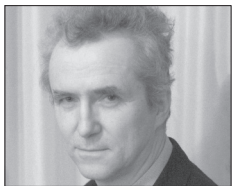


# Projektowanie zadaszeń membranowych na przykładzie parkingu rowerowego w Jaworznie



dr hab. inż. arch.  
**KRZYSZTOF GERLIC**  
Politechnika Śląska  
Wydział Architektury  
ORCID: 0000-0002-6570-4995

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z projektem oraz realizacją zadaszenia parkingu rowerowego w Jaworznie. To szerokie studium przypadku zawiera zarówno inspiracje projektowe, jak i ocenę zrealizowanego obiektu.

Projektowanie zadaszeń w przestrzeni otwartej jest interesującym wyzwaniem architektonicznym. Najczęściej jest to obiekt różniący się funkcją od zabudowy otaczającej. Jego forma staje się wyraźnym akcentem w kompozycji przestrzennej. Architekt, korzystając ze swobody twórczej, musi jednak spełnić szereg ograniczających go wymogów. Zastosowanie odmiennego materiału budowlanego, jakim jest wiotka membrana, czyni obiekt jeszcze bardziej atrakcyjnym, choć czasami kontrowersyjnym. Membrana jest lekka, elegancka i pozornie daje dużą swobodę kształtowania. Zachęca do stosowania w nowych obiektach, wyróżniając je od innych ortogonalnych budynków.

Ponieważ projektowanie struktur membranowych nie jest typowym zadaniem, pojawia się wiele pytań. Jak kształtować formę zadaszenia? Czy materiał jest trwały czy tylko tymczasowy? Czy trzeba go myć, a może jest palny? To pytania, które często zadają inwestorzy zastanawiający się nad podjęciem decyzji o finansowaniu.

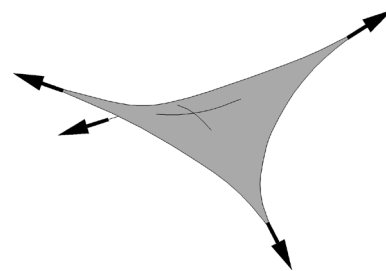
## Opis badań

W artykule zostały zebrane informacje związane z projektem i realizacją zadaszenia membranowego w Jaworznie. Jest to studium konkretnego przypadku. Została przeprowadzona analiza wybranej realizacji wraz z badaniami jakościowymi. Określono kryteria oceny, zapoznano się z dokumentacją projektową, zrealizowano wielokrotne wizje na miejscu, przygotowano dokumentację fotograficzną oraz przeprowadzono rozmowy z projektantami, wykonawcami i przedstawicielami inwestora. Poza tym została przygotowana autorska analiza formy pozwalająca na określenie pochylenia napiętej powłoki oraz określenie kierunków spływu wody.

Zadaszenie membranowe to najczęściej osobna przegroda budowlana chroniąca użytkowników oraz przestrzeń, w której przebywają, przed wpływem czynników środo-

wiskowych. Chodzi tu zarówno o promieniowanie słoneczne, jak i podmuchy wiatru oraz opady. Materiał, z którego wykonywane są takie zadaszenia, to wiotka tkanina techniczna lub folia. Wydaje się, że brak sztywności materiału wymaga jedynie zapewnienia odpowiedniego napięcia powłoki. Natomiast dużo ważniejsze jest prawidłowe ukształtowanie, aby zabezpieczyć napiętą membranę przed przemieszczeniami. Wynikają one z oddziaływań wiatru oraz opadów deszczu i śniegu. Prawidłowe ukształtowanie oznacza podwójną, przeciwną krzywiznę (ujemną krzywiznę Gaussa<sup>1</sup>). Forma taka jest zbliżona do powierzchni minimalnej<sup>2</sup> wynikającej z położenia elementów mocujących.

W naszym klimacie zadaszenie takie tworzy ochronę, ale też samo musi być zabezpieczone przed nadmiernym obciążeniem, zwłaszcza w okresie zimowym przed gromadzącym się śniegiem. Niewielka masa materiału membrany pozwala uzyskać bardzo dużą rozpiętość, np. nad trybunami stadionów lub widowniami amfiteatrów. Najczęściej umieszczone jest bardzo wysoko, dzięki temu do-



Rys. 1. Schemat kształtowania membrany

stęp jest ograniczony i maleje obawa uszkodzenia przez wandalii. Inaczej jest w przypadku obiektów otwartych, w przestrzeni publicznej, gdzie jest bezpośredni dostęp. Wymaga to stałej kontroli i stosownych zabiegów – nawet jeśli śnieg się nie gromadzi, to trzeba zabezpieczyć miejsca, gdzie spada [1].

<sup>1</sup> Krzywizna Gaussa – wielkość charakterystyczna dla punktów określonej powierzchni, obliczana na podstawie ilorazu odwrotności promieni głównych krzywizn powierzchni.

<sup>2</sup> Powierzchnia minimalna – przestrzenna forma geometryczna mająca najmniejsze pole powierzchni przy określonych elementach brzegowych; ściśle jest definiowana jako powierzchnia o zerowej średniej krzywiznie.



Rys. 2. Zadaszenie membranowe w Jaworznie

Dla architekta istotna jest forma zadaszenia oraz jej relacje z otoczeniem. Projektowanie to nie tylko obliczenia wytrzymałościowe. Istotne jest, na ile zadaszenie będzie chroniło, zacieniało, ale też czy będzie prawidłowo odprowadzać wodę opadową. Jednym z pierwszych etapów procesu projektowego jest poszukiwanie formy (ang. *formfinding*). Stosowane są nowoczesne narzędzia, jak programy komputerowe, które na podstawie założonego naprężenia wstępnego membrany określają położenie węzłów teoretycznej sieci [2, 3, 4, 5]. Etap ten jest realizowany przez konstruktora, ale powinien przebiegać w bezpośredniej współpracy z architektem. Podczas definiowania parametrów napięcia oraz położenia elementów mocujących membranę są uzyskiwane różnicowane warianty. Stąd wybór najlepszej formy powinien być podejmowany przez architekta.

Kolejny etap projektu to podział napiętej powłoki na bryty, wyznaczenie linii szwów oraz wykrojów. Wykonawca odwzorowuje bryty na płaskich pasach produkowanej tkaniny technicznej, tak aby kierunek nitki w tkaninie pokrywał się z głównymi siłami rozciągającymi.

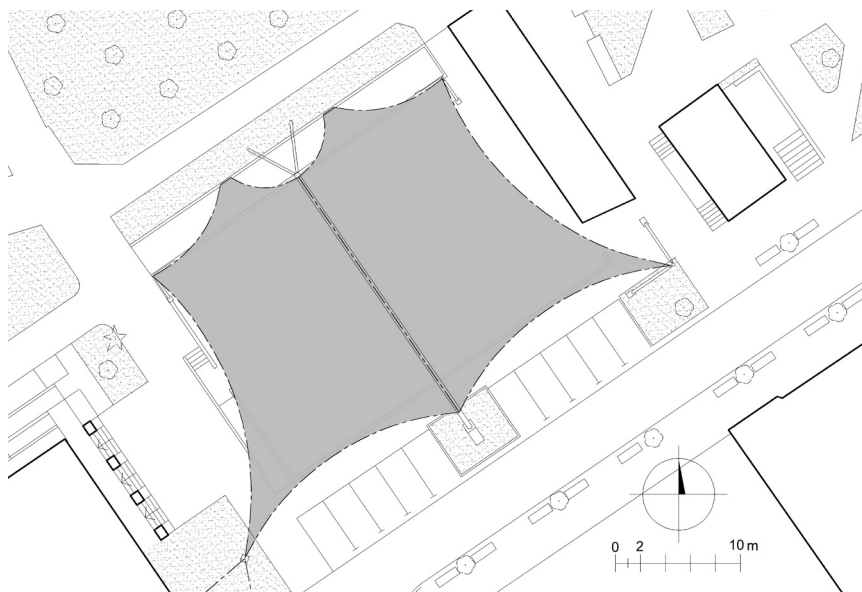
Przykładów takich zadaszeń w Polsce stale przybywa, choć dużo więcej jest w Niemczech, gdzie Frei Otto<sup>3</sup> stworzył podstawy naukowe projektowania [6]. Doświadczenie architektów i wykonawców jest w tym przypadku bardzo istotne. Cennymi publikacjami związanymi z projektowaniem zadaszeń membranowych są opracowania autorstwa Michaela Schiedla [6] oraz Briana Ferstera i Marijke Mollaert [8].

### Koncepcja i projekt

Jaworzno w ostatnich latach przystąpiło do modernizacji układu komunikacyjnego. Połączono system komunikacji zbiorowej (autobusowej, kolejowej) z komunikacją indywidualną (samochodową, rowerową). Rozległy obszar miasta wymaga konieczności przemieszczania się między miejscem zamieszkania, pracy, nauki i wypoczynku. Aby ograniczyć uciążliwy ruch samochodowy, władze miasta szczególnie uwagę przykładają do bardziej nowoczesnych, ekologicznych rozwiązań z wykorzystaniem komunikacji zbiorowej – autobusy z napędem hybrydowym oraz przede wszystkim ruch rowerowy. Stąd duże nakłady na rozwój sieci ścieżek rowerowych: z miejscami postoju, odpoczynku, a nawet kładkami i parkingami. Całość została nazwana „velostradą”. Głównym węzłem integrującym jest plac Górników, gdzie linie autobusowe krzyżują się z siecią ścieżek. W pobliżu znajduje się centrum handlowe i duża liczba miejsc parkingowych. Aby umożliwić skorzystanie z systemu *park and ride*, w tym przypadku rower – autobus, wybudowano parking rowerowy. Miejsce postojowe dla ponad 300 jednośladów jest ewenementem w naszym kraju. W dodatku zostało zadaszone dużą, przepuszczającą światło,



Rys. 3. Widok zadaszenia nocą



Rys. 4. Plan zadaszenia wraz z otoczeniem

tło, białą membranę o powierzchni 680 m<sup>2</sup>, a o grubości zaledwie 0,78 mm [10].

Pierwotną inspiracją zadaszenia była koncepcja przebudowy terenów poprzemysłowych po kopalni na tereny rekreacyjne z 2011 roku. Pojawił się tam pomysł parkingu rowerowego z miejscami postojowymi przekrytymi niewielkimi markizami.

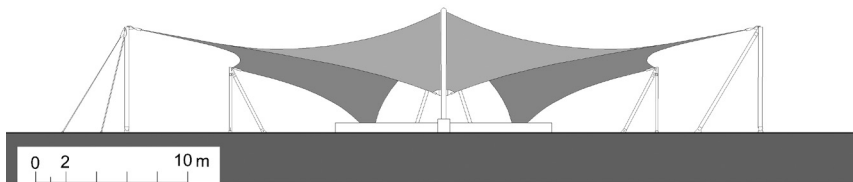
W Jaworznie we wcześniejszych latach było organizowane otwarte lodowisko. Zauważono, że największym problemem jest brak zadaszenia i ochrony przed opadami. Stąd pojawił się pomysł na realizację wielofunkcyjnego obiektu, który w okresie letnim jest parkingiem dla rowerów, a w zimie lodowiskiem. Projekt wykonała pracownia Archaz z Katowic. Przewidziano stosunkowo duży jednoprzestrzenny obiekt o powierzchni 600 m<sup>2</sup> [9]. Projekt konstrukcji oraz montaż membrany zrealizowała firma Abastran, a całość firma GardenBud. Całość, wraz z otaczającą

infrastrukturą, otrzymała nazwę Miejskie Centrum Integracji Transportu i została oddana do użytku w 2019 roku.

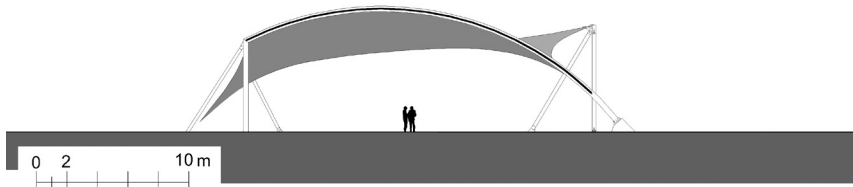
### Idea kształtowania membrany

Jak wyjaśnił projektant, forma zadaszenia ewoluowała wraz z projektem, ostatecznie jest symetryczna z centralną łukową ramą. Poszukiwano formy, która będzie maksymalnie chronić parking. Aby pozbyć się wewnętrznych podpór, wybrano formę łukową, która nawiązuje do wygiętej hali sportowej widocznej z placu. W narożnikach membrana jest zamocowana do słupów. W celu zrównoważenia sił poziomych od napięcia membra-

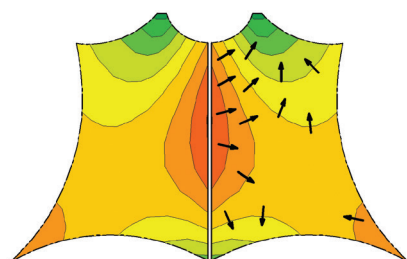
<sup>3</sup> Frei Otto (1925–2015) – niemiecki architekt, założyciel i wieloletni kierownik Instytutu Lekkich Konstrukcji w Stuttgarcie. Cała jego działalność naukowa oraz projektowa była związana z napiętymi konstrukcjami membranowymi i linowymi.



Rys. 5. Elewacja południowo-wschodnia. Analiza formy



Rys. 6. Przekrój przez zadaszenie



Rys. 7. Schemat układu linii warstwicznych i kierunku spływu

ny słupy są podparte zastrzałami lub stabilizowane odciągami, w zależności od dostępnego miejsca. Zadaszenie zostało obniżone od strony północno-zachodniej, gdzie membrana jest mocowana bezpośrednio do betonowej ściany. To jest jej najniższe miejsce. Sąsiedni budynek stanowi dodatkową osłonę ograniczającą oddziaływanie wiatru, częściej wiejącego ze strony południowo-zachodniej. Natomiast od strony południowo-wschodniej zadaszenie jest podniesione, aby otworzyć je na sąsiednią przestrzeń i przy okazji wprowadzić przedpołudniowe promienie słoneczne. W ten sposób powstała forma, która przez niektórych nazywana jest wielką płaszczyką lub mantą.

Zagadnienia statyczno-wytrzymałościowe dotyczą układu konstrukcyjnego oraz jego poszczególnych elementów. Programy komputerowe określają precyzyjny kształt napiętej powłoki oraz wygięcie cięgien brzegowych. Wszystko to jest związane z wielkościami sił wewnętrznych. Architekt natomiast potrzebuje dodatkowych narzędzi pozwalających na ocenę zaproponowanej formy. Najczęściej wykonywany jest wirtualny model umożliwiający ocenę wizualną. Perspektywy pozwalają wyobrazić sobie, jak będzie wyglądało zadaszenie w określonym miejscu, czy będzie współgrało czy kontrastowało z otoczeniem. Można wykonać analizę nasłonecznienia i sprawdzić, na ile zadaszenie będzie zaciemniało przestrzeń poniżej. Niedocenianym narzędziem projektowym jest wyznaczenie linii warstwicznych. Nie jest do tego potrzebne specjalistyczne oprogramowanie. Na-

wet przybliżony model powierzchni pozwala, w dowolnym programie modelującym, na wykonanie podziału płaszczyznami poziomymi.

Układ linii warstwicznych wskazuje punkty o tej samej wysokości. Natomiast analiza ich położenia oraz kształtu pozwala na wyciągnięcie ważniejszych wniosków. Woda spływa po powierzchni membrany prostopadle do linii warstwic. Stąd można zaobserwować miejsca i kierunki, gdzie woda będzie spływać. Poza tym odległości pomiędzy warstwami określają pochylenie napiętej powłoki. Im mniejsze odległości, tym szybciej spływa woda i tym mniejsze prawdopodobieństwo gromadzenia śniegu.

Przedstawiony schemat został wykonany na podstawie podziału co 1 m oraz dodatkowo zabarwiony zgodnie z zasadami hipsometrii (czerwony najwyżej). Widać na nim, że duże fragmenty mają małe pochylenie, co powinno budzić obawy, że w tych miejscach może gromadzić się śnieg. A przy małym napięciu membrany może doprowadzić do pojawienia worków śnieżnych, co też się stało. Pojawiły się w początkowym okresie użytkowania. Konieczne było wzmocnienie zamocowania i powtórne silniejsze napięcie membrany.

Przy intensywnych opadach woda, płynąc po membranie, osiąga dużą prędkość i spada w sporej odległości od krawędzi zadaszenia. W tradycyjnym dachu bezpośrednio przy krawędzi okapu znajduje się rynna, która zbiera wodę opadową. W tym przypadku przewidzenie miejsca gdzie spada woda, np. w formie studni chłonnych umieszczonych w posadzce, wiąże się z koniecznością zapewnienia dużej wolnej powierzchni. Przy delikatnych opadach woda spływa dokładnie wzdłuż całej krawędzi, co również może powodować problemy. Pod północno-zachodnią krawędzią zadaszenia znajduje się pochylnia do podziemnej budynku obsługi. W związku z tym konieczna była korekta zadaszenia i wprowadzenie bortnic<sup>4</sup>, elementów ograniczających ściekanie wody w dowolnym miejscu. Dzięki temu ograni-

czono spływanie do wyznaczonego miejsca, gdzie zamocowana jest membrana.

## Podsumowanie

Zebrany materiał, a także przeprowadzone analizy, a zwłaszcza rozmowa z projektantem potwierdziły olbrzymią wagę, jaką należy przyłożyć do zagadnienia określenia formy zadaszenia. Przede wszystkim zwrócili uwagę na problem małego pochylenia i gromadzenia śniegu oraz kierunku spływania wody po zadaszeniu.

Obawy o trwałość i czystość materiału okazują się mniej istotne. Materiał, z którego jest wykonana membrana (easyASM 84+), posiada atest jako materiał bezpieczny oraz trudnopalny (B1), może więc zgodnie z przepisami budowlanymi być stosowany w takim miejscu. Duże zanieczyszczenie powietrza w centrum miasta wynikające ze spalania paliw stałych w okresie jesienno-zimowym powoduje intensywny opad pyłu. To, co jest niedostrzegalne w zurbanizowanej przestrzeni, można zaobserwować niestety na białej membranie. Brudny osad pojawia się w zagłębieniach i miejscach, gdzie dłużej gromadzi się śnieg. Zmniejsza to wizualną atrakcyjność zadaszenia. Materiał, z jakiego wykonana jest membrana, jest pokryty warstwą ochronną (PVDF), która ułatwia splukiwanie zanieczyszczeń przez intensywny deszcz. Jest to więc efekt, który powinien samoistnie zniknąć. Można co kilka lat przeprowadzić proces mycia przy pomocy specjalistów, którzy poruszając się po membranie, delikatnie ją przetrą. Na pewno nie wolno stosować urządzeń typu myjka ciśnieniowa, gdyż można uszkodzić warstwę ochronną. Gdyby zastosowano membranę w innym kolorze, też nie rozwiązałoby to problemu, a materiał nieprzepuszczający światła typu „opaque” zniwelowałby efekt lekkości zadaszenia. Każdy materiał budowlany wymaga czynności konserwatorskich, np. umiejętnego czyszczenia.

Na trwałość membrany mają też wpływ akty celowej dewastacji. W tym przypadku nie ma takiej obawy ze względu na lokalizację. Parking sąsiaduje z budynkiem, w którym mieści się kilka wydziałów urzędu miasta oraz straż miejska. Jest to miejsce często odwiedzane i dobrze oświetlone, co wraz z monitoringiem chroni przed dewastacją.

Krzywizny powierzchni oraz elementów brzegowych tworzą ciekawą grę linii w przestrzeni. Natomiast umiejętność ich prawidłowego zdefiniowania stanowi duże wyzwanie dla projektanta, a przede wszystkim wyma-

<sup>4</sup> Bortnica – nazwa stosowana do określenia elementu ograniczającego spływanie wody opadowej, najczęściej wykonana jest w formie wystającego fałdu membrany i umieszczona w pobliżu krawędzi brzegowej. W budownictwie bortnicą nazywana jest dolna deska, będąca częścią barierki na rusztowaniu. Element ten ogranicza przypadkowe zrzucenie narzędzi lub materiałów z podestu rusztowania.



Rys. 8. Zamocowanie membrany

ga doświadczenia. Projektowanie zadaszeń membranowych w przestrzeni otwartej jest pozornie proste i niedoceniane. Przedstawione w artykule zagadnienia powinny zwrócić uwagę architektów na wagę problemu, a także spowodować niepodejmowanie pochopnych decyzji.

#### Bibliografia:

- [1] Krzysztof Gerlic, Zadaszenia membranowe w Polsce – swoboda kształtowania. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2018.
- [2] Andrzej Ambroziak, Paweł Kłosowski, Michał Nowicki, O problemach w projektowaniu konstrukcji membranowych, „Inżynieria i Budownictwo”, nr 1/2005, s. 42–45.
- [3] Adam Zagubień, Konstrukcje tekstylne, [w:] Budownictwo ogólne, tom 4. Konstrukcje budynków. Arkady 2010, s. 575–597.
- [4] Marek Pańtak, Membranowe przekrycia dachowe. Część 1 – projektowanie wstępne. Builder 2016, R. 20, Nr 2 (223), s. 62–65.
- [5] Marek Pańtak, Membranowe przekrycia dachowe. Część 2 – detale konstrukcyjne. „Builder” 2016, r. 20, nr 4 (225), s. 75–79.

[6] Frei Otto, Tensile Structures (v. 1 & 2), The MIT Press, Cambridge 1973.

[7] Michael Seidel, Tensile Surface Structures, A practical Guide to cable and Membrane Construction, Ernst & Sohn, Berlin 2009.

[8] Brian Forster, Marijke Mollaert, European design guide for tensile surface structures. Tensinet 2004.

[9] Archaz, Przebudowa Placu Górników z Parkiem Rowerowym w ramach zadania: Miejskie Centrum Integracji Transportu Jaworzno – Projekt wykonawczy, 2015.

[10] Abastran, Projekt wykonawczy przebudowy Placu Górników z Parkiem Rowerowym w ramach zadania: Miejskie Centrum Integracji Transportu Jaworzno, 2015.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.9123

#### PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA:

Gerlic Krzysztof, 2021, Projektowanie zadaszeń membranowych na przykładzie parkingu rowerowego w Jaworznie, „Builder” 7 (288). DOI: 10.5604/01.3001.0014.9123

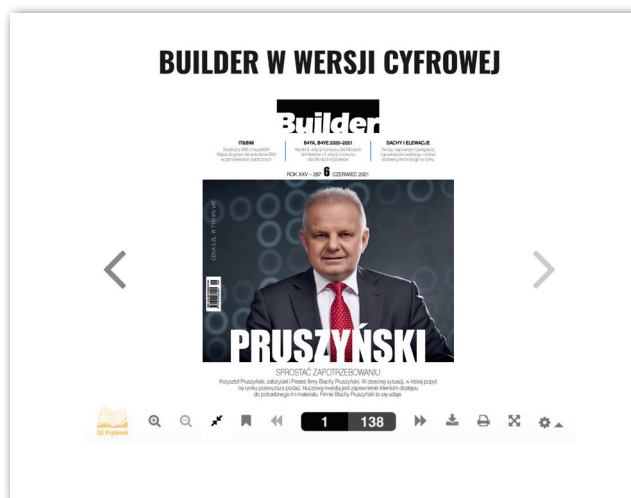
**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z projektem oraz realizacją zadaszenia parkingu rowerowego w Jaworznie. To szerokie studium przypadku zawiera zarówno inspiracje projektowe, jak i ocenę zrealizowanego obiektu. Szczególną uwagę zwrócono na zagadnienia istotne dla architekta, a zwłaszcza na kształtowanie napiętej membrany. W dostępnej literaturze zagadnienia te są ograniczane do metod obliczeniowych. Natomiast prawidłowe funkcjonowanie zadaszenia musi być powiązane z otoczeniem i zagospodarowaniem.

**Słowa kluczowe:** zadaszenie membranowe, napięta konstrukcja, projektowanie architektoniczne

**Abstract:** MEMBRANE CANOPY DESIGNING ON THE EXAMPLE OF A PARKING LOT IN JAWORZNO. The article presents selected issues related to the design and realization of a roof for a bicycle parking lot in Jaworzno. This extensive case study includes both design inspiration and an evaluation of the completed facility. Particular attention was paid to issues important to the architect, especially the form finding of a tensile membrane. In the available literature, these issues are limited to computational methods. On the other hand, the proper functioning of the roof must be related to the surroundings and development.

**Keywords:** membrane canopy, tensile structure, architectural design

REKLAMA



Czytaj na [www.builderpolska.pl](http://www.builderpolska.pl)