krokiewkami. Dzięki zastosowaniu 3-warstwowego systemu izolacji, współczynnik przenikania ciepła dachu osiągnął wartość $U = 0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$, co ma szczególne znaczenie, gdyż straty ciepła przez dach mogą mieć znaczny udział w bilansie energetycznym budynków.

Mostki termiczne

Nawet najlepiej zaizolowane przegrody zewnętrzne nie zapewnią osiągnięcia standardu pasywnego, jeśli nie wyeliminuje się z konstrukcji domu mostków termicznych. Mostki termiczne powstające w miejscach pocienienia lub przerwania warstwy izolacji oraz niejednorodności konstrukcji przegrody muszą być bezwzględnie eliminowane z budynków pasywnych.

Problem ten został rozwiązany już na etapie projektowym, dzięki ograniczeniu ilości mostków do minimum w konstrukcji budynku, m.in. poprzez termiczne oddzielenie garażu od bryły domu. Niezależna konstrukcja nośna umożliwiła wykonanie nieprzerwanej warstwy izolacji pomiędzy oboma częściami budynku.

Bardzo istotne jest również zachowanie ciągłości warstwy izolacyjnej w przegrodach zewnętrznych i na ich połączeniach. W omawianym domu pasywnym udało się to zrealizować niemal wszędzie. Jedynym miejscem, gdzie nie udało się zapewnić ciągłości warstwy izolacji, są ściany fundamentowe, ale negatywne skutki zostały częściowo zniwelowane poprzez zastosowanie przekładki termicznej z cokołowych pustaków izolacyjnych.

Dzięki zastosowaniu kompleksowych rozwiązań obliczona strata ciepła przez mostki termiczne wynosi -128 kWh/rok . Ujemna strata ciepła wynika z faktu przeprowadzenia obliczeń w odniesieniu do wymiarów zewnętrznych. Przy takich założeniach wartość geometrycznego mostka ciepła dla idealnie zaizolowanego rogu wynosi $-0,054 \text{ W/mK}$. Można więc stwierdzić, że uzyskanie ujemnej wartości strat ciepła jest możliwe, kiedy usunięte zostaną wszystkie mostki termiczne.

Szczelność

Dom pasywny wyposażony jest w mechaniczną wentylację nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła. Świeże powietrze dostaje się do pomieszczeń za pośrednictwem krętek nawiewnych, a nie poprzez nieszczelne okna. Fakt ten, a zarazem konieczność ograniczenia strat ciepła na wentylację sprawia, że dąży się do maksymalnego ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego. Budowa szczelnego domu pasywnego wymagała zaplanowania odpowiednich rozwiązań już na etapie projektowym. Pierwszym krokiem w tym kierunku było zdefiniowanie, które



Fot. 1. Montaż prefabrykatów keramzytobetonowych
(fot. Lipiński Domy)



Fot. 2. Izolacja ścian zewnętrznych wykonana z 30 cm szarego styropianu oraz styropianowe panele dachowe (fot. Lipińscy Domy)

z warstw przegród zewnętrznych są szczelne. Można wyróżnić 3 rodzaje przegród: ściany zewnętrzne, posadzkę na gruncie i dach. Każda z nich ma warstwę, która zapewnia jej szczelność. W przypadku ścian zewnętrznych jest to tynk, w przypadku posadзки na gruncie – płyta żelbetowa, natomiast dla dachu – folia paroszczelna.

Zdefiniowanie i dokładne wykonanie szczelnych warstw w budynku pasywnym nie gwarantuje osiągnięcia pożądanej przepuszczalności powietrznej. Bardzo ważne jest zrealizowanie trwale szczelnych połączeń poszczególnych warstw. Szczególną uwagę zwrócono na poprawne wykonanie połączenia ścian zewnętrznych ze stolarką okienną i drzwiową.

Montaż stolarki okiennej i drzwiowej zrealizowano w oparciu o 3-warstwowy system uszczelnień. Składa się on z elastycznej folii paroprzepuszczalnej stanowiącej warstwę zewnętrzną. Folia ta zabezpiecza połączenie przed działaniem zewnętrznych czynników atmosferycz-



Fot. 3. Szczelne połączenie ścian zewnętrznych ze stolarką okienną – folia paroszczelna przed przyklejeniem (fot. Lipińscy Domy)

nych. Warstwa środkowa wykonana jest z pianki poliuretanowej, izolującej termicznie połączenie stolarki z konstrukcją budynku. Ostatnią warstwą jest folia paroszczelna zamocowana od strony wewnętrznej. Charakteryzuje się ona bardzo dużym oporem dyfuzyjnym zabezpieczającym przed przepływem gazów i pary wodnej z wnętrza na zewnątrz budynku. Zastosowany 3-warstwowy system tworzy trwale szczelne połączenie okien i drzwi z przegrodami zewnętrznymi.

Skuteczność wszystkich zastosowanych w domu pasywnym rozwiązań zmierzających do ograniczenia niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego będzie sprawdzona za pomocą testu ciśnieniowego. Przeprowadza się go zgodnie z metodyką B opisaną w normie PN-EN 13829 [1]. Planowane badanie zostanie wykonane przy użyciu drzwi nawiewnych – *Blower Door*. Określona w jego wyniku niekontrolowana infiltracja powietrza zewnętrznego przez nieszczelności przy różnicy ciśnień 50 Pa musi być mniejsza niż 0,6 kubatury budynku na godzinę ($n_{50} \leq 0,6$ 1/h).

Okna

Głównym zadaniem przegród przezroczystych w domu pasywnym jest pozyskiwanie ciepła od słońca. Ilość uzyskanej w ten sposób energii zależy od wielkości i usytuowania okien względem stron świata. Aby jednocześnie ograniczyć straty ciepła przez przenikanie, stosowane w domach pasywnych okna muszą spełniać rygorystyczne wymagania dotyczące ich konstrukcji i charakterystyki termicznej. Wartość współczynnika przenikania ciepła dla całych okien nie powinna przekraczać 0,8 W/m²K. Współczynnik całkowitej przepuszczalności energii promieniowania słonecznego wynosić ok. 0,5. Im wartość współczynnika

jest wyższa, tym więcej energii promieniowania słonecznego dostaje się do wnętrza domu.

Zastosowanie specjalnej stolarki okiennej wynika również z konieczności zapewnienia mieszkańcom wysokiego komfortu cieplnego. Poczucie komfortu zależy m.in. od temperatury przegród otaczających organizm ludzki. Ciało ludzkie wymienia ciepło na drodze promieniowania i zbyt niska temperatura otaczających go powierzchni może doprowadzić do asymetrii promieniowania i poczucia dyskomfortu. Najczęstszą przyczyną powstania dyskomfortu są zimne powierzchnie przegród – okien. W typowych domach problem ten rozwiązywany jest za pomocą montowanych pod oknami grzejników, które dzięki wysokiej temperaturze powodują zbilansowanie radiacyjnej wymiany ciepła. W domach pasywnych, w których rezygnujemy z tradycyjnych systemów grzewczych, komfort musi być zapewniony w inny sposób. Wysoką temperaturę wewnętrznej powierzchni okien osiąga się dzięki zastosowaniu 3-warstwowego szklenia i specjalnej ocieplonej konstrukcji ramy. Rozwiązania te sprawiają, że nawet dla temperatur zewnętrznych niższych od –10°C, temperatury powierzchni okien nie spadają poniżej poziomu powodującego dyskomfort.

Zdecydowano się na zastosowanie ram z tworzyw sztucznych. Profil okienny o szerokości 120 mm ma 5 komór z dodatkowymi wkładkami z izolacji termicznej. Wartość współczynnika przenikania ciepła U , samej ramy wynosi jedynie 0,71 W/m²K. Wartość współczynnika przenikania ciepła dla zastosowanego 3-warstwowego zestawu szklarskiego wynosi 0,6 W/m²K. Osiągnięcie tak dobrych parametrów termicznych było możliwe dzięki naniesieniu powłok niskoemisyjnych i wypełnieniu przestrzeni między szybowych argonem. Współczynnik g całkowitej przepuszczalności promieniowania słonecznego jest równy 0,52. Zastosowanie tak nowoczesnej stolarki okiennej pozwoliło na uzyskanie średniego współczynnika U dla wszystkich okien wynoszącego 0,72 W/m²K. Obliczono go na podstawie normy PN-EN 10077 [2] z dodatkowym uwzględnieniem mostków cieplnych powstałych w wyniku montażu okien. Zastosowane w domu drzwi wejściowe mają współczynnik $U = 0,8$ W/m²K.

Wentylacja, ogrzewanie i przygotowanie c.w.u.

Standardu pasywnego nie da się osiągnąć bez zastosowania mechanicznej wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Rozwiązanie takie, przy jednoczesnym bardzo dobrym zaizolowaniu domu, pozwala na rezygnację z konwencjonalnych grzejników. Wentylacja mechaniczna pełni wówczas rolę instalacji ogrzewania powietrznego. Nawiewane powietrze jest w tym przypadku nośnikiem ciepła.

Istnieje wiele sposobów realizacji systemu grzewczo-wentylacyjnego w budynkach pasywnych. W opisywanym przypadku zdecydowano się na zastosowanie kompaktowego urządzenia grzewczego. Odpowiada ono za wentylację, ogrzewanie i przygotowanie c.w.u. Sercem urządzenia jest niewielka sprężarkowa pompa ciepła wykorzystująca, jako dolne źródło ciepła, powietrze usuwane z budynku oraz powietrze zewnętrzne. Moc grzewcza pompy wynosi 1,5 kW, co wystarczy do przygotowania c.w.u. oraz ogrzania powietrza wentylacyjnego.

Urządzenie kompaktowe ma zintegrowaną nawiewno-wywiewną centralę wentylacyjną z przeciwprądowym wymiennikiem ciepła. Charakteryzuje się on sprawnością odzysku ciepła rzędu 80%. Efektywność energetyczną systemu wentylacji podniesiono dzięki zastosowaniu gruntowego wymiennika ciepła. Pozwala on na wstępne podgrzanie powietrza wentylacyjnego w czasie zimy oraz jego schłodzenie latem. GWC zwiększa zatem efektywność pracy pompy ciepła. Wydajność wbudowanej centrali wentylacyjnej wynosi maksymalnie 230 m³/h, jednak optymalny strumień powietrza, to ok. 150 m³/h. Taką też wartość przyjęto jako obliczeniową w projekcie systemu wentylacji. Strumień ten z jednej strony pozwala na spełnienie warunków higienicznych, z drugiej zaś nie prowadzi do nadmiernego spadku wilgotności powietrza wewnątrz budynku.

Do kompaktowego urządzenia grzewczego podłączono dodatkowo instalację solarną, wspomagającą podgrzew c.w.u. Wykonano ją w oparciu o kolektor próżniowy umieszczony na południowej połaci dachowej. Pozyskiwane przez niego ciepło służy do podgrzewu c.w.u. w zintegrowanym zasobniku o poj. 250 l.

Charakterystyka energetyczna

Zastosowanie kompleksowych rozwiązań w odniesieniu do architektury i konstrukcji domu pozwoliło na radykalne zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło budynku. Potwierdziły to obliczenia wykonane przez Instytut Budynków Pasywnych przy NAPE za pomocą programu PHPP (*Passivhaus Projektierungspaket*). Otrzymana w ich wyniku charakterystyka energetyczna domu jest następująca:

- Zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania domu w standardowym sezonie grzewczym wynosi 15 kWh/m²a. Ten sam obiekt wybudowany zgodnie z obowiązującymi w Polsce normami będzie zużywał 123 kWh/m²a, czyli ponad 8-krotnie więcej.
- Maksymalne zapotrzebowanie na moc grzewczą, jakie może wystąpić dla warunków obliczeniowych, wynosi 11,2 W/m². Jest to wartość nieznacznie większa niż przyjmowana dla domów pasywnych, jednakże ok. 6-krotnie

mniejsza niż dla domu standardowego. Łączne zapotrzebowanie na moc grzewczą domu wynosi 1,52 kW i jest w pełni pokryte przez zastosowaną kompaktową pompę ciepła. Rolę tradycyjnej instalacji grzewczej przejmują system wentylacji, który przy strumieniu powietrza wynoszącym 150 m³/h jest w stanie dostarczyć wymaganą ilość ciepła do budynku.

- Zapotrzebowanie na ciepło do podgrzania c.w.u. wynosi 26 kWh/m²a i jest identyczne jak dla domu standardowego. Zapotrzebowanie to jest jednak większe niż zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania domu. Dlatego przygotowanie c.w.u. powinien się odbywać przy udziale odnawialnych źródeł energii pochodzącej np. z kolektorów słonecznych.
- Dom pasywny charakteryzuje się również bardzo niskim zapotrzebowaniem na energię pierwotną, wynoszącym 105 kWh/m²a. Ta ilość energii wystarczy na ogrzewanie budynku, przygotowania c.w.u., pracę urządzeń elektrycznych i oświetlenie. Domy powstające zgodnie z obowiązującymi obecnie normami zużywają średnio 4-krotnie więcej energii pierwotnej.

Literatura

1. PN-EN 13829:2002 Właściwości cieplne budynków. Określenie przepuszczalności powietrznej budynków. Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora.
2. PN-EN 10077:2002 Ciepłe właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła.

WYBIERZ WŁAŚCIWE PRODUKTY

Niezbędnik każdego fachowca

„INFORMATOR INSTALACYJNY-murator”

– wydawany od 6 lat przewodnik po rynku wyrobów z branży sanitarnej, grzewczej, wentylacji, klimatyzacji i chłodnictwa, instalacji elektrycznych, techniki oświetleniowej i teleinformatycznej, oraz ochrony mienia

- szczegółowe opisy 4610 produktów, 628 stron prezentacji, 350 firm
- cena 26 zł

murator
WYDAWNICTWO

Zamów: tel. 0 22 59 05 555,
e-mail: klienci@murator.com.pl

