

BUDOWNICTWO WYSOKIE w Polsce

Najnowsze realizacje

Część 3



dr inż. arch. Hubert Markowski
mgr inż. Krzysztof Owczarezyk
prof. zw. dr hab. inż. Kazimierz Szulborski

Aktualnie w naszym kraju powstaje szereg interesujących budynków wysokościowych. Projektowanie ich konstrukcji do 200 m w układzie trzonowo-słupowym nie stanowi już dla polskich inżynierów problemu, a realizowane budowy potwierdzają znaczne zainteresowanie inwestorów wznoszeniem drapaczy chmur. Przybywa projektantów oraz firm wykonawczych właściwie przygotowanych do realizacji tego typu inwestycji.

Warsaw Spire

Budowany aktualnie w Warszawie, będzie w przyszłości drugim co do wysokości budynkiem w tym mieście (fot. 1). Budowę wieżowca rozpoczęto w 2011 roku. Zakończenie realizacji planuje się na rok 2015 [1]. Budynek powstaje na ponad dwuhektarowej działce zlokalizowanej w dzielnicy Wola, w kwartale ulic Towarowa, Grzybowska, Łucka i Wronia. W okolicy zostało wybudowanych kilka wysokościowców, takich jak Warsaw Trade Tower, hotel Hilton oraz Platinum Towers. Planowane są także kolejne realizacje. Inwestor, belgijska firma Ghelamco Poland, zamierza stworzyć kompleks czterech budynków o funkcji biurowej, mieszkalnej oraz biurowo-usługowo-handlowej. Najwyższym budynkiem, o 49 kondygnacjach nadziemnych (o wysokości 188 metrów, 220 metrów wraz z iglicą), będzie Warsaw Spire [2].

Dodatkowo na parceli zostaną zlokalizowane dwa budynki biurowe o wysokości 55 metrów, a w przyszłości planowany jest budynek o wysokości 160 metrów o nazwie Chopin Tower, w całości przeznaczony do celów mieszkalnych. Kompozycja urbanistyczna została oparta na osi, na której symetrycznie usytuowane będą wieżowce Warsaw Spire oraz Chopin Tower, a po ich bokach znajdują się dwa niższe, pięćdziesięciopięciometrowe budynki [2]. Zaprojektowanie wszystkich obiektów inwestor powierzył belgijskiej pracowni architektonicznej Jaspers Eyers & Partners, wspieranej przez Polsko-Belgijską pracownię „Projekt”.

W pierwszych trzech realizowanych obiektach architektki zaprojektowali ok. 100 tys. m² powierzchni użytkowej o funkcji biurowej oraz usługowo-handlowej, z których ostatnia zlokalizowana jest w przyzie-

miach budynków. Rozwiązanie to umożliwiło powiązanie funkcji usługowych z przestrzenią publiczną, na którą projektanci przeznaczili 4 tys. m² powierzchni działki. Obszar ten architektki kształtują za pomocą placów, obiektów małej architektury oraz zieleni. Budynek Warsaw Spire oraz budynki towarzyszące zostały usytuowane w bezpośredniej bliskości ulicy Towarowej i jej skrzyżowania z ulicą Prosta oraz w pobliżu budowanej stacji Rondo Daszyńskiego II linii metra. Są to główne arterie komunikacyjne tej części Warszawy. Taka lokalizacja pozwoli na obsługę komunikacją miejską znacznej liczby przyszłych użytkowników obiektów.

Budynek Warsaw Spire w całości będzie pełnił funkcje biurowe, co w istotny sposób definiuje decyzje dotyczące ustroju konstrukcyjnego wieżowca. W żelbetowym trzonie zostały usytuowane ciągi komunikacji pionowej: szybkobieżne windy, ewakuacyjne klatki schodowe oraz winda dla ekip ratunkowych. Elementy nośne budynku zostały usytuowane poza główną przestrzenią przeznaczoną pod wynajem.

Układ konstrukcyjny budynku jest trzonowo-słupowy i w całości wykonany z żelbetu, a składa się z głównego rdzenia usztywniającego oraz zewnętrznych słupów powiązanych z trzonem poprzez stropy. Na obrzeżach powtarzalnych stropów usytuowanych jest 18 słupów żelbetowych. W części parteru słupy zbiegają się parami tworząc literę „V” (fot. 2 i 4). Zabieg ten ma charakter czysto „architektoniczny”, wynikający z próby uatrakcyjnienia przyziemia obiektu w miejscu połączenia z projektowaną przestrzenią publiczną. Osie obwodowych słupów zostały cofnięte do środka budynku, co pozwoliło na realizację szklanej elewacji bez podziałów wynikających z konstrukcji obiektu.

Przekazywanie obciążeń na warstwy gruntu odbywa się poprzez płytę fundamentową o zmiennej grubości współpracującą z mikropalami i baretami. Do wybudowania pięciu kondygnacji podziemnych zastosowano obwodową ścianę szczelinową kotwioną o długości ponad 500 metrów, głębokości 55 metrów i grubości 80 cm. Do jej budowy zużyto 22 tys. m³ mieszanki betonowej [3]. Ze względu na swój aerodynamiczny, zaokrąglony kształt, bryła wieżowca powinna „redukować” oddziaływanie parcia i ssania silnego wiatru. Jednak rozcięcie elewacji w części frontowej oraz swobodne kształtowanie szczytu budynku może zmniejszać ten pozytywny efekt. Wzajemne ukształtowanie wszystkich trzech budynków oraz ich forma architektoniczna predysponują do powstania zjawiska dyszy Venturiego, która polega na zwiększeniu prędkości przepływu powietrza w zwężeniu pomiędzy obiektami.

Kompleks budynków Warsaw Spire wznoszony przez firmę Ghelamco Poland jest niezwykle ciekawą propozycją dla Warszawy. Możemy mieć tylko nadzieję na szybką realizację tego ambitnego projektu.

Plac Unii (ING Tower)

Innym niezwykle prestiżowym budynkiem jest wieżowiec Plac Unii (ING Tower), którego budowę rozpoczęto w 2010 roku. Obiekt oddano do użytkowania w roku 2013 [1]. Drapacz chmur został usytuowany na granicy dwóch warszawskich dzielnic – Śródmieście i Mokotów (fot. 5-7). Działka w kształcie trójkąta, o powierzchni około 1,5 ha, ograniczona jest ulicami Puławska, Waryńskiego i Boya-Żeleńskiego. Północno-wschodnim narożnikiem graniczy ona z Placem Unii Lubelskiej, ważną częścią historycznej tkanki urbanistycznej Warszawy [4]. Jeszcze przed drugą wojną światową władze miasta planowały wybudowanie w tym miejscu siedziby Polskiego Radia, w związku z czym rozpisany został konkurs na projekt architektoniczny. Prof. Bohdan Pniewski, który wygrał konkurs, przedstawił koncepcję budowy siedemdziesięcymetrowego wieżowca o nowoczesnej konstrukcji i modernistycznej architekturze [5], [6]. Realizację projektu rozpoczęto w 1939 roku. Jednak po wykonaniu wykopów fundamentowych prace zostały przerwane z powodu wybuchu II wojny światowej. Po wojnie nie powrócono już do realizacji poprzedniego projektu.

Inwestorzy i architekci powinni odrzucić pokusę budowy budynków o spektakularnych wysokościach, a skupić się na rozwiązaniach architektonicznych drapaczy chmur, właściwym odniesieniu skali obiektu do otaczającej zabudowy oraz na dbałości o ich proekologiczny charakter.

W 1962 roku w tym miejscu powstał je Supersam, wybitne dzieło architektury PRL-u. Został on rozebrany w 2006 roku. Obecnie wybudowany obiekt sięgnął 90 metrów wysokości (21 kondygnacji) i ma 24 tys. m² powierzchni użytkowej. Całość założenia uzupełniają dwa mniejsze sześciokondygnacyjne budynki o powierzchni użytkowej 11,5 tys. m² i 5,8 tys. m² [4]. Cały kompleks jest multifunkcyjny z przewagą funkcji biurowych. Na kondygnacjach 1, 0 i -1 zlokalizowane zostały pasażerze handlowe o łącznej powierzchni użytkowej około 15,5 tys. m². Podziemna część obiektu, złożona z czterech kondygnacji, przeznaczona została na 800 miejsc parkingowych. Budynek został zaprojektowany przez pracownię APA Kuryłowicz & Associates. Inwestorem jest Liebrecht & Wood oraz BBI Development NFI [7].

Wkomponowanie nowego wieżowca w tkankę urbanistyczną miasta wydaje się bardzo dobre. Skrzyżowanie dwóch dużych arterii komunikacyjnych, jakimi są ulica Puławska i ulica Waryńskiego, zapewnia doskonałe skomunikowanie wieżowca i całego kompleksu usługowego. Bliskość stacji metra, ulicy Marszałkowskiej i trasy Łazienkowskiej zapewni dodatkową obsługę komunikacyjną. Budynek wieżowca



1



2

Fot. 1, 2. Warsaw Spire



3



4

Fot. 3, 4. Plac Unii (ING Tower)

Fot. arch. Ghelamco

Fot. arch. Liebrecht & wood / Mariusz Szczęcho

ca został prawidłowo wykorzystany jako dominanta przestrzenna usytuowana na zamknięciu ul. Puławskiej.

Wątpliwości budzi niekorzystny wpływ na otwarcia widokowe w rejonie parku Łazienkowskiego, a szczególnie – zaburzenie sylwetą wieżowca widoku na pałac Belweder. Zagadnienie wpływu budynków wysokich na zabytkowe części miasta było poruszane w opracowaniu [5] oraz [8]. Zostały tam opisane sposoby analizy oddziaływania sylwetki budynku wysokiego. Metody te pozwalają na określenie wpływu wysokości obiektu na ważne otwarcia widokowe w mieście jeszcze w fazie powstawania koncepcji budynku.

Pojawiające się głosy krytyczne w sprawie niewłaściwego określenia wysokości wieżowca „Plac Unii” nie uwzględniają faktu, że koncepcja arch. Bohdana Pniewskiego zakładała realizację budynku o wysokości 70 metrów wraz z trzydziestometrową anteną radiową usytuowaną na jego dachu, co przewyższyłoby obecną realizację o 10 metrów. Dodatkowo ustalenie granicznej wysokości obiektu należy do właściwych organów administracji architektoniczno-budowlanej w decyzji o warunkach zabudowy lub w planie miejscowym. Szczególnie, że dotyczy to wpływu na jedną z najcenniejszych części Warszawy, jaką jest założenie urbanistyczne parku Łazienkowskiego wraz z Ujazdowem.

W zrealizowanych projektach brakuje różnorodności w wykorzystaniu systemów konstrukcyjnych. Interesujące byłyby realizacje stosujące systemy powłokowe, które oferują duże możliwości w połączeniu konstrukcji i architektury.

Główna, wieżowa część budynku w całości (poza kondygnacjami 1 i 2) pełni funkcje biurowe. Komunikacja pionowa została zlokalizowana w centralnie położonym żelbetowym trzonie. Mieści się w nim sześć szybkobieżnych wind, jedna winda dla ekip ratowniczych oraz dwie ewakuacyjne klatki schodowe. Galeria handlowa została zlokalizowana na poziomach 1, 0 oraz -1. Część podziemna składa się z czterech kondygnacji. Mieszczą się tam galeria miejska (na poziomie -1), garaże (na poziomach -2 i -3) i pomieszczenia techniczne (na poziomie -4). Bryła budynku jest zwarta. Zaokrąglone narożniki zmniejszają oddziaływanie wiatru na konstrukcję obiektu. Zastosowanie rozbudowanej podstawy wieżowca w formie dwóch niższych budynków połączonych ze sobą szklanymi dachami także zmniejsza oddziaływanie wiatru. Tego typu rozwiązanie kształtowania bryły budynku wysokiego znacznie poprawia klimat wietrzny w jego okolicy [9]. W zamyśle autorów tkanka architektoniczna „Placu Unii” miała nawiązywać do wieżowca Flatiron Building z Nowego Jorku wybudowanego w 1902 roku, zaprojektowanego przez Daniela Burham'a. Budynek nowojorski posiadał charakterystyczną dla wznoszonych w tym czasie drapaczy chmur konstrukcję o stalowym szkielecie. Podziały wertykalne i horyzontalne elewacji w większości przypadków wynikały z podziału modułowego rozstawów słupów i stropów, a architekturę kształtowały okładziny kamienne i ornamentyka. W przypadku budynku „Plac Unii” mamy do czynienia w całości z konstrukcją żelbetową. Podziały na elewacji nie biegną w sposób ciągły przez całą wysokość budynku, lecz zawierają uskoki co dwie kondygnacje. Zaburza to wertykalizm, charakterystyczny dla budynków szkoły chicagowskiej.

Układ konstrukcyjny budynku można scharakteryzować jako trzon w trzonie – rolę trzonu zewnętrznego pełni żelbetowa powłoka. Zastosowanie tego typu układu konstrukcyjnego jest zupełnie oczywiste dla wznoszonych współcześnie wieżowców o funkcji biurowej. Pozwala to na uwolnienie wnętrza obiektu od elementów konstrukcyjnych, a także umożliwia elastyczne kształtowanie podziałów powierzchni biurowej. Jedynym mankamentem jest wymuszona duża gęstość elementów konstrukcyjnych w elewacji budynku ograniczająca użytkownikom obiektu widok z budy-

ku. Konstrukcja części podziemnej w całość została wykonana przy użyciu ściany szczelinowej sięgającej 53 metrów poniżej terenu. Tak duża głębokość była uwarunkowana skomplikowaną sytuacją geologiczną i głębokim zaleganiem warstw nieprzepuszczalnych dla wód gruntowych. Część podziemną wykonano metodą stropową, z wykorzystaniem odcinków płyt do stabilizowania ściany szczelinowej. W trakcie wykonania wykopu fundamentowego usunięto około 170 tys. m³ urobku [4].

Budynek „Plac Unii” bardzo dobrze wpisuje się i uzupełnia tkankę miejską tej części Warszawy.

Złota 44 Tower

Niezwykłe ciekawym wieżowcem jest usytuowany w samym centrum Warszawy budynek Złota 44 Tower. Projekt światowej sławy arch. Daniela Libeskinda, wykonany na zamówienie firmy Orco Property Group. Za projekt architektoniczny z polskiej strony odpowiedzialny jest arch. Marek Kubaczka z zespołem. Dokumentację konstrukcyjną przygotowała pracownia Ove Arup & Partners International Limited Sp. z o.o. Weryfikacją projektu konstrukcyjnego zajmował się prof. zw. dr hab. inż. Kazimierz Szulborski wraz z zespołem. Budowa rozpoczęła się w roku 2008. Ze względu na kryzys finansowy była ona wielokrotnie wstrzymywana. Budynek aktualnie jest wykonany w stanie surowym zamkniętym, a jego budowa ponownie została wstrzymana. Wieżowiec osiągnął wysokość 192 m, po zakończeniu budowy będzie najwyższym budynkiem mieszkalnym w Polsce (fot 8.) oraz najwyższym apartamentowcem w całej Unii Europejskiej. Obiekt składa się z 54 kondygnacji nadziemnych i 2 podziemnych. Budowa wieżowca została poprzedzona rozbiórką sześciokondygnacyjnego centrum handlowego „City Center”. Ciekawostką jest wykorzystanie ściany szczelinowej starej zabudowy oraz płyty fundamentowej i części stropów jako nowych elementów konstrukcyjnych wznoszonego wysokościowca. Garaże są usytuowane zarówno w dwóch kondygnacjach podziemnych, jak i sześciu nadziemnych.

Bryła budynku podzielona jest na dwie części, w których mieszczą się różne funkcje. Ośmiokondygnacyjne podium zawiera kondygnacje garażowe, pomieszczenia techniczne oraz 8 piętro o pow. 1400 m² gdzie znajdować się będzie część biznesowa oraz część rekreacyjna. Do dyspozycji rezydentów będzie Business Club, 25 m basen, 25 os prywatna sala kinowa, siłownia, sauna, steam room, sale do masażu oraz taras zewnętrzny z jacuzzi. Od 9 piętra rozpoczynają się kondygnacje mieszkalne, gdzie będą usytuowane apartamenty. Ze względu na architekturę budynku niemalże każdy apartament różni się od siebie pod kątem wewnętrznego układu przestrzennego, co stanowi jego unikatowość. Na szczycie budynku umiejscowiono dwupoziomowy penthouse z dostępem do steal peek, który jest najwyżej położonym punktem w całym budynku (192 m nad poziomem ulicy). Bryła budynku to postmodernistyczna forma uzyskana w wyniku wzajemnego przenikania się walca ze sferą. W ten sposób architekt chciał przedstawić zmiany zachodzące w mieście na przestrzeni lat oraz wyrazić ich dynamizm.

Kształtowanie formy budynku w bardzo swobodny sposób spowodowało wiele kłopotów związanych z doбором właściwego układu konstrukcyjnego. Projektanci zdecydowali się na sięgnięcie po sprawdzony system trzonowo-słupowy. Ze względu na niesymetryczną bryłę budynku i różny kształt rzutu poszczególnych kondygnacji trzon budynku nie znajduje się w środku kondygnacji. Z tego powodu dodatkowo wciągnięto pasma ścian do współpracy z trzonem. To rozwiązanie jest zupełnie prawidłowe w przypadku funkcji mieszkalnych, niezmiennych w czasie. Stateczność budynku jest zapewniona przez trzon, w którym znajdują się nożycowe klatki schodowe, szyby windowe i instalacyjne oraz zewnętrzne ściany usztywniające, prostopadłe do trzonu, połączone z nim poprzez trzy rzędy belek-lączników. Płyty stropowe w wysokiej części mieszkalnej są zaprojektowane jako płyty krzyżowo zbrojone wielopolowe z usztywnieniem brzegu w postaci belki krawędziowej 80 x 20 cm [10]. Wymia-



Fot. 5, 6. Złota 44 Tower



ry tego elementu są wynikiem wytycznych wynikających z przepisów przeciwpożarowych, dotyczących rozprzestrzeniania się ognia pomiędzy kondygnacjami budynku.

Przyjęto wyszczególnione niżej klasy betonu: dla wszystkich płyt, belek, ścian usztywniających B45 (C55/45) dla wszystkich słupów B60 (C60/50) dla płyty fundamentowej, ścian szczelinowych i baret B45 (C55/45) dla prefabrykowanych biegów schodowych B37 (C45/35)

Niektóre stropy ze względu na znaczne obciążenia zostały sprężone wieloetapowo kablobetonami. Cały budynek ze względu na swoją formę posiada wiele słupów pochłych, często w dwóch płaszczyznach (rys. 9). Powoduje to zwiększenie sił wewnętrznych w głównych elementach konstrukcyjnych oraz ich wymiarów i zbrojenia.

Budynek został przebadany w tunelu aerodynamicznym firmy CPP w Kolorado (USA). Badaniu poddawany był model budynku wraz z jego najbliższym otoczeniem (Pałac Kultury i Nauki, Hotel Intercontinental, Warszawskie Centrum Finansowe, Biurowiec Rondo 1).

Wyniki wykazały przekroczenie składowych parć wiatru na bryłę w porównaniu z tymi przyjętymi z normy.

Elewacja budynku wykonywana jest jako systemowa mocowana do stropów. Będzie ona jednorodna niezależnie od podziału bryły na część bazową i wieżową. Fasada składać się będzie zarówno z elementów przejrzystych oraz półtransparentnych, jak i pełnych. W celu podkreślenia rzeźbiarskiego charakteru bryły elementy te ułożone będą nieregularnie – zarówno w układzie poziomym, jak i pionowym. Zasadniczo szkło fasady będzie bezbarwne, utrzymane w neutralnej kolorystyce z możliwością lekkiego zabarwienia na odcień błękitny w związku z zastosowanymi powłokami ciepłochronnymi. Elementy profili aluminiowych fasady budynku, jak również pełne panele metalowe i żaluzje, będą utrzymane w kolorystyce srebrzystoszarej. W celu utrzymania jednorodności kolorystycznej fasady nieprzezierne szklane elementy występujące na elewacji będą w kolorystyce zbliżone do tonacji błękitnoszarej.

Budynek autorstwa Daniela Libeskinda jest niezwykle ciekawą propozycją dla Warszawy. Możemy mieć nadzieję na szybkie zakończenie tego ambitnego projektu.

Hanza Tower

W Szczecinie w roku 2011 rozpoczęto budowę wieżowca Hanza Tower (fot. 10-13), którego budowa została wstrzymana po wykonaniu części podziemnej. Budynek o wysokości całkowitej 125 m został zaprojektowany w szczecińskiej pracowni architektonicznej Urbicon. Projektantami konstrukcji budynku są prof. zw. dr hab. inż. Kazimierz Szulborski, mgr inż. Roman Nalewajko oraz dr inż. Paweł Przybysz. Inwestorem jest znany deweloper J.W Construction. Architektura budynku została utrzymana w duchu postmodernizmu. Bryła została podzielona na dwie części. Podstawa o wysokości 23 metrów została dostosowana do skali sąsiadującej zabudowy. Część wieżowa o wysokości (do dachu) 105,7 metra stanowi dominantę przestrzenną na zamknięciu widokowym Al. Wyzwolenia. Budynek jest multifunkcyjny. Na trzech pierwszych kondygnacjach nadziemnych posiada galerię handlową o powierzchni 23 320 m². Funkcje biurowe o powierzchni 17 108 m² zostały zlokalizowane w części wieżowej obiektu. Ponadto w budynku zostały zaprojektowane trzy kondygnacje podziemne, które przeznaczono na 383 miejsca parkingowe. Ostatnia kondygnacja będzie wykorzystywana jako przestrzeń mieszcząca część techniczną oraz ogólnodostępny taras widokowy. Konstrukcja wieżowca jest żelbetowa o układzie trzonowo-słupowym. Słupy nośne zostały rozstawione po obwodzie stropu. Dzięki zastosowaniu tego typu rozwiązania możliwe jest elastyczne kształtowanie podziałów funkcjonalnych wewnątrz poszczególnych kondygnacji.

Wieża jest oddzielona od niższej podstawy dylatacjami. Słupy nośne części wysokiej w garażu zostały zaprojektowane jako



7



8



9

Fot. 7, 8, 9. Hanza Tower

owalne o wymiarach 130 x 90 cm oraz okrągłe o średnicy 80 cm wykonane z betonu C50/60. Konstrukcja części wieżowej będzie składać się ze słupów okrągłych o średnicy 80 i 90 cm oraz trzonu o grubości ścian 35 cm. Wszystkie elementy konstrukcyjne mają zostać wykonane z betonu klasy C30/37. Stropy posiadają grubość 28 cm i będą wykonane z betonu klasy C30/37. W holu głównym galerii handlowej zaprojektowano przykrycie w formie efektownej kopuły o konstrukcji szkieletowej stalowej o wymiarach 20 x 13,5 m.

Fundamenty budynku oparte są o obwodową ścianę szczelinową kotwioną gr. 80 cm wykonaną z betonu klasy C30/37 o odporności na przenikanie wody W8 (fot. 14-16). Pod całością budynku wykonano płytę fundamentową z betonu klasy C30/37 o zmiennej grubości od 130 cm pod częścią wieżową oraz 120 cm pod częścią niską. Dzięki zastosowaniu baret wspomagających prace płyty fundamentowej znacznie ograniczono osiadanie budynku [11].

Wieżowiec Hanza Tower jest pierwszym budynkiem w Szczecinie przekraczającym wysokość 100 metrów.

Podsumowanie

Budownictwo wysokie w Polsce jest w fazie intensywnego rozwoju. Wybuch światowego kryzysu ostudził zapędy inwestorów i wstrzymał niektóre budowy. Jednak trend pozostał żywy, a dowodem na jego siłę są aktualnie wznoszone budynki oraz stale wydawane decyzje o pozwoleniu na budowę tego typu inwestycji. Sądzimy, że budownictwo wysokie w Polsce powinno rozwijać się według standardów przyjętych w krajach zachodnich. Inwestorzy i architekci powinni odrzucić pokusę budowy budynków o spektakularnych wysokościach, a skupić się na rozwiązaniach architektonicznych drapaczy chmur, właściwym odniesieniu skali obiektu do otaczającej zabudowy oraz na dbałości o ich proekologiczny charakter. Ten trend jest bardzo zdrowy i świadczy o dużej kulturze inwestorów. Dodatkowo ważnym elementem jest planowanie przestrzenne, które w naszym kraju napotyka na spore problemy. Sytuowanie wysokościowców w tkance miasta musi być szczególnie przemyślane. W zrealizowanych projektach brakuje różnorodności w wykorzystaniu systemów konstrukcyjnych. Interesujące byłyby realizacje stosujące systemy

Sytuowanie wysokościowców w tkance miasta musi być szczególnie przemyślane.

powłokowe, które oferują naprawdę duże możliwości w połączeniu konstrukcji i architektury. Przyznać należy, że projektowanie budynków do 200 m w układzie trzonowo-słupowym nie stanowi już dla polskich inżynierów problemu. Główny materiał, z którego budowane są krajowe wysokościowce, żelazobeton. Firmy wykonawcze także nabyły już odpowiedniego doświadczenia w pracy z dość wymagającym materiałem. Perspektywy dla budownictwa wysokiego w Polsce są naprawdę obiecujące. Mamy nadzieję, że zostaną one wykorzystane [5].

Literatura:

- [1] www.pl.wikipedia.org
- [2] www.warsawspire.pl
- [3] www.porady.domiporta.pl
- [4] www.placunii.pl
- [5] Markowski H., Kształtowanie konstrukcji i form architektonicznych budynków wysokich. Wydział Inżynierii Lądowej, Warszawa 2011
- [6] Faryń-Paszkiewicz H., Geometria wyobraźni. Szkice o architekturze dwudziestolecia międzywojennego, Wydawnictwo słowo/obraz, Gdańsk 2003.
- [7] http://www.muratorplus.pl/technika/zrownowazono-rozwoj/plac-unii-zyska-prestizowy-certyfikat-breeam_75839.html
- [8] Czyńska K., Zabudowa wysoka a harmonijne kształtowanie krajobrazu miejskiego. Przestrzeń i Forma, nr 14/2009.
- [9] Flaga A., Inżynieria wiatrowa. Arkady, Warszawa 2008.
- [10] Lewnowski M., Projekt budowlany Złota 44 Tower. Opis części architektonicznej i konstrukcyjnej, Warszawa 2007
- [11] Szulborski K., Nalewajko R., Kościńska-Grabowska K., O realizacji obudowy wykopu w postaci ścian szczelinowych podpartych kotwiami gruntowymi w Szczecinie. „Inżynieria i Budownictwo” nr 11, Warszawa 2013