

# Projekt koncepcyjny domu mieszkalnego opartego na Idei 4E. Project-based learning realizowany w Politechnice Śląskiej



dr hab. inż. arch.  
**DOROTA WINNICKA-JASŁOWSKA,**  
**PROF. PŚ**  
Politechnika Śląska  
Wydział Architektury  
**ORCID: 0000-0003-4201-2985**



dr hab. inż.  
**MAŁGORZATA JASTRZĘBSKA,**  
**PROF. PŚ**  
Politechnika Śląska  
Wydział Budownictwa  
**ORCID: 0000-0003-0080-5784**



dr hab. inż.  
**JAN KACZMARCZYK, PROF. PŚ**  
Politechnika Śląska  
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki  
**ORCID: 0000-0002-8957-8487**



dr hab. inż.  
**BEATA ŁĄŹNIEWSKA-PIEKARCZYK,**  
**PROF. PŚ**  
Politechnika Śląska  
Wydział Budownictwa  
**ORCID: 0000-0001-5288-0116**



mgr inż. arch.  
**PIOTR SKÓRA**  
Politechnika Śląska  
Wydział Architektury  
**ORCID: 0000-0002-2366-5262**



stud.  
**BEATA KOBIĄTKO**  
**ORCID: 0000-0002-0126-6113**



stud.  
**AGATA KOŁODZIEJ**  
**ORCID: 0000-0003-2957-2814**



stud.  
**BŁAŻEJ MÓL**  
**ORCID: 0000-0001-7420-2834**



stud.  
**EWELINA LASYK**  
**ORCID: 0000-0001-9906-6285**



stud.  
**KAROLINA BRZĘCZEK**  
**ORCID: 0000-0003-2806-9766**



stud.  
**MICHAŁ KRÓL**  
**ORCID: 0000-0001-7155-3807**

Głównym celem projektu będącego podstawą niniejszego artykułu było opracowanie koncepcji modelowego domu mieszkalnego zakładającej rozwiązania energooszczędne, ekologiczne, ergonomiczne oraz ekonomiczne.

W Politechnice Śląskiej prowadzone są projekty dydaktyczne project-based learning (PBL), które realizowane są w ramach programów studiów. Niniejszy artykuł prezentuje główne założenia projektowe, omówienie zakresu i wyników badań w ramach tematu PBL o nazwie: *Interdyscyplinarna koncepcja domu mieszkalnego opartego na IDEI 4E – czyli rozwiązaniach energooszczędnych, ekologicznych, ergonomicznych oraz ekonomicznych*. Projekt dotyczy opracowania koncepcji modelowego domu mieszkalnego. Aby opracować projekt takiego domu, konieczne było powołanie interdyscyplinarnego zespołu, którego członkowie reprezentują następujące dyscypliny: architektura i urbanistyka (AiU), inżynieria lądowa i transport (ILiT) oraz inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (IŚGiE)<sup>1</sup>.

### Założenia projektowe

Głównym założeniem projektu jest IDEA 4E, która zakłada, że projektowany modelowy dom będzie spełniał wymagania:

- energooszczędności – budynek ma generować zerowe zużycie energii lub pozytywny roczny bilans zużycia energii;
- ekologii – czyli ochrony środowiska, w tym: zagospodarowanie wody deszczowej i ograniczenie jej poboru z sieci, wykorzystanie do budowy materiałów budowlanych pochodzących w jak największym stopniu z recyklingu oraz posiadających możliwie niski ślad węglowy, a także ogrzewanie chroniące środowisko naturalne;
- ekonomii – niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne budynku;
- ergonomicznych rozwiązań projektowych – opartych na analizie realnych potrzeb

użytkowników w różnych grupach wiekowych, budynek zaprojektowany w oparciu o zasady ergonomii.

Drugim założeniem projektu jest IDEA 2+2+1), która zakłada rozwiązania powierzchniowe i funkcjonalno-przestrzenne dla rodziny o zmieniającej się liczbie jej członków na różnych etapach życia budynku, czyli 2, 4 lub 5 członków rodziny. Projekt zakłada możliwość rozbudowy obiektu oraz zmian aranżacyjnych w celu dostosowania go do zmieniającej się liczby jego mieszkańców. W projekcie została uwzględniona zmienność potrzeb wynikających z liczby mieszkańców, a także z ich wieku – dzieci, rodzice, dziadkowie. W tym celu zostały wykonane badania przedprojektowe, które pozwoliły określić wytyczne do projektu. Projekt zakładał również przyjęcie optymalnych rozwiązań technologicznych, konstrukcyjnych i materiałowych opartych w znacznym stopniu na recyklingu, tak aby spełnić IDEE 4 E w zakresie ekologii, energooszczędności i ekonomii. Zażądano również dobór optymalnych systemów grzewczo-wentylacyjnych odpowiedzialnych za mikroklimat budynku, a więc ogrzewanie, wentylację, a także za pozyskiwanie energii odnawialnej w kierunku obiektu zeroenergetycznego. Wspomniane założenia ogólne zostały zdefiniowane i przedstawione w formie wytycznych projektowych na podstawie wyników badań przedprojektowych, które stanowiły etap I projektu.

### Stan badań

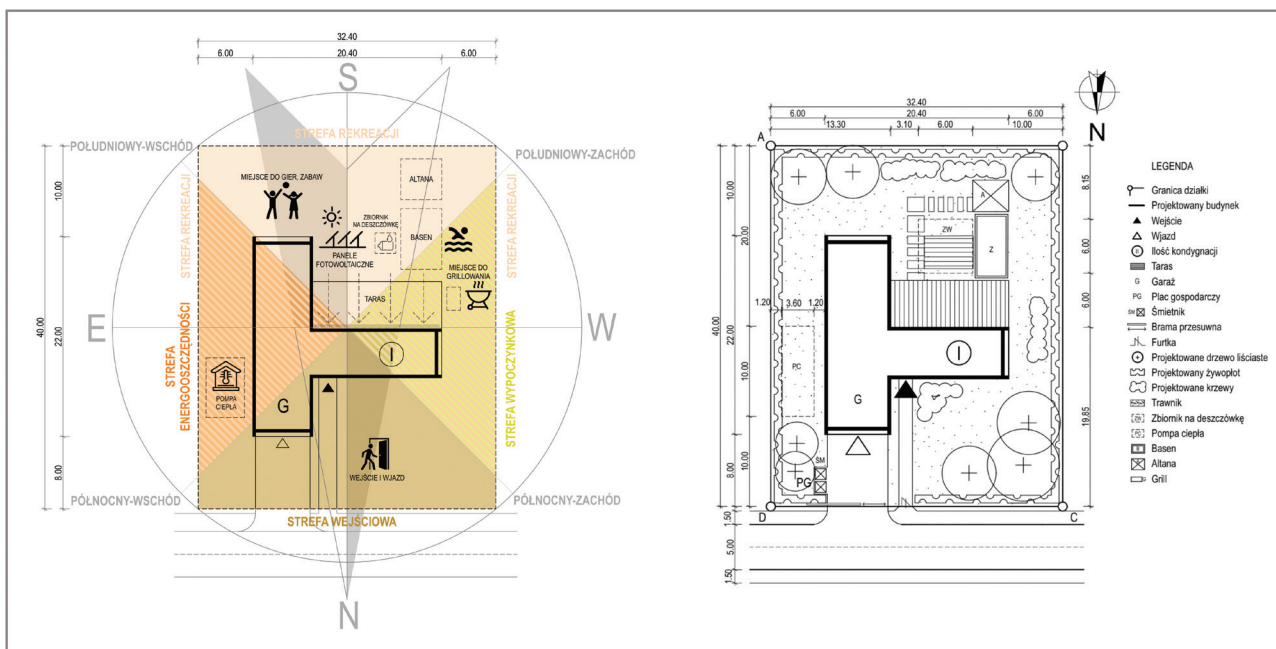
Projekt został poprzedzony analizą stanu badań we wszystkich trzech dyscyplinach: architektura i urbanistyka (AiU), inżynieria lądowa i transport (ILiT), inżynieria środowiska i energetyka (IŚGiE).

## Podsumowanie badań ankietowych pozwoliło na ustalenie, jakie typy pomieszczeń powinny znaleźć się w projektowanym domu, jakie aspekty są najważniejsze w zakresie wyposażenia pomieszczeń domu i ogrodu.

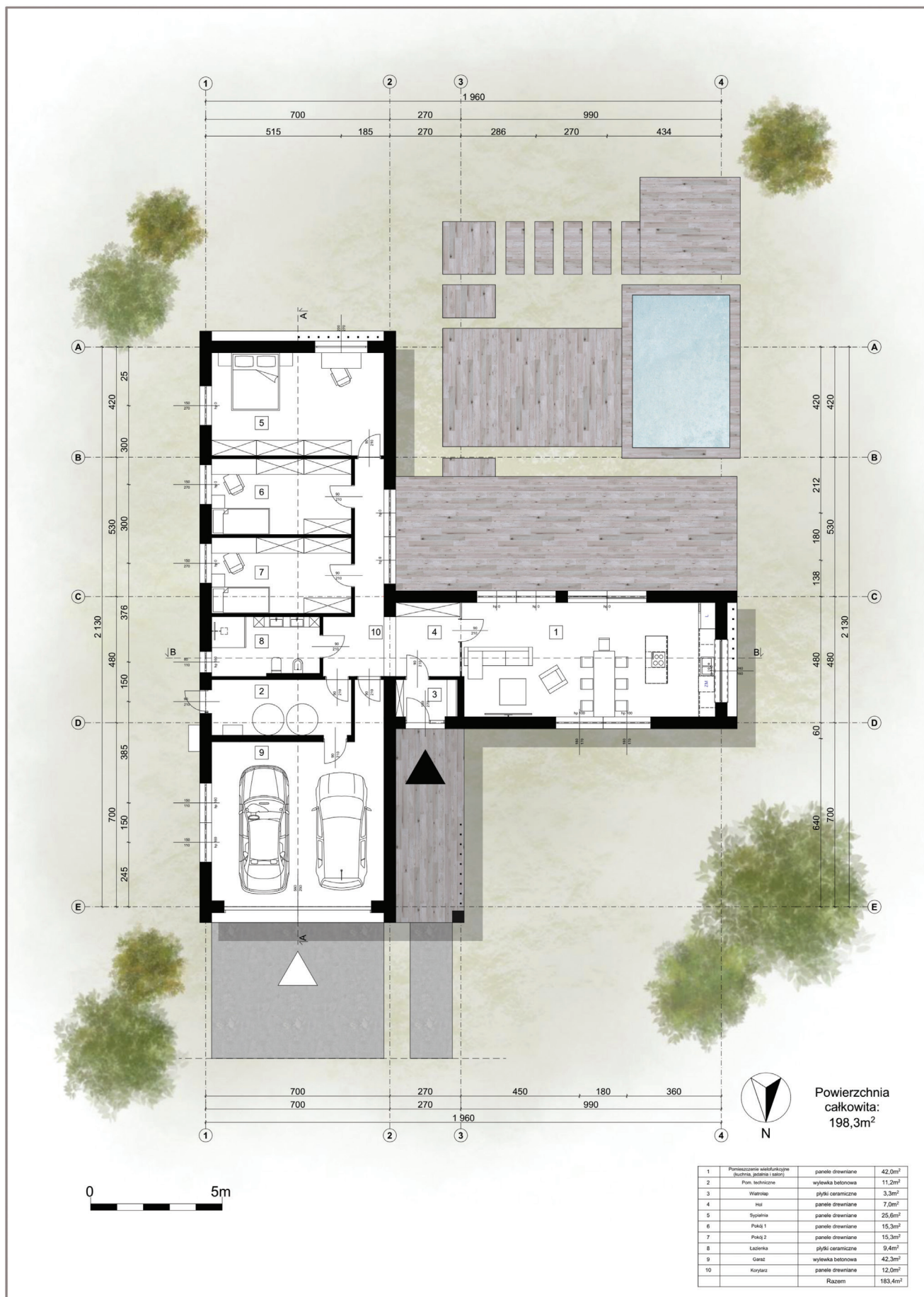
Współczesna architektura koncentruje się głównie na aspektach użytkowych, ekonomicznych, rozwiązaniach energooszczędnych z poszanowaniem środowiska naturalnego. Wielu naukowców podejmuje te wątki w badaniach naukowych [1], [2], [3]. Cennym źródłem informacji na temat projektowania współczesnych budynków, w tym zwłaszcza w zakresie domów jednorodzinnych, są czasopisma branżowe, w tym „Builder” i dodatek do niego – Builder Science [4], [5].

W Polsce dla budynków powstających po 2021 r. wprowadzono nowe, zaostrzone przepisy zawarte w nowelizacji rozporządzenia, będące konsekwencją wytycznych zawartych

<sup>1</sup> Zespół projektowy – studenci: Wydział Architektury – Beata Kobiątko, Agata Kołodziej, Błażej Mól; Wydział Budownictwa – Ewelina Lasyk, Karolina Brzęczek; Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki – Michał Król. Główny opiekun naukowy projektu dr hab. inż. arch. Dorota Winnicka-Jastowska, prof. PŚ, Wydział Architektury; I pomocniczy opiekun naukowy dr hab. inż. Małgorzata Jastrzębska, prof. PŚ, Wydział Budownictwa; II pomocniczy opiekun naukowy dr hab. inż. Jan Kaczmarczyk, prof. PŚ, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki; konsultanci: dr hab. inż. Beata Łażniewska-Piekarczyk, prof. PŚ, mgr inż. arch. Piotr Skóra.



Rys. 1. Projekt zagospodarowania terenu działki wraz ze schematem graficznym; źródło: grafika B. Kobiątko, A. Kołodziej, B. Mól



Rys. 2. Rzut budynku mieszkalnego; źródło: grafika B. Kobiątko, A. Kołodziej. B. Mól



w przekształconej wersji dyrektywy EPBD [6], która narzuciła krajom członkowskim UE obowiązek zdefiniowania standardu budynku o niemal zerowym zużyciu energii. Realizacja takiego projektu wymusza zastosowanie odpowiednich, kompleksowych rozwiązań konstrukcyjnych i instalacyjnych [7], [8], [9]. Ponadto zastosowanie retencji deszczówki i jej lokalne wykorzystanie pozwala na zwiększenie pozytywnego efektu ekologicznego i ekonomicznego [10]. Przeprowadzono również analizę stanu badań dotyczących nowoczesnych rozwiązań domów pasywnych oraz ekologicznych. Współcześnie podejmowane zagadnienia koncentrują się głównie na opracowaniu najkorzystniejszych pod względem energetycznym rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych spełniających rygorystyczne kryteria dotyczące izolacyjności termicznej oraz ochrony środowiska [11], [12]. Analizowany był również wpływ kształtu bryty budynku oraz jej orientacji na straty ciepła [13].

### Cel, zakres i opis przeprowadzonych badań w ujęciu interdyscyplinarnym

Celem projektu było opracowanie wytycznych projektowych w ujęciu interdyscyplinarnym oraz zoptymalizowanego projektu modelowego budynku mieszkalnego, spełniającego założenia określone w rozdz. 1, a następnie wykonanie wirtualnej symulacji modelu przestrzennego 3D VR zaprojektowanego budynku i jego otoczenia.

W obszarze architektury i urbanistyki projekt został poprzedzony badaniami przedprojektowymi w zakresie identyfikacji potrzeb użytkowych, przez przeprowadzenie ankiety w wybranych do badań rodzinach spełniających warunek 2+2+(1). Do tego celu została opracowana ankieta „Modelowy dom”, na którą złożono się 38 pytań. W badaniu wzięło udział łącznie 114 osób. Pytania dotyczyły potrzeb w zakresie rozwiązań

Tab. 1. Współczynniki przenikania ciepła przegród budynku; źródło: opracowanie K. Brzęczek

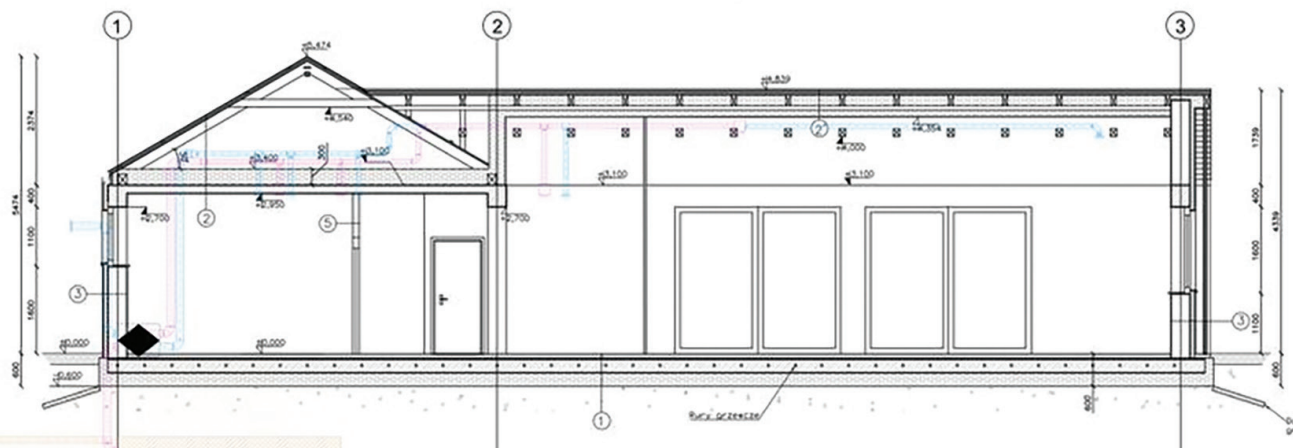
Lp.	Nazwa przegrody	Współczynnik przenikania ciepła [W/(m <sup>2</sup> K)]	Wymagania dla domu pasywnego [W/(m <sup>2</sup> K)]	Wymagania według warunków technicznych [W/(m <sup>2</sup> K)]
1.	Ściana zewnętrzna	0,135	0,15	0,2
2.	Dach	0,1	0,1	0,15
3.	Podłoga na gruncie	0,14	-	0,3
4.	Stropodach	0,1	0,1	0,15

przestrzenno-użytkowych, a także wyobrażenia, jak powinien być zaprojektowany „idealny” dom jednorodzinny. Podsumowanie badań ankietowych pozwoliło na ustalenie, jakie typy pomieszczeń powinny znaleźć się w projektowanym domu, jakie aspekty są najważniejsze w zakresie wyposażenia pomieszczeń domu i ogrodu. Respondenci wskazali, że każdy członek rodziny powinien mieć własną sypialnię, zaaranżowaną tak, by znalazły się w niej: strefa odpoczynku, strefa przechowywania oraz strefa pracy i nauki właściwie doświetlona światłem dziennym. Pokoje indywidualne powinny być z biegiem lat dostosowywane pod względem aranżacyjnym do zmieniających się potrzeb użytkowników. Ich wielkość i kształt rzutu powinny umożliwić łatwe wprowadzanie zmian w aranżacji i w doborze mebli. Ważną częścią domu jest strefa dzienna, która ma łączyć kuchnię z salonem i jadalnią. Respondenci w większości preferują, aby funkcja kuchni, jadalni i salonu stanowiła jedno pomieszczenie otwarte, tak by zapewnić mieszkańcom elastyczną formę wspólnego spędzania czasu w tej przestrzeni. Przestrzeń dzienna powinna być otwarta na ogród. Ważną funkcję ma pełnić tu ostoię taras, stanowiący przedłużenie strefy dziennej. Wsparcie dla wymienionych funkcji i typów pomieszczeń dają garaż zaprojektowany na dwa stanowiska postojowe oraz pomieszczenie techniczne (instalacyjne) wraz z miejscem do przechowywania sprzętów ogrodowych.

Wykonano również analizy ergonomiczne pozwalające na określenie wielkości pomieszczeń oraz modułu konstrukcyjnego budynku. Wykonano schematy rzutów pokoi, łazienki, salonu, jadalni oraz kuchni – adekwatne pod względem wielkości i kształtu rzutów. W każdym z tych pomieszczeń przyjęto optymalne wymiary oraz wprowadzono niezbędne wyposażenie, aranżując przestrzeń tak, by była zgodna z zasadami ergonomii.

Z uwagi na modelowy charakter domu przyjęto, że wielkość działki powinna mieścić się w zakresie średnich powierzchni ewidencyjnych nieruchomości stanowiących przedmiot obrotu rynkowego w skali kraju. Zgodnie z badaniami przeprowadzonymi przez GUS w 2021 r. średnia powierzchnia sprzedanych nieruchomości przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową wyniosła od 0,10 ha w granicach miast do 0,36 ha poza granicami miast [14]. Przyjęta powierzchnia działki, wynosząca 0,13 ha, mieści się w dolnym poziomie rozkładu względem średniej, z uwagi na chęć zapewnienia racjonalnego gospodarowania przestrzeni. W zakresie wskaźników powierzchniowych typowych dla zagospodarowania terenu powierzchnia zabudowy wyniosła 18,14%, natomiast powierzchnia biologicznie czynna 66%, co należy uznać za korzystne. Zaproponowana geometria działki w kształcie prostokąta ma cechy, które zapewniają optymalne jej wykorzystanie. Usytuowanie budynku na działce równoległe do jej granicy od strony

### PRZKEKRÓJ B-B



Rys. 3. Przekrój B-B budynku mieszkalnego; źródło: grafika B. Kobiątko, A. Kotodziej, B. Mól

Tab. 2. Kosztorys na podstawie KNR [15]; źródło: opracowanie E. Lasyk

Lp	Nazwa	Robocizna	Materiały	Sprzęt	Kp	Z	Razem
1	Stan „0”	41 726,85	55143,23	3 523,58	32 129,63	512,08	141 035,37
2	Ściany parteru + strop	13 854,90	33324,96	2 065,03	11 302,94	2 994,47	63 542,30
3	Dach	17 004,64	39009,73	631,82	12 523,26	3 317,74	72 487,19
4	Stolarka okienna i drzwiowa	6 186,96	6 617,55	91,64	457,64	1 180,97	18 534,76
5	Ocieplenie stropu oraz dachu	1 256,00	3 976,61	256,40	1 073,83	284,38	6 847,22
6	Elewacja	18 680,20	19704,44	342,31	13 505,62	3 578,20	55 810,77
7	Tynki i okładziny ścian wewnętrznych	6 221,33	4 652,38	455,31	4 740,89	1 255,98	17 325,89
8	Wejście do budynku	6 962,33	6 563,67	447,46	5 260,91	1 393,78	20 628,15
9	Kosztorys netto	111 893,21	168992,57	7 813,55	84994,72	22 517,60	396 211,65
10	VAT 23%						91 128,68
11	Kosztorys brutto						487 340,33

drogi dojazdowej ma umożliwić zachowanie hipotetycznej linii zabudowy oraz sprzyjać racjonalnemu zagospodarowaniu ogrodu. W projekcie uwzględnione są strefy: wejściowa o charakterze reprezentacyjnym, wypoczynkowa oraz gospodarcza.

Wykonano również analizę nastonecznienia, która umożliwiła optymalne usytuowanie budynku na działce. Zwizualizowano, jak przemieszcza się światło naturalne wewnątrz domu, jak tworzy się cień na zewnątrz, oraz sprawdzono, czy w projektowanym obiekcie zaplanowano odpowiednią liczbę i wielkość okien.

W zakresie budownictwa badania przedprojektowe objęły analizy podłoża gruntowego pod względem doboru minimalnej możliwej głębokości posadowienia oraz wykorzystania jego właściwości termicznych (geotermii) w ogrzewaniu w miesiącach chłodnych i schładzaniu w okresie ciepłym. Ewentualny wpływ wysadzinowości podłoża można zniwelować, stosując zewnętrzną opaskę wokół budynku z materiału izolacyjnego, np. styropianu, lub wymieniając grunt wokół

obiektu na niewysadzinowy do głębokości przemarzania w danej lokalizacji. W przypadku wystąpienia gruntów organicznych należy je całkowicie wymienić na grunt niewysadzinowy, np. piasek, pospółkę, żwir lub inne podobne materiały, zagęszczony odpowiednimi metodami. Wówczas można zastosować minimalną dopuszczalną głębokość posadowienia  $D_{min} = 0,5$  m.

Kolejnym elementem mającym wpływ na poziom posadowienia fundamentu oraz na zagospodarowanie podłoża w jego otoczeniu jest woda gruntowa i opadowa, w tym napływowa z otaczających terenów lub zboczy. W przypadku występowania w podłożu wysokiego poziomu zwierciadła wody gruntowej lub ryzyka dużego napływu wody na skutek opadów należy rozważyć odwodnienie terenu oraz dodatkową izolację przeciwwilgociową.

Kolejnym etapem badań była wielokryterialna analiza rozwiązań technologicznych, konstrukcyjnych i materiałowych odpowiednich dla projektowanego modelowego domu mieszkalnego niskoenergetycznego. Przyjmując kolejne warianty

rozwiązania konstrukcyjnego, dążono do zminimalizowania powierzchni przegród zewnętrznych celem ograniczenia strat ciepła. Zastosowane rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne umożliwiły uzyskanie korzystnego zapotrzebowania na ciepło. Ponadto starano się tak usytuować budynek względem stron świata, by wykorzystać nastonecznienie w celu redukcji zapotrzebowania na ciepło. W efekcie wielu wielokryterialnych analiz przyjęty do dalszej realizacji budynek został zaprojektowany jako parterowy w tradycyjnej metodzie realizacji. W budownictwie tradycyjnym nie ma specjalnych wymagań sprzętowych i konieczności zatrudniania pracowników wykwalifikowanych do ściśle określonych zadań. Warto tu wspomnieć, że w ostatnim czasie coraz bardziej powszechne staje się budownictwo tradycyjne udoskonalone. Rozwój, za którym idzie unowocześnienie materiałów i technologii budowlanych, pozwala na uzyskanie lepszych parametrów lub skrócenie czasu wykonywania robót.

Posadowienie budynku przyjęto na płycie fundamentowej, która posiada



Rys. 4. Elewacje budynku mieszkalnego; źródło: grafika B. Kobiątko, A. Kołodziej. B. Mól

izolację termiczną w postaci styropianu XPS o gr. 20 cm. Zaletą płyty fundamentowej jest większa odporność na nieprzewidziane odkształcenia terenu oraz łatwiejszy do wykonania i trwalszy system izolacji przeciwwodnej. Układ konstrukcyjny budynku stanowią zewnętrzne i wewnętrzne murowane ściany nośne z pustaków z perlitu w SYSTEMIE 3E o grubości 35,2 cm. Zastosowano warstwę izolacyjną ścian nośnych w postaci wełny mineralnej o grubości 8 cm. Elementy stropu wykonane w technologii z płyt sprężonych typu SMART o gr. 15 cm. Konstrukcję dachu stanowi więźba dachowa jętkowa wykonana z drewna sosnowego klasy C27 oraz zaizolowana folią przeciwwilgociową PE. Wymienione materiały są proekologiczne, ponieważ ograniczają energochłonność budynku, a ponadto są możliwe do ponownego wykorzystania po procesie ich recyklingu, jak np. pustaki z perlitu, z których przetworzony surowiec wykazuje dobre parametry termoizolacyjne, dlatego z powodzeniem znajduje zastosowanie w budownictwie, np. przy wylewkach, tynkach i zaprawach murarskich, przy dociepleniu czy izolacjach, jako składnik ciepłochronnych mas i zapraw.

W odniesieniu do przegród projektowanego budynku zadbano o spełnienie warunków cieplnych dla domów pasywnych, w tym celu wybrano materiały budowlane o niskich współczynnikach przenikania ciepła dla wszystkich przegród budowlanych (tab.1.)

Na kolejnym etapie prac opracowano kosztorys na podstawie Katalogów Nakładów Rzeczowych (KNR) [15]. Kosztorys obejmował stan deweloperski budynku, tzn. wraz ze stolarką okienną, elewacjami, tynkami i wylewkami wewnętrznymi, nie uwzględniono natomiast kosztów budowy sieci i przyłączy oraz zagospodarowania terenu.

Na podstawie przedstawionej tab. 2. Widać, że łączny koszt budowy obiektu wyniósł 487 430 zł brutto, co w przybliżonym przeliczeniu na 1 m<sup>2</sup> powierzchni daje kwotę 2658 zł/m<sup>2</sup>.

W zakresie inżynierii środowiska i energetyki badania przedprojektowe uwzględniły analizy rozwiązań systemowych dotyczących nowoczesnej energetyki – zastosowanie paneli fotowoltaicznych i systemów HVAC (ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji) adekwatnych do realizowanego projektu. Przeliczono zapotrzebowanie budynku na ciepło. Opracowano koncepcję rozwiązań technologicznych pozwalających na uzyskanie niemal zeroenergetycznego, modelowego budynku mieszkalnego. W ramach pracy związanej z zaprojektowaniem instalacji sanitarnych, instalacji c.o. i c.w.u., wentylacji oraz rozwiązań systemowych dotyczących nowoczesnej energetyki zostały wykonane badania mające na celu uzyskanie danych dotyczących optymalnych rozwiązań grzewczych z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii (OZE).



Rys. 5–6. Wizualizacje budynku; źródło: grafika B. Kobiątko, A. Kołodziej, B. Mól

W programie Oventrop OZC przeprowadzono obliczenia dotyczące projektowanego obciążenia cieplnego budynku. Następnie wykonano analizy dotyczące wykorzystania pompy ciepła do ogrzewania budynku i przygotowania ciepłej wody użytkowej w dwóch wariantach z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii:

- powietrza – pompa ciepła powietrzno-wodna,
- gruntu – pompa ciepła z gruntowym wymiennikiem ciepła.

Ostatecznie zdecydowano się na zastosowanie wariantu z powietrzną pompą ciepła, który jest rozwiązaniem bardziej uniwersalnym, niezależnym od miejscowych warunków gruntowych i wielkości działki oraz charakteryzującym się niższymi kosztami inwestycyjnymi. Istotnym składnikiem bilansu energii budynku jest wentylacja. Dlatego dużą uwagę poświęcono wyborowi odpowiedniego rozwiązania, które pozwoli zredukować zużycie energii i ograniczyć koszty eksploatacyjne. Rozważano zastosowanie wentylacji mechanicznej na żądanie, tj. dostosowanie strumienia powietrza nawiewanego do aktualnych potrzeb, pozyskiwanie ciepła/chłodu z otoczenia oraz odzysk ciepła z powietrza usuwanego. Na dachu

zostaną zainstalowane panele fotowoltaiczne, które pozwolą na pokrycie zapotrzebowania budynku na energię elektryczną z uwzględnieniem energii potrzebnej do napędu sprężarki w pompie ciepła. Dla uzyskania efektu ekologicznego, mającego także wpływ na aspekt ekonomiczny, w projekcie uwzględniono magazynowanie wody deszczowej i jej lokalne wykorzystanie.

### Opis projektu koncepcyjnego modelowego budynku domu jednorodzinnego opartego na IDEI 4 E oraz 2+2+(1)

Zaprojektowany dom mieszkalny jest jednokondygnacyjny, składa się z dwóch brył prostopadłościennych, jest przekryty dachami dwuspadowymi, które łączą się ze sobą w centralnej części budynku. Obiekt podzielono na cztery strefy, są to: wejściowa – łącząca strefę dzienną i nocną oraz garaż i pomieszczenia gospodarcze, dzienna – otwarta przestrzeń pokoju dziennego wraz z kuchnią i jadalnią oraz tarasem; nocna – prywatna z pokojami i węzłem sanitarnym. Strefę gospodarczą stanowi garaż na dwa stanowiska postojowe oraz pomieszczenie techniczno-gospodarcze. Powierzchnia użytkowa domu wynosi 198,3 m<sup>2</sup> (rys. 2.).





Rys. 7–8. Wizualizacje wnętrza budynku; źródło: grafika B. Kobiątko, A. Kołodziej, B. Mól

Rysunki 1–4 prezentują zagospodarowanie terenu, rzut i przekrój budynku oraz elewacje.

Rozwiązania projektowe w zakresie bryły budynku stanowią kompromis między waleorem architektonicznym, ekonomią realizacji obiektu i względami energooszczędny. Z punktu widzenia energooszczędności budynki o zwartej formie, których współczynnik kształtu A/V jest zbliżony do sześcienu, wykazują najmniejsze zużycie energetyczne. Jednak ograniczenie formy architektonicznej do prostopadkościanu foremnoznacznie zawęża możliwości rozwiązań funkcjonalnych oraz potencjału estetycznego. Ponadto dążenie do zachowania zwartej bryły w bardzo dobrze izolowanych termicznie budynkach jest nieuzasadnione z uwagi na marginalny wpływ współczynnika kształtu A/V na wielkość strat ciepła przez przegrody budowlane [12]. Z uwagi na uzyskanie współczynników przenikania ciepła przez przegrody na poziomie budynku pasywnego (tab. 1.) odstąpiono od maksymalizacji współczynnika kształtu, uzyskując A/V na poziomie 0,93. Otrzymany wynik znajduje się w zakresie współczynników kształtu przewidzianych dla budynków pasywnych. Zgodnie z informacjami zamieszczonymi przez Polski Instytut Budownictwa Pasywnego współczynnik kształtu dla

budynków mieści się w przedziale od 0,75 do 1,2 [16].

Działka o powierzchni 1300 m<sup>2</sup> podzielona jest na 4 strefy: od północy wejściową z funkcjami gospodarczymi, od wschodu i południowego wschodu przeznaczoną pod systemy OZE; od południa, południowego wschodu i zachodu wypoczynkową oraz rekreacyjną. Wizualizacje budynku i wnętrza prezentują rysunki 5–8.

Konstrukcję budynku stanowi układ zewnętrzny i wewnętrzny murowanych ścian nośnych posadowionych na płycie fundamentowej z zabudowaną w niej instalacją grzewczą oraz przykrytych więźbą dachową jętkową. W finalnej koncepcji projektowanego budynku przyjęto pierwszą kategorię geotechniczną w prostych warunkach gruntowo-wodnych. Określono poziom posadowienia budynku na gruncie rodzimym, które stanowią piaski średnie i grube średnio zagęszczone.

Zastosowano: pustaki z perlitu w SYSTEMIE 3E (murowane ściany nośne/działowe o grub. 35,2 cm/11,5 cm), płyty sprężone typu SMART (strop, grub. 15 cm), drewno sosnowe klasy C27 (więźba dachowa), beton C20/25 (elementy żelbetowe), wełnę mineralną (izolacja termiczna ścian/stropów/dachu, grub. 8 cm/30 cm/36 cm), styropian XPS (izolacja termiczna fundamentu, grub.

20 cm), blachę płaską (pokrycie dachu/elewacja wentylowana), tynk cienkowarstwowy (zewnątrzna okładzina budynku) oraz folię PE (izolacja przeciwwilgociowa).

Do ogrzewania budynku oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej dobrano pompę ciepła typu powietrze–woda o mocy 6,2 kW wyposażoną w dodatkowy bufor ciepła. Na dachu zainstalowano panele fotowoltaiczne o mocy 10 kWp, pozwalające na pokrycie znacznej części zapotrzebowania budynku na energię elektryczną, w tym pracę pompy ciepła. W celu zapewnienia komfortu cieplnego użytkowników przewidziano wodne ogrzewanie podłogowe. Dla uzyskania wysokiej jakości powietrza wewnątrz pomieszczeń zaprojektowano mechaniczną wentylację nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła. Zaplanowano też automatyczną regulację strumienia powietrza wentylacyjnego na podstawie wskazań czujników stężenia CO<sub>2</sub>, co pozwoli na redukcję ilości powietrza wentylacyjnego w czasie, gdy pomieszczenia nie będą użytkowane. Dodatkowo powietrze nawiewane, przepływając przez gruntowy wymiennik ciepła, pozwoli zmniejszyć koszty na podgrzanie powietrza nawiewanego zimą i chłodzenie go latem. Zaplanowano także dwa podziemne zbiorniki na wodę deszczową, która posłuży do podlewania roślin w ogrodzie oraz do sputkiwania toalety.

## Podsumowanie

Omówiony projekt PBL miał duże znaczenie dydaktyczne dla pracowników i studentów reprezentujących trzy wydziały uczelni oraz różne kierunki studiów. Studenci mieli możliwość rozwiązywania wspólnie problemów projektowych, które często inaczej wyglądają z punktu widzenia architektonicznego, inaczej budowlanego czy instalatorskiego. Projekt ten umożliwił wykonanie prostego projektu domu opartego na zasadach budownictwa zrównoważonego, który na kolejnych edycjach projektu PBL może być doskonalony lub rozwijany w zakresie tych samych lub innych założeń.

## Bibliografia:

- [1] Płaziak M., 2013, Domy energooszczędne i pasywne jako nieunikniona przyszłość budownictwa w Polsce, Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków.
- [2] Kwapisz H., 2020, Polityka energetyczna w Polsce i Unii Europejskiej, Tom 1. Zagadnienia instalacyjno-projektowe, pod red. Bać A., Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- [3] Schneider-Skalska G., 2004, Kształtowanie zdrowego środowiska mieszkaniowego. Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej.
- [4] Kryjak M., 2022, Projekt domu jednorodzinnego o powierzchni zabudowy do 70 m<sup>2</sup> – szansa na nową jakość i zrównoważone projektowanie, „Builder” 9 (302). DOI: 10.5604/01.3001.0015.9588.
- [5] Gachowski M., 2021, Wymóg następczynienia bezpośredniego jako ograniczenie możliwości kształtowania struktury urbanistycznej zespołów zabudowy mieszkaniowej w Polsce o wysokich walorach społecznych, „Builder” 11 (292). DOI: 10.5604/01.3001.0015.3860.
- [6] Energy Performance of Buildings Directive Available, źródło: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en) (dostęp: 2.11.2022).
- [7] Nematoucha M.K., Nishimwe A.M.R., Reiter S., 2020, Towards Nearly Zero-Energy Residential Neighbourhoods in the European

Union: A Case Study, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 135: 110198, 1-11. doi:10.1016/j.rser.2020.110198.

[8] Wu W., Skye H.M., 2021, Residential Net-Zero Energy Buildings: Review and Perspective, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 142: 110859, 1-22. doi:10.1016/j.rser.2021.110859.

[9] Warunki techniczne 2021 – które systemy grzewcze spełniają rygorystyczne wymagania? źródło: <https://globenergia.pl/warunki-techniczne-2021-ktore-systemy-grzewcze-spelniaja-rygorystyczne-wymagania/> (dostęp: 2.11.2022).

[10] de Sá Silva A.C.R., Bimbato A.M., Balestieri J.A.P., Vilanova M.R.N., 2020, Exploring Environmental, Economic and Social Aspects of Rainwater Harvesting Systems: A Review, Sustainable Cities and Society, Vol. 76: 103475, 1-9. doi:10.1016/j.scs.2021.103475.

[11] Wnuk R., 2012, Budowa Domu Pasywnego w praktyce, Wydawnictwo: Przewodnik Budowlany.

[12] Kaczmarczyk M., 2017, Wpływ współczynnika kształtu A/V na wielkość strat ciepła w budynku w świetle rosnących wymogów dotyczących izolacyjności termicznej przegród budowlanych, Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska i Architektury, JCEEA, t. XXXIV, z. 64 (2/II/17) s. 45-54, DOI: 10.7862/rb.2017.80

[13] Marciniak M., Ujma A., 2018, Ocena optymalności dostosowania obiektu mieszkalnego do standardu budynku pasywnego, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej, nr 24, 232-238. DOI: 10.17512/znb.2018.1.36.

[14] brót nieruchomościami w 2021, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2021, s. 139.

[15] Katalogi Nakładów Rzeczowych KNR, źródło: <https://www.fert.krakow.pl/category/katalogi-nakladow-rzeczowych-knr-knr-grupa-2-np-2-02>.

[16] Polski Instytut Budownictwa Pasywnego <https://www.pibp.pl/budynki-pasywne>.

DOI: 10.5604/01.3001.0016.2228

PRAWIDŁOWY SPOŚÓB CYTOWANIA

Winnicka-Jastowska Dorota, Jastrzębska Małgorzata, Kaczmarczyk Jan, Łażniewska-Piekarczyk Beata, Skóra Piotr, Kobiatko Beata, Kołodziej Agata, Mól Błażej, Lasyk Ewelina, Brzeczek Karolina, Król Michał, 2023, Projekt koncepcyjny domu mieszkalnego opartego na Idee 4E. Project-based learning realizowany w Politechnice Śląskiej, „Builder” 2 (307).

DOI: 10.5604/01.3001.0016.2228

**Streszczenie:** Artykuł prezentuje główne założenia projektowe, omówienie zakresu i wyników badań w ramach projektu dydaktycznego project-based learning o nazwie: *Interdyscyplinarna koncepcja domu mieszkalnego opartego na IDEI 4E – czyli rozwiązaniach energooszczędnych, ekologicznych, ergonomicznych oraz ekonomicznych*. Jego głównym celem było opracowanie koncepcji modelowego domu mieszkalnego zakładającego rozwiązania energooszczędne, ekologiczne, ergonomiczne oraz ekonomiczne. Projekt ten został poprzedzony badaniami przedprojektowymi o charakterze interdyscyplinarnym. W zakresie architektury i urbanistyki zostały wykonane badania identyfikacji potrzeb użytkowych, analizy ergonomiczne, urbanistyczne oraz analiza następcznienia. W zakresie budownictwa badania objęły analizy optymalnych rozwiązań technologicznych, konstrukcyjnych i materiałowych, a także podłoża gruntowego. W zakresie inżynierii środowiska i energetyki wykonano analizy rozwiązań systemowych dotyczących nowoczesnej energetyki.

**Słowa kluczowe:** architektura i urbanistyka, budownictwo, energetyka, budownictwo

zrównoważone

**Abstract:** CONCEPTUAL PROJECT OF A RESIDENTIAL HOUSE BASED ON IDEA 4E. PROJECT-BASED LEARNING CARRIED OUT AT THE SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. This article presents the main design principles, scope and research results of a Project-based Learning entitled: *Interdisciplinary concept of a dwelling house based on IDEI 4E – i.e. energy-efficient, ecological, ergonomic and economical solutions*. Its main objective was to develop a concept for a model dwelling house with energy-saving, ecological, ergonomic and economical solutions. The project was preceded by interdisciplinary pre-design studies. In the field of architecture and urban planning, research was carried out into the identification of user needs, ergonomics and urban planning analyses, and a solar exposure analysis. In the field of construction, studies included analyses of optimal technological, structural and material solutions and the subsoil. In the field of environmental and energy engineering, analyses of system solutions for modern energy were carried out.

**Keywords:** architecture and urban planning, civil engineering, energy, sustainable construction

2022-2023

KONKURS EDYCJA 10  
dla MŁODYCH ARCHITEKTÓW 2022 2023  
WYZWANIE MŁODEGO ARCHITEKTA

BUILDER FOR THE YOUNG ARCHITECTS

BUILDER FOR THE FUTURE