

Aspekty architektoniczne i optymalizacja planowania trzonów centralnych w biurowych budynkach wysokościowych o konstrukcji żelbetowej w Polsce



dr inż. arch.

MARCIN GONCIKOWSKI

Politechnika Warszawska

Wydział Architektury

ORCID: 0000-0003-3848-2810

Artykuł poświęcony jest badaniom nad aspektami architektonicznymi projektowania trzonów centralnych budynków wysokościowych o konstrukcji żelbetowej i wysokości ponad 100 m, oraz ich optymalizacji poprzez badania projektowe.

Niniejszy tekst powstał na bazie doświadczeń związanych z pracą naukową, popartych długoletnią praktyką projektową związaną z projektowaniem i realizacją budynków wysokościowych, których wysokość przekracza 100 m. Celem pracy jest przedstawienie problematyki na przykładzie przeprowadzonych badań przez projektowanie związanych z określeniem geometrii rzutu trzonu centralnego budynku o wysokości 135,7 m, o funkcji biurowej i konstrukcji żelbetowej, monolitycznej.

Budynek, którego optymalizacja trzonu była przedmiotem badań, był projektowany w Katowicach w rejonie strefy śródmiejskiej, na terenie położonym w północnym narożniku skrzyżowania Drogowej Trasy Średnicowej (ul. Chorzowskiej) oraz ulicy Jana Bайдona. Wraz z drugim budynkiem o analogicznej funkcji i żelbetowej konstrukcji, którego wysokość wynosiła 64,65 m, stanowił projekt zespołu biurowego o łącznej powierzchni całkowitej nadziemnej ok. 90 700 m², który przedstawiono na rys. 1.

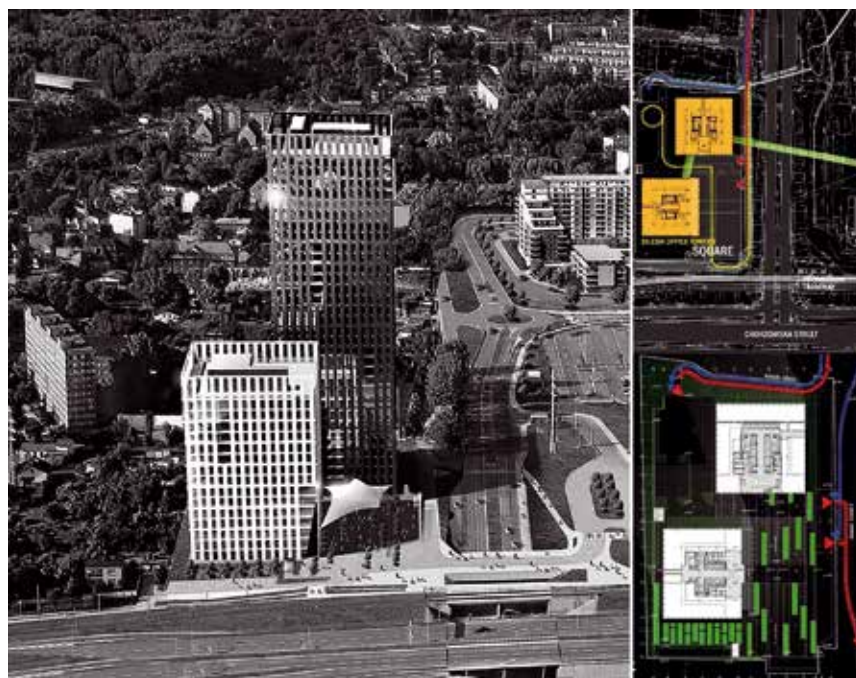
Zapisy obowiązującego miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego wymagały na działce realizacji budynków stanowiących dominantę wysokościową o minimalnej wysokości obiektów 55 metrów. Zaprojektowano zespół z silną ekspozycją w stronę ulicy Chorzowskiej, którą podkreśla narastanie zabudowy oraz zaprojektowany na narożniku ul. Chorzowskiej i Jana Bайдona ogólnodostępny plac, sprzężony z przystankiem tramwajowym. Wejścia do budynków zaprojektowano od strony placu.

Moduł architektoniczny obu budynków wynosił 135 cm, siatka konstrukcyjna – 8,10 m, liczba kondygnacji nadziemnych – 34 oraz 15.

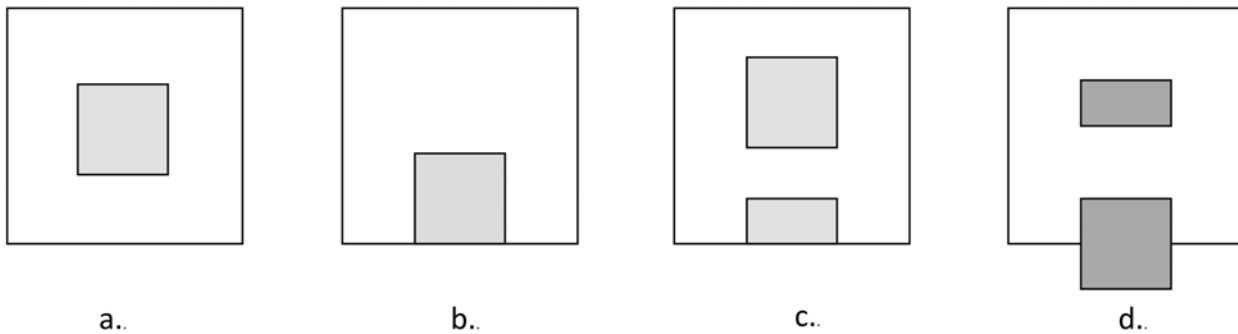
Wybrana spośród zagadnień projektowych tematyka dotyczy określenia geometrii i optymalizacji rozwiązań trzonu centralnego. Jest ona kluczowa dla poprawnego zaprojektowania budynku wysokościowego o analogicznym typie konstrukcji i lokalizacji trzonu

[1]. W części dotyczącej przeprowadzonych badań przedstawiono jako studium przypadku badania wykonane podczas prac nad budynkiem 34-kondygnacyjnym jako reprezentatywnym dla obiektów o podstawowej funkcji biurowej oraz wysokości przekraczającej 100 metrów.

Pod kątem typologii budynków wysokościowych ze względu na lokalizację trzonu literatura fachowa klasyfikuje położenie



Rys. 1. Widok od strony południowej projektowanego zespołu biurowego; źródło: Kuryłowicz & Associates



Rys. 2. Typy trzonów budynków wysokościowych: a – centralny, b – obwodowy, c – mieszany, d – zewnętrzny; źródło: opracowanie autora na podst. P. Oldfield, B. Doherty, 2019

trzonu najczęściej jako: centralne, obwodowe, mieszane oraz zewnętrzne [2], wyróżniając wśród zewnętrznych narożne, a wśród mieszanych – losowe [3]. Spośród wszystkich typów trzon centralny jest rozwiązaniem podstawowym, przede wszystkim z powodów konstrukcyjnych. Jest on wykonywany w 85% budynków wysokościowych [2]. Podobnie – konstrukcja obiektów wysokościowych projektowana jako trzonowa, żelbetowa jest rozwiązaniem najpopularniejszym pod względem ilości realizacji [4–8].

Poszczególne typy trzonów przedstawiono na rys. 2.

Spośród innych typów trzonów trzon centralny wyróżnia otoczenie ze wszystkich stron powierzchnią użytkową – w przedmiotowym wypadku biurową. Rozplanowanie przestrzeni o takiej funkcji w obrębie poza trzonem wymaga rezygnacji ze stosowania ścian nośnych pomiędzy granicą trzonu a ścianą zewnętrzną oraz zapewnienia nośności stropów pozwalającej na rozmieszczenie przestrzeni biurowych i pomieszczeń pomocniczych o większym obciążeniu, jak serwerownie lub archiwa, które mogą zostać wprowadzone przez najemców w ramach aranżacji poszczególnych biur. Przewidywane obciążenia stropów są większe niż w przypadku budynków o funkcjach mieszkaniowych lub hotelowych.

Jako trzon rozumiana jest część budynku integrująca fizycznie, funkcjonalnie i wizualnie główne systemy budynku tak, aby działały jak najbardziej efektywnie zarówno pod względem technicznym, jak i komercyjnym [9, 10].

Projektowanie trzonu tego typu skupia większość kluczowych problemów projektowych, z którymi mierzą się budynki wysokościowe – od konstrukcyjnych po instalacyjne, przeciwpożarowe oraz użytkowe [11]. Wielkości trzonu rosną w stosunku do rzutu kondygnacji wraz z wysokością budynku, są także zmienne wraz z wysokością budynku, co zachodzi w wypadku stosowania strefowej obsługi budynku przez grupy wind dedykowane poszczególnym partiom obiektu (wraz z zakończeniem partii budynku kończą

się szachty obsługujące ją grupy wind). Badanie wykonane przez Pawłowskiego i Całę [12] wskazuje, że w analogicznych budynkach do 150 m wysokości powierzchnia zajmowana przez trzon wynosi minimum 16,4% powierzchni budynku.

Funkcjonalnie trzon centralny grupuje lobby windowe (których ilość zależy od wysokości i sposobu rozwiązania komunikacji pionowej – np. podziału na strefy), klatki ewakuacyjne wraz z przedсионkami utrzymanymi w nadciśnieniu, pionowe instalacyjne oraz – w niektórych przypadkach – zespoły pomieszczeń sanitarnych oraz technicznych. Jednocześnie układ funkcjonalny zintegrowany jest z elementami konstrukcji przenoszącymi siły pionowe i poziome budynku.

W rozważaniach architektonicznych często niestosownie przykłada się mniej wagi do problematyki optymalizacji funkcjonalnej trzonu niż do kwestii projektu bryły i elewacji budynku wysokościowego. Z kolei istniejąca literatura dotycząca trzonów centralnych budynków wysokościowych koncentruje się na optymalizacjach konstrukcyjnych [13, 14]. Inne niż typowo biurowe układy konstrukcyjne – jak wprowadzające ściany prostopadłe do trzonu w budynkach wysokościowych mieszkalnych i hotelowych były badane pod kątem optymalizacji konstrukcyjnych i architektonicznych lub badań optymalnych połączeń funkcjonalnych rzutu. Na przykład w [15] zaproponowano połączenie optymalizacji konstrukcyjnych na rzutach architektonicznych, zaś w [16] metodykę optymalizującą połączenia funkcjonalne na rzucie budynku. Należy zaznaczyć, że badania te dotyczyły przede wszystkim rzutów o możliwie gęstym układzie ścian wewnętrznych, analogicznych z funkcjami mieszkaniowymi i hotelami.

W przypadku trzonu budynku biurowego, który jest elementem kluczowym dla działania obiektu, zachodzą wymogi ścisłej koordynacji rozwiązań pomiędzy specjalistami z różnych branż projektowych – zarówno konstruktorów i specjalistów projektowania instalacji wewnętrznych, jak i rozwiązań komunikacji pionowej – wybrania działania systemu oraz ilości wind. Są to wymagania

odmienne od budynków mieszkalnych i hoteli przede wszystkim ze względu na bardziej intensywną komunikację pionową, większe wymagania dotyczące obsługi instalacji, nośności oraz bezpieczeństwa, co wynika z charakteru użytkowania oraz większej gęstości użytkowników przypadającej na mkw. powierzchni budynku. Wiodącymi kryteriami rozwiązań wielobranżowych są wymogi funkcjonalne i użytkowe, a za ich integrację odpowiada architekt.

Badania związane z optymalizacjami architektonicznymi centralnych trzonów biurowych pod względem kryteriów funkcjonalnych użytkowych potrzebują opisu. Literatura w tej materii dotyczy bowiem przede wszystkim badania efektu – typologii rozwiązań i ich efektywności [17, 18], mniej koncentrując się na powodach i metodyce wprowadzania poszczególnych rozwiązań. Istniejąca wiedza dotycząca strategii projektowania trzonów pochodzi z 2000 r. [1] i niektóre aspekty dotyczące układów funkcjonalnych wpływające na rozwiązania trzonów centralnych powinny być zaktualizowane.

Metody badawcze

Metody badań polegały na połączeniu metody analizy logicznej i argumentacji oraz metody empirycznej połączonej z badaniami symulacyjnymi [19, 20] oraz badaniami przez projektowanie [21, 22].

Metoda analizy logicznej i argumentacji polegała na badaniu zebranego materiału dotyczącego problematyki, jego analizie i syntezie zawartych w nim danych wyjściowych. Dane uzyskano na przeglądzie piśmiennictwa naukowego i specjalistycznego, wywiadach ze specjalistami zajmującymi się poruszoną problematyką oraz obserwacji trendów.

W rezultacie wyodrębniono wyjściowo stanowiące podstawę do badań przez projektowanie wieloaspektowe kryteria architektoniczne do optymalizacji trzonu w budynku biurowym.

Po wyodrębnieniu i zdefiniowaniu kryteriów oceny rozwiązań przystąpiono do badań przez projektowanie. Przedmiotem



przedstawionych badań był jeden budynek wysokościowy: rezultaty i ich przedstawienie można uznać za studium przypadku zgodnie z metodyką wskazaną w [19] oraz za część badań przedprojektowych i badań przez projektowanie wymienianych w [20, 21, 22].

Badania przez projektowanie wykonano w następującej kolejności:

- badania wstępne, polegające na zebraniu materiałów wyjściowych, analizie warunków lokalizacji i sformułowanie celów badań przez projektowanie;
- badania projektowe, koncepcyjne, polegające na empirycznym wdrożeniu założeń do symulowanych rozwiązań projektowych, analizie, wnioskowaniu i porównaniu z kryteriami oraz iteracjach tych kroków aż do osiągnięcia optymalnych rezultatów.

Wyniki badań stanowiące studium danego przypadku podano w części rezultaty i odnoszą się one do: przedstawienia podstawy technicznej badań empirycznych, rezultatów przyporządkowanych poszczególnym badanym wariantom oraz wskazaniu kryteriów wyboru wariantów i ich kolejnych iteracji i doszczegółowień, które prowadziły do osiągnięcia satysfakcjonującego wyniku.

Rezultaty

Rezultaty części przedprojektowej badań poświęconych określeniu kryteriów architektonicznych dla projektowania trzonów budynków wysokościowych.

W pierwszym kroku – przed badaniami przez projektowanie – wytoniono aspekty architektoniczne, które wiążą się z zaplanowaniem trzonu budynku wysokościowego. Jako branżę architektoniczną przyjęto

rozwiązania funkcjonalne oraz rozwiązania koordynacji międzybranżowej i aspekty przestrzenne, które są jej wynikiem. Wyodrębniono następujące kategorie kryteriów odpowiadające problematyce związanej z planowaniem trzonu budynku wysokościowego, które podano od najbardziej wiodących – mających największe wagi w ocenie rozwiązań.

■ Aspekty komercyjne

• Elastyczność przestrzeni najmu

Jest wiodącym kryterium wraz z kryterium efektywności. W warunkach polskich przyjęto, że rozplanowanie trzonu powinno zapewniać możliwość podziału przestrzeni najmowanej na średnio czterech najemców bez konieczności zwiększenia przestrzeni wspólnej.

• Efektywność budynku, wielkość przestrzeni najmowanej

Polega na takim rozplanowaniu trzonu, żeby stosunek powierzchni najmowanej do powierzchni całkowitej był jak największy. Rekomendacje wiodących deweloperów uzyskane podczas prowadzonych prac badawczo-projektowych związanych z realizacją biurowych budynków wysokościowych na terenie Polski wskazują na konieczność zapewnienia minimum 73% efektywności dla budynku wysokościowego. Jednocześnie przyjmuje się że minimalna racjonalna powierzchnia najmowalna piętra powinna wynosić 1000 m². Wymagania te, w porównaniu z realizacjami światowymi, należy uznać za wysokie: badania wskazują, że analogiczne pod względem funkcji i liczby kondygnacji obiekty światowe osiągają efektywność w granicach 68–75% [23].

• Standard

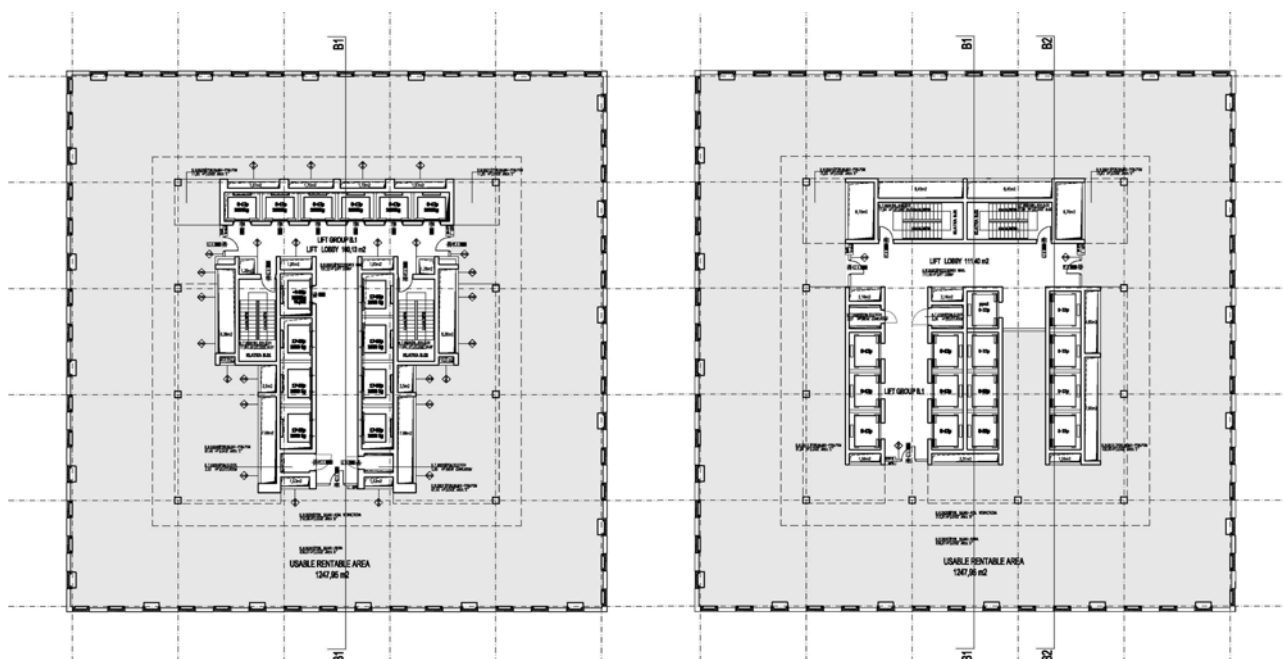
Standard związany z aspektami architektonicznymi projektowania trzonu odnosi się do wymagań obsługi komunikacji pionowej oraz rozmieszczenia funkcji.

Pierwsze z nich obejmują wymagania inwestorów dotyczące:

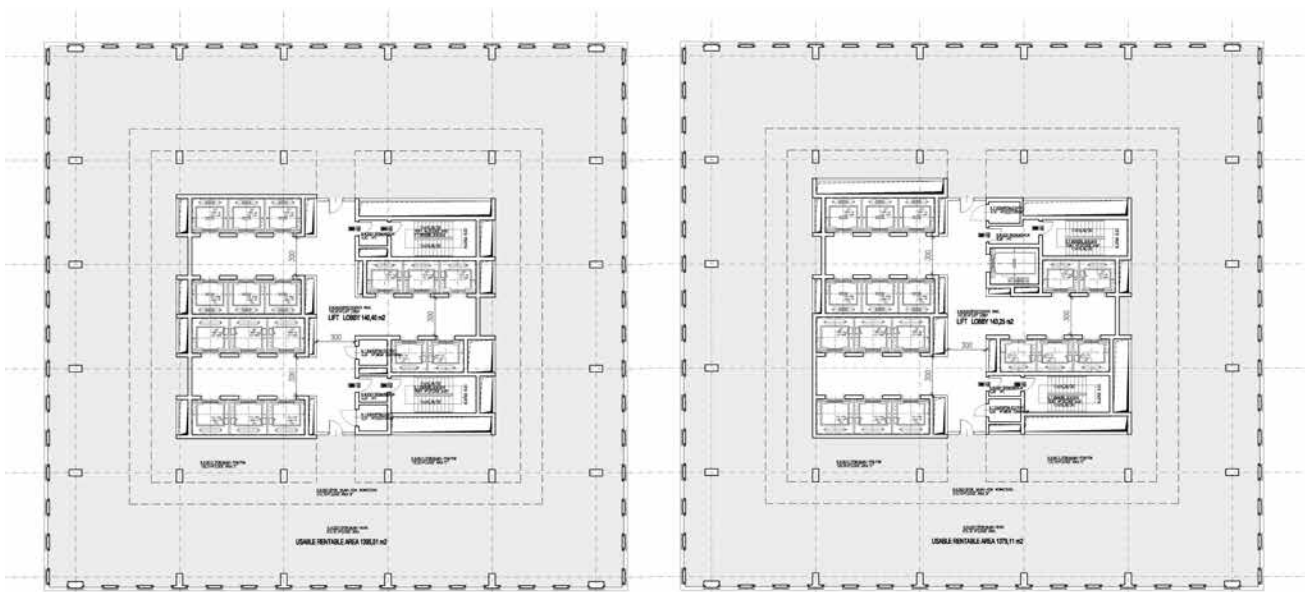
- * Sprawności działania systemu głównych wind, które określone są jako maks. 90 s średniej podróży do celu (ATTD), maks. 30 s średniego czasu oczekiwania (AWT) oraz możliwości przewozu więcej niż 12% populacji w 5 min (HC5>5), przy przyjęciu uśrednionej dla wylczeń gęstości użytkowania ok. 10 m² powierzchni najmu na osobę.
- * Możliwości realizacji minimum jednego urządzenia transportu materiałów i wyposażenia, często kojarzonego z realizacją wymaganego przepisami zarządzania windowego do celów przeciwpożarowych.
- * Wydzielenia dedykowanych wind obsługujących część garażową.

Wymagania drugie, funkcjonalne, dotyczą sposobu i rozkładu pomieszczeń sanitarnych w przypadku, gdy deweloper podejmuje strategię ich realizacji jako dostępnych z przestrzeni wspólnych. W takim wypadku kluczowe jest zapewnienie odpowiedniej ilości takich pomieszczeń, zaplanowanie pomieszczeń dla osób z niepełnosprawnościami oraz pomieszczeń porządkowych i takie rozplanowanie trzonu, aby zespół tych pomieszczeń był dostępny dla każdego potencjalnego najemcy, bez zwiększania powierzchni wspólnej w przypadku podziału na czterech najemców.

- * Rozmieszczenia układu głównego wind w rzucie sprzyjającym komercjalizacji.



Rys. 3. Badane warianty trzonu dla systemu z dwiema grupami wind. Po lewej – wariant z układem halli w formie litery T, po prawej – wariant z grzebieniowym układem lobby windowych; źródło: opracowanie autora



Rys. 4. Badane warianty trzonu dla systemu z trzema grupami wind. Po lewej – wariant bez dedykowanej windy towarowej/poż., po prawej – wariant z dedykowaną windą towarową/poż.; źródło: opracowanie autora

Wymaganie to jest połączeniem warunku sprawności komunikacji i elastyczności oraz efektywności rzutu. Należy dobrać system urządzeń, który działa efektywnie, ale jednocześnie pogrupowanie wind na strefy i ilość stref, z których każda wymaga osobnego lobby windowego, musi uwzględniać wymagania komercyjne – efektywności działania, elastyczności rzutu, dostępu do lobby dla wszystkich najemców bez zwiększania wielkości powierzchni wspólnej. Podobnie dobranie typu urządzeń – pod względem ich parametrów oraz ilości pokładów (pojedyncze czy podwójne) czy ilości kabin w szybie (jeden czy dwa) musi brać pod uwagę aspekty efektywności i komercjalizacji.

■ Aspekty bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej

Kryteria te należy bezwarunkowo spełnić pod względem obowiązkowych wymagań technicznych [24] dotyczących wyposażenia budynku w klatki schodowe i windę do celów przeciwpożarowych zabezpieczone przedsiódkami, oraz przewidzenie odpowiedniego miejsca na instalację przeciwpożarową – szachty wentylacji pożarowej zabezpieczającej szyby windowe, przedsiódki, klatki schodowe i poziome drogi ewakuacyjne, szachty instalacji statych urządzeń gaśniczych, hydrantów i zaworów hydrantowych. Pod względem architektury i rozplanowania klatek i przedsiódków trzon należy zaprojektować w taki sposób, żeby przy maksymalnym podziale na najemców każdy z nich miał dostęp do klatek schodowych bez konieczności przechodzenia przez przestrzeń innego najemcy. Kluczowe w tym zakresie staje się połączenie tego wymagania z koniecznością zapewnienia dwóch wyjść ewakuacyjnych z każdej powierzchni przeznaczanej na wynajem i większej niż 300 m², która potem może być aranżowana w układzie plenerowym

(open space) lub mieszanym (kombinacji open space oraz wydzielonych pomieszczeń).

■ Aspekty koordynacji obsługi instalacyjnej

Architektura trzonów budynków wysokościowych musi uwzględniać aspekt instalacyjny pod względem połączenia wymagania zapewnienia powierzchni dla systemów koniecznych do obsługi budynku oraz jednocześnie zapewnienia montażu systemów oraz dostępu do nich w trakcie użytkowania w celu konserwacji, napraw lub przebudów. Optymalnie podział systemów i wynikające z nich rozmieszczenie szachtów powinien zapewnić obsługę każdego z możliwych najemców bez przechodzenia poziomych kanałów przez innego najemcę. Wymagania te skutkują rozmieszczeniem szachtów po obwodzie trzonu, dłuższymi bokami zwróconymi w stronę przestrzeni obsługiwaną. Konieczność otwierania szachtów w stronę przestrzeni najmu dla zapewnienia wyjść dużych kanałów powietrza musi być rozwiązana w połączeniu z wymaganiami konstrukcyjnymi, pod względem których perforowanie ścian pionowych zewnętrznych trzonu nie jest korzystne.

Efektywność budynku i ilość powierzchni szachtów, a także grupowanie wind wiąże się z aspektem rozplanowania liczby pięter technicznych. Właściwe rozplanowanie liczby pięter – np. skoordynowanie ich rozmieszczenia z zaplanowaną ilością i zakresem działania grup wind oraz podziałem na strefy obsługi instalacyjnej w pionie może ograniczyć ilość powierzchni potrzebnej na szachty pionowe.

■ Aspekty koordynacji elementów konstrukcji

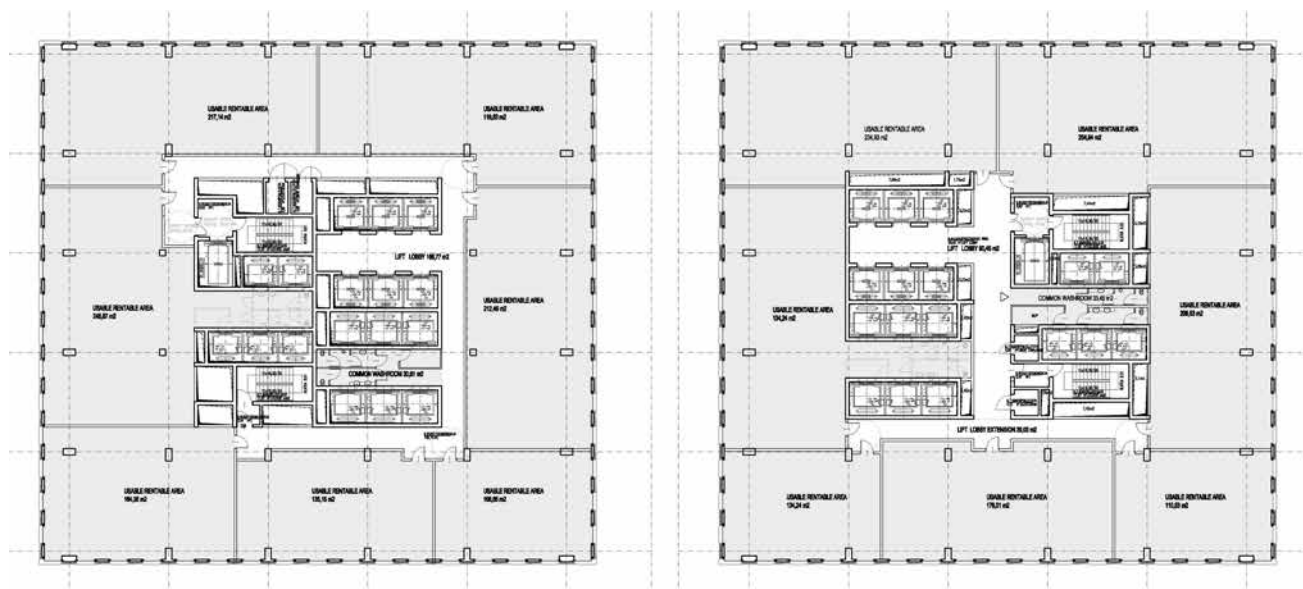
Konstrukcja budynków wysokościowych jest złożona i wymagająca, a lokalizacja i wielkość trzonu odgrywają w niej kluczową rolę zwłaszcza w wypadku systemów konstrukcyjnych – trzonowych, żelbetowych, które są

przeważającym typem konstrukcji budynków wysokościowych w Polsce. Zapewnienie statyki budynku jest oczywistym punktem wyjścia rozważań koordynacyjnych. Należy tu zauważyć, że połączenie rozwiązań konstrukcji z pozostałymi wymaganiami projektowymi może prowadzić do pozornej sprzeczności. Na przykład – z punktu widzenia przenoszenia sił poziomych i pionowych korzystne byłoby zwiększenie wielkości trzonu i gabarytów elementów w stosunku do powierzchni budynku, lecz jest to niewskazane ze względu na efektywność budynku. Zwiększanie wielkości trzonu lub wprowadzanie podpór pomiędzy ścianami trzonu i ścianami zewnętrznymi jest z kolei niewskazane ze względu na kryterium funkcjonalno-komercjalizacyjne – elastyczności przestrzeni najmu. Podobnie, jak wskazano, perforowanie konstrukcji ścian zewnętrznych trzonu w celu zapewnienia dostępu do szachtów jest niekorzystne dla rozwiązań konstrukcji. Wiodące pod tym względem pozostają w praktyce wymagania komercyjne [25]. Piętra techniczne i ich rozmieszczenie oprócz wymienionych aspektów otwierają kierunki optymalizacji konstrukcji poprzez możliwości stosowania w ścianach zewnętrznych outriggerów pozwalających usztywnić budynek i tym samym bardziej elastycznie podchodzić do rozwiązań konstrukcyjnych trzonu.

Rezultaty badań przez projektowanie

Połączenie wyodrębnionych w części przedprojektowej – analizie uwarunkowań planistycznych oraz funkcjonalnych i komercyjnych doprowadziło do określenia geometrii rzutu budynku jako kwadratowego, o boku około 40 m i około 1600 m² powierzchni brutto kondygnacji. Do dalszych prac wybrano strategię zapewnienia elastyczności





Rys. 5. Badane warianty trzonu dla systemu z trzema grupami wind dla 6 najemców, kondygnacje niższej grupy wind. Po lewej – wariant z trzonem zwartym i hallem obwodowym, po prawej – wariant z hallem centralnym; źródło: opracowanie autora

rzutu na minimum 4 najemców o zbliżonych powierzchniach.

Pierwszym krokiem badań projektowych nad trzonem były badania symulacyjne działania układów windowych i ich podziału na grupy oraz polegające na projektowym sprawdzeniu zadanych układów jako kształtujących trzon budynku, ocenie według wyodrębnionych wcześniej kryteriów i wnioskach oraz – wykonaniu kolejnych iteracji uwzględniających wnioski.

Symulacje wykazały poprawne działanie budynku dla dwóch typów systemów obsługi windowej – z dwiema oraz trzema grupami wind.

Wariant z dwiema grupami wind zakładał zastosowanie grupy niższej (kondygnacje 0–17) zawierającej 6 wind 1750 kg i szybkości 4 m/s i wyższej (17–33) zawierającej 8 wind 1600 kg i szybkości 7 m/s.

Sprawdzenie tego systemu poprzez badania przez projektowanie wskazano na rys. 3. w dwóch wariantach układu trzonu, dla wybranych kondygnacji.

Dla badanych wariantów osiągnięto efektywność piętra transferowego 72%.

Wariant z trzema grupami wind zakładał zastosowanie grupy niższej (0–12), zawierającej 6 wind 1600 kg i szybkości 3,5 m/s, środkowej (12–24) zawierającej 6 wind 1600 kg i szybkości 4 m/s oraz wyższej (24–33) zawierającej 5 wind 1275 kg i szybkości 7 m/s.

Dla tego wariantu sprawdzano układ grzebieniowy lobby windowych z wykorzystaniem jednej z wind pasażerskich jako windy do celów przeciwpożarowych oraz z wprowadzeniem dedykowanej windy towarowej połączonej z działaniem jako windy do celów przeciwpożarowych.

Badane warianty dla wybranych kondygnacji pokazano na rys. 4.

Dla wariantu bez dedykowanej windy towarowo-ppoż. osiągnięto efektywność rzutu piętra transferowego 77%, dla wariantu z dedykowaną windą towarowo-ppoż. osiągnięto efektywność rzutu piętra transferowego 75%.

Do dalszych prac wybrano typ obsługi z trzema grupami wind oraz wariant z dedykowaną windą towarowo-przeciwpożarową. Wybór typu wynikał z większej efektywności rzutu osiągniętej przy spełnieniu kryterium efektywności. Wybór wariantu wynikał z większego bezpieczeństwa wariantu z dedykowaną windą towarowo-ppoż. oraz z większej funkcjonalności budynku przy zastosowaniu dedykowanej windy towarowo-ppoż.

Drugim krokiem były symulacje wybranego wariantu obsługi wind w układzie grzebieniowym lobby i centralnym hallem piętrowym oraz typowym dla budynków realizowanych w Ameryce wariantem trzonu ze zwartymi grupami wind oraz hallem obwodowym wokół trzonu.

Badanie wynikało z konieczności sprawdzenia, czy wybrany typ obsługi windowej i grzebieniowego układu w wariantcie konfiguracji z centralnym lobby jest bardziej korzystny pod względem efektywności i elastyczności niż wariant analogiczny pod względem parametrów typu obsługi wind i układu grzebieniowego, ale ze zwartym układem lobby.

Badane symulacje dla wybranych kondygnacji pokazano na rys. 5.

Porównanie wariantów wykazało, że efektywność układu z hallem centralnym jest wyższa dla 4 najemców, zaś efektywność trzonu zwartego z hallem obwodowym staje się wyższa dla ilości najemców większej niż 6. Jednocześnie powierzchnia konstrukcyjna trzonu jest zawsze większa dla

układu z trzonem centralnym, co jest bardziej korzystne ze względów konstrukcyjnych.

Do dalszych prac wybrano układ z hallem centralnym i trzema grupami wind w układzie grzebieniowym lobby, odrzucono zaś wariant z układem zwartym grup windowych ze względu na większą efektywność układu w typowych dla Polski warunków komercjalizacji zakładających od jednego do czterech najemców na piętro.

Finalnym etapem prac projektowych na etapie koncepcji wielobranżowej były iteracje wytonionego wariantu – to znaczy układu grzebieniowego z trzema grupami i lobby windowymi oraz centralnym lobby. Podczas iteracji rozwiązania nastąpiła korekta układu windy towarowo-przeciwpożarowej i połączenie jej przedsiönka ppoż. z przedsiönkiem klatki schodowej.

Wybór takiego wariantu jako optymalnego wynikał z oszczędności inwestycyjnych polegających na optymalizacji instalacji zabezpieczających przed zadymieniem hallu centralnego, które dawało połączenie wejścia windy towarowo-ppoż. z przedsiönkiem klatki schodowej.

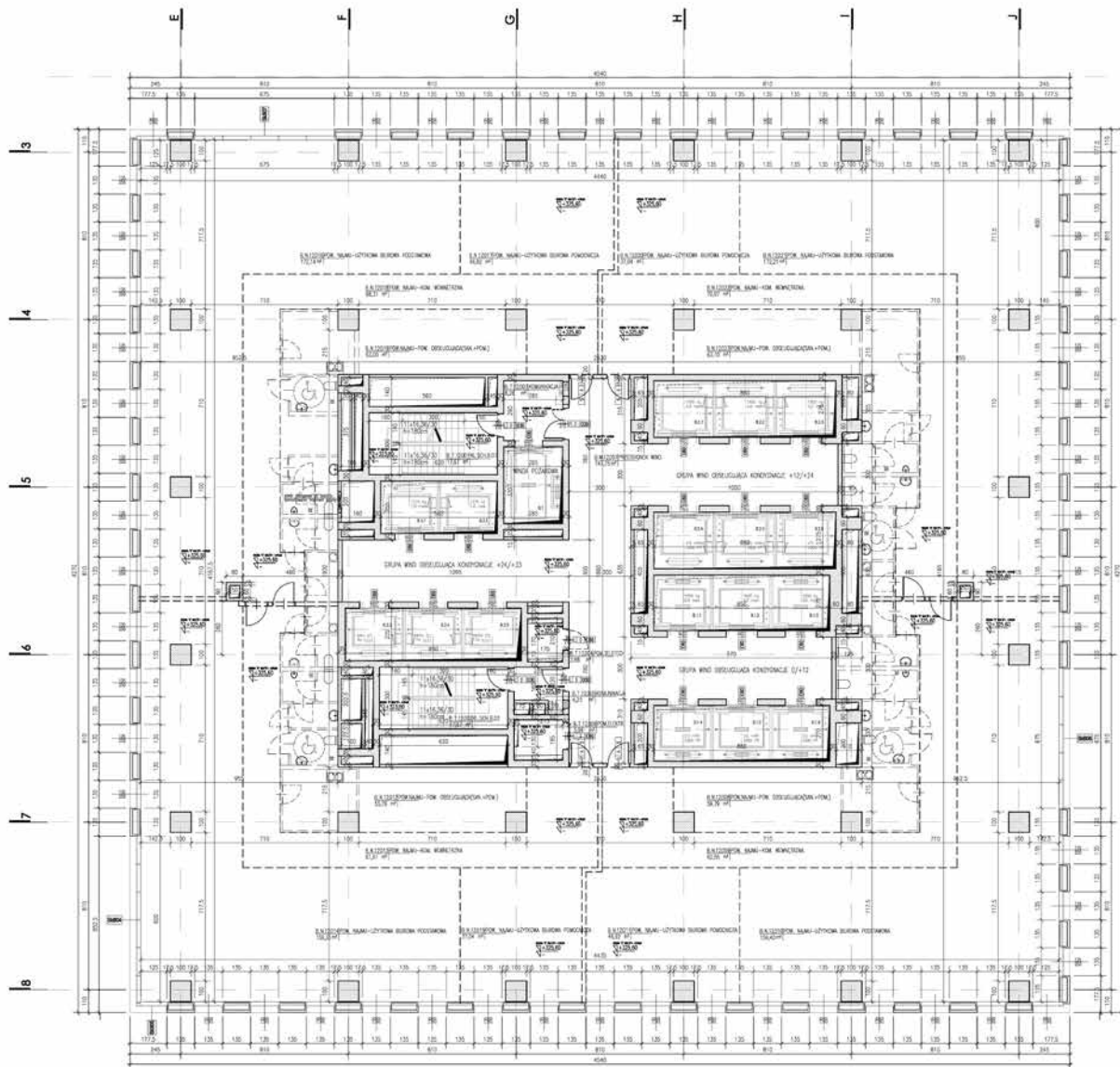
W tym kształcie skierowano rozwiązania do dalszych etapów – projektu budowlanego i wykonawczego.

Finalny rzut wybranej kondygnacji powtarzalnej przedstawiono na rys. 6.

Dyskusja i wnioski

Dyskusja

Przedstawione badania dotyczące rozwiązań trzonu centralnego pod względami aspektów architektonicznych przeprowadzono na budynku o wysokości 135 metrów, którą przyjęto za reprezentowaną pod względem budynków o wysokości ponad 100 metrów realizowanych w Polsce.



Rys. 6. Piętro transferowe, w finalnym wariancie trzonu, etap projektu budowlanego; źródło: opracowanie autora

Jednocześnie wybrano przykład optymalizacji rzutu trzonu centralnego w budynku o najbardziej regularnym rzucie oraz przypadku bez wariantowania liczby poziomów kabin windowych i ich ilości w szachcie jako syntetycznego i pod tym względem najlepszego do przedstawienia wdrożenia zadanych kryteriów i ilustracji wniosków. Jednocześnie podana metodyka iteracji rozwiązań i zadanych kryteriów jest reprezentatywna dla praktyki projektowej i może być stosowana w innych projektach. Należy zaznaczyć, że warunkiem osiągnięcia poprawnego rezultatu prac jest udział w nich od wczesnych faz koncepcyjnych specjalistów z branż instalacyjnych i konstrukcyjnych oraz wykonywania obliczeń działania wariantów systemów wind. Pozwala to już na etapie koncepcji na akceptowalną dokładność rozwiązań pod względem rozkładu i powierzchni elementów konstrukcji oraz przestrzeni potrzebnych na prowadzenie instalacji i szachtów windowych. Prace branż konstrukcyjnej i instalacyjnej prowadzone

były na poziomie dokładności obejmującej schematy koncepcyjne systemów oraz obliczeń kluczowych parametrów i gabarytów elementów budynku. Pozwalało to na określenie efektywności rozwiązań, która była kluczowym wskaźnikiem pozwalającym na ocenę i wybór rozwiązań oraz przechodzenie do kolejnych faz projektu.

Podobnie wskazane aspekty zostały ukierunkowane na problematykę związaną z rozplanowaniem trzonu. Rozpatrywanie dodatkowych kryteriów, które spełniał projekt, związanych z np. formą rzutu typowej kondygnacji budynku w analizowanym studium przypadku rozszerzyłoby problematykę ponad zakres i cel przedstawianego tekstu (na przykład – dla komercyjnych budynków biurowych w zakresie podstawowej geometrii rzutu Marfella wyróżnia dodatkowo kryteria głębokości traktu przestrzeni najmówalnej, koordynację modułową oraz strategię rozwiązania zmian układu trzonu wraz z wysokością budynku [26]).

Pod względem metodyki części badań przez projektowanie należy zauważyć, że polegają one na szeregu iteracji opierających się na symulacjach oraz wynikach obliczeń. Część projektowa badań jest procesem w dużej mierze analitycznym. Przy jednoczesnym precyzyjnym określeniu kryteriów wyboru optymalnego rozwiązania w ścieżce kolejnych przybliżeń można postawić tezę, że proces planowania trzonu – w rzucie, oraz jego zmian w wysokości może zostać częściowo zautomatyzowany. Na przykład – dla wybranych typów systemów instalacji, po wytonieniu elementów wejściowych – przede wszystkim ilości kondygnacji, rzucie poziomym, funkcji, typie trzonu – zintegrowane oprogramowanie może dokonywać symulacji rozplanowania trzonu, robiąc jednocześnie szacunki dotyczące analiz windowych, wymaganej powierzchni na szachty, gabarytów konstrukcji. Próby opracowania metodyki wstępnego, koncepcyjnego szacowania rozwiązań w poszczególnych branżach już

są opracowywane [27] lub podejmowane są próby parametryzacji i algorytmizacji procesu projektowego [28]. Należy tu zauważyć, że próby opracowania automatyzacji ww. procesu podejmowane są od 2015 r. Do tej pory pozostały na poziomie ogólnym, wyłączenie określania powierzchni trzonu, nie doprowadziły do opisywanej integracji i przedstawienia rozwiązań międzybranżowych [29], niemniej liczba prób poświęconych tematyce opracowań rośnie w sposób wykładniczy [30]. Z pewnością taka automatyzacja wariantowania na etapie wstępnej koncepcji i wyboru podstawowych założeń projektu pod względem rozplanowania trzonu nie byłaby finalnym projektem, pozwoliłaby natomiast przyspieszyć oraz zmniejszyć pracochłonność etapów wstępnych projektu – będzie więc stopniowo wdrażana choćby z przyczyn ekonomicznych.

Wnioski

Rezultaty przeprowadzonych badań prowadzą do wniosków, że układy grzebieniowe realizacji grup wind są rozwiązaniem łączącym efektywność oraz elastyczność rzutu wysokościowego budynku biurowego. Dodatkowo badania wykazały, że dla warunków polskich w zakresie komercjalizacji układy z hallem obwodowym, często realizowane w Ameryce oraz Azji i Bliskim Wschodzie, są mniej korzystne niż układy z hallem centralnym. Wynika to z tendencji do częstszego wprowadzania mniejszej liczby najemców o większej powierzchni najmu na kondygnacje w Polsce. Podziały na liczbę najemców większą niż cztery wprowadzane są sporadycznie, na niektórych piętrach, a najczęstszymi układami są te z jednym oraz dwoma najemcami na piętro. Sprawia to, że bardziej efektywnym rozwiązaniem są układy z hallem centralnym i układami grzebieniowymi lobby windowych.

Przedstawiony proces jest procesem analitycznym, mogącym być na początkowych etapach zautomatyzowanym, po integracji oprogramowania służącego analizom i symulacjom obsługi systemami komunikacji pionowej, szacowaniu i rozplanowywaniu wstępnej powierzchni przewidywanej na instalację oraz określaniu wstępnego, szacunkowego gabarytów elementów konstrukcji.

Bibliografia

- [1] Yeang K., *Service Cores: Detail in Building*, London: Wiley-Academy, 2000.
- [2] Oldfield P., Doherty B., *Offset Cores: Trends, Drivers and Frequency in Tall Buildings*, „CTBUH Journal”, Issue II, 2019, s. 40–45.
- [3] Mamati N., Kuruscu A.O., Parsa A.R., *Examination of The Core as A Rigidity Center in High-Rise Buildings*, „The European Journal of Research and Development”, 2022, vol. 2 no.2, doi: <https://doi.org/10.56038/ejrd.v2i2.57>.
- [4] Parker D., Wood A. *The Tall Buildings Reference Book*. New York: Routledge, 2013.
- [5] Ali M.M., Moon K.S., *Advances in Structural Systems for Tall Buildings: Emerging Developments for Contemporary Urban Giants*, „Build. J.” 2018, vol. 8, issue: 104.
- [6] Marriage G *Tall: the design and construction of high-rise architecture*. New York: Routledge, 2019.

- [7] Ali M.M.; Al-Kodmany K., *Structural Systems for Tall Buildings*, Encyclopedia, 2022, vol. 2, s. 1260–1286, <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2030085>.
- [8] Taranath B.S., *Reinforced concrete design of tall buildings*. New York: CRC Press, 2010.
- [9] Bachman L.R., *Integrated Buildings: The System Basis of Architecture*, London: Wiley, 2002.
- [10] Trabucco D., *An analysis of the relationship between service cores and the embodied/running energy of tall buildings*, „The Structural Design of Tall and Special Buildings”, 2008, vol. 17 Issue 5, s. 941–952, doi: [doi:doi.org/10.1002/tal.477](https://doi.org/10.1002/tal.477).
- [11] Trabucco D., *Historical Evolution of the Service Core*, „CTBUH Journal”, 2010, Issue I, s. 41–47.
- [12] Pawłowski A.Z., *Cata I.*, *Budynki wysokie*, Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2013.
- [13] Lou H.P., Ye J., Jin F.L., Gao B.Q., Wan Y.Y., Quan G., *A practical shear wall layout optimization framework for the design of high-rise buildings*, „Structures”, 2021, vol. 34, issue 9, s. 3172–3195, doi: [doi:0.1016/j.istruc.2021.09.038](https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.09.038).
- [14] Aldwaik M., Adeli, H., *Advances in optimization of highrise building structures*, „Struct. Multidiscip. Optim.” 2014, vol. 50, issue: 6, s. 899–919, doi: [doi:10.1007/s00158-014-1148-1](https://doi.org/10.1007/s00158-014-1148-1).
- [15] Zhang Y., Mueller C.T., *Shear wall layout optimization for conceptual design of tall buildings*, „Engineering Structures” 2017, vol. 140, s. 225–240, doi: [doi:10.1016/j.engstruct.2017.02.059](https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.02.059).
- [16] Shekhwat K., *Algorithm for constructing an optimally connected rectangular floor plan*, „Frontiers of architectural research” 2014, vol. 3, issue 3, s. 324–330, doi: [doi:doi.org/10.1016/j.foar.2013.12.003](https://doi.org/10.1016/j.foar.2013.12.003).
- [17] Ilgin H.E., *A study on space efficiency in contemporary super-tall mixed-use buildings*, „Journal of Building Engineering”, 2023, vol. 69, issue 12, doi: [doi:doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106223](https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106223).
- [18] Sev A., Ozgen, A., *Space efficiency in high-rise office buildings*, „METU Journal of the Faculty of Architecture” 2009, vol. 26, issue 2009, s. 69–89, doi: [doi:10.4304/METU.JFA.2009.2.4](https://doi.org/10.4304/METU.JFA.2009.2.4).
- [19] Niezabitowska E.D., *Metody i techniki badawcze w architekturze*, Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2014.
- [20] Laurel B., *Design Research: Methods and Perspectives*, Cambridge: MIT Press, 2003.
- [21] Niedziela-Wawrzyniak S., Wawrzyniak C., *Architektura – badania poprzez projektowanie*, *Builder Science*, 2021, no 41, doi: [doi:10.5604/01.3001.0015.0414](https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.0414).
- [22] Downton P., *Design Research*, USA, New York: REMIT Publishing, 2003.
- [23] Davis Langton & Everest *High-Rise Office Towers – Cost Model*, May, 1997, <https://www.building.co.uk/high-rise-office-towers-cost-model-may-1997/1025316.article> [dostęp: 07.2023].
- [24] *Warunki Techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*; Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej; Warszawa 2015; s. 1422.
- [25] Willis, C., *Form Follows Finance: Skyscrapers and Skylines in New York and Chicago*, New York: Princeton Architectural Press, 1995.
- [26] Marfella G., *Five Speculative Points for a Building Type*, Conference: AUBEA 2010: Construction Management(s): Proceedings of the 35th Australasian Universities Building Education Association Annual Conference, At: Melbourne (Australia), Parkville: The University of Melbourne doi: [DOI:10.13140/RG.2.1.3510.8002](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3510.8002).
- [27] Rist V.K., Svensson S., *Methodology for preliminary design of high-rise buildings*, Lund: Lund University, 2016.
- [28] Gane V., Haymaker J., *Conceptual design of high-rises with parametric methods*, 2007, *Predicting the Future: eCAAD Conference*, Citseer.
- [29] Luz Castro Pena M., Carballal A., Rodriguez-Fernandez N., Santos I., Romero J., *Artificial intelligence applied to conceptual design. A review of its use in architecture*, *Automation in Construction”* 2021, vol. 124, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103550>.
- [30] Bölek B., Tatal O., Özbaşaran H., *A systematic review on artificial intelligence applications in architecture*, „Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning” 2023, vol. 4 no., 91–104. doi: <https://doi.org/10.47818/DRArch.2023.v4i1085>.

DOI: 10.5604/01.3001.0054.0133

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Goncikowski Marcin, 2023, *Aspekty architektoniczne i optymalizacja planowania trzonów centralnych w biurowych budynkach wysokościowych o konstrukcji żelbetowej w Polsce*, „Builder” 12 (317). DOI: 10.5604/01.3001.0054.0133

Streszczenie: Artykuł poświęcony jest badaniom nad aspektami architektonicznymi projektowania trzonów centralnych budynków wysokościowych o konstrukcji żelbetowej

i wysokości ponad 100 m, oraz ich optymalizacji poprzez badania projektowe. Prace wykonano w oparciu o badania literatury specjalistycznej, wywiady i warsztaty z inwestorami oraz przeprowadzone empiryczne badania projektowe. Wyodrębniono główne aspekty rozwiązań architektonicznych trzonu: komercyjne – związane z zapewnieniem elastyczności przestrzeni najmu, efektywności rzutu oraz standardu i aspekty koordynacji instalacji i konstrukcji. Wykonane badania przez projektowanie uwzględniały przeprowadzenie symulacji działania systemów windowych oraz badania empiryczne polegające na wariantowym sprawdzeniu optymalnej geometrii trzonu. Prace badawcze prowadzono od wczesnych faz koncepcyjnych z udziałem specjalistów branżowych – instalacji i konstrukcji, obsługi windowej oraz komercjalizacji. Spośród rozważanych typów ukształtowania najkorzystniejsze ze względu na zadane kryteria okazały się trzony o grzebieniowym układzie lobby grup windowych i centralnym hallu piętrowym, co wynika z najlepszej osiągniętej efektywności i elastyczności rzutu.

Słowa kluczowe: wysokościowiec biurowy, wieżowiec, trzon, optymalizacja, projekt

Abstract: ARCHITECTURAL ASPECTS AND OPTIMIZATION OF CENTRAL SHAFT PLANNING IN SKY-SCRAPERS OFFICE BUILDINGS WITH REINFORCED CONCRETE STRUCTURE IN POLAND, ON A SELECTED EXAMPLE OF CONDUCTED RESEARCH. The paper is devoted to research on the architectural aspects of designing central cores of skyscraper buildings with a reinforced concrete structure and a height of over 100 m and their implementation in design research. The works were carried out based on specialist literature research, interviews, and workshops with investors as well as empirical design research. The main aspects of the architectural solutions of the core were distinguished: commercial related to ensuring the flexibility of the rental space, efficiency of the projection, standard, aspects of installation, and construction coordination. The research carried out by design includes simulations of the operation of elevator systems and empirical research on finding the optimal shaft geometry. The research and investigation were carried out from the early conceptual phases with the participation of industry specialists - installation and construction, elevator service, and commercialization. Among the considered types of shapes, the shafts with a comb arrangement of elevator groups and a central story hall turned out to be the most advantageous due to the set criteria, which results from the best-achieved efficiency and flexibility of the layout.

Keywords: office high-rise, skyscraper, core, optimization, design