

BUDOWNICTWO INNOWACYJNE

technologie prefabrykowane i modułowe w budownictwie mieszkaniowym

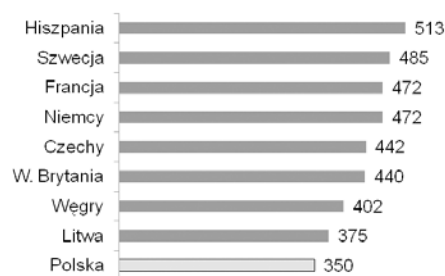
dr hab. inż. **Jadwiga Fangrat**
mgr inż. **Jan Sieczkowski**
Instytut Techniki Budowlanej

Technologie prefabrykowane, w tym modułowe, są jednocześnie wyzwaniem i szansą dla rozwoju współczesnego budownictwa mieszkaniowego. Aby z tej szansy skorzystać, konieczne jest spełnienie kilku warunków.

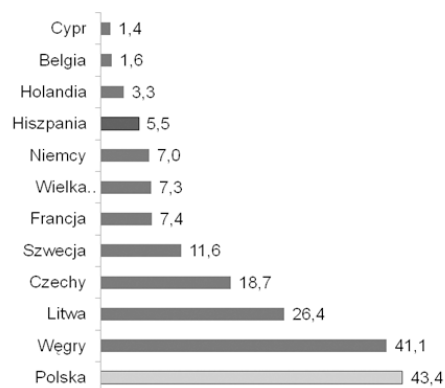
Niedobór mieszkań w Polsce jest nadal bardzo wysoki – na 1000 mieszkańców przypada około 350 mieszkań, a w UE średnio – 466 (rys. 1.). Plasuje to nas na przedostatnim miejscu wśród krajów UE – za Maltą i przed ostatnią w tym rankingu Słowenią. Sytuacji tej nie poprawiły realizowane od 2007 r. kolejne rządowe programy: Rodzina na Swoim, a od 2014 r. Mieszkanie dla Młodych (MdM), które w założeniu mają być wsparciem finansowym dla ludzi potrzebujących własnego miejsca do godnego mieszkania. Ustalone w nich limity mają ograniczyć kupowanie dużych, komfortowych mieszkań po wysokich cenach, pomimo że dane statystyczne odnoszące się do jakości mieszkań są dla Polski również niekorzystne.

Jednym z głównych mierników stosowanych w ocenie jakości mieszkania jest dostępność wystarczającej przestrzeni w lokalu, wyrażana tzw. wskaźnikiem przeludnienia określającym odsetek osób zajmujących przeludnione mieszkania, biorąc pod uwagę liczbę dostępnych pomieszczeń, wielkość gospodarstwa domowego oraz wiek jego członków i ich sytuację rodzinną. W 2015 r. w takich mieszkaniach żyło około 16,7% ludności UE-28, przy czym najwyższe wskaźniki przeludnienia odnotowano w Rumunii (49,7%) i Polsce (43,4%), przy najniższych wartościach tego wskaźnika również 1,4% (Cypr) i 1,6% (Belgia) (rys. 2.).

Pełniejszy obraz jakości mieszkań daje tzw. wskaźnik poważnej deprywacji mieszkaniowej, definiowany jako odsetek osób zajmujących mieszkania uważane za przeludnione, w których dodatkowo występuje co najmniej je-



Rys. 1. Liczba mieszkań na 1000 mieszkańców w 2011 r. (Rocznik EWG-ONZ Housing Statistic in European Union)



Rys. 2. Wskaźnik przeludnienia mieszkań w wybranych krajach UE w 2015 r. (% liczby ludności) [2]

den z następujących wyróżników: brak łazienki lub toalety, nieszczelny dach lub niedoświetlenie mieszkania.

W 2015 r. Polska, w której użytkuje się ok. 2,7 mln mieszkań wybudowanych przed 1945 r., zajęła w tym rankingu 5. miejsce od

końca przed Rumunią, Łotwą, Węgrami i Bułgarią, przy czym była jednym z sześciu krajów UE, w których ten wskaźnik pogorszył się w porównaniu z 2014 r. Ani realizowana w skali roku liczba nowych mieszkań, ani ich metraż nie przyczyni się do zmiany miejsca Polski w omówionych rankingach w ciągu najbliższych lat [1].

Za zaspokojenie potrzeb mieszkaniowych uznaje się stan, gdy spełniony jest warunek, że każda rodzina dysponuje oddzielnym (samodzielnym) mieszkaniem. Według analiz Home Brokers do spełnienia tego warunku w 2012 r. brakowało w Polsce około 940 tys. mieszkań.

Nowe nadzieje

Zmianę tej niekorzystnej sytuacji mieszkaniowej można uzyskać wyłącznie przez realne wsparcie budownictwa mieszkaniowego programami rządowymi. W świetle przedstawionych powyżej danych statystycznych fiasko poniosły wyżej wspomniane programy realizowane po 2007 r., a obecnie duże nadzieje budzi najnowszy Narodowy Program Mieszkaniowy – Mieszkanie +. Jest on również szansą na rozwój innowacyjności w budownictwie, które według danych statystycznych jest jednym z największych sektorów gospodarczych w Polsce, ale od lat charakteryzuje się niską innowacyjnością. Największą przeszkodą dla jej wzrostu jest częsty brak zainteresowania badaniami w Polsce ze strony wielu firm zagranicznych będących dużymi udziałowcami w krajowym rynku budowlanym. Innymi słowy podmioty te wyprowadzają pieniądze z rynku polskiego bez inwestowania w polski sektor B+R. Środki te inwestują natomiast w badania i pra-



Zdjęcie archiwum BEFARD

ce rozwojowe w rodzimych krajach. Polscy przedstawiciele firm zagranicznych mają niewielki udział w tych decyzjach strategicznych.

Bez ingerencji państwa realizującego politykę innowacyjności nowej generacji znaczący wzrost innowacyjności w budownictwie nie będzie możliwy w przyszłości. Szczególnie potrzebne elementy tej polityki to: zasada pomocniczości, wsparcie współinnowacji oraz efektywnego transferu technologii poprzez odpowiednie instrumenty organizacyjne i finansowe [4].

Budownictwo prefabrykowane wczoraj i dziś

Wznoszenie budynków mieszkalnych z betonowych prefabrykatów wielkowymiarowych było w Polsce w latach 60. nową technologią; brak było ustaleń normowych i dostępnej literatury z tej dziedziny [1]. Dlatego przy projektowaniu konstrukcji wielkopłytytowych jako podstawy przyjmowano:

- doświadczenia z realizacji zagranicznych w krajach skandynawskich, Francji i b. ZSRR;
- badania konstrukcji wielkopłytytowych w Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (Paryż), CNIEP Żylniszcz (Moskwa), Technischen Hochschule (Darmstadt) Chalmers University of Technology (Göteborg), Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics (Paryż), Instytucie Techniki Budowlanej (Warszawa);
- wydawnictwo książkowe – *Budynki z elementów wielkowymiarowych*. Arkady, 1961 r.;
- zalecenia międzynarodowe dotyczące projektowania budynków wielkopłytytowych CEB/FIP [5] – opracowane w ramach organizacji międzynarodowych CEB-FIP (Europejski Komitet Betonu – Międzynarodowa Federacja Betonu Sprężonego) oraz CIB (Międzynarodowa Rada Budownictwa), szczególnie w podkomisji CIB W23 – Niezawodność Konstrukcji, w pracach której uczestniczyli tak-

że przedstawiciele Polski. W projektowaniu budynków wielkopłytytowych, gdy stosowano zupełnie nowe rozwiązania, niesprawdzone w praktyce i nieobjęte istniejącymi wówczas instrukcjami czy normami, korzystano z badań wytrzymałościowo-konstrukcyjnych wykonanych w Instytucie Techniki Budowlanej i zagranicznych placówkach badawczych. W Polsce najwięcej badań przeprowadzono dla rozwiązań systemów, tzw. centralnych (W-70 i szczeciński), projektowanych na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. Prowadzono też badania systemów o mniejszym zasięgu stosowania, jak WUFT i Winogrady. Badania wytrzymałościowo-konstrukcyjne, przeprowadzane zazwyczaj w skali naturalnej, dotyczyły:

- nośności ścian usztywniających oraz wpływu na tę nośność złączy pionowych między prefabrykatami i sztywności nadproży;
- nośności i odkształcalności złączy poziomych oraz zamocowania stropów w ścianach nośnych;
- nośności ścian w modelu ciągłym, z uwzględnieniem połączenia ścian i stropów w złączach poziomych;
- nośności wórnego ustroju konstrukcyjnego budynku częściowo uszkodzonego.

Badania te pozwoliły na opracowanie rozwiązań projektowych spełniających stawiane im wymagania, pod warunkiem jednak, że prefabrykaty zostaną prawidłowo wykonane w zakładzie produkcyjnym, a następnie prawidłowo zmontowane na budowie oraz że zostaną użyte materiały i wyroby o jakości założonej w projekcie. Pierwszym krajowym dokumentem normalizacyjnym dotyczącym projektowania konstrukcji budynków wielkopłytytowych była – zatwierdzona w 1974 r. – norma branżowa BN-74/8812-01 [6]. Norma ta nawiązywała do PN-56/B-03260 *Konstrukcje żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie*, po-

Budownictwo wielkopłytytowe w nowej postaci zasługuje, aby uwzględnić je przy wyborze technologii wznoszenia budynków w programie Mieszkanie +.

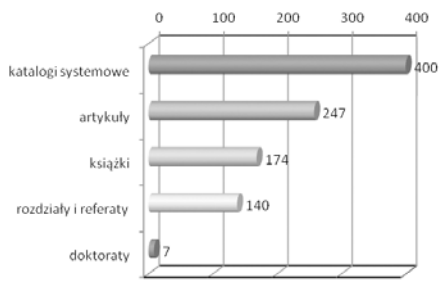
sługującej się jeszcze globalnym współczynnikiem bezpieczeństwa. Zastąpienie jej przez PN-76/B-03264 *Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie*, stosującej już częściowe współczynniki bezpieczeństwa, spowodowało konieczność nowelizacji BN-74, która ukazała się w postaci BN-78/8812-01 *Konstrukcje budynków wielkopłytytowych. Projektowanie i obliczenia statyczno-wytrzymałościowe*. Jakkolwiek kolejne BN z 1974 r. i 1978 r. różnią się w szczegółach zaleceń konstrukcyjnych, to same zasady projektowania konstrukcji (scalanie prefabrykatów wielkowymiarowych w sztywne tarcze stropowe i ścienne oraz ich powiązanie w poziomie stropów za pomocą wieńców żelbetowych w stabilną przestrzenną całość) nie uległy zmianie. Z powyższego wynika, że budownictwo wielkopłytytowe w czasie jego wprowadzania do praktyki było, na owe czasy, w pełni innowacyjne.

Dorobek Instytutu Techniki Budowlanej w zakresie budownictwa prefabrykowanego, w tym wielkopłytytowego, liczy prawie 800 publikacji powstałych w latach 1950–2016, przede wszystkim w formie artykułów, referatów konferencyjnych, książek i rozpraw doktorskich. Największą ich część stanowią artykuły, następnie książki oraz rozdziały w książkach i referaty konferencyjne (rys. 3.). Osobną, ale niewielką grupę (blisko 400 tomów) stanowią katalogi elementów systemów ogólnopolskich. W przedstawionym zestawieniu (rys. 4.) nie uwzględniono kolejnych nowelizacji wydawnictw seryjnych, kalendarzy budowlanych (np. Betonkalender, PZITB) i materiałów konferencyjnych.

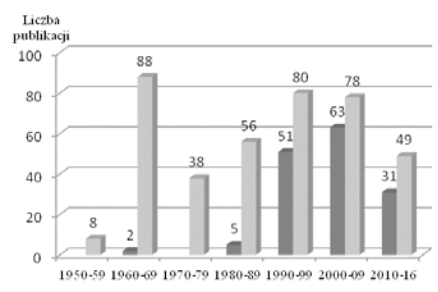


Należy podkreślić, że tylko niewielka liczba książek poświęcona jest w całości problematyce prefabrykacji. Z reguły omawiana jest ona, w mniejszym lub większym stopniu, praktycznie w każdej książce i podręczniku dotyczącym żelbetu.

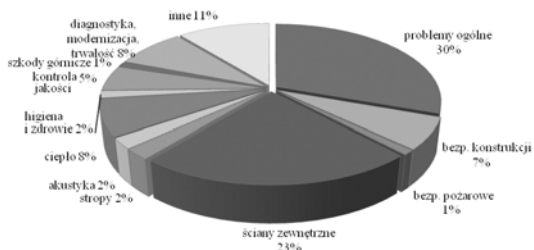
Analogiczna sytuacja jak w przypadku publikacji książkowych dotyczy materiałów z konferencji naukowych. W zbiorach bibliotecznych ITB znajdują się materiały z ponad 30 konferencji krajowych oraz ponad 10 konferencji i sympozjów międzynarodowych (niewykazane na rys. 3. w grupie książki), na których omawiane były również problemy związane z prefabrykacją. Były to konferencje zarówno dotyczące problemów budownictwa mieszkaniowego, specjalistyczne, np. dotyczące zbiorników na materiały sypkie i ciecz, jak i ogólne dotyczące konstrukcji żelbetowych. Znacząco większe są zasoby biblioteki ITB o tej tematyce. W zbiorze artykułów, rozdziałów w książkach i referatów konferencyjnych zagadnienia związane z budownictwem wielkopłytyowym dominują i stanowią ok. 90% liczby wszystkich publikacji związanych z prefabrykacją (rys. 4.).



Rys. 3. Publikacje specjalistów ITB w zakresie budownictwa prefabrykowanego w latach 1950–2015, według danych bazy biblioteki ITB



Rys. 4. Rozdziały w książkach i referaty konferencyjne oraz artykuły związane z budownictwem prefabrykowanym w zasobach biblioteki ITB w latach 1950–2016



Rys. 5. Procentowy udział tematyki artykułów o budownictwie prefabrykowanym w zasobach biblioteki ITB



Zdjęcia archiwum UNBEP

Natomiast w grupie publikacji dotyczących budownictwa wielkopłytyowego najczęściej poruszonymi zagadnieniami są te, które dotyczą budynku jako całości oraz ścian zewnętrznych, w tym i złączy, co wiąże się z koniecznością ocieplenia budynków i problemami z tym związanymi (rys. 5.).

Zainteresowanie mediów, a zatem i mieszkańców, trwałością i bezpieczeństwem budynków wzniesionych w technologii wielkiej płyty ma charakter cykliczny – pojawia się okresowo co kilka lat, wywołując dyskusje zarówno w mediach, jak i w prasie technicznej. Dyskusje takie odbywały się kolejno w latach 80. i 90. ubiegłego wieku (konferencja Mrągowo w 1999 r.), a ostatnio w okresie 2012–2015 r., przy czym przewidywać należy raczej tendencję wzrostową.

Paradoksalnie ostatnio inwestorzy coraz częściej skłaniają się do technologii wielkopłytywowej, mimo okresowo występującej w mediach „totalnej” krytyki tego rodzaju budownictwa. Dostępność na rynku dobrych materiałów i wyrobów,

a także brak formalnych ograniczeń w projektowaniu (normatywu projektowego ograniczającego wielkość mieszkań) umożliwiają eliminację większości negatywnych ocen tego budownictwa. Nie zawsze krytycy budynków wielkopłytyowych chcą zauważyć, że zużycie stolarki, pokryć dachowych i instalacji, a także brak garaży podziemnych dotyczy wszystkich budynków o podobnym okresie eksploatacji, niezależnie od technologii ich wznoszenia. Odnosi się to również do potrzeby ocieplania budynków, wynikającej ze zmieniających się wymagań w zakresie oszczędności energii. Obiektywną ocenę umożliwia analiza SWOT budownictwa prefabrykowanego (tabela 1.).

W aktualnie wznoszonych budynkach wielkopłytyowych – jeszcze pojedynczych – stosowanych jest wiele innowacyjnych materiałów i wyrobów, do których w pierwszej kolejności można zaliczyć mieszankę betonową do wykonywania prefabrykatów, nowoczesne rozwiązania konstrukcyjne stolarki okiennej i drzwiowej, rozwiązania materiałowe instalacji itp.

Budownictwo wielkopłytowe w nowej postaci zasługuje, aby uwzględnić je przy wyborze technologii wznoszenia budynków w programie Mieszkanie +.

Innym rozwiązaniem budynków prefabrykowanych, ostatnio wprowadzanym na rynek, są budynki modułowe wykonywane z monolitycznych prefabrykatów przestrzennych, z reguły o kilku standardowych wymiarach. Prefabrykaty dowożone są z zakładu prefabrykacji na plac budowy, instalowane na przygotowanym fundamencie i łączone ze sobą w całość. Budynki tego typu z reguły są wznoszone, gdy zachodzi potrzeba szybkiego stworzenia tymczasowych lub zastępczych pomiesz-

czeń, np. w miejscach występowania katastrof i klęsk żywiołowych. Znajdują także zastosowanie jako pawilony handlowe, obiekty małej gastronomii i tym podobne. Rozwiązania te spotykane są również przy budowie obiektów użyteczności publicznej, takich jak szkoły lub przedszkola, a także tam, gdzie decyduje atut szybszej realizacji inwestycji i mniejszej uciążliwości budowy. Wybór tej technologii ma np. związek z realizacją obiektów w centrach dużych miast [7].

Podstawowy moduł budynku ogranicza się do stanu surowego zamkniętego z elementami wykończenia, drzwiami zewnętrznymi oraz oknami, dachem i podstawowymi instalacjami.

Możliwe są opcje modułów zawierających pełne wykończenie wewnątrz oraz kompletne wyposażenie łazienek, a także wzbogacone między innymi o AGD i zabudowę kuchenną oraz szafy i garderoby. Analizę SWOT budownictwa modułowego przedstawiono w tabeli 2.

Prefabrykaty przestrzenne mogą być oczywiście wykonywane zarówno z betonu, z drewna, jak również z konstrukcji metalowej z lekkimi płytami warstwowymi (stosowane często jako kontenery zaplecza budowy).

Uwagi końcowe

Technologie prefabrykowane, w tym modułowe, są jednocześnie wyzwaniem i szansą dla rozwoju współczesnego budownictwa mieszkaniowego. Aby z tej szansy skorzystać, konieczne jest spełnienie kilku warunków. Przede wszystkim zgodnego z rządową strategią rozwoju kraju inwestowania we własne prace badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe, których celem będzie opracowanie nowoczesnych (innowacyjnych) budowlanych rozwiązań materiałowych, konstrukcyjnych, technologicznych, procesowych i tworzenie wspierających je odpowiednich instrumentów organizacyjnych i finansowych. Ponadto niezbędny jest skok cywilizacyjny w obszarze budownictwa, zarówno w nauce, jak i inżynierii, wyrażający się dużo wyższym niż obecnie stopniem cyfryzacji, na przykład BIM.

Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej były hasłem przewodnim Konferencji Krynica 2017 [8].

Literatura

- [1] Wierzbicki S.M., Sieczkowski J.: Problemy budownictwa wielkopłykowego. Część I – Geneza technologii wielkopłykowej i podstawy projektowania konstrukcji. „Builder” nr 10/2013 (str. 58-60).
- [2] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Housing_statistics/pl.
- [3] http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/6/69/Housing_statistics_YB2017.xlsx.
- [4] Fangrat J., Sieczkowski J.: Innowacje a budownictwo. „Builder” nr ? / 2017 (str. ?-?).
- [5] Recommendations Internationales pour les Structures en Panneaux – CEB/FIP/UEA/c – Roma Ital. Del Cemento, Roma 1969.
- [6] BN-74/8812-01 Konstrukcje budynków wielkopłytowych. Projektowanie i obliczenia statyczno-wyrztrzymałościowe.
- [7] Cohen M. Build in Poland and shipped in pieces. Dostępny w: <https://www.6aqt.com/built-in-poland-and-shipped-in-pieces-nyocs-biggest-modular-hotel-project-is-55-percent-complete>.
- [8] Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej. 63 Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Łądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB. Krynica 2017, ITB Warszawa 2017

Streszczenie: Na podstawie literatury dostępnej przede wszystkim w zbiorach Biblioteki ITB przedstawiono analizę piśmiennictwa z zakresu budownictwa wielkopłykowego. Przeprowadzono dyskusję tej problematyki na tle danych statystycznych, dotychczasowych doświadczeń oraz obecnych i przyszłych wyzwań, posługując się analizą SWOT.

Słowa kluczowe: budownictwo, budownictwo wielkopłytowe, budownictwo modułowe, instytut badawczy, upowszechnianie wiedzy

Tabela 1. Analiza SWOT – budownictwo prefabrykowane

Mocne strony	Słabe strony
możliwość typizacji elementów	ograniczenia architektoniczne – projekty takich budynków są wyzwaniem dla architekta
przygotowanie prefabrykatów w zakładzie produkcyjnym, co umożliwi uzyskanie odpowiedniej jakości elementów, a tym samym i budynków, niezależnie od warunków atmosferycznych	wysokie koszty i duże ograniczenia techniczne w zmianie układu wewnętrznego budynku
stała doświadczona załoga gwarantująca: – kontrolę zastosowanych materiałów – wysoką jakość prefabrykatów na każdym etapie ich produkcji	konieczność stosowania dźwigu lub innych środków transportu pionowego do montażu budynku
krótki czas realizacji, a przez to obniżenie kosztów budowy	ograniczony zasięg opłacalnego transportu elementów prefabrykowanych
powtarzalność rozwiązań konstrukcyjnych sprzyjająca ich właściwemu wykonaniu	
łatwość połączenia systemu prefabrykowanego z monolitycznym	
mniejsze koszty utrzymania i konserwacji obiektów	
zwiększona nośność i trwałość konstrukcji (mniejsze ugięcia) poprzez stosowanie betonów wyższych klas	
Szanse	Zagrożenia
Narodowy Program Mieszkaniowy – Mieszkanie +	problemy z finansowaniem przedsięwzięć budowlanych
nowoczesne technologie i materiały	rozproszone lokalizacje budów, co wpływa negatywnie na koszty transportu i logistykę
cyfryzacja budownictwa (BIM)	brak odpowiednich materiałów i rozwiązań technologicznych
	zależność od zagranicznych centrów decyzyjnych przedsiębiorstw działających na polskim rynku budowlanym

Tabela 2. Analiza SWOT – budownictwo modułowe

Mocne strony	Słabe strony
możliwość przemieszczania budynków wynikająca ze stosunkowo łatwego demontażu i ponownego montażu modułów	ograniczenia architektoniczne – projekty takich budynków są wyzwaniem dla architekta
możliwość powiększania kubatury budynku poprzez montaż kolejnych modułów	wysokie koszty i duże ograniczenia techniczne w zmianie układu wewnętrznego budynku
przygotowanie modułów w zakładzie produkcyjnym, co umożliwi uzyskanie odpowiedniej jakości elementów i budynków niezależnie od warunków atmosferycznych	trudności w zmianie aranżacji i przestrzeni wewnętrznej, co predestynuje do pewnych rodzajów budynków, np. hotele, szkoły, przedszkola
stała doświadczona załoga gwarantująca: – kontrolę zastosowanych materiałów – wysoką jakość modułów na każdym etapie ich produkcji	konieczność stosowania dźwigu lub innych środków transportu pionowego do montażu budynku
krótki czas realizacji, a przez to obniżenie kosztów budowy	ograniczony zasięg opłacalnego transportu elementów modułowych
powtarzalność rozwiązań konstrukcyjnych sprzyjająca ich właściwemu wykonaniu	
łatwość połączenia systemu modułowego z monolitycznym	
mniejsze koszty utrzymania i konserwacji obiektów	
zwiększona nośność i trwałość konstrukcji (mniejsze ugięcia) poprzez stosowanie betonów wyższych klas	
Szanse	Zagrożenia
Narodowy Program Mieszkaniowy – Mieszkanie +	problemy z finansowaniem przedsięwzięć budowlanych
nowoczesne technologie i materiały	rozproszone lokalizacje budów, co wpływa na koszty transportu i logistykę
cyfryzacja budownictwa (BIM)	brak odpowiednich materiałów i rozwiązań technologicznych
	zależność od zagranicznych centrów decyzyjnych przedsiębiorstw działających na polskim rynku budowlanym