



PROBLEMY WSPÓŁCZESNEJ ARCHITEKTURY I BUDOWNICTWA

**MATERIAŁY VI KONFERENCJI NAUKOWEJ
ARCHBUD 2013**

Praca zbiorowa

pod redakcją

prof. dr. hab. inż. Wojciecha Dornowskiego

Zakopane, 10–13 września 2013

SERIA: MATERIAŁY KONFERENCYJNE Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania

Organizatorzy konferencji

WYŻSZA SZKOŁA EKOLOGII I ZARZĄDZANIA
INSTYTUT TECHNIKI BUDOWLANEJ
ZESPÓŁ ZARZĄDCÓW NIERUCHOMOŚCI WAM

Opracowanie edytorskie: Barbara Balawejder, Barbara Świderek

Korekta: Zespół

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania
w Warszawie. Warszawa 2013

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Oficyna Wydawnicza Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania nie odpowiada za jakość dostarczonych fotografii i rysunków, zamieszczonych w publikacji.

ISBN 978-83-62057-69-6

Oficyna Wydawnicza WSEiZ w Warszawie,
ul. Wawelska 14, 02-061 Warszawa, tel. (22) 825-80-32
Arkuszy drukarskich: 10,9. Arkuszy wydawniczych: 15,9.
Wydanie I.
Zapis cyfrowy: PrzyjacieleDruku.pl tel.: +48 787-533-508

KOMITET NAUKOWY KONFERENCJI

Przewodniczący

prof. dr hab. inż. Jan Misiak – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

Członkowie Komitetu:

prof. dr hab. inż. arch. Andrzej Basista – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

prof. dr hab. inż. Grzegorz Bąk – Politechnika Białostocka

prof. dr inż. Gerard Jan Besler – Politechnika Wrocławska

prof. dr hab. inż. Marek Bieliński – Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy

dr inż. Jan Bobrowicz – Instytut Techniki Budowlanej

doc. dr inż. Jan Cetner – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

prof. dr hab. inż. Wojciech Dornowski – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

płk. dr inż. Krzysztof Kopczyński – Wojskowa Akademia Techniczna

prof. dr hab. Maciej Luniak – Muzeum i Instytut Zoologii PAN

doc. dr inż. arch. Krzysztof Muszyński – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

prof. dr hab. inż. Marian Rosiński – Politechnika Warszawska

prof. dr hab. inż. Jerzy Sękowski – Politechnika Śląska

prof. dr hab. inż. Marek Siewniak – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

prof. dr hab. inż. arch. Zygmunt Szparkowski – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

prof. dr hab. inż. Zbigniew Szcześniak – Wojskowa Akademia Techniczna

prof. dr hab. inż. Edward Szymański – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

doc. dr inż. Piotr Tomaszewski – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

doc. dr inż. Jarosław Wasilczuk – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

prof. dr hab. inż. arch. Witold Werner – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

prof. dr hab. inż. Ireneusz Winnicki – Wojskowa Akademia Techniczna

doc. dr inż. Jerzy Wojtátowicz – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

KOMITET ORGANIZACYJNY KONFERENCJI

Przewodniczący

prof. dr hab. inż. Wojciech Dornowski – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

Zastępca Przewodniczącego

doc. dr inż. Jarosław Wasilczuk – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

Sekretariat:

Ewa Poszwińska – Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania



Szanowni Państwo!

Konferencja naukowo-techniczna ARCHBUD 2013 na temat „Problemów współczesnej architektury i budownictwa” jest szóstą konferencją organizowaną przez Wydział Architektury Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania.

Wydział Architektury WSEiZ prowadzi kształcenie studentów na pięciu kierunkach studiów: Architektura, Budownictwo, Architektura Krajobrazu, Architektura Wnętrz i Wzornictwo. Tego rodzaju rozwiązanie dydaktyczne jest nową jakością w pojmowaniu i umiejscawianiu problematyki architektury jako części szeroko rozumianej architektury i budownictwa, mającej ściśle powiązania z problematyką ekologiczną.

Na wszystkich tych kierunkach kształcenia dużą uwagę zwraca się na rozwiązania planistyczne, projektowe, marketingowe i prawne, związane z potrzebą ochrony środowiska przyrodniczego i krajobrazu kulturowego oraz racjonalnego wykorzystania przestrzeni na użytek ludzi.

Przy opracowaniu programu nauczania na kierunku Architektura kierowano się głównie specyfiką branży architektonicznej, zapotrzebowaniem na rynku pracy na kadrę specjalistyczną, a także realiami społeczno-ekonomicznymi. Powstał w ten sposób oryginalny program kształcenia architektów, wykorzystujący doświadczenie innych uczelni, ale równocześnie uwzględniający zachodzące ostatnio jakościowe zmiany w zakresie rozumienia współczesnej architektury.

Od października 2011 r. Wydział Architektury WSEiZ – jako jedyny na uczelni niepublicznej w Warszawie i drugi w Polsce – decyzją MNiSW otrzymał uprawnienia do prowadzenia studiów II stopnia na kierunku Architektura. Studia kończą się tytułem magistra inżyniera architekta, niezbędnego do otrzymania pełnych uprawnień architektonicznych.

Realizacja procesu kształcenia na kierunku Budownictwo wpisuje się w jeden z projektów polityki Unii Europejskiej, jakim jest zwiększenie efektywności energetycznej oraz w zrównoważoną politykę energetyczną państwa wyrażoną między innymi w Konstytucji RP, ustawie – Prawo energetyczne i dokumencie „Założenia polityki energetycznej Polski do 2020”.

Od roku akademickiego 2008/2009 realizujemy studia inżynierskie zamawiane na kierunku Budownictwo, współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. Projekt ma na celu zwiększenie atrakcyjności kształcenia na kierunku Budownictwo. Jest on odpowiedzią na zgłaszane przez pracodawców zapotrzebowanie na specjalistów w dziedzinie budownictwo. Pozwala nabyć wiedzę oraz umie-

jętności praktyczne, które ułatwiają absolwentowi efektywne wejście na rynek pracy w gospodarce opartej na wiedzy. W ramach tego kierunku prowadzimy cztery specjalności: Energooszczędne technologie w budownictwie, Konstrukcje budowlane, Architektura w budownictwie, Budownictwo kolejowe.

W ramach kierunku Architektura Wnętrz od roku akademickiego 2009/2010 prowadzone są dwie specjalności: Projektowanie wnętrz i Projektowanie mebla. Cechą wyróżniającą te specjalności jest konsekwentne ukierunkowanie od ogółu (będącego najbliższym otoczeniem człowieka w każdym miejscu) do szczegółu (bez ograniczeń skalowych).

Od roku 2009 realizujemy projekt pt. „Program rozwoju Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania w Warszawie”, który ma na celu zwiększenie zakresu i atrakcyjności oferty edukacyjnej uczelni, poprawę efektywności kształcenia oraz lepsze przygotowanie absolwentów do wejścia na rynek pracy. W ramach tego projektu utworzone zostały 4 nowe specjalności na kierunku Architektura: Projektowanie architektoniczne oraz Projektowanie urbanistyczne, a na kierunku Architektura Krajobrazu: Projektowanie krajobrazu wielofunkcyjnego, Projektowanie krajobrazu o funkcji rekrutacyjnej. Od roku akademickiego 2010/2011 realizujemy nowy kierunek studiów Wzornictwo (Design), gdzie proponujemy studia w zakresie czterech specjalności: Projektowanie produktu, Projektowanie komunikacji wizualnej, Projektowanie biżuterii i małych form zdobniczych, Projektowanie mody.

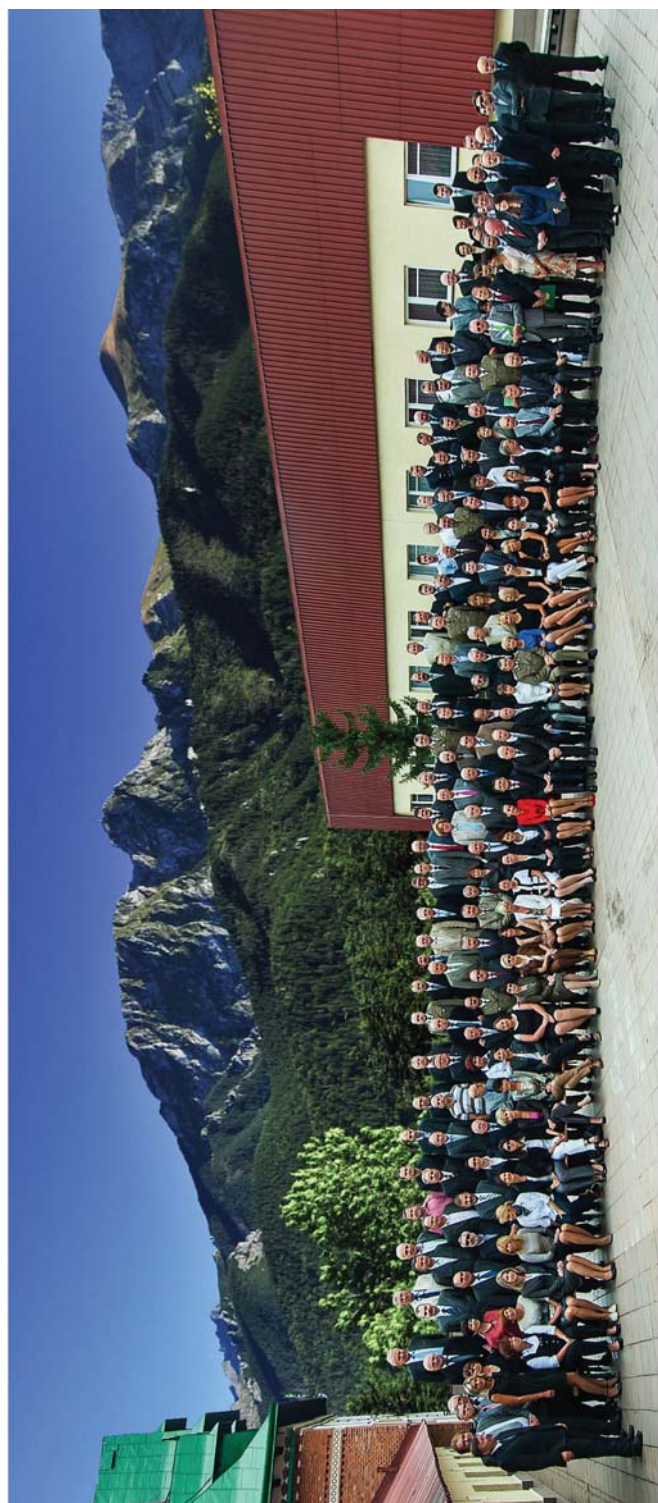
Warto podkreślić, że wiele interesujących problemów i zagadnień przedstawianych na konferencji ARCHBUD zostało rozwiniętych i wydanych w formie pięciu wartościowych monografii, które w znacznej mierze powiększają dorobek naukowy WSEiZ. Monografie te poświęcono m.in. zagadnieniom stateczności konstrukcji prętowych i powłokowych oraz projektowania i obliczania konstrukcji stalowych i żelbetowych. Znajdują się w nich rezultaty najnowszych badań w dziedzinie współczesnych instalacji budowlanych. Wiele miejsca poświęcono ważnym problemom budownictwa energooszczędnego w kontekście zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska. Wieloaspektowe problemy projektowania architektonicznego wydzielono w oddzielnej monografii. Są to m.in. aktualne problemy humanizacji istniejących zespołów mieszkaniowych czy też modernizacji szpitali.

W imieniu Komitetu Organizacyjnego Konferencji wyrażam podziękowanie Autorom referatów oraz wszystkim, którzy uczestniczyli w jej przygotowaniu.

Uczestnikom konferencji życzę owocnych obrad.

Prezydent WSEiZ

prof. dr hab. inż. Jan Misiak



ARCHBUD 2012
V Konferencja Naukowo-Techniczna

Zakopane - Kościelisko
03 - 06 września 2012 r.
www.fotostudiomatt.pl

Pracownie, laboratoria i wystawy WSEiZ



Pracownia komputerowa



Laboratorium badań wytrzymałościowych



Pracownia rysunku i malarstwa



Laboratorium chemiczne



Terenowa Stacja Ochrony Przyrody i Krajobrazu w Kludynie-Laskach



Wizualizacja nowej siedziby WSEiZ, ul. Olszewska 12



Najnowsza aparatura w Laboratorium Mechaniki Płynów



Pracownia projektowania architektonicznego



Wystawa prac studentów Architektury Wnętrz



Wystawa prac studentów Architektury



Wystawa prac studentów Wzornictwa



Wystawa dorobku studentów Architektury Wnętrz

SPIS REFERATÓW

1. **Bieniek Z.:** Klasa theta – nowy rodzaj systemów tensegrity 17
2. **Dornowski W.:** Opis konwekcyjny kinematyki sprężysto-plastycznych deformacji skończonych 33
3. **Foljanty K.:** Przekształcanie zdegradowanych terenów przemysłowych na przykładzie Berlina 53
4. **Kielski L.:** Analiza stateczności smukłych, przestrzennych konstrukcji prętowych pod kątem możliwości badań na maszynie wytrzymałościowej Zwick Z100 61
5. **Korbel W.:** Problemy współczesnej architektury i budownictwa – pluralizm w procesie administracyjno-prawnym realizacji inwestycji budowlanych 73
6. **Krzyżanowska T.E.:** Modernizm a kierunek New Urbanism, wybrane zagadnienia, ciąg dalszy... Odległości strukturalne w zespołach mieszkaniowych81
7. **Misiak J., Stachura S.:** Wpływ żeber poprzecznych i podłużnych na stateczność blachownicy stalowej87
8. **Morgaś I., Stachura A.:** Ocena stateczności płaskich ram nośnych budynków halowych99
9. **Muszyńska E.:** Potencjał rekreacyjny opuszczonych terenów powojkowych i pokolejowych117
10. **Muszyński K., Muszyńska E.:** Architektura obiektów wojskowych w Polsce w latach 1918–1933 15-lecie budownictwa wojskowego.....137
11. **Owczarek M., Owczarek S.:** Ocena efektów użytkowych w budynku mieszkaniowym..... 163
12. **Owczarek M., Owczarek S.:** Optimum oszklenia ze względu na zużycie energii w budynku177

13.	Pająk Z.: Zabezpieczanie historycznych fasad podczas modernizacji budynków	187
14.	Paś J.: Wpływ pola elektromagnetycznego na materię ożywioną	199
15.	Rokicki W., Gawell E.: Morfogeneza w procesie kształtowania współczesnych form architektonicznych	209
16.	Rokicki W., Nowak A.: Bioniczne aspekty projektowania architektury w dążeniu do struktur antropomimetycznych	221
17.	Rokicki W., Pietrzak J.: Rozwiązania bioklimatyczne w wysokich europejskich budynkach biurowych.....	231
18.	Rosiński A.: Integracja systemu kontroli dostępu z wybranymi zabezpieczeniami elektronicznymi i mechanicznymi	241
19.	Rybarczyk T.: Popularność autoklawizowanego betonu komórkowego oraz kierunki rozwoju konstrukcji murowych z betonu komórkowego	253
20.	Sękowski J.: Problemy z posadowieniem obiektów modernizowanych.....	269
21.	Szmigiera E., Witkowski M.: Rola ciągłości w pracy konstrukcji.....	281
22.	Szparkowski Z.: Ruchomy punkt jako źródło inspiracji nowoczesnej architektury	289
23.	Szulc W., Rosiński A.: Czujki magnetyczne w elektronicznych systemach bezpieczeństwa	313
24.	Szymański E.: Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Wymagania podstawowe oraz metody iniekcji	323

25. **Wasilczuk J., Ostrowski R.:** Problemy eksploatacyjne występujące w nowym budynku mieszkalnym.....331
26. **Werner W.A.:** Ekonomika w projektowaniu architektonicznym. Budynki „szyte na miarę”341

Zbigniew BIENIEK
Politechnika Rzeszowska

KLASA THETA – NOWY RODZAJ SYSTEMÓW TENSEGRITY

1. WPROWADZENIE

Zależność pomiędzy ukształtowaniem struktury i jej obciążeniem jest jednym z najważniejszych zagadnień w dziedzinie morfologii konstrukcji. Harmonia tego związku jest szczególnie ważna w systemach ciągnowo-prętowych bazujących na konstrukcyjnej zasadzie integrującego rozciągania, czyli idei tensegrity.

Systemy tensegrity, ogólnie biorąc, zbudowane z przeważających licznie ciągów (elementów wiotkich, dopóki nie zostaną naprężone) oraz mniej licznych i sztywnych prętów; dysponują dzięki własnym naprężeniom wewnętrznym wystarczająco dużym potencjałem przeciwstawiania się obciążeniom zewnętrznym. Nawet jeśli umiarkowana siła zewnętrzna chwilowo zdeformuje system tensegrity, to skutkiem jest przejściowa zmiana jego kształtu, który powraca do stanu początkowego po ustaniu obciążenia.

W badaniach nad strukturami tensegrity podstawowym problemem jest ich kształtowanie [1–4]. Pierwsze próby tworzenia nowych komórek elementarnych, tzn. modeli konfiguracji ciągnowo-prętowych, nazywanych systemami, opierały się na prostych założeniach; obciążane elementy podlegają wyłącznie osiowemu rozciąganiu (w przypadku ciągów) lub osiowemu ściskaniu (w przypadku prętów). Systemy tensegrity, a ogólniej struktury tensegrity [5], bazują na umiejętności wykorzystania subtelnych właściwości:

- wstępne naprężenie wewnętrzne wywołuje usztywnienie ciągów,
- system zawodzi, dopiero gdy pęknie dowolne ciągnie albo któryś z prętów ulegnie wyboczeniu,
- system pozostaje stabilny mechanicznie, rozciągane ciągnie i ściskane pręty, pomimo wzrastających w nim naprężeń,
- elementy łączą się końcami wyłącznie przegubowo, a wszelkie ich obciążenia wprowadzane są właśnie poprzez węzły, dzięki czemu żaden element nie podlega zginaniu.

Pozwala to wykonać wyjątkowo sztywną strukturę pomimo zużycia niewielkiej ilości materiału konstrukcyjnego i małego przekroju poprzecznego jej elementów.

Struktury tensegrity są np. wartościową propozycją dla lekkich przekryć budowlanych o dużej rozpiętości, ponieważ:

- wprowadzenie naprężeń wewnętrznych znakomicie poprawia sztywność struktury, co pozwala zmniejszyć ilość zużytego materiału i zachować nośność konstrukcji,
- ściskane pręty, które są elementami rozmieszczonymi lokalnie, mogą być w praktyce wykonane jako smuklejsze i znacznie krótsze od cięgien,
- przy projektowaniu cięgien można pominąć ich zginanie i zastosować materiały o wysokiej wytrzymałości,
- konstrukcja węzłów na ogół jest prosta, bowiem ściskane pręty są połączone elastycznymi cięgnami.

Węzły struktury tensegrity, dzięki wzajemnemu oddziaływaniu naprężeń w łączonych przez nie elementach, utrzymują stan równowagi wewnętrznej. Węzły są z określonego położenia wypychane przez pręty i przyciągane do niego dzięki cięgnom. Z uwagi na bardzo silną współzależność pomiędzy naprężeniem wewnętrznym i równowagą własną całego systemu tensegrity o danej konfiguracji musi być w tych okolicznościach rozważana przede wszystkim jego równowaga.

Współcześnie w kilku laboratoriach na świecie buduje się i bada struktury tensegrity pod kątem możliwości ich bieżącej kontroli, regulacji oraz rozkładania.

W strukturach tego typu, znanych jako *Adjustable and Deployable*, zastępuje się odpowiednim mechanizmem np. jeden z prętów lub cięgno. Dzięki temu struktury, przyjmując odpowiednie naprężenie wewnętrzne, pozostają w zadanej konfiguracji mimo obciążeń z zewnątrz. Można też, np. wstawiając w pręt (cięgno) siłownik lub czujnik, umożliwić konstruktorom budowę struktur rozkładalnych nowego typu, które dają się wielokrotnie składać do mniejszych rozmiarów. Ponieważ są one niewielkie i stosunkowo lekkie, a ponadto łatwe do przeskalowania, mogą mieć wiele zastosowań w różnych branżach.

Struktury takie charakteryzują się również innymi unikatowymi własnościami. Mogą one być zarówno elastyczne/miękkie, jak i sztywne.

Jeśli struktura ma być sztywna i wytrzymać ekstremalne obciążenia, wówczas można ją wzbudzić do wymaganego poziomu. W przypadku gdy ma ona stać się wiotka, przynajmniej jeden z elementów można rozluźnić, powodując wprowadzenie struktury w elastyczną konfigurację podatną/wrażliwą na odkształcenia. Struktury elastyczne z konieczności wymagają płynnego ruchu, niebędącego ruchem sztywnym całego szkieletu tensegrity.

Dotychczas znanych jest niewiele zastosowań struktur tensegrity w budownictwie cywilnym. Większość z nich to artystyczne instalacje przestrzenne [6]. Ich użyteczność rozpoznawano też projektując lekkie struktury obiektów kosmicznych, np. rozkładalne maszty i anteny [7–9].

Już ponad pół wieku trwa fascynacja architektów i inżynierów strukturami tensegrity. Stanowią one prawdziwą nowość pod względem walorów konstrukcyjnych, np. takich jak: lekkość, rozkładalność, możliwość ich aktywnej kontroli czy zdolność do wykonywania ruchu.

Złożoność problemów, które towarzyszą pracy nad konstrukcjami tensegrity, można przezwyciężyć głównie dzięki stałemu rozwojowi narzędzi numerycznych. Jednak wymaga to czasu i biegłości projektantów.

2. AKTUALNE DEFINICJE TENSEGRITY

Przez wiele lat kilku autorów patentów i publikacji na temat tensegrity próbowało podać odpowiednią definicję, która mogłaby precyzyjnie opisywać tak złożoną jednostkę strukturalną i być zaakceptowana przez ogół środowiska.

Okazuje się, że nadal jest bardzo trudno o generalizację i podanie jednoznacznej definicji. Niewątpliwie w dotychczas funkcjonujących definicjach systemów czy struktur tensegrity najczęściej pojawiał się motyw obowiązkowej „ciągłości siatki cięgien” [10–16].

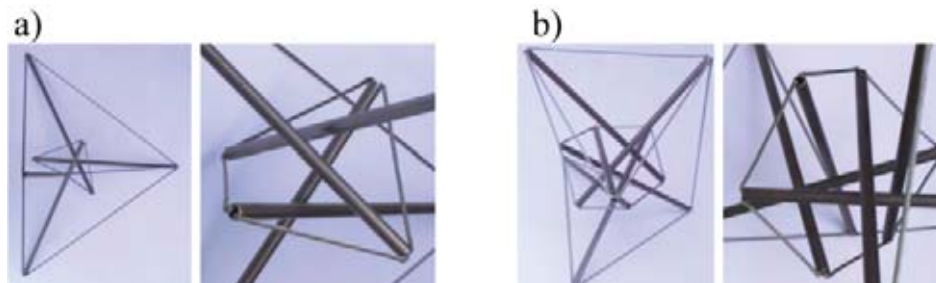
3. SYSTEMY TENSEGRITY KLASY THETA

Autor niniejszego opracowania dowodzi, że można zbudować takie samodzielnie sztywne systemy ciągnowo-prętowe w których wspomniana ciągłość siatki cięgien nie zostaje zachowana [17–20].

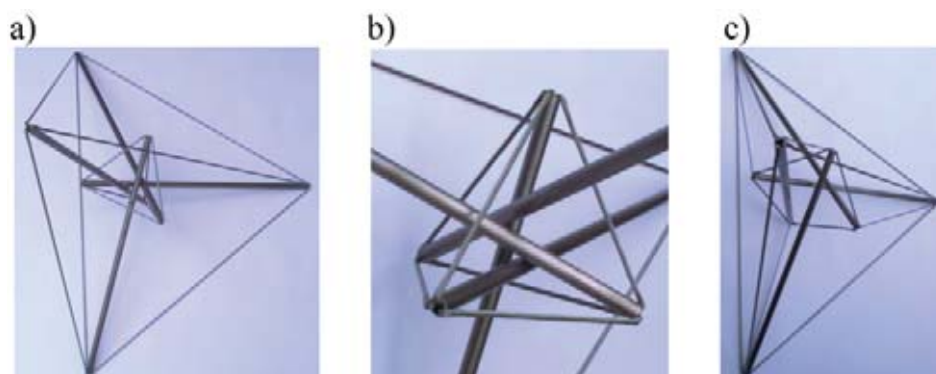
Osobny zestaw cięgien ulokowany jest we wnętrzu elementarnej komórki tensegrity, a naprężenie wstępne wprowadzone do takiego systemu pozwala uzyskać stabilny stan równowagi wewnętrznej oraz odpowiednią sztywność ustroju. W związku z tym autor opracowania zaproponował objąć te systemy *Klasą Theta*. Każda ze struktur składa się z zewnętrznego i wewnętrznego zestawu cięgien, co przypomina kształt greckiej litery Θ (Theta). Siatka cięgien zewnętrznych wyznacza granice całego systemu. Końce każdego pręta poprzez węzły łączą się jednocześnie z zewnętrznym i wewnętrznym zbiorem cięgien. Obecna propozycja stanowi kontynuację zaproponowanych przez Skeltona systemów *Klasy k* [14]. Tak więc systemy klasy $k=1$ charakteryzują się rozłącznym zbiorem elementów ściskanych (czyli prętów). Inaczej mówiąc, do każdego węzła systemu może należeć co najwyżej jeden pręt. Natomiast jeśli $k=2$, to każdy węzeł takiego systemu może łączyć ze sobą maksymalnie dwa pręty itd..

3.1. Pierwsza podklasa *Theta* ($\Theta = 1$)

Ilustracją potwierdzającą nieściśłość definicji wspomnianych w paragrafie 2 mogą być przykładowe modele systemów tensegrity pokazane na rys. 1. Każdy z przykładów reprezentuje tzw. czysty system tensegrity, co oznacza, że wszystkie jego pręty tworzą zbiór rozłączny. Stąd klasa $\Theta = 1$ jest analogiczna do klasy $k=1$, przyjętej w nomenklaturze Skeltona do opisu znanych dotąd systemów tensegrity z prętami rozłącznymi. Na rys. 1a pokazano najprostszy system w tej klasie, którego cięgna zewnętrzne formują kształt czworościanu. Jest to czworościan samodzielnie wypełniający przestrzeń E_3 , oznaczany dalej symbolem T2 [17]. Drugim z przykładów jest pokazana na rys. 1b pryzma trójkątna.



Rys. 1. Dwa przykłady systemów tensegrity podklasy $\Theta = 1$, czyli systemów z prętami rozłącznymi: a) czworościan, b) pryzma trójkątna. Ilustracje przedstawiają kolejno widok ogólny modelu oraz konfigurację połączeń wewnętrznych [19, 20]



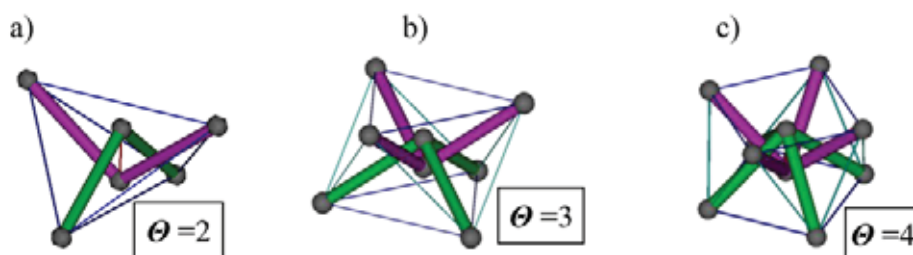
Rys. 2. Przykłady modyfikacji struktury wewnętrznej czworościanu tensegrity klasy Θ : a-b) widok ogólny nowej struktury i konfiguracja połączeń wewnętrznych, c) przykład wzmocnionego systemu tensegrity [19, 20]

Wewnętrzna strukturę takich komórek ciągnowo-prętowych można modyfikować, np. naśladując dodawanie kolejnych cięgien według schematu widocznego na rys 2. Pierwszy model, z czworościenną siecią cięgien wewnętrznych, jak na rys. 2a–b, nadal reprezentuje system klasy $\Theta = 1$. Natomiast konfiguracja z rys. 2c jest przykładem wzmocnionego systemu tensegrity, który powinien obecnie zostać zaliczony do klasy $k=1$ z uwagi na ciągłość sieci cięgien.

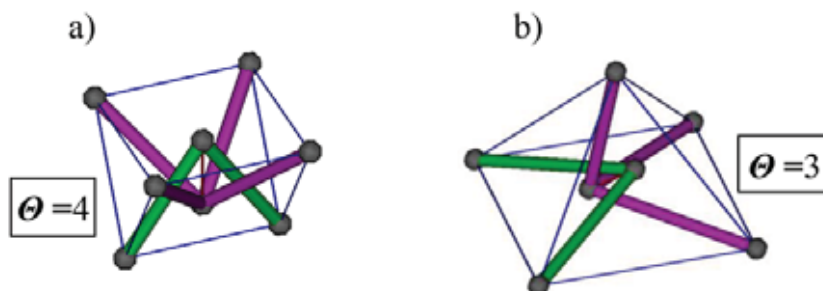
Warto zauważyć, że we wszystkich przykładach kształt zewnętrzny czworościennej komórki zostaje zachowany, pomimo modyfikacji wprowadzanych w jej budowę wewnętrzną.

3.2. Druga podklasa Theta ($\Theta > 1$)

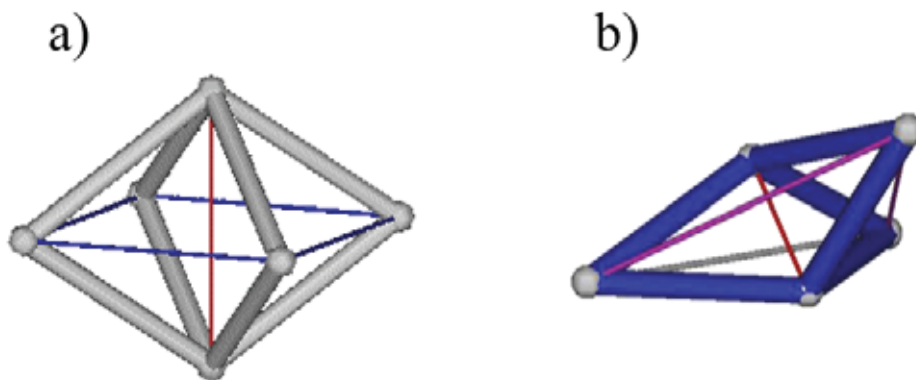
Systemy tensegrity klasy $\Theta > 1$ są równie bogate w warianty, patrz rys. 3–6. Posiadają one podstawową cechę wspólną; pojedyncze ciągnie wewnętrzne. Przykłady systemów tensegrity tej klasy reprezentowane są na kolejnych rysunkach przez antypryzmy, pryzmę, piramidę i inne struktury ciągnowo-prętowe. Wszystkie one mogą pełnić rolę np. modułów konstrukcyjnych, z których buduje się lekkie, rozkładalne struktury o dowolnych gabarytach i rozmaitej formie zewnętrznej.



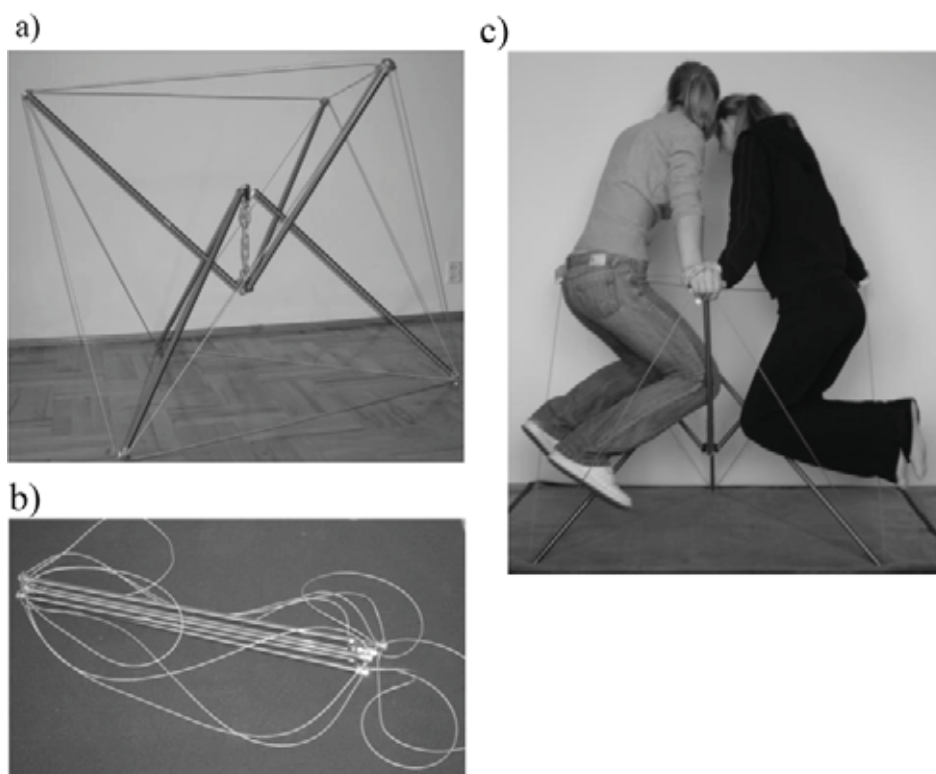
Rys. 3. Przykłady modułów tensegrity klasy $\Theta > 1$ opartych na antypryzmach [19, 20]



Rys. 4. Przykłady modułów tensegrity klasy $\Theta > 1$ opartych na:
a) pryzmie trójkątnej, b) piramidzie [19, 20]



Rys. 5. Dwa przykłady modułów ciągnowo-prętowych klasy $\Theta > 1$ oparte na złożeniach czworościanów wypełniających przestrzeń E_3 [19,20]

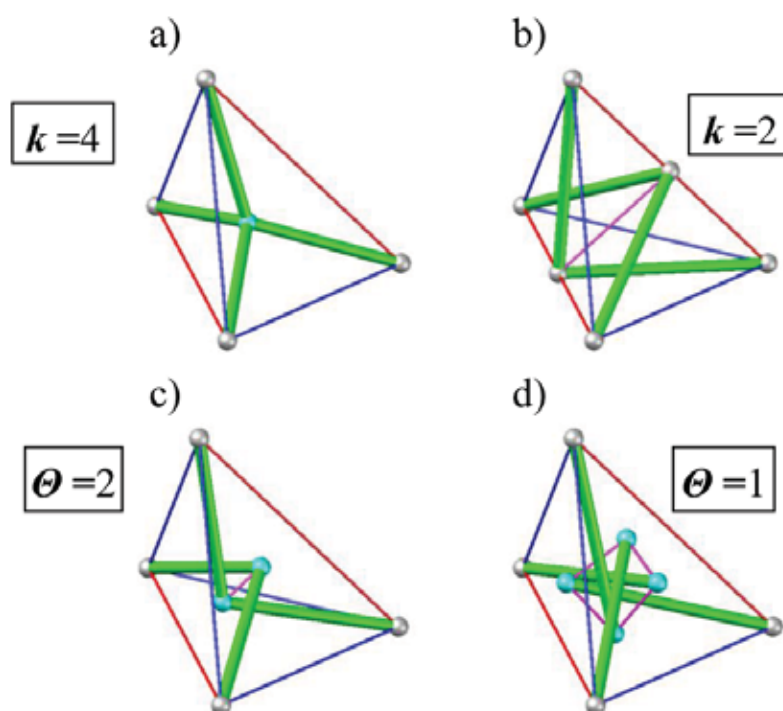


Rys. 6. Model fizyczny modułu tensegrity klasy $\Theta > 1$:
a) antypryzma o kształcie ośmiościanu, b) antypryzma w stanie złożonym,
c) test wytrzymałości modułu [19, 20]

4. CZWOROŚCIAN TENSEGRITY KLASY $\Theta=1$

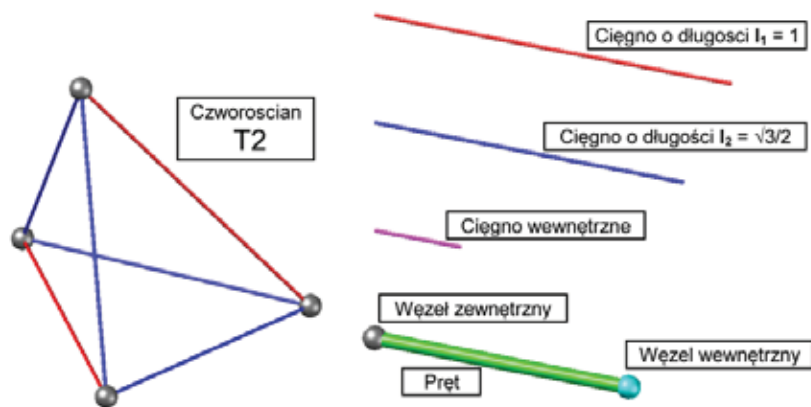
Istnieje znaczna liczba możliwych topologii połączenia cięgien i prętów, według jakich można zbudować system tensegrity. Na obecnym etapie ograniczymy się do możliwie najprostszej formy komórki tensegrity klasy $\Theta=1$, czyli wspomnianego czworoscianu T2. W czworosciennej komórce tensegrity trzy cięgna i jeden pręt spotykają się w każdym węźle zewnętrznym, natomiast w każdym wewnętrznym węźle następuje połączenie dwóch cięgien z jednym prętem. Pokazany na rys. 7d system posiada sześć cięgien zewnętrznych, cztery cięgna wewnętrzne oraz cztery pręty. Interesującą własnością każdego systemu tensegrity jest możliwość przechodzenia z postaci złożonej w rozwiniętą postać sztywną, jeśli ostatnie z jego cięgien, zewnętrzne lub wewnętrzne, zostanie naprężone. Własność taką nazywamy odnajdywaniem kształtu. Struktura cięgnowo-prętowa staje się systemem wewnętrznie sprężonym.

Z inżynierskiego punktu widzenia systemy tensegrity klasy $\Theta=1$ posiadają wszelkie własności wspomniane we wstępie.



Rys. 7. Możliwe topologie czworoscianu tensegrity: a) według Fullera (klasa $k=4$), b) według Motro (klasa $k=2$), c) czworosciennej komórki tensegrity klasy $\Theta=2$, d) czworosciennej komórki klasy $\Theta=1$ jako przykład „czystego” systemu tensegrity

Zewnętrzna postać czworosiennej komórki tensegrity bazuje na czworoscianie T2 pokazanym na rys. 8. To jeden z tzw. czworoscianów Sommerville'a, o których zainteresowany czytelnik znajdzie informację m.in. w [17]. Komórką taką, lub inaczej modulem tensegrity, można bez końca i we wszystkich kierunkach wypełniać przestrzeń trójwymiarową.



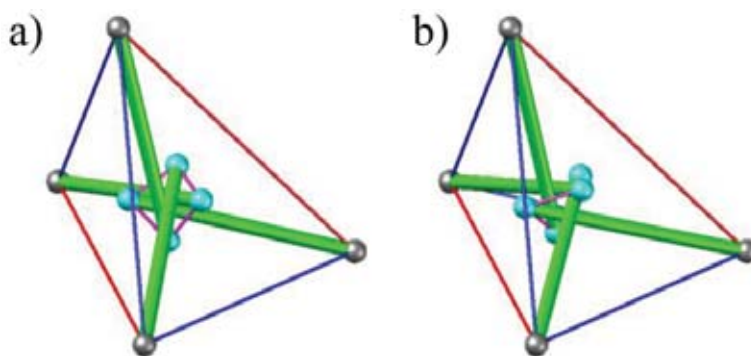
Rys. 8. Oznaczenia elementów składowych czworosiennej komórki tensegrity klasy $\Theta = 1$

4.1. Symetria czworosiennego modułu tensegrity

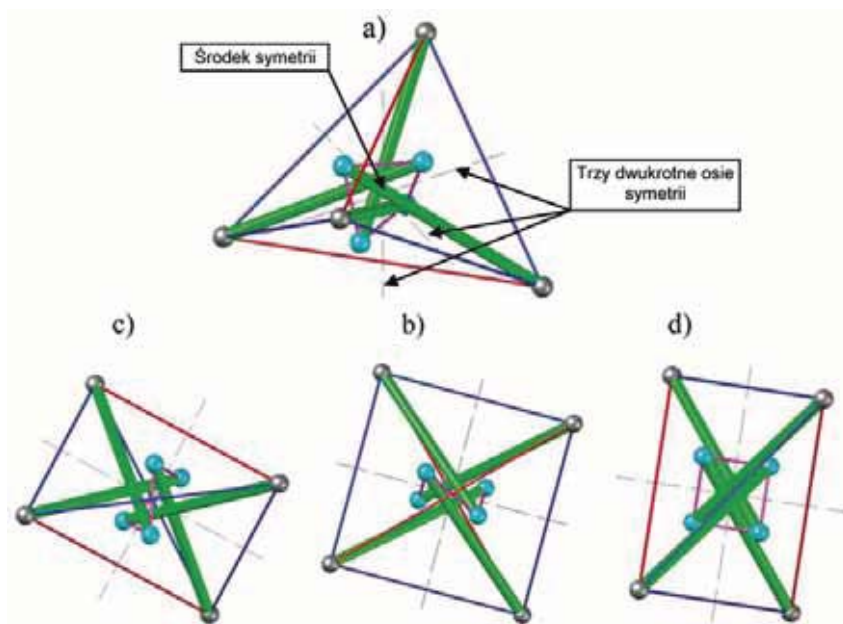
Na początku należy podkreślić, że konfiguracja prętów w omawianej komórce może mieć dwie wersje enancjomorficzne, prawo- i lewoskrętną.

Pokazuje to rys. 9.

Po wtóre, zauważmy, że każda z wersji posiada trzy prostopadłe do siebie dwukrotne osie symetrii. Ta własność jest przedstawiona na rys. 10.

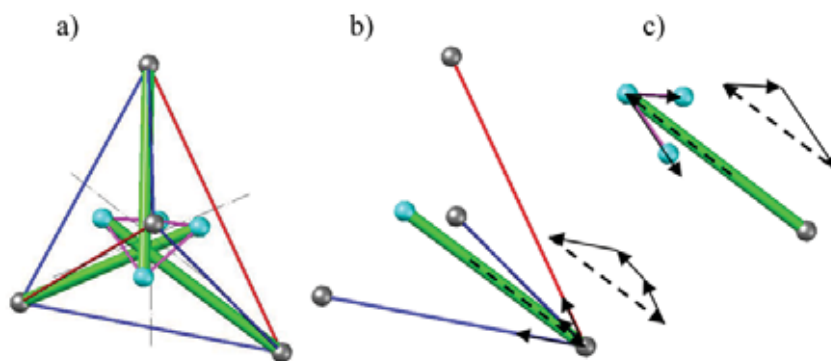


Rys. 9. Wersje enancjomorficzne czworosiennej komórki tensegrity klasy $\Theta = 1$:
a) lewoskrętna, b) prawoskrętna



Rys. 10. Symetria czworościennego modułu tensegrity: a) widok aksonometryczny, b–d) trzy dwukrotne osie symetrii w kolejnych rzutach prostokątnych modułu

4.2. Równowaga wewnętrzna czworościennego modułu tensegrity



Rys. 11. Równowaga sił wewnętrznych działających na dowolny węzeł oraz pręt modułu tensegrity: a) struktura w widoku aksonometrycznym, b) przestrzenny zbieżny układ sił w węźle zewnętrznym wyróżnionego pręta, c) płaski zbieżny układ sił w węźle wewnętrznym wyróżnionego pręta

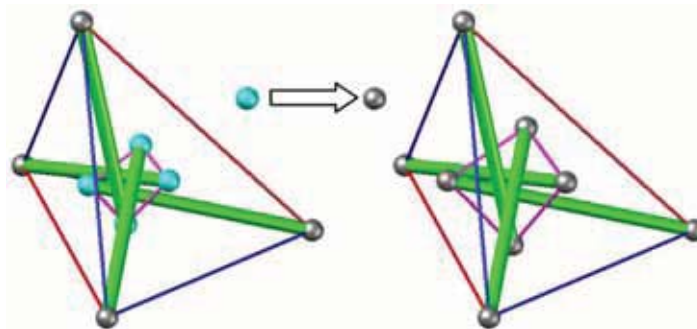
Rys. 11 ilustruje istotę stanu równowagi naprężeń wewnętrznych. Każdy element zawieszony w strukturze ciągnowo-prętowej musi znajdować się w stabilnej

równowadze. Szczególnie interesujący i reprezentatywny jest stan równowagi dowolnego pręta jako elementu obciążanego siłami pochodzącymi od dwóch sieci cięgien.

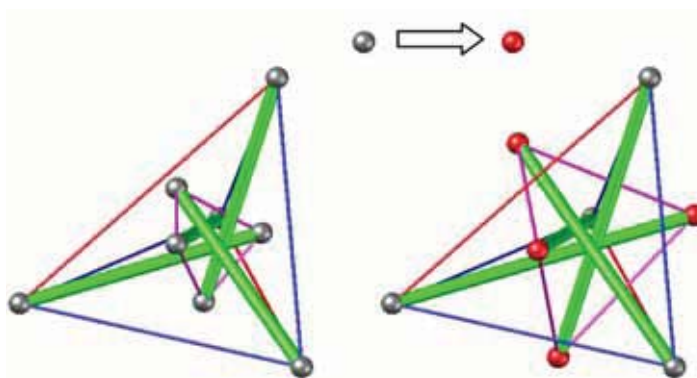
4.3. Współpłaszczyznowa i rozparta konfiguracja węzłów

Moduł tensegrity przedstawiony na rys. 12 jest przykładem konfiguracji współpłaszczyznowej, w której węzły wewnętrzne lokują się w jednej płaszczyźnie z trójką węzłów/naroży odpowiednich ścian czworokątnu T2. Trzeba podkreślić, że symetria modułu oraz jego postać zewnętrzna nie ulega zmianie. Wzrasta odpowiednio tylko długość prętów i cięgien wewnętrznych.

Konfigurację rozpartą uzyskujemy przez dalsze wydłużanie prętów i cięgien „wewnętrznych”, patrz rys. 13, które coraz bardziej wystają poza dotychczasowe granice systemu tensegrity.



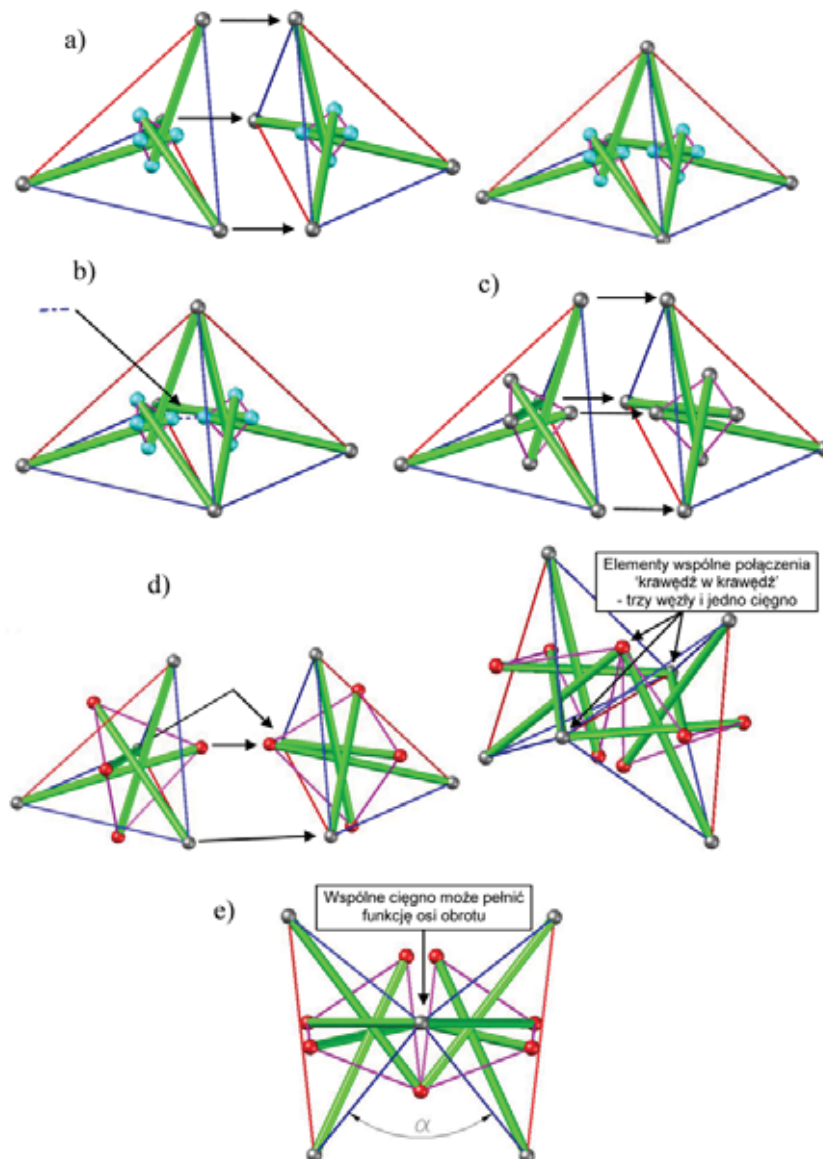
Rys. 12. Wyjściowa i współpłaszczyznowa konfiguracja węzłów czworokątnego modułu tensegrity



Rys. 13. Współpłaszczyznowa i rozparta konfiguracja węzłów czworokątnego modułu tensegrity

5. MODULARNE DŹWIGARY I KRATY TENSEGRITY KLASY Θ

5.1. Przykłady łączenia modułów „ściana w ścianę” i „krawędź w krawędź”

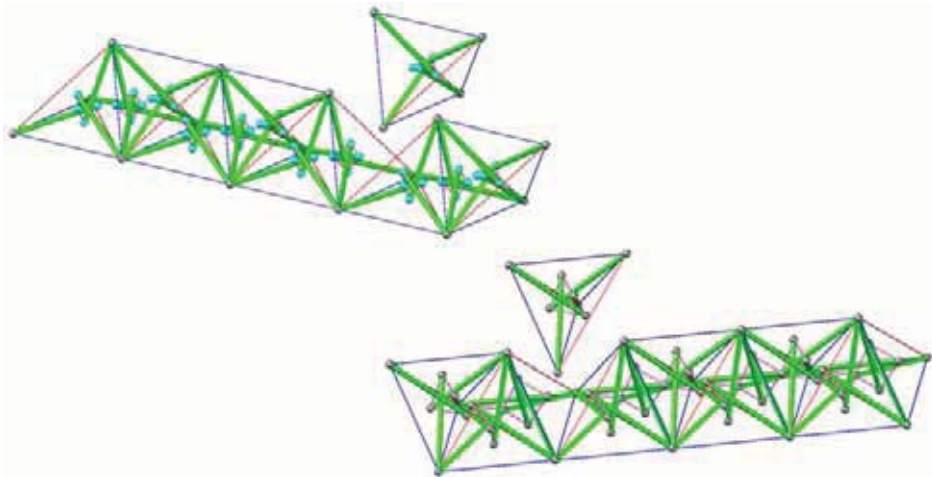


Rys. 14. Przykładowe warianty łączenia enancjomorficznych modułów tensegrity: a) pierwszy wariant łączenia „ściana w ścianę”, b) opcja wariantu pierwszego z dodatkowym cięgnem, c) drugi wariant łączenia „ściana w ścianę”, d-e) wariant łączenia „krawędź w krawędź” modułów o konfiguracji rozpartej

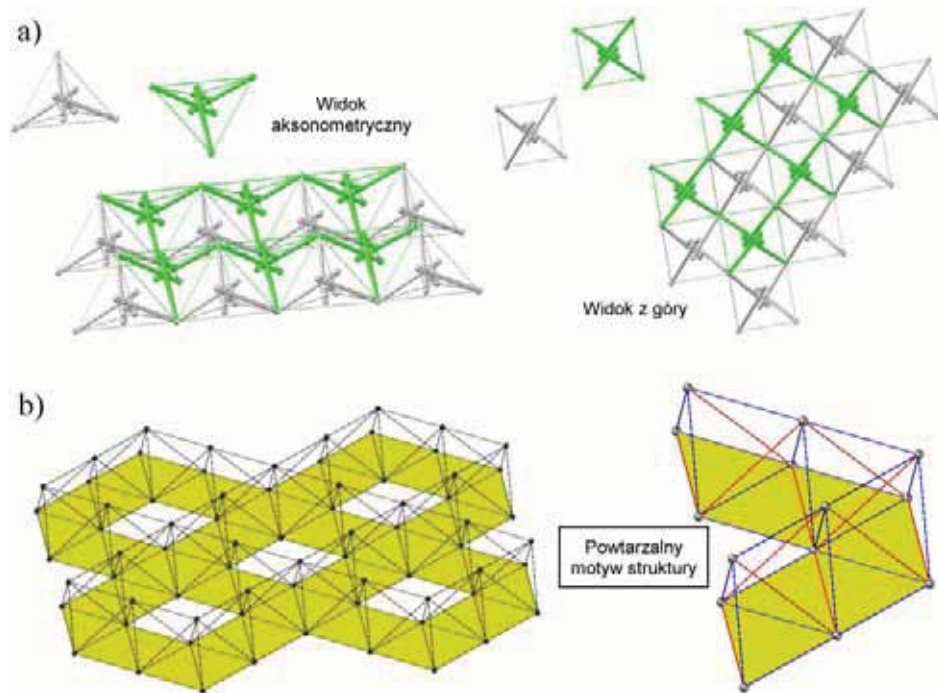
Na rys. 14a przedstawiono jeden z wariantów łączenia dwóch enancjomorficznych komórek tensegrity metodą „ściana w ścianę”. Wariant z rys. 14b ma jedynie dodatkowe cięgno, którego zadaniem jest wzmocnienie sztywności połączenia oraz całej struktury. Na kolejnym rys. 14c widoczny jest drugi wariant łączenia „ściana w ścianę” modułów o współpłaszczyznowej konfiguracji węzłów. Rysunki 14 d–e prezentują istotę połączenia „krawędź w krawędź” modułów o konfiguracji rozpartej.

5.2. Przykłady modularnych dźwigarów i krat tensegrity klasy Θ

Postępując się podanymi wcześniej sposobami łączenia odpowiednich modułów tensegrity klasy Θ można budować struktury bardziej złożone, np. takie jak prezentowane na rys. 15–16.



Rys. 15. Wybrane przykłady ukształtowania struktury modularnych dźwigarów tensegrity.



Rys. 16. Kraty tensegrity mogą być także wzorem dla kratownic klasycznych. Wystarczy uwzględnić w module tylko zewnętrzne ciągną i zastąpić je prętami, np. jak na rys. 16b.

Abstract

The first descriptions of tensegrity systems were given by the authors of the patents, trying to describe what they had discovered. It still is very difficult to generalize and find a complete definition that could summarize such a complex structure as tensegrity. Among other things, because it is possible to distinguish a new kind of tensegrity systems with a discontinuous tension network, the author of this paper called them it a Class Theta tensegrity systems.

Streszczenie

Pierwsze opisy systemów tensegrity pochodziły od autorów rozwiązań patentowych, którzy próbowali wyjaśnić w nich swoje odkrycia. Obecnie nadal trudno jest znaleźć ogólną i pełną definicję, którą można by objąć tak złożoną strukturę, jak tensegrity. Między innymi dlatego, że wynaleziono nowy rodzaj systemów tensegrity z nieciągłą siecią ciągnięć, nazwanym przez autora tego opracowania systemami Klasy Theta.

Literatura:

- [1] Pugh A.: *An Introduction to Tensegrity*, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, 1976
- [2] Pellegrino S.: *Mechanics of kinematically indeterminate structures*, PhD dissertation, University of Cambridge, U.K., 1986
- [3] Connelly R., Black A.: *Mathematics of Tensegrity*, American Scientist, Vol. 86, 1998
- [4] Tibert A.G. and Pellegrino S.: *Review of Form-Finding Methods for Tensegrity Structures*, International Journal of Space Structures, 18:4, pp. 209–223, 2003
- [5] Motro R.: *An Approach to Structural Morphology*, An Anthology to Structural Morphology, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., pp. 15–32, 2009
- [6] Motro R.: *Tensegrity Structures*, Fifty Years of Progress for Shell and Spatial Structures, Mungan I., Abel J.F. (Editors), pp. 251–262, 2011
- [7] Furuya H.: *Concept of Deployable Tensegrity Structures in Space Applications*, Int. Journal of Space Structures, 7:2, pp. 143–151, 1992
- [8] Tibert A.G. and Pellegrino S.: *Review of Form-Finding Methods for Tensegrity Structures*, International Journal of Space Structures, 18:4, pp. 209–223, 2003
- [9] Knight B.F.: *Deployable Antenna Kinematics using Tensegrity Structure Design*, PhD Dissertation, University of Florida, Gainesville, 2000
- [10] Fuller R.B.: *Tensile-Integrity Structures*, U.S. Patent No. 3,063,521, November 13, 1962
- [11] Fuller R.B.: *Synergetics: Explorations in the Geometry of Thinking*, New York: Mac Millan Publishing Co. Inc., 1975
- [12] Snelson K.: *Continuous tension, discontinuous compression structures*, U.S. Patent No. 3,169,611, February 11, 1965
- [13] Wang B.B.: *Cable-strut systems: Part I – Tensegrity*, Journal of Constructional Steel Research, Vol. 45 No. 3, 1998
- [14] Skelton R.E., Helton J.W., Adhikari R., Pinaud J.P., Chan W.: *An Introduction to the Mechanics of Tensegrity Structures, Dynamics and Control of Aerospace Systems*, University of California, San Diego, CRC Press LLC, 2002

- [15] Motro R.: *Tensegrity: Structural Systems for the Future*, London, Kogan Page Science, 2003
- [16] <http://oxforddictionaries.com/us/definition/english/tensegrity>
- [17] Bieniek Z.: *Space-filling tetrahedra*, *Symmetry: Art and Science*, The Journal of the International Society for the Interdisciplinary Study of Symmetry (ISIS-Symmetry), pp. 44–47, 2009
- [18] Bieniek Z.: *A review of the Tensegrity Systems*, *Symmetry: Art and Science*, The Journal of the International Society for the Interdisciplinary Study of Symmetry (ISIS-Symmetry), pp. 48–51, 2009
- [19] Bieniek Z.: *Chosen Ideas Of Geometrical Shaping Of Modular Tensegrity Structures*, *Structural Engineers World Congress*, Como, Italy, 2011
- [20] Bieniek Z.: *Tensegrity – integrujące rozciąganie w systemach architektonicznych*, Oficyna Wydawnicza PRz, Rzeszów, 2012

Wojciech DORNOWSKI
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

OPIS KONWEKCYJNY KINEMATYKI, SPRĘŻYSTO-PLASTYCZNYCH DEFORMACJI SKOŃCZONYCH

1. WSTĘP

Wybór takiego czy innego układu współrzędnych nie wpływa na poziom ogólności rozważanego modelu matematycznego deformacji ciała odkształcalnego (niezależność opisu od wyboru układu współrzędnych). Wybór ten ma jednak zasadnicze znaczenie z punktu widzenia konstrukcji algorytmów numerycznych, w których operuje się reprezentacjami liczbowymi wielkości tensorowych lub wektorowych. Motywację praktycznej przydatności opisu konwekcyjnego w analizie numerycznej problemów początkowobrzegowych przedstawiono w pracy [2].

Pojęcie układu współrzędnych konwekcyjnych nie jest nowe i było wykorzystywane w pracach dotyczących mechaniki ośrodków ciągłych (zob. np. [6, 10, 21]). Dotychczas jednak nie wskazano na bezpośredni związek opisu konwekcyjnego z koncepcją obiektywności względem całkowitego ruchu ośrodka ciągłego (translacja, obrót i odkształcenie). Próbę taką podjęto w niniejszej pracy.

W punkcie 2 artykułu przedstawiono podstawy kinematyki deformacji skończonych. Wykorzystano abstrakcyjne pojęcie różniczkowalnej. Umożliwiło to opis deformacji bez odwoływania się do otaczającej przestrzeni euklidesowej. W konfiguracji początkowej i aktualnej wprowadzono lokalne układy współrzędnych, homeomorficzne z tymi samymi podzbiórami przestrzeni euklidesowej. Podejście takie prowadzi bezpośrednio do pojęcia konwekcyjnego układu współrzędnych. Podano reguły transformacyjne dla przestrzennych pól tensorowych obiektywnych ze względu na zmianę konfiguracji aktualnej opisaną odwzorowaniem dyfeomorficznym.

Opis kinematyki deformacji sprężysto-plastycznych zawiera punkt 3. W sprężystości odciążonej przestrzeni stycznej do różniczkowalności reprezentującej konfigurację aktualną zdefiniowano tensor metryczny, który jest miarą deformacji czysto plastycznej. Wykazano, że transformacje tego tensora do konfiguracji początkowej i aktualnej prowadzą do definicji odpowiednich tensorów deformacji plastycznej Cauchy-Greena. W ramach koncepcji obiektywności względem całkowitego ruchu ośrodka ciągłego wykazano tożsa-

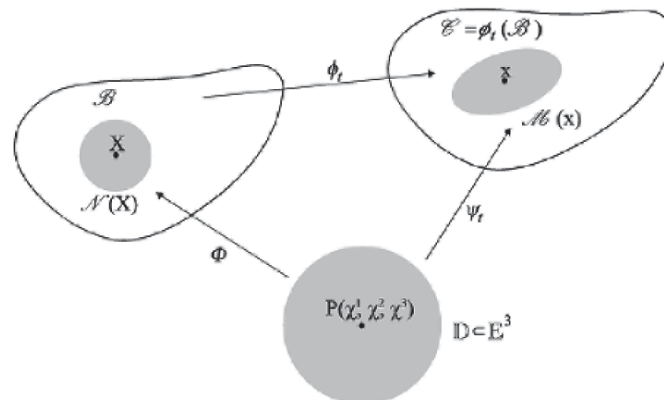
mość multiplikatywnego rozkładu gradientu deformacji sprężysto-plastycznej z addytywnymi rozkładami innych miar odkształcenia i prędkości odkształcenia sprężysto-plastycznego. Podano reguły transformacyjne dla tensorowych miar odkształcenia i prędkości odkształcenia.

W punkcie 4 pracy rozważając zasady zachowania wykazano, że miarą prędkości deformacji sprzężoną w sensie Hilla z pierwszym tensorem naprężenia Pioli-Kirchhoffa jest pewien dwupunktowy tensor, który nie jest gradientem materialnego lub przestrzennego pola prędkości, jak się powszechnie sądzi. Postępując się pojęciem funkcji energii swobodnej zaproponowano pewne sformułowanie postulatu obiektywności materialnej dla struktury konstytutywnej z parametrami wewnętrznymi.

W punkcie 5, wykorzystując ten postulat, przedstawiono ogólną postać struktury konstytutywnej typu prędkościowego z parametrami wewnętrznymi. Wnioski końcowe przedstawiono w zakończeniu.

2. KINEMATYKA DEFORMACJI SKOŃCZONYCH W OPISIE KONWEKCYJNYM

Rozważamy ciało materialne \mathcal{B} , które jest rozmaitością różniczkowalną. W otoczeniach $\mathcal{N}(X)$ punktów X rozmaitości \mathcal{B} (cząstek materialnych X ciała \mathcal{B}) wprowadzamy lokalne układy współrzędnych, dyfeomorficzne z podzbiórami otwartymi \mathbb{D} przestrzeni euklidesowej \mathbb{E}^3 . Zatem dla każdego otoczenia $\mathcal{N}(X)$ istnieje odwzorowanie regularne $\Phi: \mathbb{D} \rightarrow \mathcal{N}(X)$ takie, że $X = \Phi(\chi^1, \chi^2, \chi^3)$, (rys. 2.1). Liczby χ^1, χ^2, χ^3 są współrzędnymi punktu X w układzie Φ . Wektorową przestrzeń liniową $T_X \mathcal{B}$, przechodzącą $X \in \mathcal{B}$ przez i równoległą do wektorów bazowych $\mathbf{G}_i(X) = \partial_i \Phi$, $i=1,2,3$ nazywamy przestrzenią styczną do rozmaitości \mathcal{B} w punkcie X .



Rys. 2.1. Geometryczna interpretacja konwekcyjnego układu współrzędnych (opis w tekście)

Ruch ciała materialnego opisujemy odwzorowaniem dyfeomorficznym $\phi_t: \mathcal{B} \rightarrow \mathcal{C}$ takim, że $x = \phi(X, t)$ dla każdej cząstki $X \in \mathcal{B}$ i $t \in \mathbb{R}$. Przez x oznaczamy punkty rozmaitości \mathcal{C} zajmowane przez cząstkę X w chwili t . Dla każdego otoczenia $\mathcal{M}(x)$ punktów $x \in \mathcal{C}$ przyjmujemy odwzorowanie regularne $\psi_t: \mathbb{D}(P) \rightarrow \mathcal{M}(x)$ takie, że $x = \psi_t(\chi^1, \chi^2, \chi^3)$. Wówczas lokalne układy współrzędnych Φ i ψ_t są dyfeomorficzne z tymi samymi podzbiorami przestrzeni \mathbb{E}^3 (rys. 2.1). Wprowadzony w ten sposób układ współrzędnych $\psi_t = \phi_t \circ \Phi$ w rozmaitości \mathcal{C} nazywamy układem współrzędnych konwekcyjnych. Wektorową przestrzeń liniową $T_x \mathcal{C}$, przechodzącą przez $x \in \mathcal{C}$ i równoległą do wektorów bazowych $\mathbf{g}_i(x, t) = \partial_i \psi_t$, $i = 1, 2, 3$ nazywamy przestrzenią styczną do rozmaitości \mathcal{C} w punkcie x .

Wykorzystując regułę różniczkowania funkcji złożonej $\psi_t = \phi_t \circ \Phi$ otrzymujemy

$$\mathbf{g}_i(x, t) = \partial_i \psi_t = \partial_\phi \phi_t \cdot \partial_i \Phi = \mathbf{F}(X, t) \cdot \mathbf{G}_i(X). \quad (2.1)$$

Liniowe odwzorowanie $\mathbf{F}(X, t) = \partial_\phi \phi_t: T_X \mathcal{B} \rightarrow T_x \mathcal{C}$ takie, że w układzie współrzędnych konwekcyjnych zachodzi związek (2.1), nazywamy gradientem deformacji.

Zatem jeżeli \mathbf{G}_i jest polem wektorów bazowych zadanych na \mathcal{B} , a ϕ jest odwzorowaniem regularnym, wówczas transformacja $\phi_* \mathbf{G}_i \mathbf{F} \cdot \mathbf{G}_i = \mathbf{g}_i$ określa pole wektorów bazowych na $\phi(\mathcal{B})$. Podobnie jeżeli \mathbf{g}_i jest polem wektorów bazowych zadanych na $\phi(\mathcal{B})$, wówczas pole wektorów bazowych na \mathcal{B} określa transformacja $\phi^* \mathbf{g}_i = \mathbf{F}^{-1} \cdot \mathbf{g}_i = \mathbf{G}_i$. Dla wielkości tensorowych postać operatorów ϕ_* i ϕ^* będzie bardziej złożona.

Iloczyny skalarne $G_{ij} = \mathbf{G}_i \cdot \mathbf{G}_j$, $g_{ij} = \mathbf{g}_i \cdot \mathbf{g}_j$ tworzą macierze metryczne lokalnych układów Φ i ψ_t , odpowiednio w konfiguracjach \mathcal{B} i \mathcal{C} . Wprowadzając bazy dualne do baz \mathbf{G}_i i \mathbf{g}_i , tj. bazy których wektory spełniają zależności $\mathbf{G}^i \cdot \mathbf{G}_j = \delta_j^i$ i $\mathbf{g}^i \cdot \mathbf{g}_j = \delta_j^i$, definiujemy macierze odwrotne do odpowiednich macierzy metrycznych tj. $G^{ij} = \mathbf{G}^i \cdot \mathbf{G}^j$ i $g^{ij} = \mathbf{g}^i \cdot \mathbf{g}^j$. Ponieważ zachodzą jednoznaczne rozkłady $\mathbf{G}^i = G^{ij} \mathbf{G}_j$ i $\mathbf{g}^i = g^{ij} \mathbf{g}_j$, to $\mathbf{G}^i(X) \in T_X \mathcal{B}$ i $\mathbf{g}^i(x) \in T_x \mathcal{C}$.

Tensorzy metryczne układów Φ i ψ_t przyjmują postać:

$$\begin{aligned} \mathbf{G} &= G_{ij} (\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j) = G^{ij} (\mathbf{G}_i \otimes \mathbf{G}_j) = \delta_j^i (\mathbf{G}_i \otimes \mathbf{G}^j) = \delta_i^j (\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}_j), \\ \mathbf{g} &= g_{ij} (\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j) = g^{ij} (\mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}_j) = \delta_j^i (\mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}^j) = \delta_i^j (\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}_j). \end{aligned} \quad (2.2)$$

Materialne elementy liniowe, odpowiednio początkowy i zdeformowany, są reprezentowane przez wektory:

$$\begin{aligned} d\mathbf{R}(X) &= \mathbf{G}_i(X) d\chi^i \in T_X \mathcal{B} \\ d\mathbf{r}(x, t) &= \mathbf{g}_i(x, t) d\chi^i = \mathbf{F}(X, t) \cdot d\mathbf{R}(X) \in T_x \mathcal{C} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Formy kwadratowe

$$\begin{aligned} (dS)^2 &= d\mathbf{R} \cdot \mathbf{G} \cdot d\mathbf{R} = d\mathbf{r} \cdot \mathbf{c} \cdot d\mathbf{r}, \\ (ds)^2 &= d\mathbf{r} \cdot \mathbf{g} \cdot d\mathbf{r} = d\mathbf{R} \cdot \mathbf{C} \cdot d\mathbf{R} \end{aligned} \quad (2.4)$$

określają kwadraty długości elementów liniowych względem wyróżnionych konfiguracji. Tensory

$$\begin{aligned} \mathbf{C} &= \phi^* \mathbf{g}, \quad \mathbf{C} = \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{F} = g_{ij} (\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j), \\ \mathbf{c} &= \phi_* \mathbf{G}, \quad \mathbf{c} = \mathbf{F}^{-T} \cdot \mathbf{G} \cdot \mathbf{F}^{-1} = G_{ij} (\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j). \end{aligned} \quad (2.5)$$

noszą nazwy lewego i prawego tensora deformacji Cauchy-Greena. Wynikają one z transformacji odpowiednich tensorów metrycznych. Z (2.5) wynika, że słuszniej byłoby nazywać tensorem deformacji tylko materialny tensor Cauchy-Greena \mathbf{C} . Tensor przestrzenny \mathbf{c} wyraża jedynie metrykę konfiguracji niezdeformowanej w odniesieniu do zmiennego w czasie obszaru \mathcal{E} . Potwierdzenie powyższych wniosków uzyskamy rozpatrując obiektywne prędkości zmian wielkości (2.5).

Tensorowe miary odkształcenia wyznaczamy z różnicy form kwadratowych (2.4),

$$(ds)^2 - (dS)^2 = 2d\mathbf{R} \cdot \mathbf{E} \cdot d\mathbf{R} = 2d\mathbf{r} \cdot \mathbf{e} \cdot d\mathbf{r}. \quad (2.6)$$

Dla konfiguracji początkowej otrzymujemy znany tensor odkształcenia Lagrange'a

$$2\mathbf{E} = \mathbf{C} - \mathbf{G} = (g_{ij} - G_{ij})(\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j). \quad (2.7)$$

Tensor odkształcenia Eulera

$$2\mathbf{e} = \mathbf{g} - \mathbf{c} = (g_{ij} - G_{ij})(\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j) \quad (2.8)$$

jest miarą odkształcenia w konfiguracji aktualnej \mathcal{E} . W opisie konwekcyjnym reprezentacje tensorów \mathbf{E} i \mathbf{e} są identyczne i wyrażają się różnicą składowych odpowiednich tensorów metrycznych.

Związki pomiędzy tensorami odkształcenia przyjmują postać

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &= \phi^* \mathbf{e}, \quad \mathbf{E} = \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{e} \cdot \mathbf{F}, \\ \mathbf{e} &= \phi_* \mathbf{E}, \quad \mathbf{e} = \mathbf{F}^{-T} \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{F}^{-1}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Tensorowe miary prędkości odkształcenia powinny być tak zdefiniowane, aby ewentualny brak zmian odkształcenia wyrażał się znikaniem pochodnej materialnej formy kwadratowej (2.4)₂,

$$[(ds)^2]^\cdot = (d\mathbf{r})^\cdot \cdot \mathbf{g} \cdot d\mathbf{r} + d\mathbf{r} \cdot \dot{\mathbf{g}} \cdot d\mathbf{r} + d\mathbf{r} \cdot \mathbf{g} \cdot (d\mathbf{r})^\cdot = d\mathbf{R} \cdot \dot{\mathbf{C}} \cdot d\mathbf{R}. \quad (2.10)$$

Pochodna materialna elementu liniowego w konfiguracji aktualnej \mathcal{E} przyjmuje postać

$$(d\mathbf{r})^\cdot = \dot{\mathbf{F}} \cdot d\mathbf{R} = \dot{\mathbf{F}} \cdot \mathbf{F}^{-1} \cdot d\mathbf{r} = \mathbf{l} \cdot d\mathbf{r}. \quad (2.11)$$

Odwzorowanie $\mathbf{l}(x, t): T_x \mathcal{E} \rightarrow T_x \mathcal{E}$ takie, że $\mathbf{l} = \dot{\mathbf{F}} \cdot \mathbf{F}^{-1} = \dot{\mathbf{g}}_i \otimes \mathbf{g}^i$ nazywamy gradientem przestrzennego pola prędkości $\mathbf{v}(x, t)$ ruchu ϕ_t . Podstawiając (2.11) do (2.10) otrzymujemy

$$[(ds)^2]^\cdot = d\mathbf{r} \cdot L_v \mathbf{g} \cdot d\mathbf{r} = d\mathbf{R} \cdot \dot{\mathbf{C}} \cdot d\mathbf{R}, \quad (2.12)$$

gdzie $L_v \mathbf{g} = \dot{\mathbf{g}} + \mathbf{g} \cdot \mathbf{l} + \mathbf{l}^T \cdot \mathbf{g}$ jest pochodną Liego tensora metrycznego konfiguracji aktualnej \mathcal{E} . Warunek $L_v \mathbf{g} = 0$ implikuje $[(ds)^2]^\cdot = 0$, zatem $L_v \mathbf{g}$ stanowi tensorową miarę prędkości odkształcenia, odniesioną do konfiguracji \mathcal{E} . W opisie materialnym taką miarą jest pochodna materialna lewego tensora deformacji Cauchy-Greena $\dot{\mathbf{C}} = \phi^* L_v \mathbf{g}$.

Pochodna Liego przestrzennego tensora Cauchy-Greena $L_v \mathbf{c} = \dot{\mathbf{c}} + \mathbf{c} \cdot \mathbf{l} + \mathbf{l}^T \cdot \mathbf{c}$ jest zawsze równa zero, ponieważ $L_v \mathbf{c} = \phi_* \dot{\mathbf{G}}$, a $\dot{\mathbf{G}} = 0$ dla wszystkich $t \in \mathbb{R}$. Zatem tensor \mathbf{c} nie jest przestrzenną miarą deformacji. Zachodzą również zależności:

$$\begin{aligned} 2\dot{\mathbf{E}} &= \dot{\mathbf{C}} = \dot{g}_{ij} (\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j), \\ 2\mathbf{d} &= 2L_v \mathbf{e} = L_v \mathbf{g} = \dot{g}_{ij} (\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j). \end{aligned} \quad (2.13)$$

Rezultat (2.13)₁ potwierdza fakt, że pochodna materialna tensora odkształcenia Lagrange'a jest miarą prędkości odkształcenia dla konfiguracji początkowej \mathcal{B} . Dla konfiguracji aktualnej \mathcal{E} taką miarą jest tensor prędkości deformacji \mathbf{d} (2.13)₂. W opisie konwekcyjnym reprezentacje tensorów $\dot{\mathbf{E}}$ i \mathbf{d} są identyczne i wyrażają się pochodnymi materialnymi względem czasu kowariantnych składowych tensora metrycznego \mathbf{g} . Zależności pomiędzy tensorami $\dot{\mathbf{E}}$ i \mathbf{d} określają następujące reguły transformacyjne:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{E}} &= \phi^* \mathbf{d}, \quad \dot{\mathbf{E}} = \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{d} \cdot \mathbf{F}, \\ \mathbf{d} &= \phi_* \dot{\mathbf{E}}, \quad \mathbf{d} = \mathbf{F}^{-T} \cdot \dot{\mathbf{E}} \cdot \mathbf{F}^{-1}. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Na podstawie gradientu $\mathbf{F} = g_{ij}(\mathbf{g}_i \otimes \mathbf{G}^j)$ deformacji możemy zdefiniować tensorową miarę prędkości odkształcenia $\mathbf{K}(X, t): T_X \mathcal{B} \rightarrow T_X \mathcal{C}$ związaną z bazami w konfiguracjach \mathcal{B} i \mathcal{C} (tensor rozdwojony) taką, że $\dot{g}_{ij} = \dot{\mathbf{g}}_i \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{G}_j + \mathbf{g}_i \cdot \dot{\mathbf{F}} \cdot \mathbf{G}_j = \mathbf{g}_i \cdot (\dot{\mathbf{F}} + \mathbf{I}^T \cdot \mathbf{F}) \cdot \mathbf{G}_j = \mathbf{g}_i \cdot 2\mathbf{K} \cdot \mathbf{G}_j$, zatem

$$2\mathbf{K} = \dot{\mathbf{F}} + \mathbf{I}^T \cdot \mathbf{F} = \dot{g}_{ij}(\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{G}^j). \quad (2.15)$$

Związki tensora \mathbf{K} z miarami (2.13) mają następującą postać:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{E}} &= \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{K}, & \mathbf{K} &= \mathbf{F}^{-T} \cdot \dot{\mathbf{E}}, \\ \mathbf{d} &= \mathbf{K} \cdot \mathbf{F}^{-1}, & \mathbf{K} &= \mathbf{d} \cdot \mathbf{F}. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Warto zwrócić uwagę na fakt, że tensor \mathbf{K} nie jest gradientem materialnego pola prędkości, nie jest również gradientem przestrzennego pola prędkości, ponieważ

$$\text{grad } \mathbf{v}(X, t) = \text{grad } \mathbf{v}(x, t) \cdot \mathbf{F} = \partial_t \mathbf{F} = \dot{\mathbf{F}} = 2\mathbf{K} - \mathbf{I}^T \cdot \mathbf{F} = \dot{\mathbf{g}}_i \otimes \mathbf{G}^i. \quad (2.17)$$

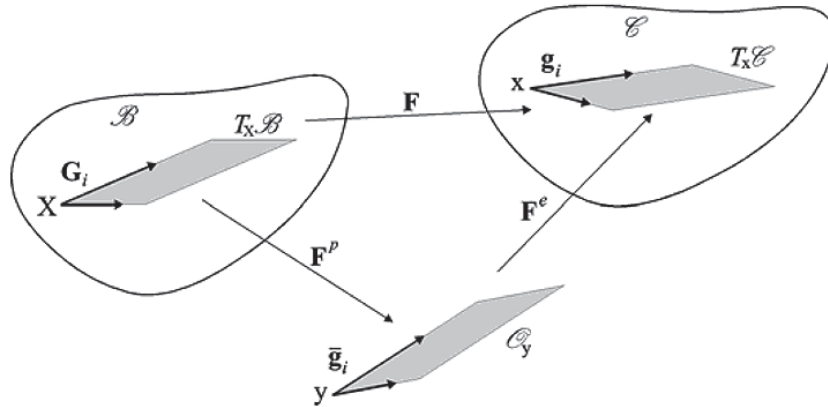
Wykorzystywana przy konstruowaniu przestrzennych miar prędkości odkształcenia pochodna Liego jest związana z pojęciem obiektywności materialnej tych miar ze względu na odwzorowanie dyfeomorficzne (ruch ciała materialnego) [17]. W ogólności, pole tensorowe \mathbf{t} określone na rozmaitości \mathcal{C} jest obiektywne, jeżeli dla odwzorowania regularnego $\xi: \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{C}'$, rozmaitości \mathcal{C} w inną rozmaitość \mathcal{C}' , istnieje transformacja $\mathbf{t}' = \xi_* \mathbf{t}$. Pola tensorowe, obiektywne w powyższym sensie, mają obiektywne pochodne Lie'go. Zatem dla odwzorowań regularnych (ruchów) $\phi_t: \mathcal{B} \rightarrow \mathcal{C}$ i $\phi'_t: \mathcal{B} \rightarrow \mathcal{C}'$, gdzie $\phi'_t = \xi \circ \phi_t$, oraz dla obiektywnego pola tensorowego \mathbf{t} określonego na rozmaitości \mathcal{C} zachodzą następujące reguły transformacyjne:

$$\mathbf{t}' = \xi_* \mathbf{t}, \quad L_{v'} \mathbf{t}' = \xi_* (L_v \mathbf{t}). \quad (2.18)$$

Przez v oznaczono pole prędkości ruchu ϕ_t , v' jest polem prędkości ruchu ϕ'_t .

Wzory transformacyjne dla przestrzennego pola tensorowego, obiektywnego względem aktualnego ruchu $\phi_t: \mathcal{B} \rightarrow \mathcal{C}$ ciała odkształcalnego, otrzymamy zakładając w (2.18) $\xi = \phi_t^{-1}: \mathcal{B} \rightarrow \mathcal{C}$. Wówczas otrzymamy $\mathbf{T} = \phi_* \mathbf{t}$, $\dot{\mathbf{T}} = \phi^* (L_v \mathbf{g})$.

3. SPRĘŻYSTO-PLASTYCZNE DEFORMACJE SKOŃCZONE


 Rys. 3.1. Geometryczna interpretacja przestrzeni odciążonej \mathcal{O}_y

Rozważamy przestrzeń $T_x \mathcal{C}$ styczną do rozmaitości \mathcal{C} w punkcie x , w chwili t deformacji sprężysto-plastycznej. Przy założeniu lokalnego odciążenia sprężystego rozważana przestrzeń przestaje być styczna do rozmaitości \mathcal{C} i zajmuje inny obszar, który oznaczamy przez \mathcal{O}_y (rys. 3.1). Odciążenie sprężyste jest tutaj rozumiane jako odciążenie w zakresie odkształceń sprężystych. Rezultatem takiego odciążenia nie musi być stan beznaprężeniowy – w otoczeniu cząstki materialnej mogą pozostawać naprężenia resztkowe wywołane anizotropią plastyczną. W takim przypadku zupełne odciążenie (usunięcie naprężeń resztkowych) wymaga dodatkowego odkształcenia plastycznego.

Odwzorowania liniowe

$$\begin{aligned} \mathbf{F}^p(\mathbf{X}, t) : T_x \mathcal{B} &\rightarrow \mathcal{O}_y, & \bar{\mathbf{g}}_i(\mathbf{y}, t) &= \mathbf{F}^p(\mathbf{X}, t) \cdot \mathbf{G}_i(\mathbf{X}), \\ \mathbf{F}^e(\mathbf{y}, t) : \mathcal{O}_y &\rightarrow T_x \mathcal{C}, & \mathbf{g}_i(\mathbf{x}, t) &= \mathbf{F}^e(\mathbf{y}, t) \cdot \bar{\mathbf{g}}_i(\mathbf{y}, t), \end{aligned} \quad (3.1)$$

określają części plastyczną i sprężystą gradientu deformacji. Wektory bazowe $\bar{\mathbf{g}}_i(\mathbf{y}, t)$ są elementami przestrzeni liniowej \mathcal{O}_y , odciążonej sprężystości. Podstawiając (3.1)₁ do (3.1)₂ i biorąc pod uwagę (2.1) otrzymujemy $\mathbf{F} = \mathbf{F}^e \cdot \mathbf{F}^p$. Teorię opartą na multiplikatywnym rozkładzie gradientu deformacji zaproponowano w pracach [15, 16]. Uogólnienie koncepcji opisu skończonych deformacji sprężysto-plastycznych, u podstaw której leży rozkład multiplikatywny przedstawiono w [13]. Dla materiałów polikrystalicznych, takich jak metale, rozważana koncepcja ma interpretację fizykalną opartą na mechanice ruchu dyslokacji [14].

Rozkład multiplikatywny $\mathbf{F} = \mathbf{F}^e \cdot \mathbf{F}^p$ nie wyczerpuje wszystkich możliwości sprężysto-plastycznych dekompozycji deformacji całkowitej. W pracy [7] wprowadzono addytywny rozkład tensora odkształcenia Lagrange'a $\mathbf{E} = \mathbf{E}^e + \mathbf{E}^p$, gdzie \mathbf{E}^e i \mathbf{E}^p są częściami odpowiednio sprężystą i plastyczną. Rozkład ten wykorzystano w opisie podstaw termodynamiki ciał sprężysto-plastycznych [8, 19]. W pracach dotyczących metod numerycznej analizy dużych deformacji sprężysto-plastycznych, [11, 12, 18, 20] z reguły postułowano addytywny rozkład tensora prędkości deformacji $\mathbf{d} = \mathbf{d}^e + \mathbf{d}^p$. W różnych kontekstach analizowano też związki pomiędzy różnymi sposobami dekompozycji deformacji sprężysto-plastycznej [9, 22].

W pracy [24], w ramach koncepcji obiektywności względem całkowitego ruchu ciała materialnego, wykazano, że addytywne rozkłady miar odkształcenia i prędkości odkształcenia mogą być wyprowadzone na podstawie rozkładu multiplikatywnego $\mathbf{F} = \mathbf{F}^e \cdot \mathbf{F}^p$. Własność tą wykażemy posługując się opisem konwekcyjnym.

Kwadrat długości odciążonego elementu liniowego ma następującą postać:

$$(\overline{d\bar{s}})^2 = d\bar{\mathbf{r}} \cdot \bar{\mathbf{g}} \cdot d\bar{\mathbf{r}} = d\mathbf{R} \cdot \mathbf{C}^p \cdot d\mathbf{R} = d\mathbf{r} \cdot \mathbf{c}^p \cdot d\mathbf{r}, \quad (3.2)$$

gdzie $\bar{\mathbf{g}} = \bar{g}_{ij}(\bar{\mathbf{g}}^i \otimes \bar{\mathbf{g}}^j)$ jest tensorem metrycznym przestrzeni \mathcal{C}_y , odciążonej sprężystości. Tensor $\bar{\mathbf{g}}$ jest więc miarą deformacji czysto plastycznej. W wyniku transformacji tego tensora do jakiegokolwiek innej konfiguracji otrzymywać będziemy inne miary deformacji plastycznej. Zatem odpowiednie tensory Cauchy-Greena deformacji plastycznej są określone przez transformacje $\mathbf{C}^p = \mathbf{F}^{p^T} \cdot \bar{\mathbf{g}} \cdot \mathbf{F}^p = \bar{g}_{ij}(\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j)$ i $\mathbf{c}^p = \mathbf{F}^{e^T} \cdot \bar{\mathbf{g}} \cdot \mathbf{F}^{e-1} = \bar{g}_{ij}(\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j)$, w których gradienty \mathbf{E}^e i \mathbf{E}^p pełnią rolę operatorów transformujących. W niektórych pracach dotyczących problematyki sprężysto-plastycznych deformacji skończonych transformacja $\mathbf{F}^{e^T} \cdot \bar{\mathbf{g}} \cdot \mathbf{F}^{e-1}$ jest interpretowana jako miara deformacji sprężystej. Na przykład w [24] wyrażenie $\mathbf{F}^{e^T} \cdot \bar{\mathbf{g}} \cdot \mathbf{F}^{e-1} = \mathbf{b}^{e-1} = \mathbf{c}^e$ definiuje tensor deformacji sprężystej Fingera, natomiast odkształcenie plastyczne określono z różnicy $2\mathbf{e}^p = \mathbf{c}^e - \mathbf{c}$, z której z kolei wynika, że $2L_v \mathbf{e}^p = L_v \mathbf{c}^e$. Możemy zatem wnioskować, że w ogólności obiektywne miary prędkości odkształcenia plastycznego i sprężystego pozostają w relacji określonej proporcją, co oczywiście wskazuje na niepoprawność takiej definicji.

Definicje odkształceń sprężystych i plastycznych przyjmują postać

$$\begin{aligned} (d\mathbf{s})^2 - (\overline{d\bar{s}})^2 &= 2d\mathbf{R} \cdot \mathbf{E}^e \cdot d\mathbf{R} = 2d\mathbf{r} \cdot \mathbf{e}^e \cdot d\mathbf{r}, \\ (\overline{d\bar{s}})^2 - (d\mathbf{s})^2 &= 2d\mathbf{R} \cdot \mathbf{E}^p \cdot d\mathbf{R} = 2d\mathbf{r} \cdot \mathbf{e}^p \cdot d\mathbf{r}. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Dla konfiguracji początkowej otrzymujemy następujące tensorowe miary odkształcenia sprężystego i plastycznego:

$$\begin{aligned} 2\mathbf{E}^e &= \mathbf{C} - \mathbf{C}^p = (g_{ij} - \bar{g}_{ij})(\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j), \\ 2\mathbf{E}^p &= \mathbf{C}^p - \mathbf{C} = (\bar{g}_{ij} - g_{ij})(\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j). \end{aligned} \quad (3.4)$$

Tensorzy odkształcenia Eulera

$$\begin{aligned} 2\mathbf{e}^e &= \mathbf{g} - \mathbf{c}^p = (\mathbf{g}_{ij} - \bar{\mathbf{g}}_{ij})(\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j), \\ 2\mathbf{e}^p &= \mathbf{c}^p - \mathbf{c} = (\bar{\mathbf{g}}_{ij} - G_{ij})(\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j) \end{aligned} \quad (3.5)$$

są miarami odkształcenia sprężystego i plastycznego w konfiguracji aktualnej. W przyjętym opisie konwekcyjnym reprezentacje przestrzennych miar odkształcenia są takie same jak reprezentacje odpowiednich miar odniesionych do konfiguracji początkowej.

Dla tensorów (3.4) oraz (3.5) zachodzą relacje addytywności w stosunku do odpowiednich tensorów odkształcenia całkowitego $\mathbf{E} = \mathbf{E}^e + \mathbf{E}^p$, $\mathbf{e} = \mathbf{e}^e + \mathbf{e}^p$. Obowiązują także następujące reguły transformacyjne:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}^e &= \phi^* \mathbf{e}^e, \quad \mathbf{E}^e = \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{e}^e \cdot \mathbf{F}, \quad \mathbf{E}^p = \phi^* \mathbf{e}^p, \quad \mathbf{E}^p = \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{e}^p \cdot \mathbf{F}, \\ \mathbf{e}^e &= \phi_* \mathbf{E}^e, \quad \mathbf{e}^e = \mathbf{F}^{-T} \cdot \mathbf{E}^e \cdot \mathbf{F}^{-1}, \quad \mathbf{e}^p = \phi_* \mathbf{E}^p, \quad \mathbf{e}^p = \mathbf{F}^{-T} \cdot \mathbf{E}^p \cdot \mathbf{F}^{-1}. \end{aligned} \quad (3.6)$$

Definicje prędkości zmian odkształceń sprężystych i plastycznych przyjmują postać

$$\begin{aligned} [(\mathbf{d}s)^2] \cdot - [(\mathbf{d}\bar{s})^2] \cdot &= 2\mathbf{d}\mathbf{R} \cdot \dot{\mathbf{E}}^e \cdot \mathbf{d}\mathbf{R} = 2\mathbf{d}\mathbf{r} \cdot \mathbf{L}_v \mathbf{e}^e \cdot \mathbf{d}\mathbf{r}, \\ [(\mathbf{d}\bar{s})^2] \cdot &= 2\mathbf{d}\mathbf{R} \cdot \dot{\mathbf{E}}^p \cdot \mathbf{d}\mathbf{R} = 2\mathbf{d}\mathbf{r} \cdot \mathbf{L}_v \mathbf{e}^p \cdot \mathbf{d}\mathbf{r}. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Wynikają z nich następujące tensorowe miary prędkości odkształcenia sprężystego i plastycznego, odniesione do konfiguracji \mathcal{B} :

$$\begin{aligned} 2\dot{\mathbf{E}}^e &= \dot{\mathbf{C}} - \dot{\mathbf{C}}^p = (\dot{\mathbf{g}}_{ij} - \dot{\bar{\mathbf{g}}}_{ij})(\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j), \\ 2\dot{\mathbf{E}}^p &= \dot{\mathbf{C}}^p = \dot{\bar{\mathbf{g}}}_{ij}(\mathbf{G}^i \otimes \mathbf{G}^j). \end{aligned} \quad (3.8)$$

Tensorzy

$$\begin{aligned} 2\mathbf{d}^e &= 2\mathbf{L}_v \mathbf{e}^e = \mathbf{L}_v \mathbf{g} - \mathbf{L}_v \mathbf{c}^p = (\dot{\mathbf{g}}_{ij} - \dot{\bar{\mathbf{g}}}_{ij})(\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j), \\ 2\mathbf{d}^p &= 2\mathbf{L}_v \mathbf{e}^p = \mathbf{L}_v \mathbf{c}^p = \dot{\bar{\mathbf{g}}}_{ij}(\mathbf{g}^i \otimes \mathbf{g}^j) \end{aligned} \quad (3.9)$$

są miarami prędkości odkształcenia sprężystego i plastycznego w konfiguracji aktualnej \mathcal{E} .

Dla tensorów (3.8) oraz (3.9) również zachodzą relacje addytywności w stosunku do odpowiednich tensorów prędkości odkształcenia całkowitego $\dot{\mathbf{E}} = \dot{\mathbf{E}}^e + \dot{\mathbf{E}}^p$ i $\mathbf{d} = \mathbf{d}^e + \mathbf{d}^p$. Podobnie gradient prędkości $\mathbf{l}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{l}^e(\mathbf{x}, t) + \mathbf{l}^p(\mathbf{x}, t)$ ruchu ϕ_t rozkłada się na część sprężystą $\mathbf{l}^e = \dot{\mathbf{F}}^e \cdot \mathbf{F}^{e-1}$ oraz część plastyczną $\mathbf{l}^p = \dot{\mathbf{F}}^p \cdot (\dot{\mathbf{F}}^p \cdot \mathbf{F}^{p-1}) \cdot \mathbf{F}^{e-1}$. W wyrażeniu na \mathbf{l}^p tensorzy \mathbf{F}^e i \mathbf{F}^{e-1} są operatorami transformacji do konfiguracji aktualnej dla wyrażenia $(\dot{\mathbf{F}}^p \cdot \mathbf{F}^{p-1})$.

Tensorowe miary prędkości odkształcenia sprężystego i plastycznego transformują się według wzorów

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{E}}^e &= \phi^* \mathbf{d}^e, & \dot{\mathbf{E}}^e &= \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{d}^e \cdot \mathbf{F}, & \dot{\mathbf{E}}^p &= \phi^* \mathbf{d}^p, & \dot{\mathbf{E}}^p &= \mathbf{F}^T \cdot \mathbf{d}^p \cdot \mathbf{F}, \\ \mathbf{d}^e &= \phi_* \dot{\mathbf{E}}^e, & \mathbf{d}^e &= \mathbf{F}^{-T} \cdot \dot{\mathbf{E}}^e \cdot \mathbf{F}^{-1}, & \mathbf{d}^p &= \phi_* \dot{\mathbf{E}}^p, & \mathbf{d}^p &= \mathbf{F}^{-T} \cdot \dot{\mathbf{E}}^p \cdot \mathbf{F}^{-1}, \end{aligned} \quad (3.10)$$

które są zgodne z regułami transformacyjnymi (3.6) dla odpowiednich miar odkształcenia sprężystego i plastycznego. Zatem wszystkie zdefiniowane miary odkształcenia i prędkości odkształcenia spełniają zasadę obiektywności materialnej ze względu na aktualny ruch ośrodka ciągłego.

4. OGRANICZENIA TERMODYNAMICZNE

Równania konstytutywne powinny spełniać szereg ograniczeń wynikających z postulowanych ogólnych zasad: współobecności, determinizmu, lokalności i obiektywności materialnej. Ponadto równania konstytutywne powinny być niesprzeczne z zasadami zachowania i drugą zasadą termodynamiki [25].

Rozważamy następujące zasady zachowania:

- *zasada zachowania masy;*

Zasadę tę możemy zapisać w postaci:

$$J(X,t) = \rho_0(X) / \rho(x,t) \quad \text{dla } X \in \mathcal{B} \quad \text{i} \quad x \in \mathcal{E} \quad (4.1)$$

gdzie $\rho_0(X)$ i $\rho(x,t)$ są gęstościami masy, odpowiednio w konfiguracjach \mathcal{B} i \mathcal{E} . Wielkość $J(X,t)$ określa Jacobian odwzorowania $\phi_t: \mathcal{B} \rightarrow \mathcal{E}$.

- *zasada zachowania pędu (pierwsze prawo ruchu Cauchy'ego);*

Dla konfiguracji aktualnej \mathcal{E} zasada zachowania pędu, przy pominięciu sił masowych, przyjmuje postać:

$$\rho \dot{\mathbf{v}}(x,t) = \text{div } \boldsymbol{\sigma}(x,t), \quad (4.2)$$

gdzie $\boldsymbol{\sigma}(x,t)$ jest tensorem naprężenia Cauchy'ego.

Postać równania ruchu dla konfiguracji początkowej \mathcal{B} znajdujemy wykorzystując tożsamość Pioli $\text{div } \mathbf{T}(X,t) = J(X,t) \text{div } \boldsymbol{\sigma}(x,t)$, w której $\mathbf{T}(X,t)$ jest pierwszym tensorem naprężenia Pioli-Kirchhoffa. Odpowiednio otrzymujemy:

$$\rho_0 \dot{\mathbf{v}}(X,t) = \text{div } \mathbf{T}(X,t) = \text{div} [\mathbf{F}(X,t) \cdot \mathbf{S}(X,t)]. \quad (4.3)$$

W powyższym równaniu przez $\mathbf{S}(X, t)$ oznaczono drugi tensor naprężenia Pioli-Kirchhoffa.

- zasada zachowania momentu pędu (drugie prawo ruchu Cauchy'ego);

Zasada ta wyraża się symetrią tensorów naprężenia $\boldsymbol{\sigma} = \boldsymbol{\sigma}^T$ w \mathcal{E} i $\mathbf{S} = \mathbf{S}^T$ w \mathcal{B} . W przypadku pierwszego tensora naprężenia Kirchhoffa (tensor niesymetryczny) otrzymujemy z niej, że $\mathbf{T} \cdot \mathbf{F}^T = \mathbf{F} \cdot \mathbf{T}^T$ w \mathcal{B} .

- zasada zachowania energii (pierwsza zasada termodynamiki);

Lokalna postać tej zasady dla konfiguracji aktualnej \mathcal{E} , przy pominięciu źródeł ciepła wewnątrz ciała, jest następująca:

$$\rho \dot{e}(\mathbf{x}, t) + \operatorname{div} \mathbf{q}(\mathbf{x}, t) = \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{x}, t) : \mathbf{d}(\mathbf{x}, t), \quad (4.4)$$

gdzie $\rho e(\mathbf{x}, t)$, jest gęstością energii wewnętrznej, przez $\mathbf{q}(\mathbf{x}, t)$ oznaczono wektor strumienia ciepła przez powierzchnię.

Rozważana zasada w odniesieniu do konfiguracji początkowej \mathcal{B} przyjmuje postać:

$$\rho_0 \dot{e}(\mathbf{X}, t) + \operatorname{div} \mathbf{Q}(\mathbf{X}, t) = \mathbf{T}(\mathbf{X}, t) : \mathbf{K}^T(\mathbf{X}, t) = \mathbf{S}(\mathbf{X}, t) : \dot{\mathbf{E}}(\mathbf{X}, t). \quad (4.5)$$

Tensor $\mathbf{K}(\mathbf{X}, t)$ będący miarą prędkości odkształcenia jest określony wzorem (2.15). Wektor strumienia ciepła transformuje się według reguły $\mathbf{Q} = J \phi^* \mathbf{q}$, $\mathbf{Q} = J \mathbf{F}^{-1} \cdot \mathbf{q}$, $\operatorname{div} \mathbf{Q} = J \operatorname{div} \mathbf{q}$, energia wewnętrzna transformuje się jak wielkość skalarna tzn. $e(\mathbf{x}, t) = e(\mathbf{X}, t)$.

Z prawa zachowania energii otrzymujemy następujące zależności:

$$\begin{aligned} 2\mathbf{S} : \dot{\mathbf{E}} &= \tau^{ij} \dot{g}_{kl} (\mathbf{G}_i \otimes \mathbf{G}_j) : (\mathbf{G}^k \otimes \mathbf{G}^l) = \tau^{ij} \dot{g}_{ji} \ , \\ 2\mathbf{T} : \mathbf{K}^T &= \tau^{ij} \dot{g}_{lk} (\mathbf{g}_i \otimes \mathbf{G}_j) : (\mathbf{G}^l \otimes \mathbf{g}^k) = \tau^{ij} \dot{g}_{ji} \ , \\ 2J\boldsymbol{\sigma} : \mathbf{d} &= 2\boldsymbol{\tau} : \mathbf{d} = \tau^{ij} \dot{g}_{kl} (\mathbf{g}_i \otimes \mathbf{g}_j) : (\mathbf{g}^k \otimes \mathbf{g}^l) = \tau^{ij} \dot{g}_{ji} \ , \end{aligned} \quad (4.6)$$

z których wynikają równości $\mathbf{S} : \dot{\mathbf{E}} = \mathbf{T} : \mathbf{K}^T = J\boldsymbol{\sigma} : \mathbf{d} = \boldsymbol{\tau} : \mathbf{d}$, przez $\boldsymbol{\tau} = J\boldsymbol{\sigma}$ oznaczono tensor naprężenia Kirchhoffa. W opisie konwekcyjnym kontrawariantne reprezentacje tensorów naprężenia \mathbf{S} , \mathbf{T} , $\boldsymbol{\tau}$ są identyczne, w (4.6) oznaczono je przez τ^{ij} . Tensory \mathbf{S} i $\dot{\mathbf{E}}$, \mathbf{T} i \mathbf{K} oraz $\boldsymbol{\tau}$ i \mathbf{d} są wielkościami sprzężonymi w sensie Hilla. W literaturze brak jest zgodności odnośnie do miary prędkości odkształcenia sprzężonej z pierwszym tensorem naprężenia Pioli-Kirchhoffa. Na przykład w [23] stwierdzono, że z tensorem \mathbf{T} jest sprzężony gradient przestrzennego pola prędkości $\mathbf{l}(\mathbf{x}, t) = \operatorname{grad} \mathbf{v}(\mathbf{X}, t)$, natomiast

w [17] taką miarą jest gradient materialnego pola prędkości $\dot{\mathbf{F}}(X, t) = \text{grad } \mathbf{v}(X, t)$. Jednak z (4.6) wynika, że z tensorem \mathbf{T} sprzężony jest tensor $\mathbf{K} = (\dot{\mathbf{F}} + \mathbf{1}^T \cdot \mathbf{F})/2$.

- nierówność produkcji entropii (druga zasada termodynamiki);

Jest to podstawowa zależność ogólna, która poza zasadami zachowania, określa klasę procesów dopuszczalnych w kontinuum materialnym. Dla konfiguracji aktualnej \mathcal{C} przyjmuje ona postać:

$$\begin{aligned} & \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{x}, t) : \mathbf{d}(\mathbf{x}, t) - \rho \left[\eta(\mathbf{x}, t) \dot{\vartheta}(\mathbf{x}, t) + \dot{\psi}(\mathbf{x}, t) \right] \\ & - \frac{1}{\vartheta(\mathbf{x}, t)} \mathbf{q}(\mathbf{x}, t) \cdot \text{grad } \vartheta(\mathbf{x}, t) \geq 0. \end{aligned} \quad (4.7)$$

Funkcja termodynamiczna $\psi(\mathbf{x}, t) = e(\mathbf{x}, t) - \eta(\mathbf{x}, t) \vartheta(\mathbf{x}, t)$ nosi nazwę energii swobodnej Helmholtza, przez $\vartheta(\mathbf{x}, t)$ oznaczono pole temperatury, $\eta(\mathbf{x}, t)$ jest polem gęstości (masowej) entropii.

Reguła transformacyjna:

$$\frac{J(\mathbf{X}, t)}{\vartheta(\mathbf{x}, t)} \mathbf{q}(\mathbf{x}, t) \cdot \text{grad } \vartheta(\mathbf{x}, t) = \frac{1}{\vartheta(\mathbf{X}, t)} \mathbf{Q}(\mathbf{X}, t) \cdot \text{grad } \vartheta(\mathbf{X}, t), \quad (4.8)$$

prowadzi do następującej postaci nierówności produkcji entropii dla konfiguracji początkowej \mathcal{B} :

$$\begin{aligned} & \mathbf{T}(\mathbf{X}, t) : \mathbf{K}^T(\mathbf{X}, t) - \rho_0 \left[\eta(\mathbf{X}, t) \dot{\vartheta}(\mathbf{X}, t) + \dot{\psi}(\mathbf{X}, t) \right] \\ & - \frac{1}{\vartheta(\mathbf{X}, t)} \mathbf{Q}(\mathbf{X}, t) \cdot \text{grad } \vartheta(\mathbf{X}, t) \geq 0. \end{aligned} \quad (4.9)$$

Funkcje temperatury, energii swobodnej i entropii transformują się według zależności:

$$\vartheta(\mathbf{x}, t) = \vartheta(\mathbf{X}, t), \quad \psi(\mathbf{x}, t) = \psi(\mathbf{X}, t), \quad \eta(\mathbf{x}, t) = \eta(\mathbf{X}, t). \quad (4.10)$$

W teorii termomechanicznej opisującej efekty dyssypatywne postuluje się istnienie funkcji energii swobodnej w postaci [5],

$$\psi = \hat{\psi}(\mathbf{F}, \vartheta, \mathbf{M})(\mathbf{X}, t) \quad \text{w } \mathcal{B}. \quad (4.11)$$

gdzie $\mathbf{M}(\mathbf{X}, t)$ jest wektorem parametrów wewnętrznych. Składowymi tego wektora mogą być wielkości skalarne, wektorowe bądź tensorowe. Uwzględniając,

że dla funkcji $\hat{\psi}$ zachodzi zależność $\dot{\psi}(X, t) = 2\partial_{\mathbf{F}}\hat{\psi} : \mathbf{K}^T + \partial_{\mathcal{G}}\hat{\psi} \dot{\mathcal{G}} + \partial_{\mathbf{M}}\hat{\psi} \cdot \dot{\mathbf{M}}$, po przekształceniach otrzymujemy następującą postać nierówności Clausiusa-Duhema:

$$\frac{1}{\rho_0}(\mathbf{T} - 2\rho_0\partial_{\mathbf{F}}\hat{\psi}) : \mathbf{K}^T - (\eta + \partial_{\mathcal{G}}\hat{\psi})\dot{\mathcal{G}} - \partial_{\mathbf{M}}\hat{\psi} \cdot \dot{\mathbf{M}} - \frac{1}{\rho_0\mathcal{G}}\mathbf{Q} \cdot \text{grad } \mathcal{G} \geq 0. \quad (4.12)$$

Powyższa nierówność powinna być spełniona dla dowolnych wartości \mathbf{K} , $\dot{\mathcal{G}}$, $\dot{\mathbf{M}}$. Wymaganie to prowadzi do następujących relacji konstytutywnych:

$$\mathbf{T} = 2\rho_0\partial_{\mathbf{F}}\hat{\psi}, \quad \eta = -\partial_{\mathcal{G}}\hat{\psi}. \quad (4.13)$$

W tym przypadku funkcja konstytutywna – energia swobodna jest potencjałem termodynamicznym dla pierwszego tensora naprężenia Pioli-Kirchhoffa i entropii. Po uwzględnieniu wzorów (4.13) nierówność Clausiusa-Duhema przybiera postać:

$$\hat{\mathcal{G}}i - \frac{1}{\rho_0\mathcal{G}}\mathbf{Q} \cdot \text{grad } \mathcal{G} \geq 0, \quad (4.14)$$

gdzie $\hat{\mathcal{G}}i(X, t) = -\partial_{\mathbf{M}}\hat{\psi} \cdot \dot{\mathbf{M}}$ jest wielkością dyssypacji wewnętrznej w materiale. Nierówność (4.14) nosi w literaturze nazwę nierówności dyssypatywnej i stanowi ograniczenie konstytutywne dla zależności $\hat{\psi}(X, t)$ od zmiennych wewnętrznych $\mathbf{M}(X, t)$, wynikające z drugiej zasady termodynamiki.

Biorąc pod uwagę, $\mathbf{S} = \mathbf{F}^{-1} \cdot \mathbf{T}$ że i wykorzystując (4.13)₁ otrzymujemy:

$$\mathbf{S} = 2\rho_0\mathbf{F}^{-1} \cdot (\partial_{\mathbf{C}}\hat{\psi} : \partial_{\mathbf{F}}\mathbf{C}) = 2\rho_0\partial_{\mathbf{C}}\hat{\psi}, \quad (4.15)$$

gdzie $\mathbf{C}(\mathbf{F})(X, t)$ jest lewym tensorem deformacji Cauchy-Greena (2.5)₁. Dysponujemy zatem zależnością pierwszego tensora naprężenia Pioli-Kirchhoffa od funkcji energii swobodnej (4.13)₁ i podobną zależnością dla drugiego tensora naprężenia Pioli-Kirchhoffa (4.15).

Uwzględniając zaś zależności transformacyjne:

$$\mathbf{C}(X, t) = \phi^*\mathbf{g}(x, t), \quad \mathbf{M}(X, t) = \phi^*\boldsymbol{\mu}(x, t), \quad \mathcal{G}(X, t) = \mathcal{G}(x, t) \quad (4.16)$$

otrzymujemy dla funkcji energii swobodnej $\hat{\psi}$ następujące równanie:

$$\hat{\psi}(\mathbf{C}, \mathcal{G}, \mathbf{M})(X, t) = \hat{\psi}(\phi^*\mathbf{g}, \mathcal{G}, \phi^*\boldsymbol{\mu})(X, t) = \hat{\psi}(\mathbf{g}, \mathcal{G}, \boldsymbol{\mu})(x, t). \quad (4.17)$$

Różniczkowanie funkcji $\hat{\psi}(\mathbf{g}, \vartheta, \boldsymbol{\mu})(x, t)$ względem tensora metrycznego \mathbf{g} prowadzi do rezultatu:

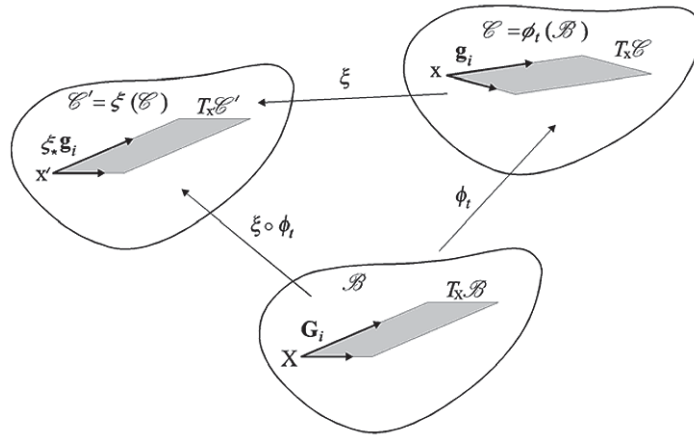
$$\partial_{\mathbf{g}} \hat{\psi}(x, t) = \partial_{\mathbf{C}} \hat{\psi}(X, t) : \partial_{\mathbf{g}} \mathbf{C} = \mathbf{F} \cdot \partial_{\mathbf{C}} \hat{\psi}(X, t) \cdot \mathbf{F}^T = \phi_* \partial_{\mathbf{C}} \hat{\psi}(X, t). \quad (4.18)$$

Zatem, po uwzględnieniu (4.15) w (4.18), ostatecznie otrzymujemy [3]:

$$\boldsymbol{\tau} = \phi_* \mathbf{S} = 2\rho_0 \phi_* \partial_{\mathbf{C}} \hat{\psi} = 2\rho_0 \partial_{\mathbf{g}} \hat{\psi}. \quad (4.19)$$

W ten sposób, w opisie przestrzennym postulujemy istnienie funkcji energii swobodnej w postaci $\psi = \hat{\psi}(\mathbf{g}, \vartheta, \boldsymbol{\mu})(x, t)$, gdzie $\boldsymbol{\mu}(x, t)$ jest wektorem parametrów wewnętrznych określonych dla konfiguracji aktualnej \mathcal{C} . Pozostałe zależności konstytutywne wyrażają się wzorami

$$\eta = -\partial_{\vartheta} \hat{\psi}, \quad \vartheta \hat{i} - \frac{1}{\rho} \mathbf{q} \cdot \text{grad } \vartheta \geq 0, \quad \vartheta \hat{i} = -\partial_{\boldsymbol{\mu}} \hat{\psi} \cdot \mathbf{L}_v \boldsymbol{\mu}. \quad (4.20)$$



Rys. 4.1. Graficzna interpretacja zmiany konfiguracji aktualnej na skutek nałożonego na nią dowolnego dyfeomorfizmu ξ_i

Postępując się pojęciem funkcji energii swobodnej, postulowaną zasadę obiektywności materialnej możemy zapisać następująco [17]:

Struktura konstytutywna jest obiektywna ze względu na nałożoną na konfigurację aktualną dowolną zmianę opisaną odwzorowaniem dyfeomorficznym $\xi: \mathcal{C} \rightarrow \mathcal{C}'$ takim, że $x' = \xi(x)$ (rys. 4.1.), jeżeli:

$$\hat{\psi}(\mathbf{g}, \vartheta, \boldsymbol{\mu})(x, t) = \hat{\psi}(\mathbf{g}', \vartheta, \boldsymbol{\mu}')(x', t), \quad (4.21)$$

gdzie

$$\mathbf{g}'(\mathbf{x}', t) = \xi_* \mathbf{g}(\mathbf{x}, t), \quad \boldsymbol{\mu}'(\mathbf{x}', t) = \xi_* \boldsymbol{\mu}(\mathbf{x}, t), \quad \vartheta(\mathbf{x}', t) = \vartheta(\mathbf{x}, t). \quad (4.22)$$

Przyjmując $\xi = \phi_t^{-1}: \mathcal{E} \rightarrow \mathcal{B}$ stwierdzamy, że:

Struktura konstytutywna jest obiektywna ze względu na aktualny ruch opisany odwzorowaniem dyfeomorficznym $\phi_t: \mathcal{E} \rightarrow \mathcal{B}$ takim, że $\mathbf{x} = \phi_t(\mathbf{X})$, jeżeli:

$$\hat{\psi}(\mathbf{g}, \vartheta, \boldsymbol{\mu})(\mathbf{x}, t) = \hat{\psi}(\mathbf{C}, \vartheta, \mathbf{M})(\mathbf{X}, t), \quad (4.23)$$

gdzie

$$\mathbf{C}(\mathbf{X}, t) = \phi^* \mathbf{g}(\mathbf{x}, t), \quad \mathbf{M}(\mathbf{X}, t) = \phi^* \boldsymbol{\mu}(\mathbf{x}, t), \quad \vartheta(\mathbf{X}, t) = \vartheta(\mathbf{x}, t). \quad (4.24)$$

Przyjmując, że $\xi: \mathcal{E} \rightarrow \mathcal{E}'$ jest odwzorowaniem regularnym, zachowującym wzajemność wyróżnionych w konfiguracji \mathcal{E} kierunków, otrzymujemy postulat obiektywności materialnej ze względu na nałożony na ciało odkształcalne obrót sztywny. W takim przypadku ξ_* jest transformacją izometryczną [25].

5. OGÓLNA POSTAĆ RÓWNAŃ KONSTITUTYWNYCH TYPU PRĘDKOŚCIOWEGO

Biorąc pod uwagę dotychczasowe rozważania, możemy stwierdzić, że dla deformacji sprężysto-plastycznych podstawowe relacje konstytutywne mogą być formułowane w oparciu o konfigurację początkową lub aktualną. Sformułowania takie są wzajemnie równoważne, jeżeli wielkości w nich występujące transformują się według określonych reguł. W dalszych rozważaniach posłużono się opisem przestrzennym jako fizycznie najbardziej naturalnym. Podejście takie ma również uzasadnienie wynikające z zastosowania równań konstytutywnych do opisu procesów plastycznego płynięcia, realizowanych w stanie aktualnym.

Równania ewolucji dla parametrów wewnętrznych zapisujemy w postaci:

$$\mathbf{L}_v \boldsymbol{\mu} = \hat{\mathbf{m}}(\mathbf{g}, \vartheta, \boldsymbol{\mu})(\mathbf{x}, t). \quad (5.1)$$

Wektor funkcji ewolucyjnych $\hat{\mathbf{m}}$ jest określany na podstawie analiz rozpatrywanych procesów fizycznych.

Wykonując operacje Liego na wyrażeniu (4.19) przy $\boldsymbol{\mu} = \text{const}$, otrzymujemy następujące równanie ewolucji dla tensora naprężenia Kirchhoffa:

$$\mathbf{L}_v \boldsymbol{\tau} \Big|_{\boldsymbol{\mu} = \text{const}} = 2\rho_0 \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \mathbf{g}^2} : \mathbf{L}_v \mathbf{g} \Big|_{\boldsymbol{\mu} = \text{const}} + 2\rho_0 \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \mathbf{g} \partial \vartheta} \dot{\vartheta}. \quad (5.2)$$

Niezmiennosc parametrów wewnętrznych ($\mu = \text{const}$) przy różniczkowaniu (5.2) jest tożsama ze znikaniem części plastycznej gradientu pola prędkości ruchu $\phi_i(I^p=0)$. Zatem pochodne Liego występujące w (5.2) możemy zapisać w postaci:

$$\begin{aligned} L_v \tau|_{I^p=0} &= L_v \tau + I^p \cdot \tau + \tau \cdot I^{pT} = L_v \tau + \mathbf{d}^p \cdot \tau + \tau \cdot \mathbf{d}^p + \omega^p \cdot \tau - \tau \cdot \omega^p, \\ L_v \mathbf{g}|_{I^p=0} &= 2L_v \mathbf{e}^e = 2\mathbf{d}^e. \end{aligned} \quad (5.3)$$

Postać wyrażenia (5.3) wynika z zastosowania rozkładów $\mathbf{I} = \mathbf{I}^e + \mathbf{I}^p$ i $\mathbf{I}^p = \mathbf{d}^p + \omega^p$, gdzie ω^p jest częścią plastyczną spinu materialnego. Podstawiając (5.3) do (5.2) otrzymujemy równanie konstytutywne dla tensora naprężenia Kirchhoffa w postaci [4]:

$$L_v \tau = L^e : \mathbf{d} - (L^e + \mathbf{g} \otimes \tau + \tau \otimes \mathbf{g}) : \mathbf{d}^p - (\mathbf{g} \otimes \tau - \tau \otimes \mathbf{g}) : \omega^p - L^h \dot{\vartheta}, \quad (5.4)$$

gdzie:

$$L^e = 4\rho_0 \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \mathbf{g}^2}, \quad L^h = -2\rho_0 \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \mathbf{g} \partial \vartheta} \quad (5.5)$$

są tensorami, odpowiednio, modułów sprężystości (tensor czwartego rzędu) i rozszerzalności cieplnej (tensor drugiego rzędu).

Konsekwencją postulowanej zasady obiektywności materialnej jest dodatkowa wielkość $(\mathbf{g} \otimes \tau + \tau \otimes \mathbf{g}) : \mathbf{d}^p$ występująca w równaniu (5.4). Wielkość ta jest małą wyższego rzędu w stosunku do $L^e : \mathbf{d}^p$, może mieć jednak znaczenie praktyczne, np. w analizie propagacji i interakcji fal naprężenia w ciałach niesprężystych obciążonych impulsem ciśnienia o dużej intensywności lub badaniach dotyczących lokalizacji deformacji plastycznych.

Dalsze uszczegółowienie równania ewolucji dla tensora naprężenia polega na określeniu praw rządzących deformacją plastyczną \mathbf{d}^p , spinem plastycznym ω^p i zmianami temperatury ϑ . Równanie ewolucji dla temperatury określamy z zasady zachowania energii.

Podstawiając $\dot{e} = \dot{\psi} + \dot{\eta}\vartheta + \eta\dot{\vartheta}$, po przekształceniach otrzymujemy następującą postać nierówności C do równania zachowania energii (4.4) i biorąc pod uwagę relacje (4.20)₂ i (4.20)₃ otrzymujemy równanie produkcji entropii

$$\rho \vartheta \dot{\eta} = -\text{div} \mathbf{q} + \rho \vartheta \dot{i}. \quad (5.6)$$

Uwzględniając zaś relacje (4.19) (4.20)₁, otrzymujemy:

$$\frac{\partial \tau}{\partial \vartheta} = 2\rho_0 \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \mathbf{g} \partial \vartheta}, \quad \dot{\eta} = -2 \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \mathbf{g} \partial \vartheta} : \mathbf{d} - \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \vartheta^2} \dot{\vartheta} - \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \vartheta \partial \mu} \cdot \dot{\mathbf{m}}. \quad (5.7)$$

Po wykorzystaniu zależności (5.7) w (5.6) otrzymujemy następujące równanie ewolucji dla temperatury:

$$\rho c_p \dot{\vartheta} = -\operatorname{div} \mathbf{q} + \frac{\rho}{\rho_0} \vartheta \frac{\partial \tau}{\partial \vartheta} : \mathbf{d} + \rho \left(\vartheta \frac{\partial^2 \hat{\psi}}{\partial \vartheta \partial \boldsymbol{\mu}} - \frac{\partial \hat{\psi}}{\partial \boldsymbol{\mu}} \right) \cdot \hat{\mathbf{m}}, \quad (5.8)$$

gdzie $c_p = -\vartheta \partial^2 \hat{\psi} / \partial \vartheta^2$ jest ciepłem właściwym. Drugi składnik prawej strony równania (5.8) ma naturę niedyssypatywną. Trzeci zaś reprezentuje prędkość zmiany dyssypacji wewnętrznej w materiale. Wielkość składnika niedyssypatywnego jest wielkością małą wyższego rzędu w stosunku do wielkości składnika dyssypatywnego i może być w niektórych rozważaniach pomijana.

Przedstawione tutaj równania konstytutywne były wykorzystywane do analiz zjawisk lokalizacji i zniszczenia w procesach płynięcia termo-lepkoplastycznego przy dynamicznych obciążeniach cyklicznych [1, 2].

6. ZAKOŃCZENIE

W przedstawionym opisie konwekcyjnym transformacja wektorów i tensorów polega na transformacji ich odpowiednich stowarzyszeń bazowych. Oczywiście transformacja taka nie zmienia fizycznego sensu transformowanych wielkości. Dlatego też tensory deformacji plastycznej definiowane na tzw. konfiguracji odciążonej, po przetransformowaniu do jakiegokolwiek innej konfiguracji pozostają nadal miarami deformacji plastycznej. Reguły transformacji tensorów w układzie współrzędnych konwekcyjnych spełniają zasadę obiektywności materialnej ze względu na całkowity ruch ośrodka ciągłego (odwzorowanie dyfeomorficzne).

Stosując te reguły, wykazano, że miarą prędkości deformacji sprzężoną w sensie Hilla z pierwszym tensorem naprężenia Pioli-Kirchhoffa jest pewien dwupunktowy tensor, który nie jest gradientem materialnego albo przestrzennego pola prędkości. W ramach koncepcji obiektywności względem całkowitego ruchu ośrodka ciągłego wykazano tożsamość multiplikatywnego rozkładu gradientu deformacji sprężysto-plastycznej z addytywnymi rozkładami innych miar odkształcenia i prędkości odkształcenia sprężysto-plastycznego. Postępując się pojęciem funkcji energii swobodnej zaproponowano pewne sformułowanie postulatu obiektywności materialnej dla struktury konstytutywnej z parametrami wewnętrznymi. Wykorzystując ten postulat przedstawiono ogólną postać struktury konstytutywnej typu prędkościowego.

Abstract

The convective description of kinematics of finite elasto-plastic deformations is presented. From the numerical application point of view such an approach is very useful [1]. It also leads to clear interpretation the geometrical sense of tensor transformation. It is shown that the Lie derivative of the deformation gradient, which is not the gradient of the material neither of the spatial velocity field, determines the deformation rate conjugated with the first Piola-Kirchhoff stress tensor in the Hill's sense. Transformation rules for the spatial tensor field objective at superposed spatial diffeomorphism are given. The local notion of the tangent space unloaded elastically is introduced. The metric tensor defined in this space is the purely plastic deformation measure. In contradistinction to the general conviction it is shown that transformation of this tensor to any other configuration leads to other deformation measures but ever plastic. Within the limits of the concept of covariance it is shown that the additive decompositions in which strains and their rates decompose additively into elastic and plastic parts can be derived from the multiplicative decomposition of the deformation gradient. Using the free energy function the formulation of material objectivity of the constitutive structure with finite set of internal variables is proposed. Making use of this formulation the general form of the rate type constitutive structure is presented.

Streszczenie

W pracy przedstawiono opis konwekcyjny kinematyki sprężysto-plastycznych deformacji skończonych. Proponowane podejście jest bardzo użyteczne z punktu widzenia zastosowań numerycznych [1]. Wykazano, że miarą prędkości deformacji sprzężoną w sensie Hilla z pierwszym tensorem naprężenia Pioli-Kirchhoffa jest pewien dwupunktowy tensor, który nie jest gradientem ani materialnego, ani też przestrzennego pola prędkości. Podano reguły transformacyjne dla przestrzennych pól tensorowych obiektywnych ze względu na zmianę konfiguracji aktualnej opisaną odwzorowaniem dyfeomorficznym. Wprowadzono lokalne pojęcie przestrzeni stycznej odciążonej sprężystości. Zdefiniowany w tej przestrzeni tensor metryczny jest miarą deformacji plastycznej. W odróżnieniu od ogólnie istniejącego przekonania wykazano, że transformacje tego tensora do innych konfiguracji prowadzą do innych miar deformacji, lecz zawsze plastycznej. W ramach koncepcji obiektywności względem całkowitego ruchu ośrodka ciągłego wykazano tożsamość multiplikatywnego rozkładu gradientu deformacji sprężysto-plastycznej z addytywnymi rozkładami innych miar odkształcenia i prędkości odkształcenia sprężysto-plastycznego. Posługując się pojęciem funkcji energii swobodnej, zaproponowano pewne sformułowanie postulatu obiektywności materialnej dla struktury konstytutywnej z parametrami wewnętrznymi. Wykorzystując ten postulat przedstawiono ogólną postać struktury konstytutywnej typu prędkościowego.

Słowa kluczowe: sprężysto-plastyczność, deformacje skończone

Literatura:

- [1] W. DORNOWSKI, P. PERZYNA, *Localization phenomena in thermo-viscoplastic flow processes under cyclic dynamic loadings*, Computer Assisted Mechanics and Engineering Sciences, **7** (2000), 117–160
- [2] W. DORNOWSKI, *Numeryczna symulacja procesów plastycznego płynięcia przy dynamicznych obciążeniach cyklicznych*, WAT wewn. 2598/99 (1999)
- [3] T.C. DOYLE, J.L. ERICKSEN, *Nonlinear elasticity*, in: Advances in Applied Mechanics. Vol. IV, Academic Press, New York 1956
- [4] M.K. DUSZEK, P. PERZYNA, *The localization of plastic deformation in thermoplastic solids*, Int. J. Solids Structures **27** (1991), 1419–1443
- [5] M.K. DUSZEK-PERZYNA, P. PERZYNA, *Analysis of anisotropy and plastic spin effects on localization phenomena*, Arch. Appl. Mech. **68** (1998), 352–374
- [6] A.E. GREEN, W. ZERNA, *Theoretical Elasticity*, Second Edition, Clarendon Press, Oxford 1960
- [7] A.E. GREEN, P.M. NAGHDI, *A general theory of an elastic-plastic continuum*, Arch. Rat. Mech. Anal. **18** (1965), 251–281
- [8] A.E. GREEN, P.M. NAGHDI, *A thermodynamic development of elastic-plastic continua*, In: H. Parkus and I. Sedov, eds., Proc. IUTAM Symp., Springer, Berlin 1966
- [9] A.E. GREEN, P.M. NAGHDI, *Some remarks on elastic-plastic deformation at finite strain*, Int. J. Solids Structures **18** (1971)
- [10] R. HILL, *Aspects of invariance in Solid Mechanics*, Advances in Applied Mechanics **18** (1978), 1–75
- [11] T.J. R. HUGHES, *Numerical implementation of constitutive models: Rate independent deviatoric plasticity*, Workshop on Theoretical Foundations for Large-scale Computations of Nonlinear Material Behavior, North-western University, Evanston, IL. 1983
- [12] S.W. KEY, C.M. STONE, R.D. KRIEG, *Dynamic relaxation applied to the quasi-static, large deformation, inelastic response of axisymmetric solids*, In: Wunderlich et al., eds., Nonlinear Finite Element Analysis in Structural Mechanics, Springer, Berlin 1981
- [13] M. KLEIBER, *Kinematics of deformation process in materials subjected to finite elastoplastic strains*, Int. J. Engng. Sci. **13** (1975), 513–525

- [14] E. KRÖNER, C. TEODOSIU, *Lattice defect approach to plasticity and viscoplasticity*. In: A. Sawczuk, ed., *Problems of Plasticity*, Noordhoff, Leyden 1972.
- [15] E.H. LEE, D.T. LIU, *Finite-strain elastic-plastic theory with application to plane-wave analysis*, *J. Appl. Phys.* **38** (1967), 19–27
- [16] E.H. LEE, *Elastic-plastic deformation at finite strains*, *J. Appl. Mech.* **36** (1969), 1–6
- [17] J.E. MARSDEN, T.J.R. HUGHES, *Mathematical Foundations of Elasticity*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 1983
- [18] R.M. McMEEKING, J.R. RICE, *Finite element formulation for problems of large elastic-plastic deformation*, *Int. J. Solids Structures* **11** (1975), 601–616
- [19] P.M. NAGHDI, J.A. TRAPP, *Restrictions on constitutive equations for finitely deformed elastic-plastic materials*, *Quart. J. Mech. Appl. Math.* XXVIII (1) (1975)
- [20] J.C. NAGTEGAAL, J. E. DeJONG, *Some computational aspects of elastic-plastic large strain analysis*, *Int. J. Num. Meths. Engng.* **17** (1981), 15–41
- [21] A. NEEDLEMAN, V. TVERGAARD, *Finite element analysis of localization plasticity*, in *Finite elements, Vol V: Special problems in solid mechanics*, Editors J. T. Oden and G.F. Carey, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 1984
- [22] S. NEMAT-NASSER, *On finite deformation elasto-plasticity*, *Int. J. Solids Structures* **18** (1982), 857–872
- [23] J. OSTROWSKA-MACIEJEWSKA, *Podstawy mechaniki ośrodków ciągłych*, PWN, Warszawa 1994
- [24] J.C. SIMO, M. ORTIZ, *A unified Approach to finite deformation elastoplasticity based on the use of hyperelastic constitutive equations*, *Comp. Meth. Appl. Mech. Engng.* **49** (1985), 221–245
- [25] C. TRUESDEL, W. NOLL, *The non-linear field theories of mechanics*, In *Handbuch der Physik* (Edited by S. Flügge), Vol. III/3, Springer, Berlin 1965

Katarzyna FOLJANTY
Politechnika Warszawska

PRZEKSZTAŁCANIE ZDEGRADOWANYCH TERENÓW POPZEMYSŁOWYCH NA PRZYKŁADZIE BERLINA

1. WPROWADZENIE

Uwolnione obszary poprzemysłowe mają dziś duże szanse rozwoju i powrotu ku naturze. Modernizacja i adaptacja zabudowy staje się nową wizytówką dzielnicy i przyciąga inwestorów. Ponadto tereny te są zazwyczaj dobrze skomunikowane z resztą miasta. Dzięki ich przebudowie uzyskuje się tereny śródmiejskie pod nowe zabudowy, a miejskie bariery przestrzenne zostają zniwelowane. Pojawiają się strefy ograniczonego ruchu kołowego, często realizowane są podziemne parkingi, nad którymi powstają ulice handlowe przeznaczone wyłącznie dla ruchu pieszego. Handel i gastronomia powracają na ulice, które zapełniają się małą architekturą.

Wielkoskalarne przedsięwzięcia urbanistyczne mogą w znaczący sposób wpływać na proces rozwoju przestrzennego współczesnej metropolii. Poprzez stworzenie nowej jakości przestrzennej założenia te stają się atrakcyjnym obszarem zarówno dla mieszkańców, jak i przypadkowych użytkowników. Uporządkowana struktura zapobiega niekontrolowanemu rozwojowi, przyczynia się do hamowania procesów suburbanizacji, a co za tym idzie, przyspiesza proces rozwoju przestrzennego, ekonomicznego i społecznego nie tylko fragmentu objętego opracowaniem, ale także całego miasta. Zmienia także geometrię powiązań funkcjonalno-przestrzennych w obrębie całej metropolii. Powinny to być zatem działania konsekwentnie realizowane według spójnej wizji przestrzennej celem uniknięcia chaosu i jakościowej degradacji przestrzeni.

Zaniedbane kompleksy poprzemysłowe wymagają kompleksowych działań przestrzennych. Tereny te, ze względu na stopień degradacji, wielkość założenia oraz strukturę własnościową, wymagają zaangażowania znacznych sił i środków. Partnerska współpraca między dysponentem terenu a prywatnym inwestorem nie jest w Polsce zbyt częsta, jednak przykłady zagraniczne potwierdzają, że takie przedsięwzięcia mogą stać się sukcesem nie tylko czysto komercyjnym, ale również przyczynić się do zwiększenia atrakcyjności architektonicznej danego fragmentu miasta.

2. PRZYKŁADY Z BERLINA

Po zjednoczeniu Berlina, przy jednoczesnym planowaniu nowych założeń urbanistycznych i komunikacyjnych, następowała transformacja nieużytków przemysłowych na nowe funkcje. Poniżej zostały omówione przykłady przekształceń takich obszarów w tereny związane z kulturą i rekreacją.

2.1. Stacja rozrządowa Tempelhof

Otwarty w 2000 roku Natur-Park Schöneberger Südgelände zaprojektowano na terenie dawnej stacji rozrządowej Tempelhof, która do 1945 roku była jednym z najważniejszych miejsc na mapie kolejowej Berlina. Po II wojnie światowej ruch kolejowy zmniejszył się i znaczenie stacji drastycznie spadło. W 1952 r. została zamknięta.

W celu ochrony gatunków dzikich zwierząt i roślin, występujących na terenie Berlina, którym groziło wyginięcie, mieszkańcy już w latach 80. XX wieku głosowali za utworzeniem parku pod specjalną ochroną. To właśnie teren po byłej stacji rozrządowej został wybrany na lokalizację parku i począwszy od 1995 roku przenoszone tam były różne rodzaje zagrożonych roślin. Park Schöneberger Südgelände o obszarze 18 ha charakteryzuje się połączeniem przyrody, zabytków kolejowych i sztuki. Ścieżki dla pieszych utworzono poprzez wypełnienie torowisk ziemią, niektóre z nich są podniesione 80 cm nad poziom terenu w celu ochrony istniejącej flory. Zachowano wiele historycznych elementów, na przykład XIX-wieczną obrotnicę kolejową czy 50-metrową wieżę wodną z 1927 roku. Budynek warsztatów naprawczych zbudowanych w 1910 roku przekształcono w obiekty teatralne i koncertowe. Park odwiedza rocznie ok. 50 000 osób. Rozwój jest monitorowany poprzez sprzedaż biletów (wejście kosztuje 1 euro), ankiety i wywiady z odwiedzającymi.



Ryc. 1. Natur-Park Schöneberger Südgelände, źródło: materiały własne

2.2. Dawny Nordbahnhof

Berlin Nordbahnhof został otwarty w 1877 roku jako południowy koniec Pruskiej Kolei Północnej Berlin-Stralsund. Jego funkcja pasażerska została przejęta już kilka lat po otwarciu przez nowo wybudowany Stettiner Bahnhof. Ten ostatni przemianowano na Nordbahnhof w 1950 roku ze względu na jego ważną rolę w berlińskim transporcie. Oryginalny Berlin Nordbahnhof nazywano Nordgüterbahnhof (północny dworzec towarowy) lub Güterbahnhof Eberswalder Straße. Po wybudowaniu muru berlińskiego w 1961 roku został on zamknięty i ostatecznie zburzony rok później.

Obecnie Mauerpark znajduje się we wschodniej części dawnych terenów kolejowych; zachodnia część zagospodarowana jest przez pchli targ. W parku o powierzchni 8 ha odbywa się wiele wydarzeń sportowych, muzycznych i artystycznych. Miejszem cieszącym się największą popularnością jest położony na wzgórzu amfiteatr, gdzie w niedzielne popołudnia odbywa się karaoke. Mauerpark jest jednym z najbardziej lubianych parków miejskich w Berlinie.



Ryc. 2. Mauerpark, źródło: materiały własne

2.3. Anhalter Bahnhof

Pierwszy dworzec w tym miejscu został otwarty w 1841 roku, ale już w 1880 r. budynek stacyjny zastąpiono projektem Franza Schwechtena i Heinricha Seidela. W momencie otwarcia był to największy dworzec kolejowy w Niemczech (wymiary hali peronowej: 62 m szerokości, 170 m długości i 34 m wysokości).

Po wojnie połączenia kolejowe zostały częściowo przywrócone, ale w 1960 roku władze postanowiły zburzyć dworzec. Portal wejściowy pozostawiono jako pomnik.

Obecnie większość terytorium po dawnym dworcu zajmuje sztuczne boisko do gry w piłkę nożną oraz budynek sali koncertowej Tempodrom (otwarty w 2001 roku). Po południowej stronie Tempodromu rozciąga się zalesiony obszar, gdzie można znaleźć resztki peronów i torów kolejowych. W 2001 r. otwarto kładkę dla pieszych i rowerzystów upamiętniającą istnienie w tym miejscu mostu kolejowego pomiędzy pasażerskim Anhalter Bahnhof i dworcem towarowym. Betonowe balustrady nowej kładki tworzą słowa „Berlin” i „Anhalt”.



Ryc. 3. Portal wejściowy Anhalter Bahnhof, źródło: materiały własne

2.4. Anhalter Güterbahnhof (dworzec towarowy)

Dworzec towarowy wybudowano w latach 1871–1874. Po zniszczeniach II wojny światowej uchowała się tylko wschodnia część budynku, która jest obecnie wykorzystywana jako część Muzeum Techniki. Tereny te nazwane zostały „Gleisdreieck” (Gleis – tor, Dreieck – trójkąt), gdyż w tym miejscu w 1912 roku powstało trójkątne skrzyżowanie linii kolejowych. Po dwóch poważnych wypadkach, rozgałęzienie zostało zmienione tak, aby linie przecinały się na dwóch poziomach.

Obecnie te tereny pokolejowe są stopniowo przekształcane w Park am Gleisdreieck. Pojawiające się plany zwartej zabudowy już w latach 70. XX

wieku spotkały się z ostrą krytyką mieszkańców. Jednym z najważniejszych założeń projektowych jest zastosowanie dwóch prędkości użytkowania. W parku znajdują się miejsca spotkań i odpoczynku, a także place zabaw i boiska sportowe. Ważnym elementem tego projektu jest zachowanie gatunków ruderalnych i historycznych elementów. W parku można znaleźć stare tory kolejowe, sygnalizatory czy kozły oporowe. W 2011 roku projekt zdobył srebrną nagrodę Urban Quality Award.



Ryc. 4. Park am Gleisdreieck, źródło: materiały własne



Ryc. 5. Park am Gleisdreieck, źródło: materiały własne

Można się zastanawiać, jak teren w centrum miasta, który jest tak atrakcyjny dla inwestorów komercyjnych, mógł zostać przekształcony w park publiczny. Miejsce to znajduje się w pobliżu Potsdamer Platz, który stał się miejscem licznych inwestycji po zjednoczeniu Berlina. Według niemieckiego prawa budowlanego, przy tak dużym przekształceniu terenów zielonych (Potsdamer Platz został uznany za teren zielony, gdyż był on nieużytkowany podczas podziału Berlina), inwestor musi „oddać” zabudowywaną powierzchnię w innym miejscu (najlepiej pobliskim). Fundusze na budowę tego parku pochodzą więc od inwestorów Potsdamer Platz, Leipziger Platz i od Kolei Niemieckich (Deutsche Bahn), a nie z podatków.

2.5. Lotnisko Tempelhof

Byłe lotnisko Tempelhof jest wybitnym przykładem historii lotnictwa XX wieku. Budynek główny został zaprojektowany w okresie nazizmu, kiedy to planowana rozbudowa Tempelhof miała nadać mu rangę głównego europejskiego węzła lotniczego oraz centralnego lotniska Germanii. Monumentalny budynek o długości 1,2 km wybudowano w latach 1936–41, zaprojektował go Ernst Sagebiel. Lotnisko zamknięto w 2008 roku i od tamtej pory pomieszczenia budynku głównego wynajmowane są pod powierzchnie biurowe oraz wydarzenia związane z kulturą.



Ryc. 6. Projekt zagospodarowania terenu Tempelhofer Freiheit

źródło: www.tempelhoferfreiheit.de/fileadmin/user_upload/Ueber_die_Tempelhofer_Freiheit/Planung/Parklandschaft/2013-03_Parkplanung_3D.jpg

Senat Berlina zdecydował, że tereny po byłym lotnisku zostaną otwarte dla mieszkańców, a już w 2007 roku, jeszcze przed zamknięciem terenu dla ruchu lotniczego, rozpoczęto proces publicznej partycypacji. Mieszkańcy mogli brać udział w warsztatach i badaniach, ankiety dotyczące wizji przyszłego kształtu i funkcji umieszczono również w internecie. Propozycje zostały uwzględnione w regulaminie konkursu rozpisanego na zagospodarowanie tego terenu (teren przyszłego parku nazwano Tempelhofer Freiheit). Zwyciężył projekt GROSS. MAX. i Sutherland Hussey Architects. Oprócz parku miejskiego powstanie również osiedle mieszkaniowe oraz nowa biblioteka publiczna.

3. PODSUMOWANIE

Wiele transformacji terenów przemysłowych w Berlinie odniosło sukces głównie ze względu na czynny udział społeczeństwa w procesie twórczym. Podczas projektowania Park am Gleisdreieck mieszkańców okolicznych dzielnic zapraszano na spotkania z projektantami i inwestorem co dwa tygodnie. Mogli oni przedstawiać swoje propozycje, brać udział w warsztatach architektonicznych i wypełniać ankiety. Właściciele okolicznych ogródków działkowych mogą sprzedawać w parku owoce i warzywa. Istnieje również ogród różany uprawiany przez społeczność lokalną. Dzięki takim możliwościom świadomość i odpowiedzialność mieszkańców oraz ich więź z obszarem została znacznie wzmocniona.

Przestrzeń publiczna nie powinna służyć tylko funkcjom komercyjnym, ale także rekreacyjnym. W prawie każdym mieście jest przemysłowy obszar, który może być odzyskany i zwrócony mieszkańcom miasta. Obszary te dają wyjątkową okazję poprawy jakości życia w mieście. Przykłady berlińskie pokazują, że rozwój ten może następować nie tylko z korzyścią dla inwestorów, ale także dla mieszkańców.

Abstract

Degraded city areas in central location are a large and valuable potential for the functional and spatial development. After the fall of the Berlin Wall, the Senate of Berlin has been very successful in transforming many former railway lands or building complexes into public areas for recreation and culture. The success of these transformations has been mainly due to opening the planning process to public participation. With this approach, the identity of the inhabitants of the area is enhanced.

Streszczenie

Zdegradowane tereny przemysłowe w miastach z uwagi na lokalizację stanowią duży i wartościowy potencjał do zagospodarowania funkcjonalno-przestrzennego. Po upadku muru berlińskiego, Senat Berlina wykazał się bardzo dużą skutecznością w przekształcaniu takich terenów i kompleksów budynków w publiczne miejsca rekreacji i kultury. Dokonane transformacje zawdzięczają swoje powodzenie głównie nakierowaniu procesu planowania na partycypację społeczną. Dzięki takiemu podejściu tożsamość mieszkańców z terenem zostaje wzmocniona.

Literatura:

- [1] Ahlfeldt G., *Rail Mega-Projects in the Realm of Inter and Intra-City Accessibility: Evidence and Outlooks for Berlin*, URL: <http://eprints.lse.ac.uk/43493> (odwiedzone: 10.06. 2013)
2. W. Jarczewski (red.), *Przestrzenne aspekty rewitalizacji – śródmieścia, blokowiska, tereny przemysłowe, pokolejowe i powojkowe*, IRM, Kraków 2009
- [3] Knippers J., Johann Wilhelm Schwedler – vom Experiment zur Berechnung, *db* 4/2000
- [4]. M. Kochanowski (red.) *Przestrzeń publiczna miasta postindustrialnego*, Gdańsk 2002
- [5] Niedenthal C.: *Bahnhöfe in Deutschland-Moderne Städtische Zentren*, Jovis, Berlin 2008
- [6] Richards J., MacKenzie J.M.: *The railway station – a social history*, Oxford University Press, Oxford 1986
- [7] Załuski D.: *Śródmiejskie przestrzenie podróży – dworce kolejowe*, Wydział Architektury Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2010
- [8] www.tempelhoferfreiheit.de (odwiedzone 24.06.2013)

Leszek KIELSKI

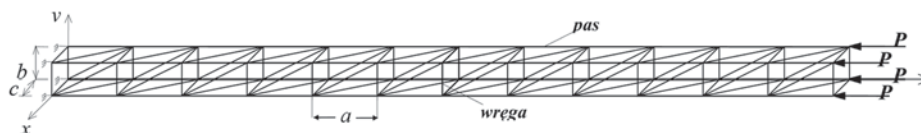
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

ANALIZA STATECZNOŚCI SMUKŁYCH, PRZESTRZENNYCH KONSTRUKCJI PRĘTOWYCH POD KĄTEM MOŻLIWOŚCI BADAŃ NA MASZYNIE WYTRZYMAŁOŚCIOWEJ ZWICK Z100

WPROWADZENIE

Analizowana konstrukcja prętowa zbudowana jest z powtarzalnych elementów (segmentów), wykonanych ze sprężystych prętów połączonych w sztywnych węzłach. Segment tworzą elementy konstrukcji ograniczone dwoma wręgami. W przekroju poprzecznym segment może być kwadratem, trójkątem lub prostokątem.

Konstrukcja obciążona jest siłami ściskającymi, przyłożonymi do węzłów brzegu skrajnego. Węzły brzegu przeciwnego utwierdzone są na sztywno. Analizę stateczności w zakresie liniowym przeprowadzono metodą elementów skończonych, wykorzystując energetyczną formę kryterium statycznego. Model obliczeniowy zbudowano z elementów belkowych.



Rys. 1. Regularny prostopadłościenny maszt prętowy

METODA ROZWIĄZANIA

Analiza liniowa

Obliczenia w zakresie liniowym przeprowadzono obciążając konstrukcję założoną siłą ściskającą P , dla której otrzymywano współczynniki obciążenia krytycznego λ_1 , λ_2 i λ_3 , dla kolejnych wartości własnych 1,2,3" oraz

odpowiadające im postacie wybożenia. Obciążenie krytyczne z zakresu statycznego, liniowego wyznaczano dla najmniejszej wartości własnej λ_1 :

$$\{P\} = P \cdot \lambda_1 \quad (1)$$

Analiza nieliniowa

Wielkość obciążenia przy analizie nieliniowej zadawano w postaci $\{P\} \cdot t$ zależnej od pewnego parametru t nazywanego „time” i zmieniającego się przy statycznym, nieliniowym rozwiązaniu w przedziale $\langle 0, 1 \rangle$, gdzie $\{P\}$, jest przyjętą do obliczeń, siłą ściskającą badaną konstrukcję. Siła ta jest z obszaru zakrytycznego, czyli musi być większa od siły krytycznej otrzymanej w analizie liniowej $\{P\} > \{P\}$. W wyniku obliczeń otrzymujemy wykres przedstawiający przemieszczenie dowolnego węzła f , w funkcji parametru t , czyli $f = f(t)$. Wykres ten pozwala nam na prześledzenie poszczególnych faz obciążenia konstrukcji od $t=0$ do $t=1$. Ponadto z wykresu możemy wyznaczyć graniczną wartość t_k , tzn. określić fazę, dla której przemieszczenie wybranego węzła rośnie do nieskończoności. Ta graniczna wartość t_k pozwala wyznaczyć obciążenie krytyczne dla analizy nieliniowej:

$$f \rightarrow \infty \quad t = t_k; \quad \{P\} \cdot t_k = P_{KRN} \quad (2)$$

Przykład 1.

Przykład dotyczy masztu prętowego o następujących parametrach konstrukcyjnych:

- maszt w przekroju kwadratowy, składający się z 50 segmentów, $b=c=43$ mm, $a=80$ mm, średnica prętów $d=3$ mm.

Materiał prętów stal St3: $E=2,1 \cdot 10^5$ MPa, $G=0,87 \cdot 10^5$ MPa, $\nu=0,28$.

Analiza liniowa



Rys. 2. Konstrukcja zbudowana z 50 segmentów, ściskana założoną siłą $P=1000$ N

Otrzymano następujące współczynniki obciążenia krytycznego:

$$\lambda_1=3,424, \quad \lambda_2=3,425, \quad \lambda_3=9,93986.$$

Obciążenie krytyczne dla analizy liniowej:

$$P_{KR} = P \cdot \lambda_1 = 1000 \text{ N} \cdot 3,424 = 3424 \text{ N}.$$

Oraz odpowiadające im postacie wyboczenia:



Rys. 3. Postać wyboczenia odpowiadająca obciążeniu krytycznemu $P_{KR} = 3424 \text{ N}$



Rys. 4. Postać wyboczenia odpowiadająca $\lambda_2 = 3,425$

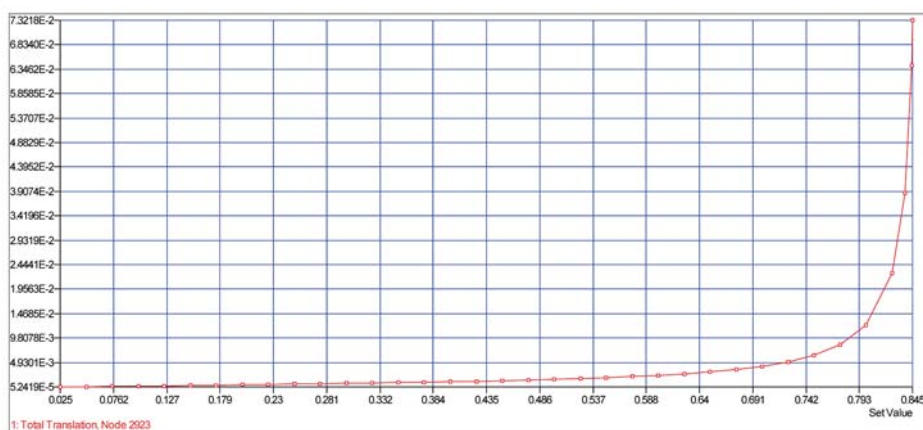


Rys. 5. Postać wyboczenia odpowiadająca $\lambda_3 = 9,93986$

Analiza nieliniowa

Przyjmujemy obciążenie z obszaru zakrytycznego $\{P\} = 4000 \text{ N}$. Otrzymujemy wykres przemieszczenia dowolnego węzła konstrukcji w funkcji P_{KR}/P – np. węzła Nr 2923 (węzła o największym przemieszczeniu) rys. 20. Obciążenie krytyczne z analizy nieliniowej (duże odkształcenia) dla $t_k = 0,845$:

$$P_{KRN} = \{P\} \cdot t_k = 4000 \text{ N} \cdot 0,845 = 3380 \text{ N}$$



Rys. 6. Wykres przemieszczenia węzła Nr 2923 w funkcji t

Postacie wyboczenia dla analizy nieliniowej:



Rys. 7. Postać wyboczenia odpowiadająca obciążeniu krytycznemu wyznaczonemu na podstawie analizy nieliniowej dla $t=0,375$

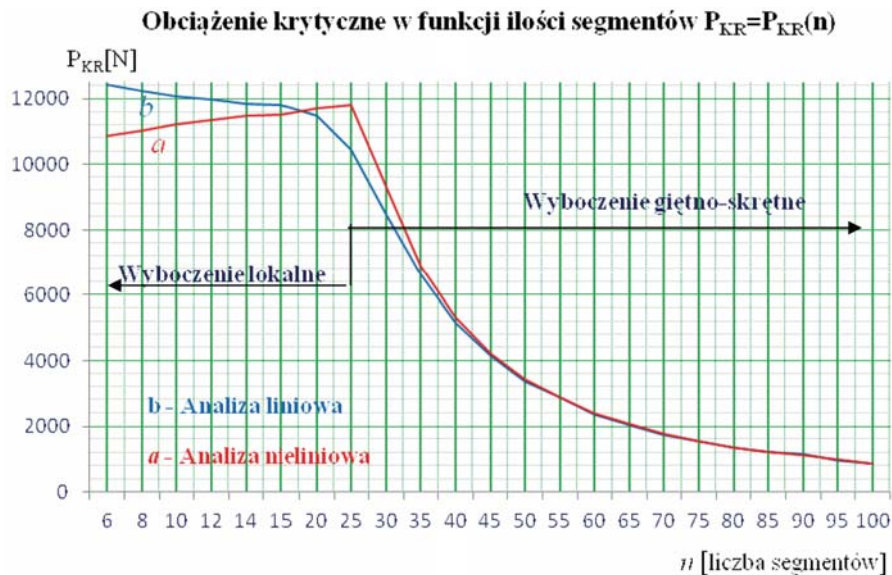


Rys. 8. Postać wyboczenia odpowiadająca obciążeniu krytycznemu wyznaczonemu na podstawie analizy nieliniowej dla $t=0,65$



Rys. 9. Postać wyboczenia odpowiadająca obciążeniu krytycznemu wyznaczonemu na podstawie analizy nieliniowej dla $t=0,844$

Obliczenia wykonano również dla konstrukcji o ilościach segmentów: 6, 10, 12, 14, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60, 70, 80, 90 i 100. Wyniki obliczeń przedstawiono na wykresie rys. 10.



Rys. 10. Obciążenie krytyczne w funkcji ilości segmentów dla konstrukcji z przykładu 1

Przykład 2.

Przykład dotyczy masztu prętowego o następujących parametrach konstrukcyjnych:

- maszt w przekroju trójkąt prostokątny, składający się z 36 segmentów, przyprostokątne $b=c=43$ mm, $a=80$ mm, średnica prętów $d=3$ mm. Dla masztu tego przeprowadzono tylko analizę w zakresie liniowym.

Materiał prętów stal St3: $E=2,1 \cdot 10^5$ MPa, $G=0,87 \cdot 10^5$ MPa, $\nu=0,28$.



Rys. 11. Maszt zbudowany z 36 segmentów, ściskany założoną siłą $P=1000$ N, działającą wzdłuż pasów

Otrzymano następujące współczynniki obciążenia krytycznego:

$$\lambda_1=0,746, \lambda_2=2,125, \lambda_3=2,237.$$

Obciążenie krytyczne dla analizy liniowej:

$$P_{KR}/3=P \cdot \lambda_1=1000 \text{ N} \cdot 0,746=746 \text{ N}.$$

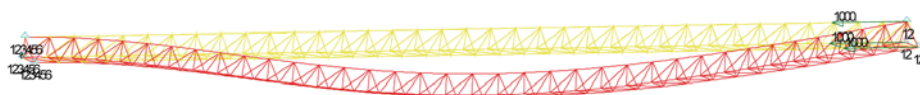
Oraz odpowiadające im postacie wyboczenia:



Rys. 12. Postać wyboczenia odpowiadająca obciążeniu krytycznemu
 $P_{KR}=2238$ N



Rys. 13. Postać wyboczenia odpowiadająca $\lambda_2=2,125$

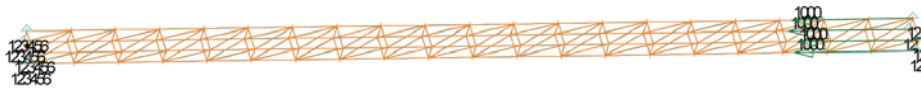


Rys. 14. Postać wyboczenia odpowiadająca $\lambda_3=2,237$

Przykład 3.

Przykład dotyczy masztu prętowego o następujących parametrach konstrukcyjnych:

- maszt w przekroju prostokątny o wymiarach $b=43$ mm, $c=23$ mm
 $a=80$ mm, średnica prętów $d=3$ mm. Dla masztu tego przeprowadzono tylko analizę w zakresie liniowym.
 Materiał prętów stal St3: $E=2,1 \cdot 10^5$ MPa, $G=0,87 \cdot 10^5$ MPa, $\nu=0,28$.

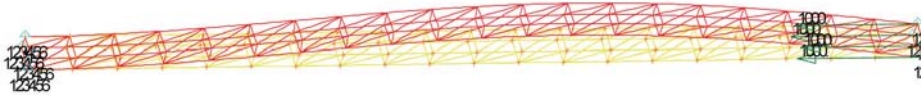


Rys. 15. Maszt zbudowany z 20 segmentów, ściskany założonymi siłami $P=1000$ N, działającymi wzdłuż pasów

Otrzymano następujące współczynniki obciążenia krytycznego:
 $\lambda_1=1,554$, $\lambda_2=2,983$, $\lambda_3=3,041$.

Obciążenie krytyczne dla analizy liniowej:

$$P_{KR}/4=P \cdot \lambda_1=1000 \text{ N} \cdot 1,554=1554 \text{ N}.$$



Rys. 16. Postać wyboczenia odpowiadająca obciążeniu krytycznemu $P_{KR} = 6216$ N

Przykład 4.

Przykład dotyczy masztu prętowego o następujących parametrach konstrukcyjnych:

- maszt w przekroju prostokątny o wymiarach $b=43$ mm, $c=23$ mm
 $a=80$ mm, średnica prętów $d=2$ mm. Dla masztu tego przeprowadzono tylko analizę w zakresie liniowym.
 Materiał prętów stal St3: $E=2,1 \cdot 10^5$ MPa, $G=0,87 \cdot 10^5$ MPa, $\nu=0,28$.



Rys. 17. Maszt zbudowany z 25 segmentów, ściskany założonymi siłami $P=1000$ N, działającymi wzdłuż pasów

Otrzymano następujące współczynniki obciążenia krytycznego:

$$\lambda_1=0,444, \lambda_2=0,591, \lambda_3=0,596.$$

Obciążenie krytyczne dla analizy liniowej:

$$P_{KR}/4=P \cdot \lambda_1=1000 \text{ N} \cdot 0,444=444 \text{ N}.$$



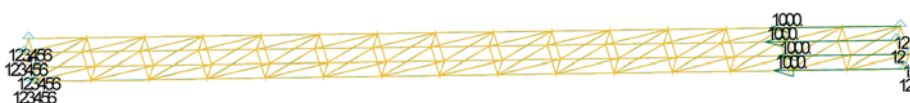
Rys. 18. Postać wyboczenia odpowiadająca obciążeniu krytycznemu $P_{KR}=1776 \text{ N}$

Przykład 5.

Przykład dotyczy masztu prętowego o następujących parametrach konstrukcyjnych:

- maszt w przekroju prostokątny o wymiarach $b=43 \text{ mm}$, $c=23 \text{ mm}$
 $a=80 \text{ mm}$, średnica prętów $d=4 \text{ mm}$. Dla masztu tego przeprowadzono tylko analizę w zakresie liniowym.

Materiał prętów stal St3:.



Rys. 19. Maszt zbudowany z 25 segmentów, ściskany założonymi siłami $P=1000 \text{ N}$, działającymi wzdłuż pasów

Otrzymano następujące współczynniki obciążenia krytycznego:

$$\lambda_1=4,096, \lambda_2=9,346, \lambda_3=9,632.$$

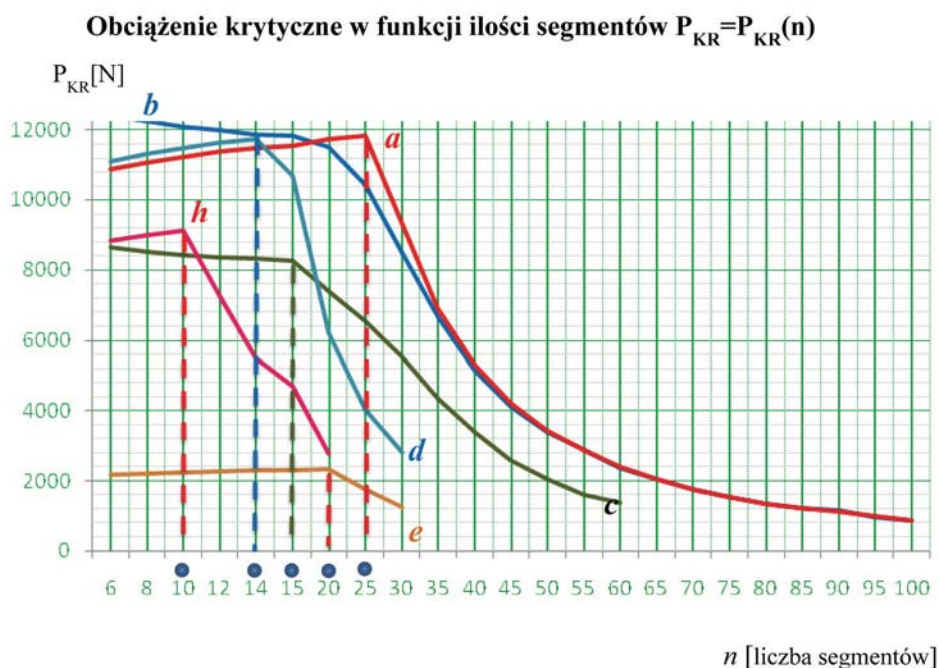
Obciążenie krytyczne dla analizy liniowej:

$$P_{KR}/4=P \cdot \lambda_1=1000 \text{ N} \cdot 4,096=4096 \text{ N}.$$



Rys. 20. Postać wyboczenia odpowiadająca obciążeniu krytycznemu $P_{KR}=16384 \text{ N}$

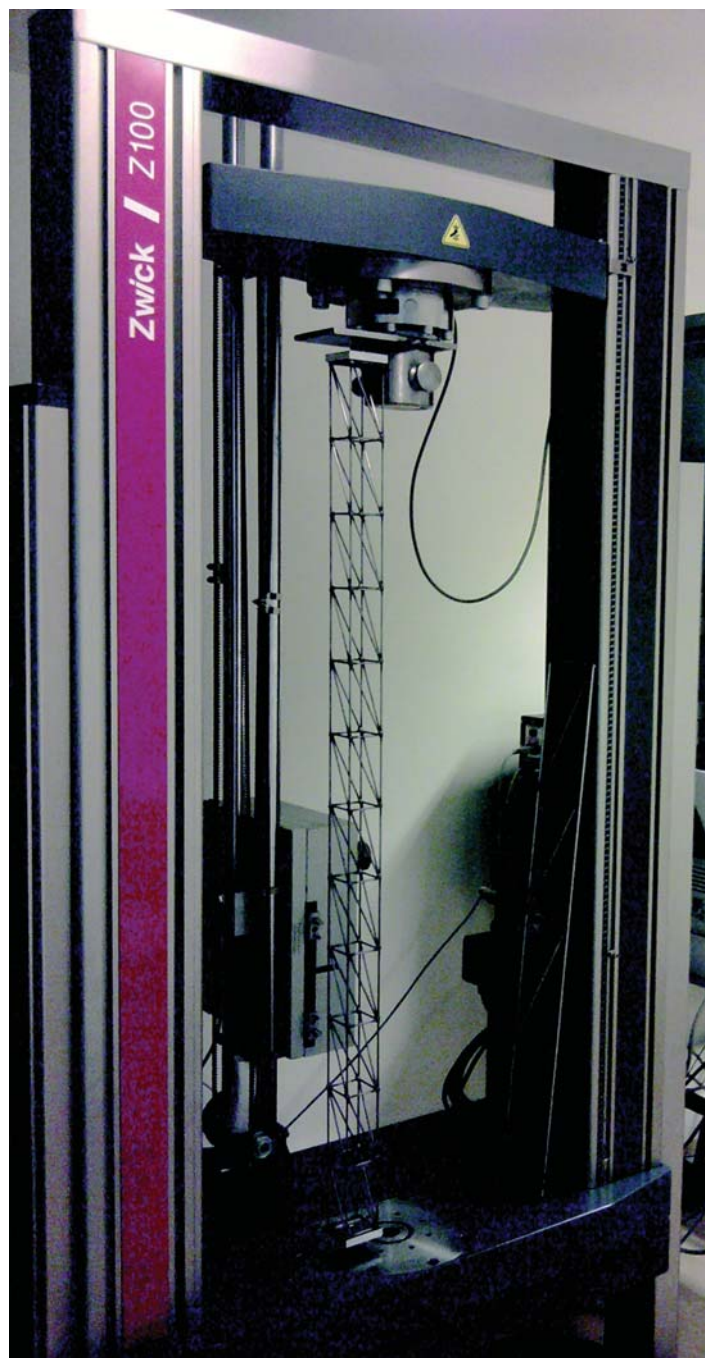
Wyniki obliczeń analizowanych konstrukcji zestawiono na poniższym wykresie (rys. 21).



Rys. 21. Obciążenie krytyczne w funkcji ilości segmentów dla konstrukcji z przykładow 1, 2, 3, 4 i 5

PODSUMOWANIE

Niniejsza praca przedstawia analizę stateczności (wartość obciążenia krytycznego w funkcji smukłości) dla różnych konstrukcji masztów prętowych. Celem analizy jest wybór konstrukcji, którą można będzie badać (w całym zakresie jej smukłości) na maszynie wytrzymałościowej Zwick Z100, będącej na wyposażeniu Laboratorium Wytrzymałości Materiałów WSEiZ w Warszawie. Badano maszt w przekroju kwadratowy (przykład 1), maszt w przekroju trójkątny (przykład 2) oraz maszt w przekroju prostokątny (średnica prętów $d=3$ mm – przykład 3, średnica prętów $d=2$ mm – przykład 4, średnica prętów $d=4$ mm – przykład 5). Zestawienie wyników przedstawiono na wykresie rys. 10. Wynika z niego, że najlepszą konstrukcją do badań na tej maszynie będzie maszt z przykładow 5, dla którego graniczna liczba segmentów jest najmniejsza i wynosi 10. Ponieważ przestrzeń robocza tej maszyny (wysokość) wynosi ok. 1200 mm, pozwoli to na badanie takiej konstrukcji w całym zakresie jej smukłości, tj. dla przypadków utraty stateczności lokalnej i globalnej.



Fot. 1. Maszyna wytrzymałościowa Zwick Z100.
Badany maszt z przykładu 1



Fot. 2 .Wyboczenie lokalne masztu z przykładu 1

Abstract

The subject of this study is regular, pole rod composed of repetitive elements (segments), compressed along the belt forces P . The mast is made of elastic rods connected to rigid nodes. The analysis relates to the designation of critical loads and corresponding buckling form. Analyzed masts sectional square, triangular and rectangular. Aim of this study is to determine the parameters of the mast, which will allow for the study of global stability loss for machine Zwick Z100. Linear and non-linear stability analysis was conducted using the finite element method.

Streszczenie

Przedmiotem niniejszej analizy jest regularny, maszt prętowy zbudowany z powtarzalnych elementów (segmentów), ściskany wzdłuż pasów siłami P . Maszt wykonany jest ze sprężystych prętów, połączonych w sztywnych węzłach. Analiza dotyczy wyznaczenia obciążeń krytycznych oraz odpowiadających im postaci wyboczenia. Analizowano maszty w przekroju kwadratowe, trójkątne i prostokątne. Celem pracy jest wyznaczenie parametrów masztu, które pozwolą na jego badania w zakresie utraty stateczności globalnej na maszynie wytrzymałościowej Zwick Z100. Liniową i nieliniową analizę stateczności przeprowadzono przy wykorzystaniu metody elementów skończonych.

Literatura:

- [1] Belytschko T., Wing Kam Liu, Moran B.: *Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures*, John Wiley and Sons Ltd., England, 2001
- [2] Fung Y.C.: *Podstawy mechaniki ciała stałego*, PWN, Warszawa, 1969
- [3] Kielski L.: *Analiza stateczności regularnej konstrukcji prętowej*, X Sympozjum Stateczności Konstrukcji, Zakopane, 2003
- [4] Kielski L.: *Analiza stateczności – wyznaczanie charakterystycznych parametrów regularnej konstrukcji prętowej*, IX Sympozjum IPMiT, Rynia, czerwiec 2005
- [5] Misiak J.: *Obliczenia konstrukcji prętowych*, PWN, Warszawa 1993
- [6] Misiak J.: *Stateczność konstrukcji prętowych*, PWN, Warszawa 1990
- [7] Rakowski G., Kacprzyk Z.: *Metoda elementów skończonych w mechanice konstrukcji* OWPW, 1993

PROBLEMY WSPÓŁCZESNEJ ARCHITEKTURY I BUDOWNICTWA

- [8] Waszczyszyn Z., Cichoń Cz., Radwańska M.: *Metoda elementów skończonych w stateczności konstrukcji*. Arkady, Warszawa, 1990
- [9] Praca po redakcją M. Życzkowskiego., *Mechanika techniczna t. IX.*, PWN, Warszawa 1988
- [10] Zienkiewicz O.C.: *Metoda elementów skończonych*, Arkady, Warszawa, 1972

Wojciech KORBEL
Politechnika Krakowska

**PROBLEMY
WSPÓŁCZESNEJ ARCHITEKTURY I BUDOWNICTWA
– PLURALIZM
W PROCESIE ADMINISTRACYJNO-PRAWNYM
REALIZACJI INWESTYCJI BUDOWLANYCH**

1. WPROWADZENIE

Analiza problematyki współczesnej architektury i budownictwa w Polsce, w ramach szeroko rozumianego zagadnienia pluralizmu, prowadzi nieuchronnie do jednego z najtrudniejszych zagadnień problemowych, jakim jest kwestia pluralizmu w odniesieniu do procesu administracyjno-prawnego realizacji inwestycji budowlanej.

Potrzeba jednoznaczności rozumienia przepisów prawa i ich stosowania w każdej dziedzinie życia, w tym także w procesie inwestycyjno-budowlanym, jest oczywista i nie budzi jakiegokolwiek wątpliwości.

Kluczowym zagadnieniem staje się zatem pytanie o zasadność odniesienia pojęcia pluralizmu do omawianego procesu administracyjno-prawnego realizacji inwestycji budowlanej.

Niniejsza praca, bazując na wybranych przykładach, podejmuje próbę odpowiedzi na to pytanie oraz poszukuje rozwiązań dla identyfikowanych w jej ramach problemów.

2. PLURALIZM JAKO MNOGOŚĆ METOD I TEORII DZIAŁAŃ

Pojęcie pluralizmu wywodzi się z łacińskiego terminu filozoficznego, wg którego, w rzeczywistości lub w poznaniu, istnieje (działa) wiele różnych, niezależnych od siebie, podstawowych elementów – substancji, zasad, czynników, sił [1]. Na potrzeby niniejszej analizy pluralizm zdefiniowany został zatem jako pewna mnogość teorii lub metod działań, odnoszących się do wybranego zagadnienia problemowego. Tym samym analiza potencjalnej mnogości tych metod i teorii, stosowanych na etapie tworzenia w Polsce prawa związanego z procesem inwestycyjnym oraz jego egzekwowania, prowadzi

w konsekwencji do wyodrębnienia opisanych poniżej, następujących zagadnień problemowych.

2.1. Pluralizm definicji pojęć

Pluralizm występowania różnorodnych definicji tych samych lub analogicznych pojęć to jeden z najczęściej występujących przejawów pluralizmu w procesie administracyjno-prawnym dotyczącym realizacji inwestycji budowlanej. Mowa tu o wielości różnorodnych, wykluczających się wzajemnie definicji tych samych pojęć, występujących w niezależnie funkcjonujących, pokrewnych aktach prawnych. Doskonałym przykładem ilustrującym powyższe zagadnienie jest występująca w przepisach prawa i normatywach definicja powierzchni zabudowy.

Według p. 5.1.2 Polskiej Normy PN-ISO 9836:1997 [2], przez powierzchnię zabudowy rozumie się powierzchnię terenu zajęta przez budynek w stanie wykończonym, którą to powierzchnię wyznacza rzut pionowy zewnętrznych krawędzi budynku na powierzchnię terenu.

§ 3. ust. 1 p. 53 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [3] określa powierzchnię zabudowy jako powierzchnię terenu zajęta przez obiekty budowlane oraz pozostałą powierzchnię przeznaczoną do przekształcenia w wyniku realizacji przedsięwzięcia.

§ 63 Rozporządzenia Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001 r. w sprawie ewidencji gruntów i budynków [4], określa powierzchnię zabudowy jako pole powierzchni figury geometrycznej określonej przez kontur, (o którym mowa w ust. 1 pkt 3 tego rozporządzenia), czyli prostokątny rzut na płaszczyznę poziomą zewnętrznych płaszczyzn ścian zewnętrznych kondygnacji przyziemnej budynku, a w budynku posadowionym na filarach – kondygnacji opartej na tych filarach.

Podobna problematyka dotyczy definicji powierzchni użytkowej.

Punkt 5.1.7 przytoczonej powyżej Polskiej Normy definiuje powierzchnię użytkową jako część powierzchni kondygnacji netto, która odpowiada celom i przeznaczeniu budynku (zgodnie z załączonym do normy rysunkiem).

Z kolei ustawa z dnia 12 stycznia 1991 r. o podatkach i opłatach lokalnych [5] określa powierzchnię użytkową w art. 1a jako powierzchnię mierzoną po wewnętrznej długości ścian na wszystkich kondygnacjach budynku, z wyjątkiem powierzchni klatek schodowych oraz szybów dźwigowych.

Powyższe przykłady są tylko jednymi z wielu występujących w przepisach prawa przykładów pluralizmu definicji pojęć. Niestety, pluralizm ten prowadzi wprost do chaosu i niezrozumienia wymagań stawianych inwestorowi w procesie inwestycyjno-budowlanym, a niejednokrotnie sprzyja podważaniu przez strony postępowania administracyjnego zapadających postanowień i decyzji administracyjnych.

2.2. Pluralizm interpretacji

Pluralizm interpretacji prawnych tych samych pojęć i przepisów prawa, przez wszystkich potencjalnych uczestników procesu inwestycyjnego to drugi z omawianych rodzajów pluralizmu w procesie administracyjno-prawnym w Polsce.

Jednym z ciekawszych przykładów omawianego rodzaju pluralizmu jest mnogość stosowanych przez różnorodne organy administracji architektoniczno-budowlanej interpretacji dotyczących § 6. ust. 1 Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [6]. Zgodnie z zapisem omawianego rozporządzenia „projekt budowlany należy (...) oprawić w okładkę przystosowaną do formatu A4, w sposób uniemożliwiający dekompletację projektu”.

Sposób skompletowania i ostatecznego spięcia projektu budowlanego do wniosku o udzielenie decyzji o pozwoleniu na budowę stanowi zatem dla projektantów prawdziwe wyzwanie i jest on bezpośrednio uzależniony od kaprysu organu przyjmującego dokumentację. Jak bowiem autor projektu budowlanego może udowodnić, że opracowana papierowa dokumentacja projektowa jest istotnie oprawiona tak, aby uniemożliwić jej dekompletację? Tym samym jedne organy administracji dopuszczają bindowanie, inne żądają zszycia stalowymi zszywkami, jeszcze inne oprawę introligatorską lub nakazują zaklejanie oprawy taśmami samoprzylepnymi, co łącznie i tak nigdy nie gwarantuje uniemożliwienia faktycznej dekompletacji. Ten żartobliwy przykład pozwala jednak bardzo wyraźnie pokazać mechanizm wprowadzania i funkcjonowania nieprecyzyjnych oraz wymuszających różnorodne dziwne interpretacje przepisów prawa.

Problemem wykraczającym poza omawiany zakres pluralizmu i zahaczającym, o omawiany w dalszej części pluralizm niespójności i niejasności przepisów, jest tu także niespójność omawianego zapisu rozporządzenia z odrębnym rozporządzeniem Prezesa Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2011 r. w sprawie instrukcji kancelaryjnej, jednolitych rzeczowych wykazów akt oraz instrukcji w sprawie organizacji i zakresu działania archiwów zakładowych [7]. Paragraf 15 ust 3, załącznika nr 6 tego aktu prawa stanowi, że „dokumentacja spraw zakończonych” w tym również zatwierdzone decy-

zjami projekty budowlane, przejmowane do archiwum zakładowego powinny być uporządkowane (...) zaś „uporządkowanie dokumentacji przekazywanej ze składu chronologicznego do archiwum zakładowego polega na” (...) „usunięciu części metalowych i plastikowych (na przykład spinaczy, zszywek, wąsów, koszulek)”. Zapisy powyższe wykluczają zatem przekazywanie do archiwum zakładowego projektów budowlanych w formie wymaganej pierwotnie od samego autora projektu tj. „uniemożliwiającej dekompletację”.

2.3. Pluralizm rozstrzygnięć formalnoprawnych

Omawiane obecnie zagadnienie dotyczy pluralizmu rozstrzygnięć różnorodnych organów administracji architektoniczno-budowlanej, samorządowych kolegiów odwoławczych i sądów administracyjnych w analogicznych lub bardzo zbliżonych do siebie kwestiach prawnych.

Przykładem ilustrującym zagadnienie może być problematyka wyznaczenia przez organ I instancji wielkości terenu obejmowanego analizą urbanistyczno-architektoniczną na etapie ustalania decyzji o warunkach zabudowy i jej sposób rozumienia w świetle orzeczeń sądów administracyjnych.

Zgodnie z zapisami § 3 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie sposobu ustalania wymagań dotyczących nowej zabudowy i zagospodarowania terenu, w przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego [8], „granice obszaru analizowanego wyznacza się na kopii mapy, o której mowa w art. 52 ust. 2 pkt 1 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, w odległości nie mniejszej niż trzykrotna szerokość frontu działki objętej wnioskiem o ustalenie warunków zabudowy, nie mniejszej jednak niż 50 metrów”.

Poniżej zaprezentowane zostały, zaczerpnięte z orzecznictwa polskich sądów administracyjnych, dwa skrajnie różne sposoby rozumienia tego właśnie zapisu.

Orzekając w kwestii wielkości obszaru analizowanego, WSA w Białymstoku wyrokiem z 2011-02-03 sygnatura II SA/Bk 705/10 uchylił decyzję SKO stwierdzając: „Sąd podziela jednocześnie stanowisko prezentowane w orzecznictwie sądów administracyjnych, że skoro «obszar analizowany» służyć ma do wskazania działek sąsiednich, spełniających warunki tzw. dobrego sąsiedztwa, interpretacja sposobu wyznaczania tych granic przepisem § 3 ust. 2 rozporządzenia nie może abstrahować od pojęcia sąsiedztwa w języku potocznym. Teren sąsiedzki to teren przyległy, pobliski. Zatem nie może to być działka położona w nieokreślonej odległości od działki przeznaczonej pod nową zabudowę”.

Zwrot „w odległości nie mniejszej niż” stanowi w zasadzie górną granicę rozmiarów obszaru analizowanego, poza którymi można poszukiwać dobrego sąsiedztwa jedynie w szczególnie uzasadnionych sytuacjach”.

Odmienne widzenie przepisu prezentuje z kolei WSA w Olsztynie (sygn. akt II SA/Ol 869/09), który to sąd, wyrokiem z 10.11.2009 r. stwierdza: „Przepis § 3 (...) rozporządzenia stanowi, że dla ustalenia wymagań dla nowej zabudowy i zagospodarowania terenu właściwy organ wyznacza wokół działki budowlanej, której dotyczy wnioski o ustalenie warunków zabudowy, obszar analizowany i przeprowadza na nim analizę (...) zaś granice obszaru analizowanego wyznacza się w odległości nie mniejszej niż trzykrotna szerokość frontu działki objętej wnioskiem o ustalenie warunków zabudowy, nie mniejszej jednak niż 50 metrów. Przepis ten określa jedynie minimalną wielkość obszaru analizowanego, dopuszczając tym samym ustalenie obszaru analizowanego o promieniu przekraczającym 150 m, co pozwala na ustalenie rozległości badanego terenu dla każdego przypadku oddzielnie. Wynika to właśnie z potrzeby szerokiego rozumienia sąsiedztwa i uwzględniania przedstawionych powyżej założeń. Gdyby przyjąć za organami zasadność ograniczenia obszaru analizowanego tylko do najbliższego otoczenia działek niezabudowanych, to w praktyce niemożliwy byłby rozwój zabudowy, mimo że nie istniałoby zagrożenie ładu przestrzennego (...)”.

Podsumowując powyższy przykład, stosunkowo jednoznaczne stwierdzenie zawarte w przepisach prawa, dotyczące zakresu obszaru analizowanego, „w odległości nie mniejszej niż trzykrotna szerokość frontu działki”, dla jednego sądu administracyjnego oznacza „minimalną wielkość” tego obszaru, a dla drugiego „górną granicę” obszaru analizy. Przykłady analogiczne do powyższego można mnożyć. Działający na terenie kraju potencjalny inwestor nigdy nie może być pewny rozumienia i stosowania wielu funkcjonujących przepisów prawa, a co za tym idzie, niepodważalności podejmowanych decyzji. Tym samym planowany przez Inwestora harmonogram realizacji inwestycji budowlanej oraz kosztów z nią związanych stoi zawsze pod znakiem zapytania.

2.4. Pluralizm niejasności i niespójności zawarty w przepisach prawa

Omawiany pluralizm niejasności i niespójności to odrębne zagadnienie odnoszące się w głównej mierze do istniejących lub tworzonych w Polsce aktów prawnych o generalnie odmiennym zakresie stosowania, lecz uzupełniających się w sytuacjach szczególnych. Pierwszym, wspomnianym już, przykładem tego zjawiska może być opisana w p. 2.2 niniejszego opracowania problematyka oprawy projektów budowlanych w sposób uniemożliwiający ich dekompletację i występująca kolizja z przepisami dotyczącymi wymaganego sposobu archiwizacji dokumentów przez archiwa państwowe.

Innym przykładem mogą być zapisy § 8 ust. 2 pkt 9 Rozporządzenia Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego,

a także § 53 ust. 2, § 56, § 59 ust. 1, § 96 ust. 1 i wiele innych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie w kontekście zapisów art. 5 ust. 3 i 4 Ustawy z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji.

Przedstawiając problem w dużym uproszczeniu, zapisy Polskich Norm, będące z mocy właściwej ustawy uznane bezwarunkowo za nieobowiązujące, poprzez ich równoczesne wprowadzenie do rozporządzeń wykonawczych, ponownie stają się przyczynkiem do toczącej się dyskusji [9] o faktycznej dobrowolności stosowania zapisów PN oraz realnych konsekwencjach prawnych odstąpienia od stosowania Polskiej Normy np. w odniesieniu do sposobu obliczania powierzchni zabudowy w projekcie budowlanym.

Problem ten potęguje opisane również zjawisko pluralizmu rozstrzygnięć różnorodnych organów administracji architektoniczno-budowlanej i sądów administracyjnych. Na tle tej problematyki, projektant obawiający się niekorzystnej dla siebie i inwestora oceny stworzonej przez siebie dokumentacji projektowej, *a priori* przyjmuje stosowanie zapisów Polskiej Normy, jako zapisów obligatoryjnych, choć *de facto* nie ma ku temu całkowicie jednoznacznej podstawy prawnej.

Geneza omawianego tu rodzaju pluralizmu tkwi najczęściej w braku należytej kontroli organów tworzących prawo nad wszystkimi konsekwencjami wprowadzanych w życie przepisów prawa. Źródło tkwi także w ilościowym tworzeniu przepisów prawa, co jakoby stanowi wymierny efekt pracy parlamentu i poszczególnych ministerstw. Wszystko to niestety dzieje się ogromnym kosztem jakości, spójności i przejrzystości stosowania prawa w kraju.

3. PODSUMOWANIE

Omawiany pluralizm w procesie administracyjno-prawnym realizacji inwestycji budowlanych stanowi w polskim systemie stanowienia i egzekwowania prawa kluczowy problem. Wymienione tu rodzaje kłopotliwego dla inwestorów i projektantów pluralizmu stanowią niestety katalog otwarty, nieprecyzyjności, niejasności i niespójności przepisów. Warto też zwrócić uwagę, że wspomniane w pracy cztery kluczowe rodzaje pluralizmu w procesie administracyjno-prawnym, dotyczącym realizacji inwestycji budowlanych, często w odniesieniu do konkretnych sytuacji prawnych, nakładają się, potęgując zaistniały problem.

Eliminacja w procesie budowlano-inwestycyjnym pojedynczej procedury formalnoprawnej (np. całkowite lub częściowe zniesienie decyzji o pozwoleniu na budowę) nie rozwiąże tak skomplikowanej i złożonej problematyki.

W pierwszej kolejności zachodzi zatem pilna potrzeba inwentaryzacji obowiązujących w Polsce przepisów prawa celem identyfikacji występują-

cych w nich niespójności i rozbieżności. Bez niej wszelkie kolejne zmiany ustawodawstwa nie gwarantują uniknięcia na przyszłość efektu „pluralizmu”. Taka analiza może obecnie stanowić jedyną realną drogę do powolnego rozwiązywania zidentyfikowanego problemu realizacji inwestycji budowlanych. Korekta obowiązujących przepisów prawa, pod kątem jednoznaczności ich rozumienia i stosowania, oraz potrzeba usprawnienia funkcjonujących obecnie w Polsce, aktów prawnych, w świetle problematyki wszechobecnego „pluralizmu” wydaje się działaniem nie do przecenienia.

Abstract

Problems of contemporary architecture in Poland – pluralism in administrative process of building investment.

One of the major problems of contemporary architecture in Poland combined with term “pluralism” is a pluralism of an administrative and legal procedures concerning entire building investment process. This pluralism, defined as multiplicity of methods and theories can be observed in the entire legislation process as well as during the building law enforcement. It leads directly to the creation of:

- pluralism of different, incoherent definitions of the same legal terms, existing in separate legal acts,
- pluralism of interpretations of the same legal terms,
- pluralism in administrative decisions concerning similar legal problems,
- pluralism (large quantity) of legal acts issued by polish parliament and government of a very poor quality.

The article seeks the solution to the problem through the evolutionary method of building law creation. All the existing legal problems should be in the first place, precisely identified and then solved one by one, avoiding at the same time, the implementation of revolutionary and completely uncertain, new ideas.

Streszczenie

Podjmując zagadnienie problematyki współczesnej architektury i budownictwa w Polsce w kontekście szeroko rozumianego pluralizmu, nie sposób nie zwrócić uwagi na jeden z najbardziej problematycznych wątków tego zagadnienia, jakim jest pluralizm w procesie administracyjno-prawnym, dotyczącym realizacji inwestycji budowlanej.

Pluralizm ten, rozumiany jako swoista mnogość metod lub teorii, obserwowany jest zarówno na etapie tworzenia w Polsce prawa związanego z procesem inwestycyjnym, jak i jego egzekwowania.

Efekt tej wielości w praktyce prowadzi wprost do powstawania m.in.:

- pluralizmu różnorodnych, wykluczających się wzajemnie definicji tych samych pojęć, powstających w niezależnie funkcjonujących, pokrewnych aktach prawnych,

- pluralizmu interpretacji prawnych, analogicznych pojęć i przepisów prawa, przez wszystkich potencjalnych uczestników procesu inwestycyjnego, z organami administracji państwowej na czele,
- pluralizmu rozstrzygnięć organów administracji architektoniczno-budowlanej, samorządowych kolegiów odwoławczych i sądów administracyjnych w analogicznych lub bardzo zbliżonych do siebie kwestiach prawnych,
- pluralizmu w ilościowym tworzeniu przepisów prawa, kosztem jego jakości, przejrzystości i spójności.

Artykuł stawia tezę, że ewolucyjna próba zmian w obowiązującym procesie administracyjno-prawnym może obecnie stanowić realną drogę do powolnego rozwiązywania, zidentyfikowanego na wstępie, problemu realizacji inwestycji budowlanych. Ich realizacja winna przede wszystkim polegać na korekcie obowiązujących przepisów prawa, przyjmując za cel nadrzędny ich jednoznaczność rozumienia i stosowania oraz potrzebę usprawnienia, bez znaczących zmian w zasadniczej konstrukcji funkcjonujących obecnie w Polsce aktów prawnych.

Literatura:

- [1] Definicja na podstawie słownika internetowego PWN z dnia 25.05.2013 r., encyklopedia.pwn.pl/haslo/3958225/pluralizm.html
- [2] Polska Norma Numer: PN-ISO 9836:1997, Tytuł: Właściwości użytkowe w budownictwie – Określanie i obliczanie wskaźników powierzchniowych i kubaturowych
- [3] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, Dz.U. z 2010 r., nr 213, poz. 1397
- [4] Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 2 kwietnia 2001 r. w sprawie geodezyjnej ewidencji sieci uzbrojenia terenu oraz zespołów uzgadniania dokumentacji projektowej, Dz.U. z 2001, nr 38 poz. 455
- [5] Ustawa z dnia 12 stycznia 1991 r. o podatkach i opłatach lokalnych, Dz.U. z 1991, nr 9 poz. 31 ze zmianami
- [6] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r., poz. 462
- [7] Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2011 r. w sprawie instrukcji kancelaryjnej, jednolitych rzeczowych wykazów akt oraz instrukcji w sprawie organizacji i zakresu działania archiwów zakładowych, Dz.U. z 2011, nr 14, poz. 67, załącznik nr 6
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 26 sierpnia 2003 r. w sprawie sposobu wymagań dotyczących nowej zabudowy i zagospodarowania terenu w przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, Dz.U. z 2003 r., nr 164, poz. 1588
- [9] Ciołek W.: *Dobrowolność czy obligatoryjność stosowania PN* (w sprawie dwugłosu), publikacja internetowa z dnia 2013.03.27 www.inzynierbudownictwa.pl/biznes,prawo,artykul,dobrowolnosc_czy_obligatoryjnosc_stosowania_pn_w_sprawie_dwuglosu_6328

Teresa Ewa KRZYŻANOWSKA

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

MODERNIZM A KIERUNEK NEW URBANISM, WYBRANE ZAGADNIENIA, ciąg dalszy...

ODLEGŁOŚCI STRUKTURALNE W ZESPOŁACH MIESZKANIOWYCH

1. WPROWADZENIE

Ogólne omówienie nowego kierunku New Urbanism i kierunku modernizmu w architekturze i urbanistyce zostało przedstawione na poprzednich konferencjach Archbud. Artykuł stanowi rozszerzenie publikacji z 2012 roku, jest elementem szerszego propagowania problematyki kierunku New Urbanism.

2. CZYM JEST KIERUNEK NEW URBANISM

New Urbanism jest kierunkiem w architekturze i urbanistyce występującym od lat 80. XX wieku. Powstał na bazie protestu wobec myśli architektoniczno-urbanistycznych wiodącego wówczas kierunku modernizmu. New Urbanism to powrót do zasady tradycyjnych miast, w podejściu do tworzenia miejskiej tkanki, lecz jednocześnie zwrócony ku zagadnieniom współczesnej społeczności miejskiej. Bazuje on na zasadzie nadrzędności przestrzeni publicznej nad prywatną. Odbudowuje znaczenie budowli publicznych i zapewnia im udział w nowych strukturach, nadając im sens postrzegany przez mieszkańców.

Priorytetową potrzebą urbanistyki dnia dzisiejszego jest ograniczanie fenomenu rozpetzania się miast, tzw. zjawiska *sprawl*. Możliwości terenowe naszej planety Ziemi są ograniczone, należy być tego świadomym. Zmniejszanie terenów pod aglomeracje jest wyzwaniem naszych czasów. Powstające miasta-osiedla mają cechy zapobiegające chaotycznemu „rozlewaniu” się aglomeracji, tworząc zwarte skupiska na kształt miasta.

New Urbanism ma wielu przeciwników i nie jest akceptowany w szerokim spektrum społeczności urbanistów.

3. ZAŁOŻENIA MODERNIZMU

Gigantyczne przemiany nastąpiły w XIX i na początku XX wieku stając się elementem przełomowym dla struktury miasta. Masowe użycie maszyny wprowadziło kolosalne zmiany, powodując ogromne zaburzenia w zachowaniu się ludzi, zmiany w strukturze produkcji, zmiany w strukturze społecznej. Pośrednio zmiany te doprowadziły do nadmiernego zagęszczania się miast, braku odpowiednich warunków sanitarnych i higienicznych, spekulację zasobami mieszkaniowymi. Zmiany te doprowadziły do lekceważenia odwiecznej harmonii urbanistycznej miasta. Rodząca się komunikacja samochodowa z jej rozlicznymi problemami wymagała nowych rozwiązań.

Na tej bazie powstał ruch modernistyczny w architekturze i urbanistyce.

Karta Ateńska, podstawowy dokument, a jednocześnie manifest modernizmu, została sformułowana w 1933 roku jako efekt IV Kongresu CIAM. Mówi ona o pogarszającym się stanie technicznym tkanki miejskiej, potrzebie niezbędnych powierzchni zielonej dla prawidłowego funkcjonowania istoty ludzkiej, potrzeby słońca dla każdego. Nikt i dzisiaj nie zaprzeczy, że zbyt małe podwórza, tzw. studnie w XIX-wiecznych budynkach mieszkalnych, zbyt wąskie ulice bez możliwości ukształtowania większych przestrzeni otwartych tworzą atmosferę niezdrową i deprymującą dla mieszkańców.

Karta Ateńska nakreślała ogólne założenia i wytyczne kierunku.

IV Kongres CIAM wyznacza 3 podstawowe tworzywa w urbanistyce: SŁOŃCE, ZIELEŃ, OTWARTA PRZESTRZEŃ. W tych trzech wartościach widzi antidotum na bolączki szybkiej industrializacji, zagęszczania się miast. Łatwo dostępne przestrzenie zielone, dostarczanie mieszkańcom odpowiedniego źródła tlenu, tworzenie miejsc zabaw dla dzieci, skala człowieka jako narzędzie miary architektonicznej i urbanistycznej są to postulaty, które nie straciły swej aktualności i dzisiaj.

Wiele z postulatów IV Kongresu CIAM i Karty Ateńskiej weszło do przepisów budowlanych i obowiązujących normatywów. „Osiągnięcia i standardy wyznaczone według zaleceń Karty Ateńskiej są dzisiaj akceptowane i są oczywiste. Stały się niepodważalnym dobrem i dobrodziejstwem społeczeństw w Polsce i Europie...” i dalej „Wiele ze zdobyczy socjalnych XX wieku, w tym osiedle społeczne i wiele zaleceń proponowanych przez CIAM, stało się oczywistością i weszło do kanonu obowiązujących zwyczajów”. Cytat z artykułu mojego autorstwa MODERNIZM A KIERUNEK NEW URBANISM, WYBRANE ZAGADNIENIA zamieszczonego w *Problemy współczesnej architektury i Budownictwa, Materiały Konferencji Naukowej ARCHBUD 2012*.

4. NIEKTÓRE PODOBIENSTWA MODERNIZMU I KIERUNKU NEW URBANISM. ODLEGŁOŚCI STRUKTURALNE W ZESPOŁACH MIESZKANIOWYCH MIAST-OSIEDLI PROJEKTOWANYCH WEDŁUG ZASAD NEW URBANISM

Zabudowa jednorodzinna sytuowana na niezależnych działkach tworzy tkankę o nadmiernie dużych odległościach od podstawowych funkcji towarzyszących. Większa intensywność zabudowy niż ta, którą osiąga zabudowa jednorodzinna pozwala na zmniejszanie odległości dostępności pieszej. Obowiązkowe wyznaczanie zalecanych promieni odległości tworzy z zabudowy zwarte skupiska. Jest jednym z czynników przeciwstawiającym się „rozlewaniu się” aglomeracji. Przyjmując określone promienie dostępności pieszej New Urbanism walczy z paradygmatem zabudowy jednorodzinnej pochłaniającej hektary terenów.

Amerykańscy twórcy New Urbanism, architekci Andres Duany i Elisabeth Plater-Zyberk, projektanci wielu miast-osiedli na terenie Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej, przyjmują jako podstawowe kryterium odległość pokonywaną przez pieszego w ciągu 5 minut. Jest to dystans 400 metrów. Określa dostęp użytkowników tkanki mieszkaniowej do przestrzeni publicznej. Gwarantuje on prawidłową dostępność do podstawowych usług zlokalizowanych w rejonie placów. Bliskość usług zmniejsza konieczność użycia samochodu na co dzień oraz zmniejsza ilość podróży do centrum wielkiego miasta. Ożywienie ruchu pieszego wewnątrz miast-osiedli stymuluje pośrednio prawidłowe i spontaniczne kontakty sąsiedzkie. Odległości mniejsze, 3-minutowego spaceru (250 metrów) architekci DPZ przyjmują jako właściwe dla dystansu pomiędzy zabudową mieszkaniową a terenami rekreacyjnymi, parkiem.

Leon Krier w mieście-osiedlu Poundbury w Wielkiej Brytanii (1989 r.) stosuje trochę inny promień dostępności. Dystans 600 metrów jest dla tego architekta właściwą odległością, którą pokonuje człowiek w realizacji swych codziennych potrzeb, dostępu do usług i handlu.

Podział na jednostki mieszkalne i układ placów w mieście-osiedlu Siewierz, Polska, zaprojektowano z uwzględnieniem dystansu 400 metrów (5 minut). Dystans bliższy – 400 metrów zastosowany w mieście-osiedlu Siewierz jest wygodniejszy dla mieszkańców.

4.1. Porównanie przyjętych zasad dostępności zabudowy mieszkalnej w modernizmie i w kierunku New Urbanism

Porównując zasady dostępności zabudowy mieszkalnej do handlu i usług w modernizmie i kierunku New Urbanism, można zauważyć ich podobieństwa. Tworzenie łatwych warunków dostępności mieszkań do usług wszystkich grup ludnościowych to jedna z tez modernizmu polskiego w szczególności

drugiej połowy dwudziestego wieku do chwili obecnej. Zasady te zostały ujęte w zalecane normy odległościowe przytoczone w np. Normatywie urbanistycznym ujętym w zarządzeniu nr 9 Ministra Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska ze stycznia 1974 roku, a następnie stosowanym w polskiej urbanistyce.

New Urbanism proponuje krótsze dystanse do szerszego spektrum usług (400 metrów, architekci DPLZ), niż przewidują wytyczne polskiego modernizmu (800 metrów), jako promienie dojścia do osiedlowego ośrodka handlowo-usługowego. Różnice wynikają również ze sposobu dojść. Dojścia w osiedlach modernistycznych lokalizowane są w ciągach pieszych. New Urbanism uznaje przede wszystkim przestrzenie uliczne w oparciu o zabudowę czy zieleń wysoką. Skupiska handlu i usług tworzą oparcie dla przestrzeni publicznej miasta-osiedla.

Podobieństwo w uznawaniu znaczenia promienia dostępności jako zasady i wytycznej w projektowaniu są ważnym elementem dla obu analizowanych kierunków.

Abstract

The article attempts to compare the direction of New Urbanism with the objectives of urban modernism. The similarities in both directions are presented.

The article deals with the problems of applying the principle of distance radius from the residential houses to the building services and recreation, occurring in both directions New Urbanism and Modernism.

Streszczenie

Artykuł stanowi próbę porównania kierunku New Urbanism z założeniami urbanistyki modernizmu. Przedstawiono podobieństwa występujące w obydwu kierunkach. Artykuł zajmuje się problematyką stosowania zasady promienia odległości od zabudowy mieszkaniowej do zabudowy usługowej i rekreacji, występującą w obydwu kierunkach: New Urbanism i modernizmie.

Literatura:

- [1] *Architektura*, nr 6, nr 11, 1964, Arkady, Warszawa
- [2] *Architektura-Murator*, nr 12, 2008, nr 2, nr 12, 2009, nr 4, 2012, wydawnictwo Murator SA, Warszawa

- [3] *Awangarda Polska Architektura Urbanistyka*, Wydawnictwo Interpress, Warszawa 1981
- [4] Chmielewski J.M., 2001. *Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001
- [5] Czerner O., Listowski H. *Awangarda Polska*, Wydawnictwo Interpress, Warszawa 1981
- [6] Katz P., 1994. *The New Urbanism Toward an Architecture of Community*, Mc Graw – Hill inc., New York
- [7] Krier L., 2001. *Architektura wybór czy przeznaczenie*, Arkady, Warszawa
- [8] Krzyżanowska T.E., 2009. *Miasto jako zbiór wzorców, rozprawa na temat miasta*, Oficyna Wydawnicza, Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie. Warszawa
- [9] Krzyżanowska E.T., 2009. Siewierz, miasto-osiedle projektowane według zasad New Urbanism (w:) *Problemy Współczesnej Architektury i Budownictwa, Materiały II Krajowej Konferencji ARCHBUD 2009*, Oficyna Wydawnicza, Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania w Warszawie. Warszawa
- [10] Krzyżanowska T.E., 2010. Rozwój miast-osiedli w latach 1991–2010 w Europie projektowanych według zasad New Urbanism (w:) *Problemy Współczesnej Architektury i Budownictwa, Materiały III Krajowej Konferencji ARCHBUD 2010*, OW WSEiZ, Warszawa
- [11] Krzyżanowska T.E., 2011. Myśl klasyczna w architekturze według zasad kierunku New Urbanism (w:) *Problemy Współczesnej Architektury i Budownictwa, Materiały IV Konferencji ARCHBUD 2011*, OW WSEiZ, Warszawa
- [12] Krzyżanowska T.E., Kierunek modernizm a kierunek New Urbanism, w: *Problemy współczesnej architektury i Budownictwa, Materiały Konferencji Naukowej ARCHBUD 2012*, OW WSEiZ, Warszawa
- [13] *New Civic Architecture – Vision of Europe the ecological alternative to sub-urbanisation*, Alinea, Firenze 2004
- [14] Rothier Ph., 2008. *Prix europeen d'architecture*, Fondation Philippe Rothier pour l'Architecture, Bruksela
- [15] Sitte C. 1980. *L'art. de batir les villes*, Paris, D. Vincent-L'Eguerre
- [16] Syrkus H. *Ku idei osiedla społecznego*, PWN, Warszawa 1976

[17] *The Guide of Eco-Efficient Cities*, Alinea, Firenze 2009

[18] *Urbanista, Karta Nowej Urbanistyki*, Urbanista Akapit – DTP, Warszawa, nr 6, nr 11, 2005

Jan MISIAK

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

Sławomir STACHURA

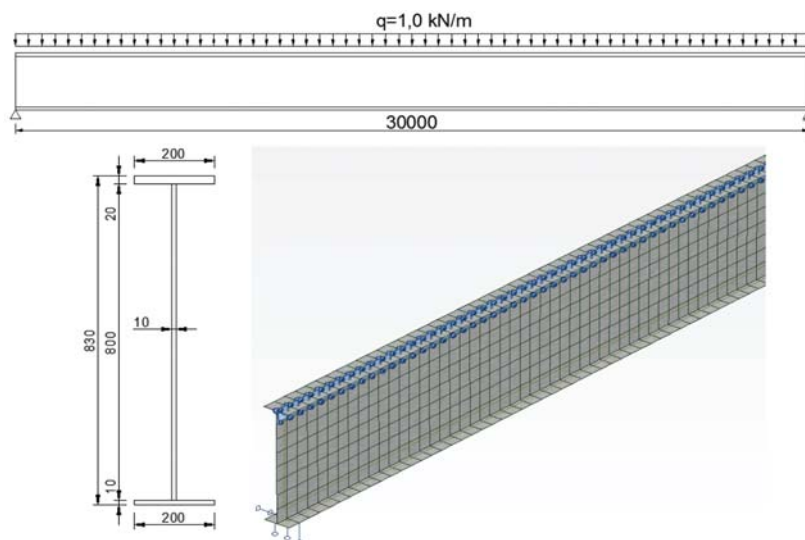
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

WPŁYW ŻEBER POPRZECZNYCH I PODŁUŻNYCH NA STATECZNOŚĆ BLACHOWNICY STALOWEJ

1. WSTĘP

Celem pracy jest jakościowe i ilościowe porównanie wpływu zastosowanych żebier podłużnych oraz poprzecznych na stateczność miejscową blachownicy stalowej.

Obliczenia przeprowadzono na podstawie wolnopodpartej blachownicy o rozpiętości 30 m, poddanej kombinacji obciążeń od ciężaru własnego oraz obciążenia zmiennego o wartości 1,0 kN/m (rys. 1.1).



Rys. 1.1. Wymiary geometryczne oraz fragment modelu obliczeniowego blachownicy

Zastosowano model obliczeniowy blachownicy zbudowanej z powłokowych skończonych elementów powierzchniowych. Pas górny środnika został

zabezpieczony przed bocznymi przemieszczeniami, poprzez stosowane w praktyce „blaszki oporowe”, zapewniające przyczepność monolitycznej płyty żelbetowej oraz stanowiące zabezpieczenie przed zwichrzeniem.

2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Numeryczną analizę stanu równowagi statecznej i niestatecznej wykonano za pomocą Metody Elementów Skończonych (MES) z elementami typu powłokowego, przy zastosowaniu nieliniowych związków geometrycznych, rozwiązując nieliniowe równania statyczne i stateczności:

$$[\mathbf{K} + \mathbf{K}_\sigma(\Delta\sigma) + \mathbf{K}_l(\Delta q)]\Delta\mathbf{q} = \Delta\mathbf{P},$$

$$[\mathbf{K} + \alpha_{cr}\{\mathbf{K}_\sigma(\sigma) + \mathbf{K}_l(q)\}]\mathbf{q} = 0$$

gdzie:

- \mathbf{K} – macierz sztywności liniowej,
- \mathbf{K}_σ – macierz sztywności geometrycznej,
- \mathbf{K}_l – macierz sztywności przemieszczeniowej.

3. OBLICZENIA NIELINOWEJ STATECZNOŚCI BLACHOWNICY

Obliczenia przeprowadzono dla kombinacji obciążeń $F_{Rd} = 1*1,15 + 2*1,5$ (gdzie: 1 – ciężar własny, 2 – obciążenie zmienne), wykorzystując nieliniową analizę wyboczenia w programie Autodesk Robot Structural Analysis Professional. W modelu obliczeniowym wyszczególniono 3600 powierzchniowych elementów skończonych oraz 23162 stopni swobody.

Analiza blachownicy bez żeber

Blachownica utraciła stateczność miejscową środkiem i pasa górnego w połowie swojej rozpiętości (rys. 3.1), co jest oczywiste ze względu na maksymalny moment zginający i naprężenia ściskające. Możliwym przeciwdziałaniem dla tej utraty stateczności jest zastosowanie uźebrowania.

Mnożnik krytyczny wyboczenia α_{cr} wynosi:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Rd}} = 6,04$$

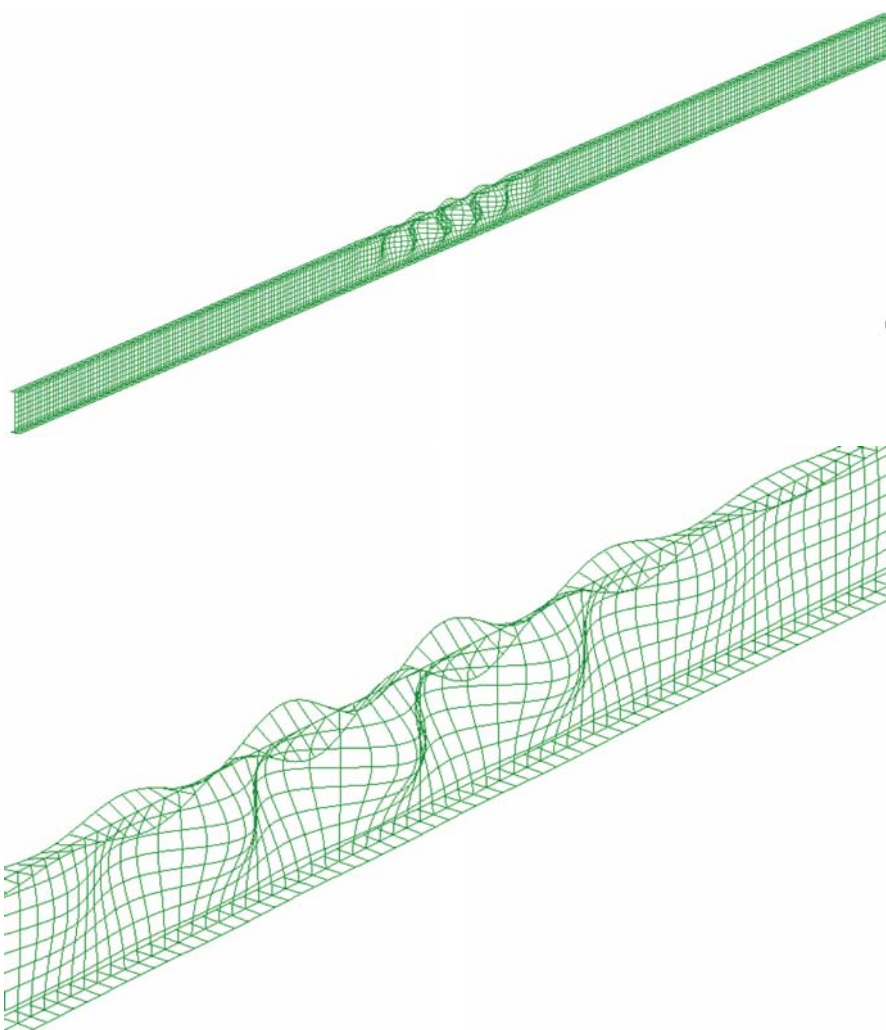
gdzie:

- F_{Rd} – obciążenie porównawcze równe kombinacji obciążeń,
- F_{cr} – obciążenie krytyczne.

Analiza blachownicy z żebrami

Rozpatrzono kombinacje rozmieszczenia żeber poprzecznych oraz podłużnych dla blachownicy:

- blachownica z jednym żebrzem poprzecznym,
- blachownica z trzema żebrami poprzecznymi,
- blachownica z trzema żebrami poprzecznymi i czterema podłużnymi,
- blachownica z żebrami poprzecznymi na całej rozpiętości blachownicy,
- blachownica z żebrami poprzecznymi i podłużnymi na całej rozpiętości blachownicy.



Rys. 3.1. Pierwsza postać wyboczenia blachownicy bez żeber

Blachownica z jednym żebrzem poprzecznym

Żebro poprzeczne zastosowano w połowie rozpiętości blachownicy (rys. 3.2), otrzymując wartość mnożnika $\alpha_{cr} = 6,12$. Jak widać, wprowadzenie pojedynczego żebra niewiele podwyższyło odporność blachownicy na wyboczenie środnika i pasa górnego, które również występuje w połowie jej rozpiętości.

Blachownica z trzema żebrami poprzecznymi

Zastosowano trzy żebra w rozstawie co 2 m (rys. 3.3), otrzymany krytyczny współczynnik wyboczenia wynosi $\alpha_{cr} = 6,19$ – również niewielki wzrost odporności na wyboczenie.

Blachownica z trzema żebrami poprzecznymi i czterema podłużnymi

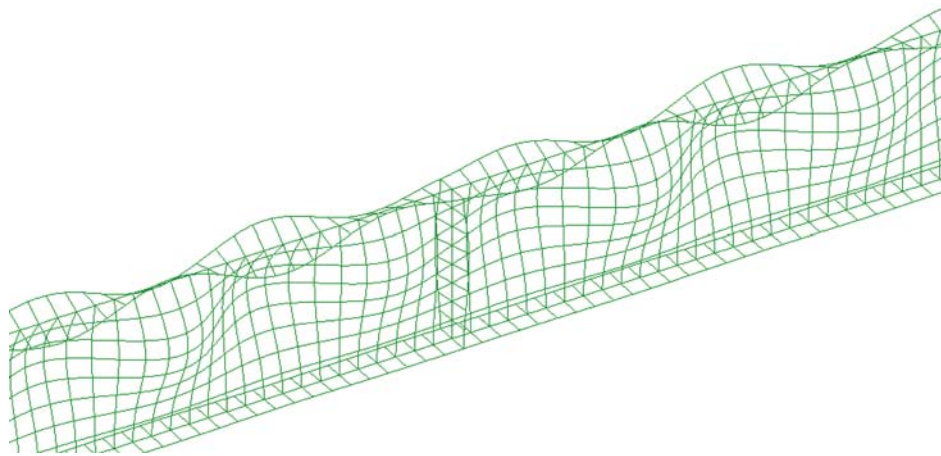
Zastosowano po dwa żebra podłużne w odległościach po 1/3 od pótek górnej i dolnej (rys. 3.4), otrzymano wartość współczynnika $\alpha_{cr} = 6,32$. Zastosowanie żeber podłużnych spowodowało usztywnienie blachownicy w obszarze z żebrami, brak utraty stateczności, ale blachownica traci stateczność w obszarze sąsiadującym. Właściwe zatem jest postępowanie zmierzające w kierunku zwiększenia liczby żeber poprzecznych i podłużnych.

Blachownica całkowicie uźebrowana

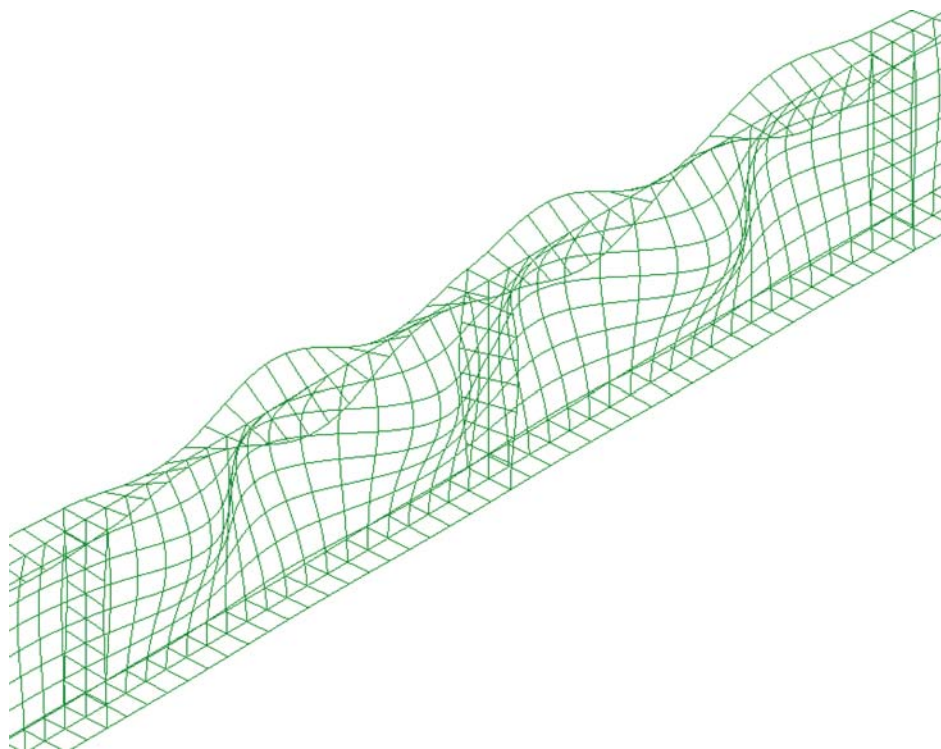
Zastosowano tylko żebra poprzeczne na całej długości blachownicy w rozstawie co 1 m (rys. 3.5), otrzymany współczynnik krytyczny wynosi $\alpha_{cr} = 6,46$. Nie otrzymano oczekiwanego efektu w postaci znacznego wzrostu odporności blachownicy na utratę miejscową stateczności.

Blachownica całkowicie uźebrowana poprzecznie i podłużnie

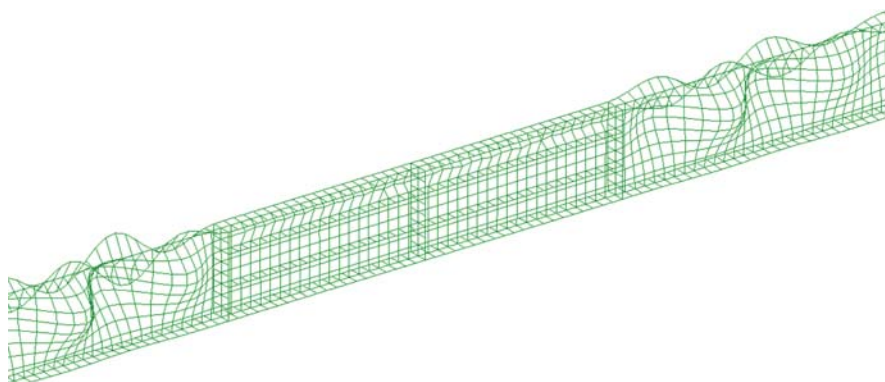
Zastosowano zarówno żebra poprzeczne oraz podłużne na całej długości blachownicy (rys. 3.6), otrzymując współczynnik krytyczny $\alpha_{cr} = 13,25$. Można powiedzieć, że jest to znaczny wzrost odporności blachownicy w porównaniu z poprzednimi wynikami. Jak można zauważyć po sposobie deformacji, w tym przypadku środnik nie ulega wyboczeniu, jest dostatecznie zabezpieczony przed utratą stateczności. Natomiast pas górny ulega wyboczeniu.



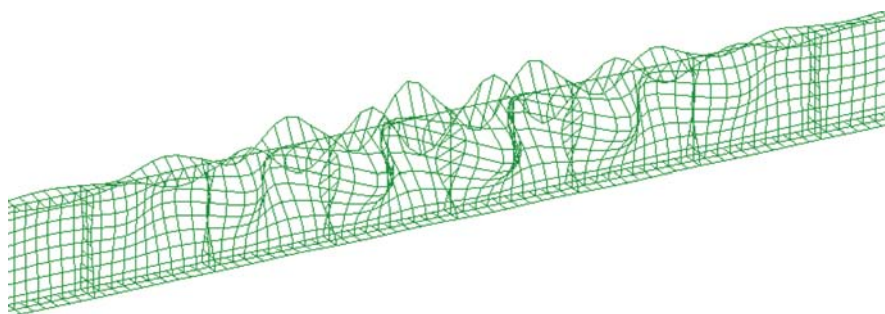
Rys. 3.2. Pierwsza postać wybożenia blachownicy z jednym żebrzem poprzecznym



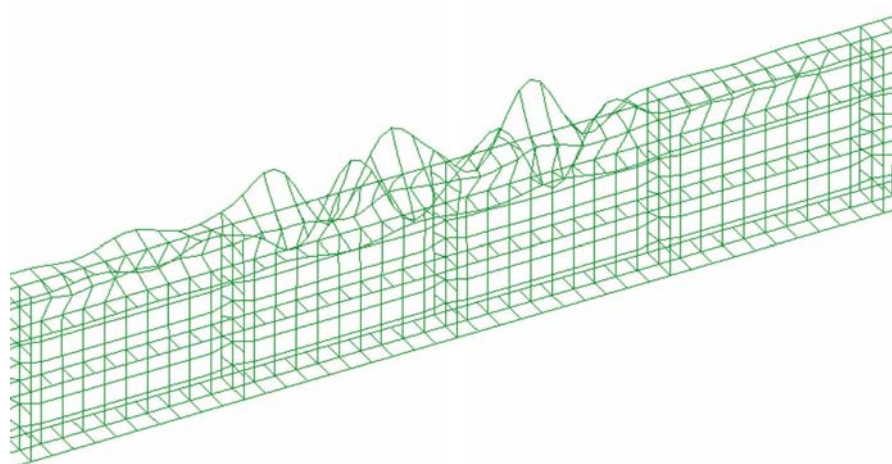
Rys. 3.3. Pierwsza postać wybożenia blachownicy z trzema żebrami poprzecznymi



Rys. 3.4. Pierwsza postać wyboczenia blachownicy z trzema żebrami poprzecznym i czterema żebrami podłużnymi



Rys. 3.5. Pierwsza postać wyboczenia blachownicy z żebrami poprzecznymi na całej długości blachownicy



Rys. 3.6. Pierwsza postać wyboczenia blachownicy z żebrami poprzecznymi i podłużnymi na całej długości blachownicy

Tab. 3.1. Zestawienie otrzymanych wyników analizy nieliniowej stateczności blachownicy

Przypadek	α_{cr}
Blachownica bez żeber,	6,04
Blachownica z jednym żebrzem poprzecznym,	6,12
Blachownica z trzema żebrami poprzecznymi,	6,19
Blachownica z trzema żebrami poprzecznymi i czterema podłużnymi,	6,32
Blachownica z żebrami poprzecznymi na całej rozpiętości blachownicy,	6,46
Blachownica z żebrami poprzecznymi i podłużnymi na całej rozpiętości blachownicy.	13,24

4. OBLICZENIE NIELINIOWEJ RÓWNOWAGI STATYCZNEJ

Z przeprowadzonej analizy stateczności nie wynika, że przejście w stan zniszczenia blachownicy wystąpi wskutek zjawiska wyboczenia. Możliwa jest taka zgięciowa praca blachownicy, która powoduje wystąpienie naprężeń plastycznych i tworzenie się przegubów plastycznych, a tym samym blachownica z konstrukcji przechodzi w mechanizm. Dlatego też należy wykonać analizę stanów równowagi statycznej, rozwiązując przyrostowe równania równowagi:

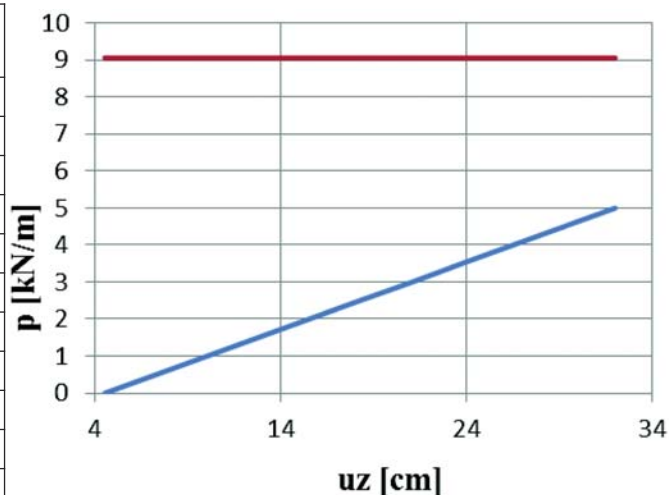
$$[K_L - K(\Delta\sigma) - K(\Delta q)]\Delta q = \Delta R$$

Blachownica bez żeber

Przeprowadzono obliczenia, wyznaczając ścieżkę stanów równowagi (rys. 4.1). Dla wartości obciążenia $p = 4,6 \text{ kN/m}$ w blachownicy wystąpią już naprężenia plastyczne o wartości 235 MPa, a obciążenie krytyczne wynosi 9,05 kN/m. Zatem możliwości nośne blachownicy zostaną wyczerpane przez stan graniczny nośności.

Tab. 4.1. Wyniki obliczeń P-delta

Obciążenie p [kN/m]	uz [cm]
0	4,542
0,5	7,292
1	10,042
1,5	12,779
2	15,526
2,5	18,272
3	21,081
3,5	23,76
4	426,51
4,5	29,257
4,6	29,806

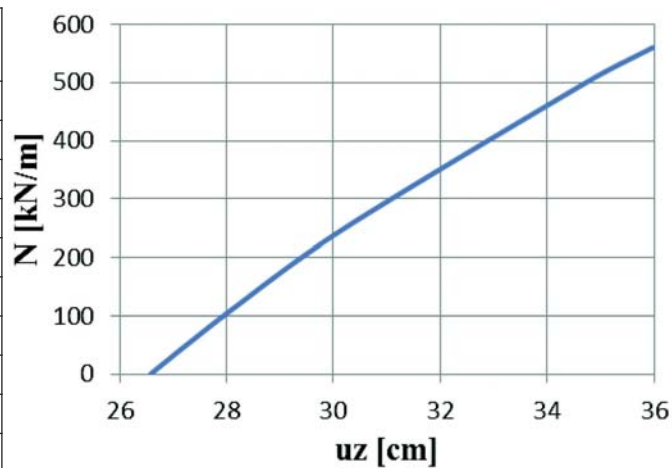


Rys. 4.1. Ścieżka stanów równowagi blachownicy bez zebra

Zbadano również wrażliwość blachownicy, wyznaczając ścieżkę stanów równowagi z udziałem ściskającego obciążenia osiowego, przyjmując stałe obciążenie $p=4$ kN/m. Wyniki obliczeń przedstawiono w tab. 4.2. i na rys. 4.2.

Tab. 4.2. Wyniki obliczeń P-delta

Obciążenie p [kN/m]	uz [cm]
0	26,577
1	26,59
5	26,642
15	26,774
35	27,042
75	27,589
105	28,012
250	30,212
500	34,728
550	35,763



Rys. 4.2. Ścieżka stanów równowagi blachownicy bez zebra

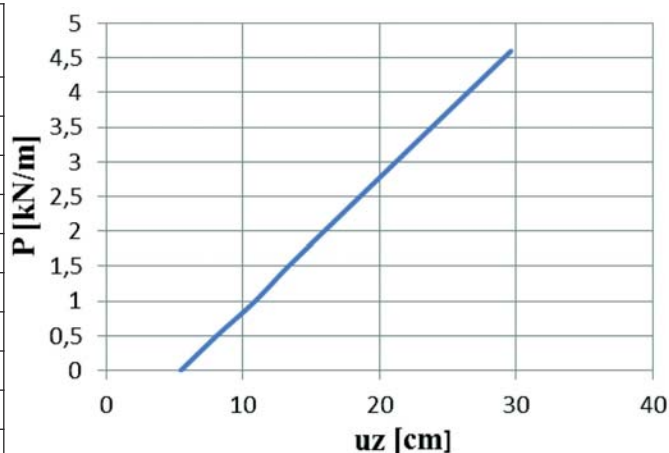
W tym przypadku możliwości blachownicy są wyczerpane wskutek utraty stateczności w zakresie sprężystym, naprężenia są jeszcze mniejsze od naprężeń plastycznych i wynoszą $\sigma=230,4$ MPa. Wystąpią znaczące przemieszczenia w kierunku prostopadłym do płaszczyzny blachownicy.

Blachownica z żebrami poprzecznymi i podłużnymi

Dla tak uźebrowanej blachownicy otrzymane wyniki zestawiono w tab. 4.3, a ścieżkę stanów równowagi przedstawiono na rys. 4.3. Dla wartości obciążenia około $p=4,6$ kN/m, w blachownicy uźebrowanej również wystąpią naprężenia plastyczne o wartości 235 MPa, a obciążenie krytyczne wynosi 19,86 kN/m. Zatem wcześniej zostanie osiągnięty stan graniczny nośności poprzez utworzenie przegubu plastycznego płynięcia.

Tab. 4.3. Wyniki obliczeń P-delta

Obciążenie p [kN/m]	uz [cm]
0	5,443
0,5	8,066
1	10,89
1,5	13,314
2	15,94
2,5	18,567
3	21,196
3,5	23,825
4	26,456
4,5	29,088
4,6	29,626

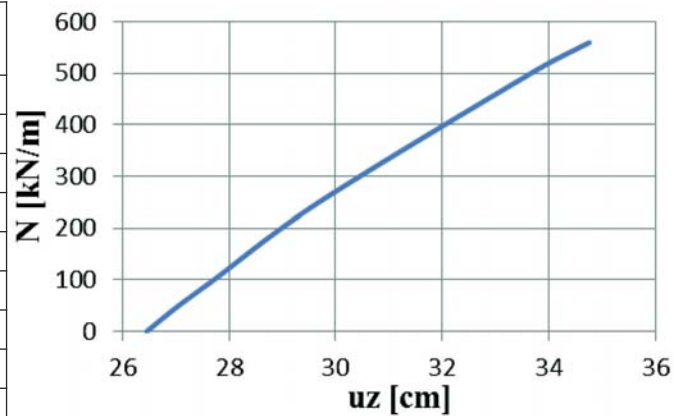


Rys. 4.3. Ścieżka stanów równowagi blachownicy uźebrowanej

Zbadano również wrażliwość blachownicy uźebrowanej, wyznaczając ścieżkę stanów równowagi z udziałem ściskającego obciążenia osiowego, jak w przypadku blachownicy bez żeber. Wyniki obliczeń przedstawiono w tab. 4.4. i na rys. 4.4.

Tab. 4.4. Wyniki obliczeń P-delta

Obciążenie p [kN/m]	uz [cm]
0	26,456
1	26,468
5	26,515
50	27,053
100	27,721
250	29,688
500	33,663
550	34,569
560	34,764



Rys. 4.4. Ścieżka stanów równowagi blachownicy uźebrowanej

W tym przypadku możliwości blachownicy uźebrowanej są wyczerpane wskutek osiągnięcia przez maksymalne naprężenie naprężeń plastycznych.

5. PODSUMOWANIE

Analizowana blachownica ma relatywnie dużą rozpiętość, wówczas dominujący z sił wewnętrznych jest moment gnący, o utracie stateczności miejscowej decydują naprężenia normalne ściskające, a wprowadzenie uźebrowania poprzecznego niewiele wpływa na wzrost odporności na utratę stateczności miejscowej. Natomiast wprowadzenie uźebrowania podłużnego zwiększa mnożnik obciążenia krytycznego, tj. spowoduje wzrost odporności na wyboczenie.

Uźebrowanie poprzeczne będzie miało wpływ, gdy na utratę stateczności miejscowej decydująco wpływają naprężenia styczne od sił tnących, które na ogół występują w strefie przypodporowej. Innym przypadkiem występowania znaczących sił tnących są blachownice podsuwnicowe, blachownice mostów kolejowych, które są obciążane dużymi siłami skupionymi w styku z kołami pojazdów.

Streszczenie

Wykonano analizę pracy zgięciowej blachownicy w zakresie sprężystym z uwzględnieniem uźebrowania środnika, jako przeciwdziałanie zjawisku wyboczenia środnika. Wyznaczono ścieżkę stanu równowagi zgięciowej oraz badano stateczność blachownicy, także z uwzględnieniem osiowej siły ściskającej.

Literatura:

- [1] Brzoska Z., Statyka i stateczność konstrukcji prętowych i cienkościennych, PWN, Warszawa 1965
- [2] ECCS Technical Committee 8 – Stability, Rules for Member in EN1993-1-1, Background documentation and design guidelines, Nr 119, 2006r
- [3] ECCS Technical Committee, Design of Steel Structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2010r
- [4] PN-EN 1993-1-5 Eurokod 3. Projektowanie konstrukcji stalowych, część 1-5: Blachownice
- [5] Waszczyszyn Z., Chichoń Cz., Radwańska M., Metoda elementów skończonych w stateczności konstrukcji, Arkady, Warszawa 1990
- [6] Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013, wersja edukacyjna dla WSEiZ

Iwona MORGAŚ

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

Anna STACHURA

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

OCENA STATECZNOŚCI PŁASKICH RAM NOSNYCH BUDYNKÓW HALOWYCH

1. WPROWADZENIE

W artykule zamieszczono rozwiązania problemu utraty stateczności płaskich ram układów nośnych hal. Obliczenia stateczności układów ramowych, kratownicowych występują m.in. w pracach [3].

Do wykonania obliczeń stanu granicznego nośności ram płaskich, ich elementów słupów i rygli wymagane są parametry wyboczenia, takie jak: siły krytyczne P_{cr} , długości krytyczne l_{cr} , współczynniki wyboczeniowe μ .

W tym celu zastosowano metody: metodę przemieszczeń, metodę elementów skończonych oraz przybliżoną metodę oceny stateczności, poprzez rozwiązanie problemu równowagi statycznej w zapisie liniowych i nieliniowych równań równowagi.

2. SFORMUŁOWANIE RÓWNAŃ STATECZNOŚCI

Do obliczeń problemu utraty stateczności ram w płaszczyźnie zginania zastosowano: metodę przemieszczeń, metodę elementów skończonych oraz metodę przybliżoną.

Sposób obliczenia stateczności za pomocą metody przemieszczeń jest zamieszczony w literaturze [1], a uproszczone zależności do obliczeń wyboczenia ram są m.in. podane w lit. [2, 4].

Zaletą metody przemieszczeń jest fakt, że można otrzymać rozwiązanie ścisłe, jako że do wyprowadzenia wzorów transformacyjnych stosuje się ścisłe funkcje deformacji związanych ze statecznością. W efekcie zastosowania metody przemieszczeń do obliczeń wielkości związanych z wyboczeniem otrzymujemy do rozwiązania wyznacznik z wyrazami funkcji trygonometrycznych, który to na ogół jest obliczany przybliżonymi metodami numerycznymi, a wówczas otrzymane rozwiązanie nie jest już ścisłe.

Do analizy stateczności ram metodą elementów skończonych, należy posłużyć się równaniami równowagi statycznej i stateczności, które mają następującą postać:

- równania liniowej równowagi statycznej

$$[\mathbf{K}]\mathbf{q} = \mathbf{R} \quad (1)$$

- równania nieliniowej równowagi statycznej

$$[\mathbf{K} + \mathbf{K}(\Delta q) + \mathbf{K}(\Delta \sigma)]\Delta \mathbf{q} = \Delta \mathbf{R} \quad (2)$$

- równania nieliniowej równowagi stateczności

$$[\mathbf{K} - \alpha_{cr} \{ \mathbf{K}(\Delta \sigma_0 + \mathbf{K}(\Delta q)) \}] \Delta \mathbf{q} = 0 \rightarrow P_{cr} = \alpha_{cr} P_0 \quad (3)$$

gdzie:

- \mathbf{K} – macierz sztywności liniowej,
- $\mathbf{K}(\Delta \sigma)$ – macierz sztywności geometrycznej (macierz wstępnych naprężeń),
- $\mathbf{K}(\Delta \sigma)$ – macierz sztywności przemieszczeniowej.

W metodzie elementów skończonych wyprowadzone równania są przy założeniu deformacji elementów w postaci funkcji wielomianowych, które to nie są funkcjami ścisłymi dla rozwiązania problemu stateczności. Zatem z metody elementów skończonych nie można otrzymać rozwiązania ścisłego.

Zastosowano też metodę przybliżoną obliczenia wyboczenia ramy [5], wykorzystującą ocenę stanu przechyłowego ramy pod działaniem imperfekcji obciążeniowej. Przeprowadzane są obliczenia statyczne I i II rzędu.

3. OBLICZENIA WYBOCZENIA RAMY METODĄ ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

3.1. Rama jednowawowa

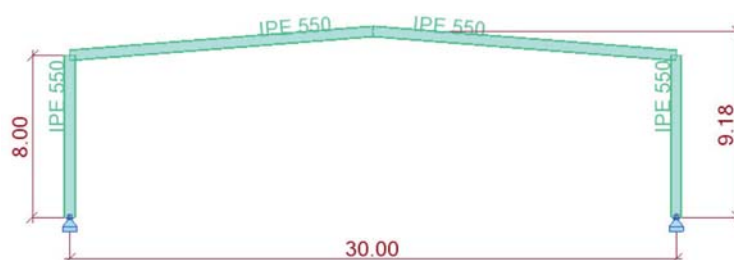
Rozpatrzono płaską ramę nośną (rys. 3.1) o rozstawie w osiach słupów 30 m, wysokości słupów 8 m, wysokości w kalenicy 9,18, kącie pochylecia ryglu dachowego 5°. W całości rama wykonana jest z profilu dwuteowego IPE550, materiał stal S275.

Wykonano obliczenia statyczne, przyjmując jako obciążenia porównawcze kombinację składającą się z obciążeń:

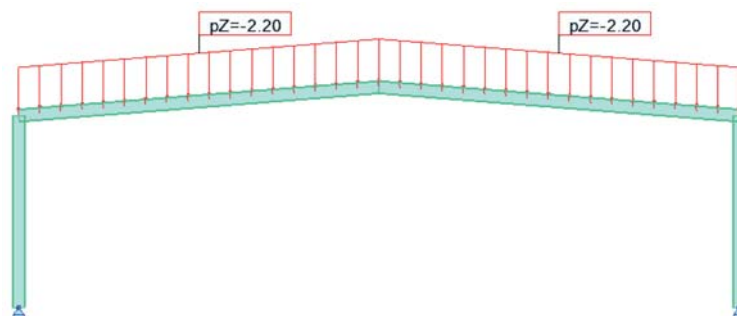
- 1) ciężar własny profili IPE550,
- 2) ciężar pokrycia dachu $q = 2,2 \text{ kN/m}$ (rys. 3.2),
- 3) obciążenie śniegiem równomiernym rzutowanym $s = 4,1 \text{ kN/m}$ (rys. 3.3).

Przeprowadzono obliczenia za pomocą metody elementów skończonych programem Autodesk Robot Structural Analysis [7], dla następującej kombinacji $1*1,15 + 2*1,15 + 3*1,50$

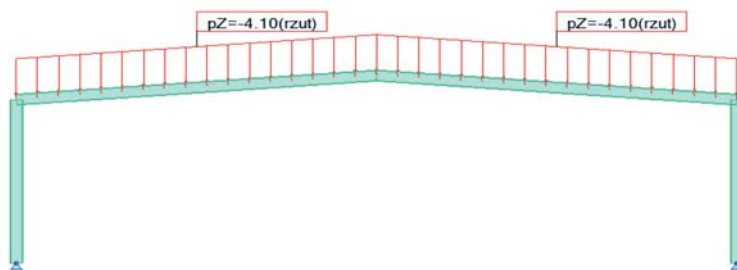
W pierwszej kolejności wykonano obliczenia statyczne I rzędu. Wyniki sił wewnętrznych i naprężeń normalnych przedstawiono na rys. 3.5 do 3.8.



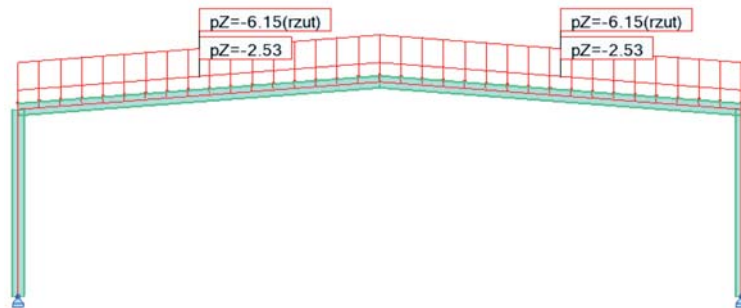
Rys. 3.1. Rama nośna



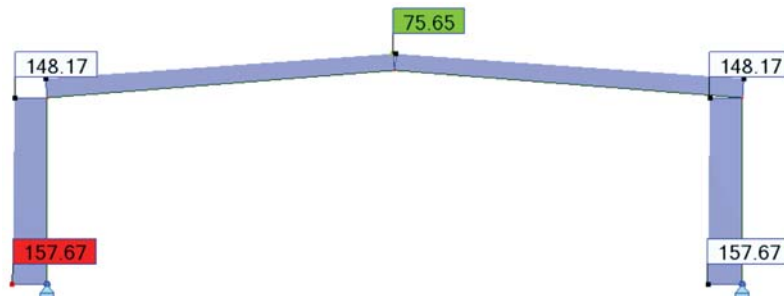
Rys. 3.2. Obciążenie od pokrycia dachu



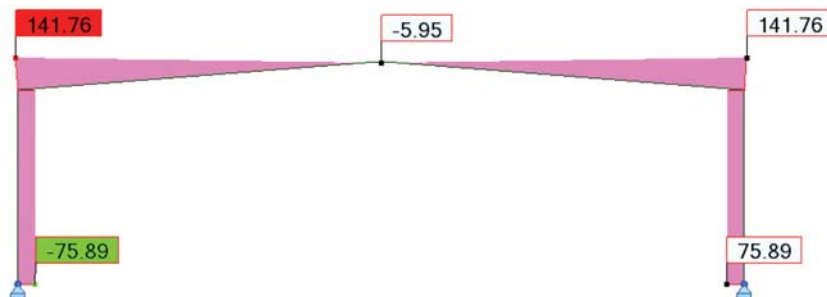
Rys. 3.3. Obciążenie śniegiem równomiernym rzutu poziomego gruntu



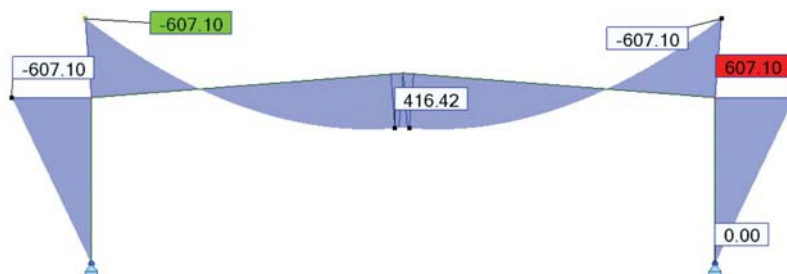
Rys. 3.4. Kombinacja obciążeń: c. w. $x1,15+2,2x1,15+4,1x1,5$



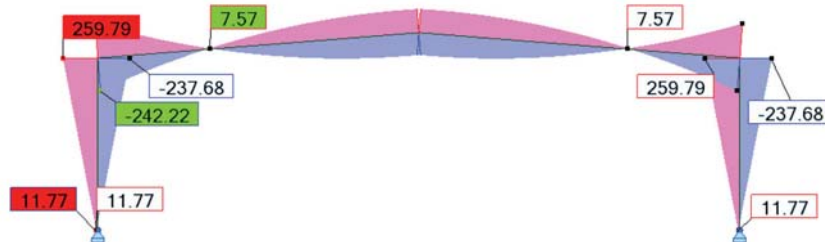
Rys. 3.5. Wykres sił normalnych



Rys. 3.6. Wykres sił tnących



Rys. 3.7. Wykres momentów gnących



Rys. 3.8. Wykres naprężeń normalnych.

Następnie, wykonano obliczenia stateczności ramy, jaką jest utrata płaskiej postaci zginania. Wyznaczono ciąg mnożników krytycznych $\{\alpha_{cr,1}, \nu_1\}$, $\{\alpha_{cr,2}, \nu_2\}$, wraz z postaciami deformacji wyboczeniowych – wektory postaci wyboczeniowych.

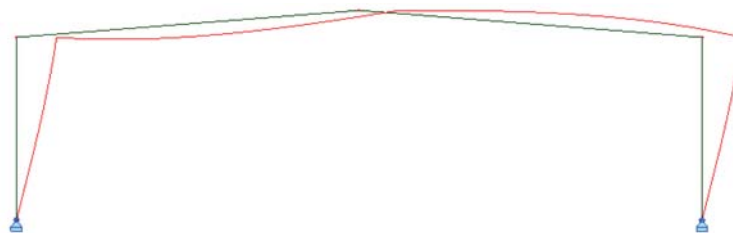
Obliczenia wyboczenia słupa

W przypadku słupów decydująca jest przechyłowa postać wyboczenia rys. 3.9, ponieważ stopa słupa podparta jest przegubowo nieprzesuwnie na fundamencie, a głowica słupa – sprężystie przesuwnie i obrotowo, jako połączenie z ryglem dachowym oraz dalszymi elementami ramy.

Dla najniższej wartości obciążenia krytycznego otrzymujemy postać asymetryczną przechyłową deformacji wyboczeniowej ramy (rys. 3.9).

Otrzymano najmniejszą wartość mnożnika obciążenia krytycznego $\alpha_{cr} = 12,255$, siła krytyczna dla słupa wynosi

$$P_{cr} = \alpha_{cr} \frac{N_s + N_g}{2} = 12,255 \frac{157,67 + 148,17}{2} = 1874,03 \text{ kN}$$



Rys. 3.9. Pierwsza postać wyboczeniowa

Natomiast, długość krytyczna słupa zostanie wyznaczona z porównania siły krytycznej metody elementów skończonych i siły krytycznej w sensie Eulera

$$\alpha_{cr} \frac{N_s + N_g}{2} = P_{cr} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{cr}^2} \quad \text{otrzymamy} \quad l_{cr} = \sqrt{\frac{2\pi^2 EJ}{\alpha_{cr}(N_s + N_g)}}$$

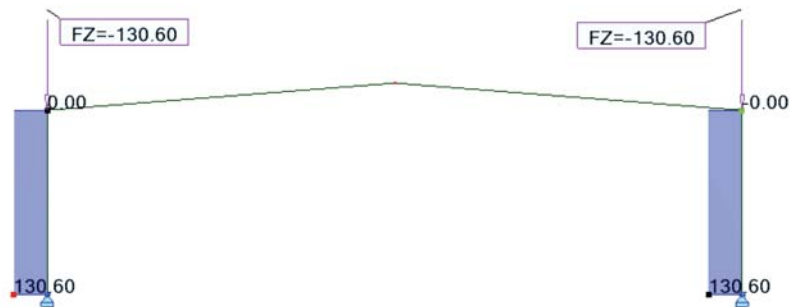
gdzie: N_s, N_g siły normalne w stopie i głowicy słupa, wyznaczając

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{2\pi^2 EJ}{\alpha_{cr}(N_s + N_g)}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{12,255(157,67 + 148,17)}} = 2724,56 \text{ cm} = 27,25 \text{ m}$$

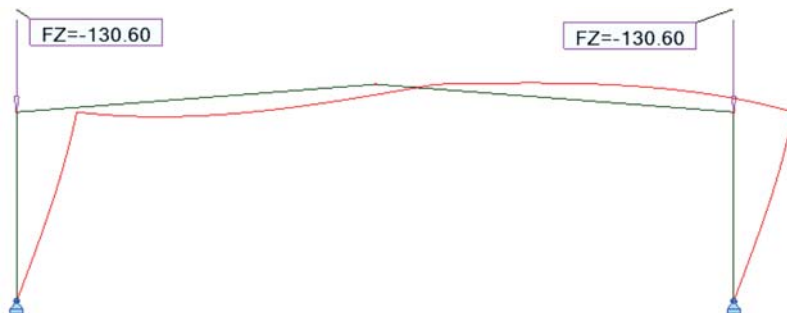
a współczynnik długości krytycznej wyboczenia wynosi

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \frac{27,25}{8} = 3,41.$$

Z dalszych obliczeń metodą przemieszczeń otrzymane wyniki będą inne. W metodzie przemieszczeń i w metodzie przybliżonej jest ten sam schemat przyłożenia obciążeń, tj. przyłożone obciążenia znajdują się w osiach słupów, dlatego też zastosowany schemat obciążenia działającego na rygiel dachowy (rys. 3.4) zostanie zredukowany do sił działających w osiach słupów – rys. 3.10. Wówczas wykres sił normalnych jest postaci (rys. 3.10).



Rys. 3.10. Schemat obciążenia i wykres sił normalnych



Rys. 3.11. Pierwsza postać wyboczeniowa

Z ponownych obliczeń otrzymano inny współczynnik α_{cr} wówczas siła krytyczna wynosi:

$$P_{cr} = \alpha_{cr} N = 16,7122 \cdot 130,6 = 2182,59 \text{ kN},$$

i długość krytyczna słupa wynosi

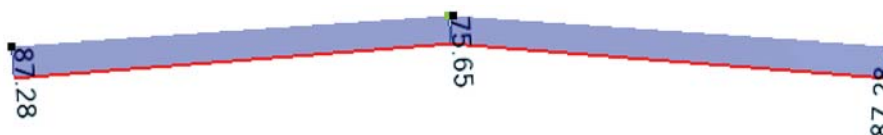
$$l_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{\alpha_{cr} N}} = \sqrt{\frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{16,7122 \cdot 130,6}} = 2524,64 \text{ cm} = 25,25 \text{ m},$$

współczynnik długość i krytycznej wybożenia

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \frac{25,25}{8} = 3,16$$

Obliczenia wybożenia rygla

Dla rygla występuje nieprzechylowa utrata stateczności, zniszczenie rygla nastąpi przez stan zgięciowy, zatem w postaciach wybożeniowych odnajdujemy nieprzechylową postać wybożenia, jest to druga postać wybożenia.



Rys. 3.12. Wykres sił normalnych rygla

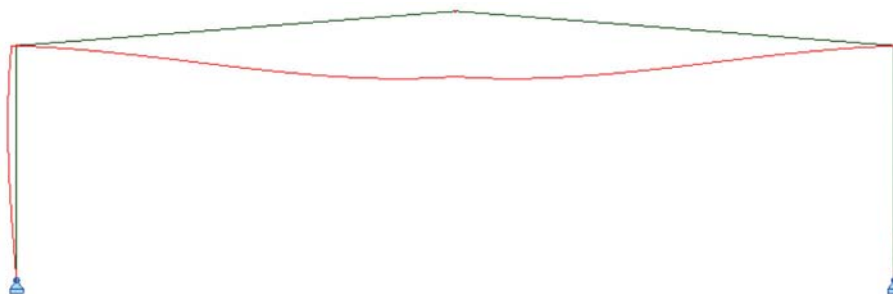
Siła krytyczna wynosi:

$$P_{cr} = \alpha_{cr} N = 53,94 \frac{75,65 + 87,28}{2} = 4394,22 \text{ kN},$$

długość krytyczna rygla

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{P_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{4394,22}} = 1779,28 \text{ cm} = 17,79 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \frac{17,79}{30} = 0,593$$



Rys. 3.13. Druga postać wybożeniowa rygla

4. OBLICZENIA WYBOCZENIA RAMY METODĄ PRZEMIESZCZEŃ

W metodzie przemieszczeń przeprowadzamy rozwiązania, zakładając przechyłową i nieprzechyłową postać wyboczenia słupa. Do wyznaczenia P_{cr} , l_{cr} μ zastosowano uproszczone wyrażenia [2],[4]. Rozpatrzono postać przechyłową dla słupa i nieprzechyłową dla rygla.

Przechyłowa postać wyboczenia słupa

Współczynnik sztywności słupa z dwuteownika IPE 550

$$K_c = \frac{I_y}{h_c} = \frac{67120}{800} = 83,9$$

Współczynnik sztywności rygla z dwuteownika IPE 550

$$K_{11} = 1,5 \frac{I_y}{L_{11}} = 1,5 \frac{67120}{3000} = 33,56$$

Stopnie podatności węzłów: 1 – połączenie słupa w głowicy, i 2 – połączenie słupa w stopie

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11}} = \frac{83,9}{83,9 + 33,56} = 0,714$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c} = 1,0$$

Współczynnik długości krytycznej wybozeniowej słupa

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{l_{cr}}{l} = \sqrt{\frac{1 - 0,2(\eta_1 + \eta_2) - 0,12\eta_1\eta_2}{1 - 0,8(\eta_1 + \eta_2) + 0,6\eta_1\eta_2}} = \\ &= \sqrt{\frac{1 - 0,2(0,714 + 1,0) - 0,12 \cdot 0,714 \cdot 1,0}{1 - 0,8(0,714 + 1,0) + 0,6 \cdot 0,714 \cdot 1,0}} = 3,16 \end{aligned}$$

$$l_{cr} = \mu l = 3,16 \cdot 800 = 2528 \text{ cm} = 25,28 \text{ m},$$

Siła krytyczna dla słupa wynosi,

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{2528^2} = 2176,79 \text{ kN},$$

i jak widać, wartości z metody przemieszczeń i metody elementów skończonych, są prawie identyczne.

Nieprzechyłowa postać wyboczenia rygla

Współczynnik sztywności rygla z dwuteownika IPE 550

$$K_c = \frac{I_y}{h_c} = \frac{67120}{3000} = 22,373$$

Współczynnik sztywności słupów z dwuteownika IPE 550

$$K_{11} = K_{21} = 0,75 \frac{I_y}{L_{11}} = 0,75 \frac{67120}{800} = 62,925$$

Stopnie podatności węzłów 1 i 2

$$\eta_1 = \eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{11}} = \frac{22,373}{22,373 + 62,925} = 0,262$$

Współczynnik długości wyboczeniowej rygla

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{l_{cr}}{l} = 0,5 + 0,14(\eta_1 + \eta_2) + 0,055(\eta_1 + \eta_2)^2 = \\ &= 0,5 + 0,14(0,262 + 0,262) + 0,055(0,262 + 0,262)^2 = 0,588 \end{aligned}$$

porównując różnice wartości z metody przemieszczeń i metody elementów skończonych różnica jest mniejsza niż 1%.

5. METODA PRZYBLIŻONA OBLICZANIA WYBOCZENIA RAMY

Przy postępowaniu tą metodą wymagane jest rozwiązanie z teorii II rzędu z dodatkowymi obciążeniami, traktowanymi jako imperfekcja obciążeniowa. Mając możliwości analizy nieliniowej można wyznaczyć pracę ramy, tj. wyznaczyć ścieżkę równowagi statycznej P-Δ. Jeśli jej przebieg będzie asymptotycznie zbliżał się do wartości obciążenia krytycznego w zakresie sprężystym, to oznacza, że wyczerpanie nośności ramy jest spowodowane zjawiskiem wyboczenia. Postępowanie w obliczeniach metodą przybliżoną jest dwuetapowe.

Polega ono na wykorzystaniu zależności pomiędzy poziomym przemieszczeniem Δ rygla ramy a założoną siłą poziomą H w dwóch sytuacjach, gdy [5]:

- 1) siła H działa jako jedyne obciążenie ramy, pod wpływem którego powstaje przemieszczenie Δ_I obliczone wg teorii I rzędu,
- 2) siła H działa jednocześnie z obciążeniem pionowym, pod wpływem których powstaje przemieszczenie rygla Δ_{II} obliczone wg teorii II rzędu.

Pomiędzy przemieszczeniem Δ_{II} i Δ_I istnieje zależność jak dla prętów mimośrodowo ściskanych

$$\Delta_{II} = \frac{\Delta_I}{1 - \frac{P}{P_{cr}}} \text{ po przekształceniu otrzymamy } P_{cr} = P \frac{\Delta_{II}}{\Delta_{II} - \Delta_I}$$

Można zatem zastosować powyższą zależność do wyznaczania obciążenia krytycznego ramy. Należy uprzednio obliczyć przemieszczenia ramy Δ_I tylko od fikcyjnej siły H bez obciążenia pionowego oraz przemieszczenia Δ_{II} od fikcyjnej siły H i obciążenia pionowego.

Jako wartość imperfekcji obciążeniowej można przyjąć np. $H = P/1000$. Wartość obciążenia pionowego P może zaś być zadana jako dowolna wielkość, chociaż mniejszy błąd wyników otrzymuje się wtedy, gdy siła P jest bardziej zbliżona do P_{cr} . Na rys. 5.1 przedstawiono schemat obciążeń do obliczeń metodą przybliżoną.



Rys. 5.1. Schemat obciążenia do obliczeń metodą przybliżoną

Z obliczeń statycznych I rzędu przemieszczenie przechyłowe głowicy słupa wynosi: $\Delta_I = 0,2696$ cm, natomiast z obliczeń statycznych II rzędu przemieszczenie przechyłowe głowicy słupa wynosi: $\Delta_{II} = 0,8124$ cm.

Siła krytyczna z metody przybliżonej wynosi:

$$P_{cr} = P \frac{\Delta_{II}}{\Delta_{II} - \Delta_I} = 1500 \frac{0,8124}{0,8124 - 0,2696} = 2245,04 \text{ kN}$$

Długość krytyczna wyboczenia słupa jest równa

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{P_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{2245,04}} = 2489,28 \text{ cm} = 24,89 \text{ m}$$

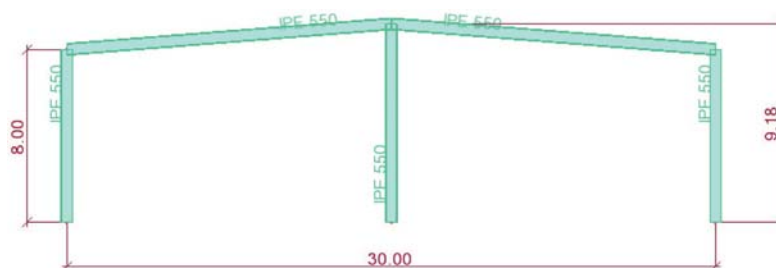
Współczynnik długości krytycznej wyboczeniowej słupa

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \frac{24,89}{8} = 3,11$$

porównując powyższą wartość z wartościami metody przemieszeń i metody elementów skończonych różnica wynosi 1,6%.

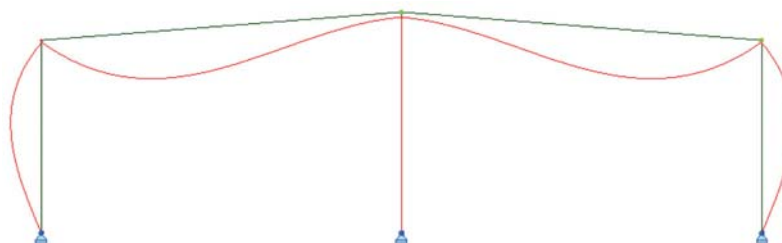
6. OBLICZENIA RAMY DWUNAWOWEJ

Wykonano obliczenia ramy dwunawowej (rys. 6.1), przyjmując te same wymiary zewnętrzne i profile IPE 550 oraz obciążenia.

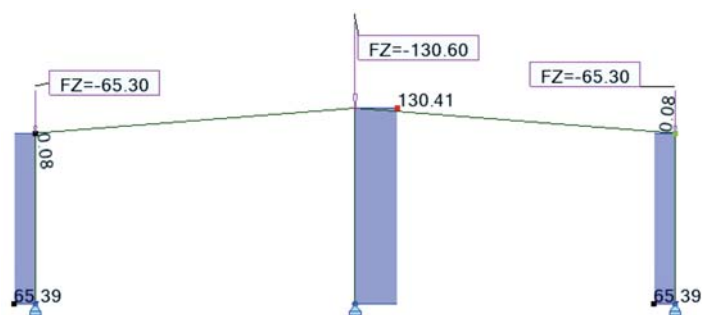


Rys. 6.1. Schemat ramy dwunawowej

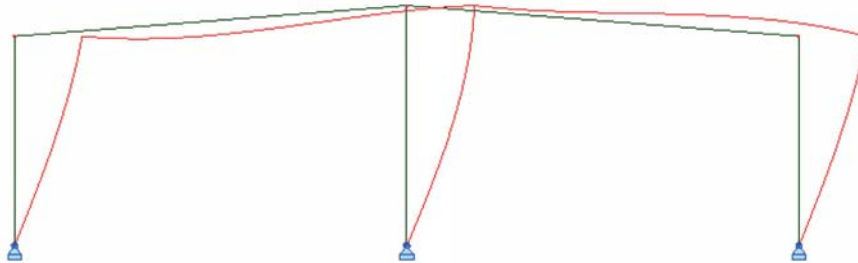
Metoda elementów skończonych



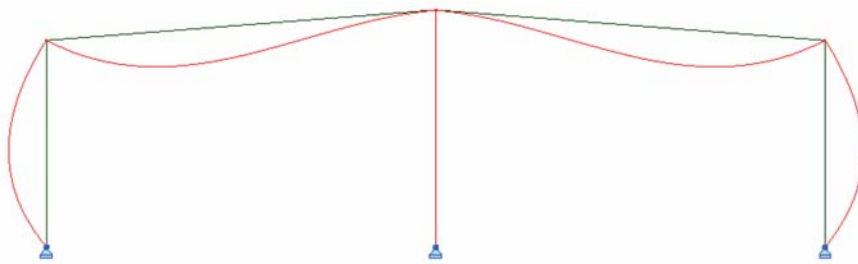
Rys. 6.2. Deformacja z obliczeń statycznych



Rys. 6.3. Schemat obciążenia i wykres sił normalnych



Rys. 6.4. Pierwsza postać wyboczenia ramy



Rys. 6.5. Czwarta postać wyboczenia ramy

Dla słupów skrajnych

Otrzymano najmniejszą wartość mnożnika $\alpha_{cr} = 33,798$. Siła krytyczna wynosi:

$$P_{cr} = \alpha_{cr} N = 33,798 \cdot 65,39 = 2210,05 \text{ kN}$$

Natomiast, długość krytyczna słupa wynosi:

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{P_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{2210,05}} = 2508,91 \text{ cm} = 25,09 \text{ m}$$

Współczynnik długości wyboczeniowej słupa

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \frac{25,09}{8} = 3,136$$

Dla słupa środkowego

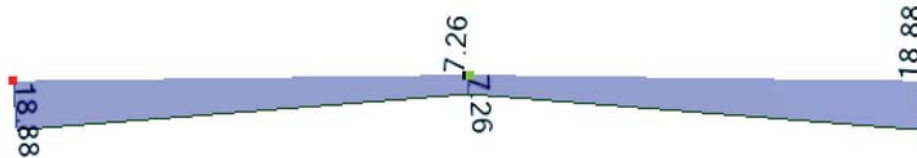
$$P_{cr} = \alpha_{cr} N = 33,798 \cdot 130,41 = 4407,60 \text{ kN}$$

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{P_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{4407,60}} = 1776,58 \text{ cm} = 17,77 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \frac{17,77}{9,18} = 1,936$$

Dla rygla

Dla rygla występuje nieprzechyłowa utrata stateczności typu zgięciowego (rys. 6.5), jest to czwarta postać wyboczeniowa.



Rys. 6.6. Wykres sił normalnych

Siła krytyczna wynosi

$$P_{cr} = \alpha_{cr} N = 465,08 \frac{7,26 + 18,88}{2} = 6078,60 \text{ kN}$$

Natomiast, długość krytyczna rygla wynosi:

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 EJ}{P_{cr}}} = \sqrt{\frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{6078,60}} = 1512,81 \text{ cm} = 15,13 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \frac{15,13}{30} = 0,504$$

Metoda przemieszczeń

Przechyłowa postać wyboczenia słupa skrajnego

Współczynnik sztywności słupa z dwuteownika IPE 550

$$K_c = \frac{I_y}{h_c} = \frac{67120}{800} = 83,9$$

Współczynnik sztywności rygla z dwuteownika IPE 550

$$K_{11} = 1,5 \frac{I_y}{L_{11}} = 1,5 \frac{67120}{3000} = 33,56$$

Stopnie podatności węzłów 1 i 2

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11}} = \frac{83,9}{83,9 + 33,56} = 0,714$$

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c} = 1,0$$

Współczynnik długości wyboczeniowej słupa

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \sqrt{\frac{1-0,2(\eta_1+\eta_2)-0,12\eta_1\eta_2}{1-0,8(\eta_1+\eta_2)+0,6\eta_1\eta_2}} = \sqrt{\frac{1-0,2(0,714+1,0)-0,12\cdot 0,714\cdot 1,0}{1-0,8(0,714+1,0)+0,6\cdot 0,714\cdot 1,0}} = 3,16$$

$$l_{cr} = \mu l = 3,16 \cdot 800 = 2528 \text{ cm} = 25,28 \text{ m}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{2528^2} = 2176,79 \text{ kN}$$

i jak widać, wartości z metody przemieszczeń i metody elementów skończonych znacznie się nie różnią.

Przechyłowa postać wyboczenia słupa środkowego

Współczynnik sztywności słupa z dwuteownika IPE 550

$$K_c = \frac{I_y}{h_c} = \frac{67120}{918} = 73,16$$

Współczynnik sztywności rygla z dwuteownika IPE 550

$$K_{11} = 1,5 \frac{I_y}{L_{11}} = 1,5 \frac{67120}{1500} = 67,12$$

$$K_{12} = 1,5 \frac{I_y}{L_{12}} = 1,5 \frac{67120}{1500} = 67,12$$

Stopnie podatności węzłów słup–rygiel

$$\eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}} = \frac{73,16}{73,16 + 67,12 + 67,12} = 0,352$$

Stopnie podatności węzłów słup–podpora stała

$$\eta_2 = \frac{K_c}{K_c} = 1,0$$

Współczynnik długości wyboczeniowej słupa

$$\mu = \frac{l_{cr}}{l} = \sqrt{\frac{1-0,2(\eta_1+\eta_2)-0,12\eta_1\eta_2}{1-0,8(\eta_1+\eta_2)+0,6\eta_1\eta_2}} = \sqrt{\frac{1-0,2(0,352+1,0)-0,12\cdot 0,352\cdot 1,0}{1-0,8(0,352+1,0)+0,6\cdot 0,352\cdot 1,0}} = 2,30$$

$$l_{cr} = \mu l = 2,303 \cdot 918 = 2114,15 \text{ cm} = 21,14 \text{ m}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{2114,15^2} = 3112,43 \text{ kN}$$

i jak widać, wartości z metody przemieszczeń i metody elementów skończonych, wyznaczonego z programu Robot różnią się o 16%.

Nieprzechyłowa postać wyboczenia rygla

Współczynnik sztywności rygla z dwuteownika IPE 550

$$K_c = \frac{I_y}{h_c} = \frac{67120}{1500} = 44,75$$

Współczynnik sztywności słupów z dwuteownika IPE 550

$$K_{11} = 0,75 \frac{I_y}{L_{11}} = 0,75 \frac{67120}{800} = 62,93$$

$$K_{12} = 0,75 \frac{I_y}{L_{12}} = 0,75 \frac{67120}{918} = 54,84$$

Stopnie podatności węzłów 1 i 2

$$\eta_1 = \eta_2 = \frac{K_c}{K_c + K_{11} + K_{12}} = \frac{44,75}{44,75 + 62,93 + 54,84} = 0,275$$

Współczynnik długości wyboczeniowej rygla

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{l_{cr}}{l} = 0,5 + 0,14(\eta_1 + \eta_2) + 0,055(\eta_1 + \eta_2)^2 = \\ &= 0,5 + 0,14(0,275 + 0,275) + \\ &+ 0,055(0,275 + 0,275)^2 = 0,594 \end{aligned}$$

$$l_{cr} = \mu l = 0,594 \cdot 3000 = 1782 \text{ cm} = 17,82 \text{ m}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EJ}{l_{cr}^2} = \frac{\pi^2 2,1 \cdot 10^4 \cdot 67120}{1782^2} = 4380,82 \text{ kN}$$

i jak widać, wartości z metody przemieszczeń i metody elementów skończonych, wyznaczonego z programu Robot są różne o 15%.

7. WNIOSKI

Głównym celem było obliczenie i porównanie wielkości opisujących utratę stateczności, takich jak: siły krytyczne, długości krytyczne elementów nośnych ram.

Przedstawione wyniki obliczeń z trzech metod są w części identyczne bądź mocno do siebie zbliżone.

Identyczność otrzymanych wyników świadczy o ich prawidłowych wartościach, a zastosowane metody nadają się do wyznaczania parametrów wyboczeniowych. Należy podkreślić, iż są to metody przybliżone.

Większe rozbieżności wyników są spowodowane różnicą w modelowaniu i w zapisie sztywności elementów składowych ramy, np. w metodzie elementów skończonych zapis sztywności ramy dotyczy wszystkich jej elementów, natomiast zastosowane wzory metody przemieszczeń są wyprowadzone przy uwzględnieniu sztywności tylko sąsiadujących elementów z analizowanym elementem.

Najlepiej uwzględnić wpływ czynników dotyczących całej ramy, wówczas otrzymamy najbardziej miarodajny wynik z analizy stateczności globalnej.

Wyboczenie pojedynczego elementu ramy, np. słupa czy rygla jest na ogół powiązane z globalną utratą stateczności ramy, a więc z uwzględnieniem rozkładu sztywności ramy, sposobu podparcia, rodzaju obciążenia itd., a to oznacza, że miarodajny jest wynik z analizy całej ramy, tak jak jest ona modelowana w metodzie elementów skończonych; zwłaszcza że Eurokod 3 dopuszcza obliczenia nieliniowe tą metodą.

Streszczenie

Utrata stateczności ramy to przekroczenie jej wewnętrznej odporności, związanej ze zmianą stanu, ze stanu równowagi statecznej do stanu niestatecznej równowagi.

Wykonano analizę stateczności statycznej dwóch ram za pomocą metod: metoda przemieszczeń, metoda elementów skończonych oraz przybliżona metoda, przydatna zwłaszcza dla ram w sytuacji ich przechyłowej utraty stateczności.

Sformułowano równania i zależności związane z obliczaniem problemu utraty stateczności płaskich ram dla poszczególnych metod i porównano wielkości opisujące utratę stateczności.

W ogólnym przypadku badania problemów stateczności konstrukcji prowadzą do zagadnień nieliniowych, które mogą być zbadane za pomocą iteracyjnej lub przyrostowej analizy dużych przemieszczeń. Istnieje jednak szeroka klasa zagadnień, w których przemieszczenia przed utratą stateczności są małe i wówczas równania równowagi w zakresie przedkrytycznym można zapisać dla konfiguracji początkowej [3]. W takich przypadkach utrata stateczności oznacza nagłe przejście konstrukcji do sąsiedniej konfiguracji równowagi. Jeśli zachowanie się konstrukcji przed utratą stateczności jest liniowe – małe przemieszczenia – i są one ortogonalne do postaci wyboczenia, to formułujemy problem stateczności początkowej, natomiast gdy występują przemieszczenia zgodne z postacią wyboczenia, wówczas ich wpływ należy uwzględnić formułując zagadnienie stateczności zlinearyzowanej. W przypadku gdy duże przemieszczenia powstają jeszcze przed stanem krytycznym, rozpatrujemy problem nieliniowy zachowania się konstrukcji w zakresie przedkrytycznym.

W niniejszej pracy rozpatrywana jest stateczność początkowa i zlinearyzowana oraz nieliniowa krzywa równowagi dla płaskich układów prętowych.

Literatura:

- [1] Bródka J., Barszcz A., Gizejowski M., Kozłowski A.: *Sztywność stalowych ram przehytowych o węzłach podatnych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004
- [2] Goczek J., Supel Ł., Gajdzicki M.: *Przykłady obliczeń konstrukcji stalowych*, Politechnika Łódzka, Łódź 2010
- [3] Misiak J.: *Stateczność konstrukcji prętowych*, PWN, Warszawa 1990
- [4] PN-EN 1993-1-1: 2006, Eurokod 3: *Projektowanie konstrukcji stalowych*
- [5] Rykaluk K.: *Zagadnienia stateczności konstrukcji metalowych*, DWE, Wrocław 2012
- [6] Weiss S., Gizejowski M.: *Stateczność konstrukcji metalowych*, Arkady, Warszawa 1991
- [7] Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2013, wersja edukacyjna dla WSEiZ

Elżbieta MUSZYŃSKA
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

POTENCJAŁ REKREACYJNY OPUSZCZONYCH TERENÓW POWOJSKOWYCH I POKOLEJOWYCH

W ciągu minionego dwudziestolecia nastąpiły w Polsce gruntowne zmiany w organizacji i funkcjonowaniu wojska, a także reorganizacja kolei. Pojawiła się konieczność nowego zagospodarowania terenów opuszczanych przez dotychczasowych użytkowników. Zarówno tereny powojkowe, zwłaszcza dawne poligony, lotniska, ośrodki szkoleniowe i historyczne fortyfikacje, jak i tereny pokolejowe przyległe do dworców i torów, stare kolejki wąskotorowe i nieczynne bocznice kryją w sobie ogromny potencjał dla celów rekreacyjnych.

Na świecie istnieje wiele przykładów przekształcenia takich terenów w przestrzenie publiczne. Ich tworzenie to często seria spektakularnych wydarzeń – od konkursu na projekt zagospodarowania, dyskusji publicznych podczas jego dopracowywania, aż po wykonanie założenia, a następnie jego promocję. Dodatkowym walorem założeń parkowych i rekreacyjnych, tworzonych w miejscach powojkowych i pokolejowych jest możliwość wykorzystania i wyeksponowania zabytkowych elementów pozostałych po poprzednich użytkownikach. Taki park może stać się wyrafinowanym obiektem kultury i dziełem sztuki. Zapewnia wyższy standard życia i ma ogromne znaczenie dla budowania tożsamości i wizerunku miasta

Jest wiele zagranicznych przykładów wykorzystania **terenów powojkowych** na cele rekreacyjne. Są wśród nich historyczne fortyfikacje. Ciekawym przykładem jest **Cytadela w Moguncji** (il. 1). Nowe zagospodarowanie przedpola Cytadeli wraz z otoczeniem to przykład połączenia terenów powojkowych i pokolejowych z przeznaczeniem na cele ogólnomiejskie i rekreacyjne. W roku 2006 rozpoczęto rewaloryzację tego obszaru, tworząc połączenie funkcjonalno-przestrzenne ze Starym Miastem. Elementem założenia jest amfiteatr rzymski – miejsce imprez kulturalnych, atrakcyjny obiekt wzbogacający przestrzeń publiczną miasta. Kolejny przykład to **Fortyfikacje Miejskie w Luksemburgu** (il. 2). Elementy zagospodarowania – obszarowe i liniowe, ścieżki dydaktyczne, rowerowe itp. mają własny, spójny, nadrzędny program zagospodarowania. Jedność całego zespołu uzyskano poprzez charakterystyczne materiały, detale, elementy małej architektury oraz znaki

informacyjne. Inny przykład to **Archeon w Holandii** – park historyczny (Alphen aan den Rijn), który założono na 60 ha dawnych terenów wojskowych. Park podzielony jest na strefy tematyczne związane z prehistorią, okresem rzymskim i okresem średniowiecza. Zwiedzający odbywają podróż w czasie, przenosząc się w przeszłość, do dawno minionych epok. W 2007 roku odbyła się inscenizacja tematyczna bitwy pod Grunwaldem.

Zupełnie inaczej, w sposób jedyny w swoim rodzaju, wykorzystano czterdziestohektarowy obszar po byłej jednostce wojskowej w Kopenhadze. W 1971 roku powstało na tym terenie **Wolne Miasto Christiania**. Miejsce słynie na świecie jako prężny ośrodek ruchu hipisowskiego. W obrębie terenu Christianii obowiązuje zakaz poruszania się samochodami. Główna uliczka Wolnego Miasta to ulica Dealerów (Pusher Street). Wzdłuż uliczki ustawione są stragany, w których można kupić haszysz i marihuanę. W 1995 roku mieszkańcy miasteczka wynegocjowali z Ministerstwem Obrony Narodowej Danii prawo legalnego pobytu na tym terenie. Do dzisiaj władze Danii, mimo podejmowania licznych prób nie mogą „znormalizować” zwyczajów mieszkańców, które są w sprzeczności z prawem duńskim. Istniejące od ponad czterdziestu lat Wolne Miasto Christiania jest ważnym punktem na mapie turystycznej Kopenhagi.

Jest także wiele ciekawych zagranicznych przykładów wykorzystania **terenów pokolejowych** na cele rekreacyjne.

Z uwagi na zmianę sposobu funkcjonowania kolei oraz postęp technologiczny następuje uwalnianie terenów, zwłaszcza przyległych do dworców kolejowych, a także położonych wzdłuż torów. Tereny opuszczone przez kolej mają wielki potencjał rozwojowy, tym bardziej że najczęściej posiadają korzystną lokalizację w strukturze funkcjonalno-przestrzennej miasta.

W Europie znajdziemy wiele przykładów adaptacji tych terenów na cele rekreacyjne. Jeden z nich to **Park Promenade Planteé w Paryżu** (il. 3). Park stworzony w latach 1988-1996 według projektu P. Matthieux i J. Vergely powstał na wiadukcie, na dawnym trakcie kolejowym Paryż-Strasburg. Jest to park linearny, promenada biegnąca od placu Bastylii w kierunku Lasu Vincennes. Odrestaurowane arkady wiaduktu kolejowego to atrakcja parku o długości 4,5 km na obszarze 3,7 ha. Założenie wraz z czterema dodatkowymi parkami ma powierzchnię 7 ha.

Drugi paryski przykład to **Park Atlantycki** (il. 4), który powstał w wyniku przebudowy Dworca Montparnasse w 1994 roku. Z tego dworca odjeżdżają pociągi ekspresowe TGV w kierunku wybrzeża Atlantyku. Autorami śmiałego projektu przebudowy byli architekci François Brun i Michel Pena. Park o powierzchni 3,42 ha powstał na płycie wzniesionej 18,0 m ponad torami kolejowymi. Odwiedzający park, wypoczywający wśród wspaniałej, różnorodnej zieleni, w otoczeniu wielu obiektów małej architektury o symbolice marynistycznej zupełnie nie odczuwają tego, że kilkanaście metrów

niżej znajdują się perony dworcowe. O kierunku odjeżdżających stąd pociągów – ku wybrzeżu oceanu, przypominają elementy wyposażenia parku, kojarzące się ze statkami i morzem. Są to stalowe maszty latarni, pergoli i ogrodzeń, drewniane pomosty i tarasy słoneczne z desek, przypominające pokłady statków zapraszające do wypoczynku symboliczne łodzie i klify. Jest także „falujący” trawnik o powierzchni 0,6 ha. Całość dopełniają różne gatunki roślinności wydmowej, traw i trzcin, które poruszane wiatrem, wydają się powierzchnią wzburzonego oceanu. Powstała oaza zieleni w centrum wielkiego miasta, przestrzeń publiczna o funkcji rekreacyjnej, bardzo chętnie odwiedzana przez mieszkańców Paryża i przez turystów. Nowa funkcja nie zastąpiła ani nie wykluczyła funkcji starej. Dworzec nadal funkcjonuje, ukryty poniżej parku. Jest to znakomity przykład warstwowego wykorzystania cennych terenów śródmiejskich, gdzie nie rezygnując z dotychczasowej funkcji dworcowej, a raczej ją wzbogacając, pozyskano nową ogólnodostępną przestrzeń na cele rekreacyjne.

Kolejny przykład to **Park Am Gleisdreieck w Berlinie**. W 2011 roku otwarto pierwszą siedemnastohektarową część tego założenia zlokalizowanego na granicy dzielnic Kreuzberg i Schöneberg. Druga część parku o powierzchni 9 hektarów ma być ukończona jesienią 2013 roku. Koncepcja zagospodarowania terenu parku wyłoniona zostało w drodze konkursu, który w 2006 roku wygrali architekci z Atelier Loidl. Mimo że teren parku przecina dalekobieżna linia kolejowa, która dzieli park na część wschodnią i zachodnią, odbierany jest przez odwiedzających jako jedność. Zachowano stare tory kolejowe, dawne systemy sygnalizacji, znaki kolejowe i tzw. koźły oporowe na zakończeniu torowisk. W 2011 roku projekt zdobył srebrną nagrodę Urban Quality Award. Realizację parku w najbardziej atrakcyjnym pod względem inwestycyjnym obszarze w centrum Berlina umożliwiły przepisy prawa stanowiące, że przy dużym założeniu inwestycyjnym inwestor musi w innej lokalizacji, wskazanej przez miasto, zainwestować w tereny zielone. Fundusze na budowę tego parku pochodzą więc od deweloperów Potsdamer Platz, Leipziger Platz i Kolei Niemieckich, a nie z podatków mieszkańców.

Inny niemiecki przykład to teren **Dworca Południowego w Moguncji** (il. 5). W roku 2006 rozpoczęto przebudowę budynku i terenu otaczającego dworzec, tworząc połączenie funkcjonalno-przestrzenne pomiędzy Starym Miastem a Cytadelą z XVII wieku. Budynek dworca z 1884 roku został włączony w zespół zabudowy usługowej dzięki całkowitej przebudowie części peronów. Amfiteatr rzymski, dotąd przesłonięty murem przydworcowym został wyeksponowany od strony dworca, któremu dał nową nazwę – Römisches Theater.

Wśród znanych przykładów pozaeuropejskich najciekawsze to High Line i Millenium Park. **High Line w Nowym Jorku** to dawny wiadukt kolejowy za-

mieniony w publiczny park. Powstała nie tylko światowej sławy atrakcja turystyczna i znakomicie zaprojektowana przestrzeń publiczna, ale uzyskano też sukces ekonomiczny. Dzięki podniesieniu prestiżu tego miejsca ogromnie wzrosły wpływy z podatków od inwestycji zlokalizowanych w najbliższej okolicy parku. **Millenium Park w Chicago** otwarty w 2004 roku, założony na dachu dworca kolejowego został zaprojektowany przez Franka Gehry'ego. Jest to bardzo nowoczesne, wręcz futurystyczne założenie, wyposażone w niezwykle obiekty architektoniczne. Ogromna sala koncertowa – Pawilon Jaya Pritzкера wraz z plenerowym audytorium koncertowym na 7–11 tysięcy widzów przylega do wielkiego trawnika z charakterystyczną stalową pergolą. Przyciąga wzrok wielka 110-tonowa rzeźba, zwana fasolką, wykonana z wypolerowanej stali. Jest to Brama Chmur autorstwa Anish Kapor. odbijają się w niej lustrzane widoki otaczających parkowych atrakcji. Ważnym elementem parku jest „Ogród Lurie”, który powstał w wyniku konkursu. Wyróznik miejsca, najbardziej podziwiany to multimedialna fontanna projektu Jaume Plensa. Są to dwie wieże o wysokości ponad 15 m, wzniesione ze szklanych bloków na granitowym placu pokrytym 20-centymetrową warstwą wody. Przechadzka po nim to „spacer po wodzie”. Dwie wieże to ekrany wideo, na których ukazują się kolejno twarze około tysiąca mieszkańców Chicago z otwartymi ustami wypływającymi strumienie wody w kierunku centrum akwenu. Motyw ten nieodparcie kojarzy się ze znanymi historycznymi rzygaczami. Park Millenium to jeden z najwspanialszych przykładów przywracania miastu terenów utraconych, zawłaszczonych przez pociągi i samochody z jednoczesnym pozostawieniem ich dawnej funkcji.

Szczególny potencjał dla rozwoju funkcji turystycznej i rekreacyjnej mają linie i dworce zabytkowych kolejek wąskotorowych. Ciekawy przykład zagraniczny to **Kolej Wąskotorowa Osoblaha w Czechach** wybudowana w czasach monarchii austriackiej w 1898 roku, która jest najstarszą kolejką wąskotorową w Europie Środkowej i stanowi atrakcję turystyczną nie tylko regionu osoblaskiego. Dwudziestokilometrowa trasa wije się biegnąc przez cztery mosty, ma sto dwa łuki i dziesięć przystanków. Po długiej przerwie w 2004 roku uruchomiono ją ponownie jako atrakcję turystyczną. Historyczny pociąg wyposażony w zabytkowy parowóz kursuje w weekendy i święta przyciągając licznych miłośników starych kolejek i pięknych krajobrazów. Inny przykład to użytkowana turystycznie kolejka wąskotorowa **Petit Train d'Artouste** we francuskich Pirenejach na południe od miasta Pau. Położona na wysokości ponad 2000 m n.p.m., wije się na zboczach doliny Gave de Sousouéou aż do tamy na jeziorze Lac d'Artouste. Linia ma długość 10 km i działa w okresie wiosenno-letnim.

W Polsce także mamy przykłady adaptacji na cele rekreacyjne **terenów powojkowych**. Dzięki dofinansowaniu ze środków unijnych z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego takie przedsięwzięcia już udało się zreali-

zować lub trwa ich realizacja. Jednak jest jeszcze wiele obszarów opuszczonych, oczekujących na zagospodarowanie, a posiadających duży potencjał rekreacyjny. Istnieje obawa, że może on zostać zmarnowany.

Wśród pozytywnych przykładów wskazać trzeba **Centrum Hewelianum w Gdańsku** (il. 6). Jest to historyczny obronny kompleks położony na naturalnych wzgórzach morenowych w centrum Gdańska, nad dworcami PKP i PKS Gdańsk Główny. Grodzisko istniało tu już w XII wieku. Zachowane zabudowania powstały w XIX wieku, w latach 1867–1874. Pomysł utworzenia na terenie byłych fortyfikacji na Górze Gradowej nowoczesnego centrum łączącego rekreację, edukację i popularyzację nauk przyrodniczych narodził się w 1997 roku. Postanowiono wykorzystać walory historycznych obiektów dla umożliwienia rekreacji i edukacji wszystkich grup wiekowych, zwłaszcza najmłodszych. Postawiono na naukę przez zabawę i samodzielne eksperymentowanie. Osiągnięto pełny sukces – Hewelianum to pierwszy w Polsce i jeden z niewielu w Europie ośrodek, w którym historyczne obiekty inżynierii wojskowej są bazą dla Centrum Odkrywania Wiedzy pod hasłem „poznaję, wypoczywam, uczę się”. Cechą wszystkich działań jest interaktywność i niebanalny sposób prezentacji wielu zagadnień z zakresu nauk ścisłych, przyrodniczych i historycznych. Planowana jest także budowa planetarium i kolejki linowej łączącej cały kompleks ze stacją PKP. Założenie to, dzięki powiązaniu z krajobrazem, walorom zabytkowej architektury militarnej, a także dzięki urządzonej zieleni, znakomicie pełni funkcje rekreacyjne i cieszy się dużą frekwencją. Inny przykład to **Twierdza Nysa**. Jest to jeden z najlepiej zachowanych systemów fortyfikacji na Śląsku. Jego początki sięgają XIV wieku. Większość obiektów pochodzi z XVIII wieku, a mimo przebudów i zaniedbań zachowały się w dobrym stanie i są cennym zabytkiem sztuki fortecznej. Całkowita powierzchnia założenia to 230 ha, a obiekty zajmują około 80 ha. Nyski Oddział Towarzystwa Przyjaciół Fortyfikacji doprowadził do stworzenia projektu „Park Kulturowo-Przyrodniczy Twierdzy Nysa”. Bastion Świętej Jadwigi będzie centrum kulturowo-usługowym mieszczącym punkt informacji turystycznej i trasę wystawową o długości 140 metrów. Wśród wielu atrakcyjnych elementów fortyfikacji jest Fort Prusy o obwałowaniach w kształcie pięcioramiennej gwiazdy w dużej mierze porośniętej lasem, a także Flesza Nowa z XIX wieku zachowana w Parku Miejskim wraz z licznymi pozostałymi fortami i obwałowaniami zewnętrznymi i wewnętrznymi. Całość jest założeniem o wyjątkowej wartości.

Na cele rekreacyjne zaadaptowano w latach 2006–2007 **obiekty powojkowe w Gołdapi**. W latach osiemdziesiątych XX wieku szkoła podchorążych w Gołdapi przestała istnieć i wiele obiektów lokalnej jednostki wojskowej zostało opuszczonych. Dzięki środkom ze Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego, na dwóch działkach przejętych od Agencji Mienia Wojskowego zagospodarowano wielofunkcyjny

stadion – boisko lekkoatletyczne z czterotorową bieżnią o długości 1000 m, skoczniami wwyż i w dal, a także boiska do piłki nożnej i koszykówki, dwa korty tenisowe i plac dla wrotkarzy, który zimą jest przekształcany w lodowisko. Ujeżdżalnia koni, z której przed wojną korzystali między innymi Niemcy olimpijczycy, była wykorzystywana przez jednostkę wojskową jako magazyn. Dzięki unijnej dotacji powstał tam basen kryty z atrakcjami w postaci solarium, sauny, jacuzzi, siłowni i zjeżdżalni wodnej. Na placu defilad zbudowano od podstaw halę widowiskowo-sportową.

Przykładem ilustrującym możliwość przekształcania terenów powojkowych na cele rekreacji miejskiej są **Parki w Kołobrzegu**. W 1991 roku miasto przejęło duży dwunastohektarowy kompleks koszarowy zlokalizowany w jego wschodniej części, w sąsiedztwie lotniska wojskowego Bagicz. Koszary wraz z częścią obszaru lotniska to administracyjnie odrębna dzielnica z osiedlem mieszkaniowym wielorodzinnym Podczele. Dzielnica ta położona jest w odległości 5 km od centrum Kołobrzegu, wchodzi w skład bardzo atrakcyjnego pod względem turystycznym „Ekoparku Wschodniego”. Całość położona jest w granicach obszaru ochronnego NATURA 2000. Realizowana jest ścieżka rowerowa, biegnąca przez gminę Kołobrzeg, wzdłuż morza. W parku zachowano fragmenty najstarszego obiektu fortyfikacyjnego z czasów miasta-twierdzy. Wśród nich jest fragment rowu fortecznego z małą wysepką, reliktem XIX-wiecznej lunety Lauenburg z ukrytą od strony południowej drogą, bastion Pommern i bastion Magdeburg. Umocnienia forteczne, porośnięte są naturalną zielenią. Całość tworzy atrakcyjną przestrzeń służącą miejskiej rekreacji (il. 7).

Kolejny polski przykład to **Centrum Edukacji Przyrodniczej i Ekologicznej Śląskiego Ogródu Botanicznego w Mikołowie** (il. 8).

W celu zagospodarowania terenu powojkowego Gmina Mikołów podjęła starania o pozyskanie środków finansowych z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego na dofinansowanie projektu pn. „Rozbudowa Centrum Edukacji Przyrodniczej i Ekologicznej Śląskiego Ogródu Botanicznego w Mikołowie”. Centrum zostało oddane do użytku w czerwcu 2012. Na ponad 21 hektarach Mikołowski Ogród Botaniczny prowadzi najszerzej rozwiniętą ofertę edukacji ekologicznej dla dzieci i młodzieży połączoną z bogatą siecią ścieżek dydaktycznych i atrakcyjnym placem zabaw.

Duży potencjał dla celów rekreacji mają dawne poligony. Przykładem jest dawny **Poligon w Gorzowie Wielkopolskim** o powierzchni prawie 450 ha.

Miasto brało udział w projekcie ReMiDo „Zrównoważona odnowa porażonych terenów wojskowych jako wyzwanie i szansa dla rozwoju lokalnego”. Planowano wykorzystanie w przyszłości obszaru poligonu na cele mieszkaniowe i rekreacyjne. W 2006 roku Prezydent Miasta Gorzowa Wielkopolskiego we współpracy z Zakładem Projektowania Urbanistycznego In-

stytutu Architektury i Urbanistyki Politechniki Łódzkiej oraz redakcją czasopisma „Urbanista” zorganizował konkurs „POLIGON” na koncepcję programowo-przestrzenną zagospodarowania terenów powojkowych. Celem konkursu było wykreowanie centrum rekreacyjno-sportowego o znaczeniu ponadlokalnym i lokalnym oraz komponowanych terenów zieleni urządzonej. W konkursie wzięli udział studenci kierunków architektonicznych różnych uczelni. Jedną z nagrodzonych była praca studentek architektury Politechniki Łódzkiej (il. 9). Jednak dotychczas widoczne jest jedynie zainteresowanie deweloperów. Na terenie 90 hektarów buduje się aktualnie osiedle mieszkaniowe. Pozostały obszar ponad 300 hektarów to oferta dla funkcji nie tylko mieszkaniowych, ale też rekreacyjnych.

Wśród polskich przykładów adaptacji i rewaloryzacji **terenów pokolejowych** na cele rekreacyjne wymienić trzeba między innymi **Szlak Zwiniętych Torów w Ustce**. Przez teren miasta przebiega międzynarodowa turystyczna rowerowa Trasa Hanzeatycka. W obszarze zabudowanym przebiega ona po układzie ulicznym, a we wschodniej części miasta Szlakiem Zwiniętych Torów. Szlak ten wykorzystuje starą trasę kolejową i jest najbardziej znanym, powszechnie uczęszczanym szlakiem na trasie Ustka–Rowy.

Na terenie kraju uruchomiono jako atrakcje turystyczne wiele kolejek wąskotorowych zbudowanych niegdyś dla zupełnie innych celów. Polska była niegdyś wąskotorową potęgą mając ponad 10 000 km torów wąskotorowych. Obecnie większość z nich nie istnieje, nie pozostał po nich nawet ślad w postaci odcinków torów. Tam, gdzie się zachowały, przeważnie niszczonej nieużytkowane. Są jednak także pozytywne przykłady sezonowego, turystycznego ich wykorzystania. Dzieje się tak przeważnie dzięki działaniom organizacji społecznych, zrzeszających miłośników zabytków kolejowych.

Wśród wielu wykorzystanych dla turystyki kolei wąskotorowych jedna znajduje się w regionie łódzkim. Jest to **Rogowska Kolej Wąskotorowa** (il. 11). Linię tę zbudowali Niemcy w 1915 roku jako kolej polową, służącą do zaopatrzenia niemieckiego frontu wschodniego w żywność, broń i amunicję. Dowożono nią także żołnierzy i ewakuowano rannych. Po zakończeniu pierwszej wojny światowej została przejęta przez PKP. W 1996 roku została wpisana do rejestru zabytków, a w 2001 r. PKP podjęły decyzję o jej likwidacji. Uratowała ją od zniszczenia Fundacja Polskich Kolei Wąskotorowych (FPKW), tworząc na stacji Rogów Towarowy Wąskotorowy kolekcję zabytkowego taboru wąskotorowego. Do czerwca 2007 roku Fundacja sprowadziła 52 jednostki unikatowego taboru. Zrekonstruowano umundurowanie obsługi pociągu, odtworzono liczne szczegóły wyposażenia oraz brązowe kartonikowe bilety na przejazd. Podnosi to atrakcyjność tej muzealnej kolejki, jednego z najcenniejszych zabytków kolejnictwa w regionie. W każdą niedzielę od początku maja do końca września uruchamiane są ogólnodostępne przejazdy turystyczne. Pociąg ciągnie stylowa lokomotywa spalinowa z lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku.

Dzięki funduszom europejskim w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko realizowany jest **projekt rekultywacji terenu nieczynnej Nasycalni Podkładów Kolejowych w mieście Solec Kujawski**. Jest to zdegradowany obszar o powierzchni ponad 16 ha, położony w centrum miasta. Zakład istniał 120 lat, produkcję zakończono w 2001 roku, a proces likwidacji nasycalni trwał do 2005 roku. Kosztem 30 mln złotych, przy wsparciu z funduszy europejskich w wysokości 25 mln, Gmina Solec Kujawski tworzy ośrodek rekreacyjny z dużym udziałem urządzonych terenów zieleni, wyposażony w liczne obiekty sportowe. Wśród nich będzie stadion na 2500 widzów z bieżnią o 6 torach, boiska treningowe, do badmintonu i koszykówki, korty tenisowe, zielona siłownia, skate park, góra saneczkowa, strzelnica i plac zabaw. Zakończenie prac przewiduje się w 2014 roku. Miasto i region zyska atrakcyjny ośrodek rekreacyjny o bogatym programie wśród urządzonej zieleni (il. 11).

Warto przekonywać decydentów, władze samorządowe, radnych i mieszkańców o korzyściach płynących z adaptacji zdegradowanych terenów pokolejowych i powojkowych na cele rekreacyjne, nie tylko komercyjne, ale także publiczne. Koszt tych przekształceń nie musi obciążać budżetu gminy, czyli podatników. Wymaga to jednak zmian w prawie. Przykładem są przepisy niemieckie, które zobowiązują inwestorów dużych przedsięwzięć do udziału w finansowaniu nowych miejskich publicznych, terenów zieleni.

Dobrze urządzona i wyposażona przestrzeń publiczna zwłaszcza rekreacyjna, przyciąga nie tylko mieszkańców, ale też turystów i inwestorów. W innych krajach tę prawdę dostrzeżono już kilkadziesiąt lat temu. Znany duński architekt i urbanista, profesor Jan Gehl, od lat sześćdziesiątych minionego XX wieku propaguje ideę „miasta dla pieszych”, zamkniętego dla samochodów i pełnego zieleni.

Streszczenie

Artykuł porusza problem opuszczonych, często zdegradowanych terenów powojkowych i pokolejowych. Przedstawiono polskie i zagraniczne przykłady udanych adaptacji tych terenów na cele rekreacyjne.



Il. 1. Cytadela w Moguncji



Il. 2. Fortyfikacje w Luksemburgu



Il. 3. *Park Promenade Planteé w Paryżu*



Il. 4. *Park Atlantycki w Paryżu*



Il. 5. Dworzec południowy w Moguncji



Il. 6. Centrum Hewelianum w Gdańsku




Il. 7. Fosa wodna i schrony przeciwlodnicze w Kołobrzegu



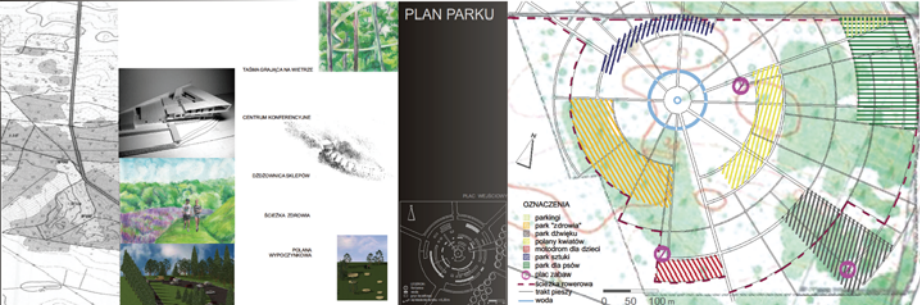
Il. 8. Centrum edukacji przyrodniczej w Mikołowie

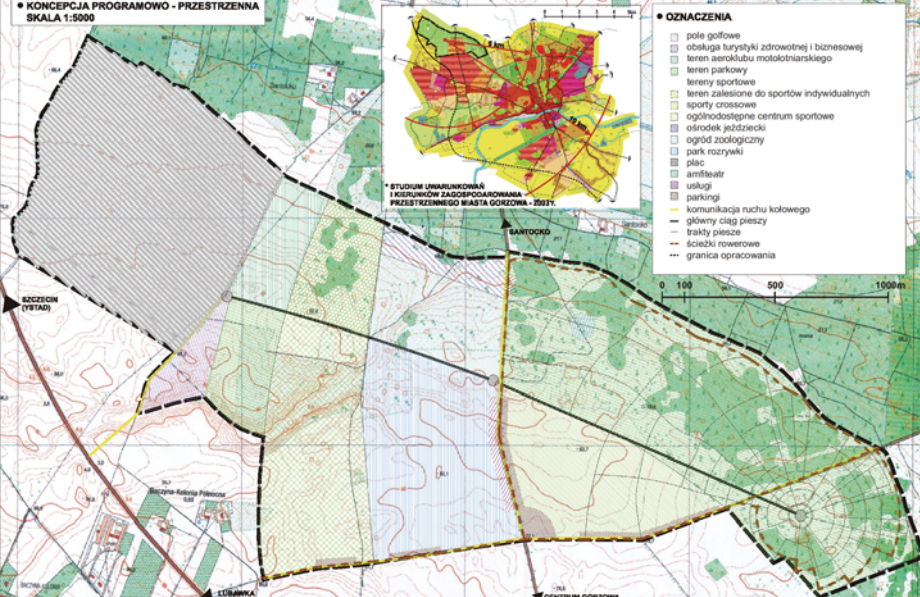
POLIGON KONKURS NA KONCEPCJE PROGRAMOWO PRZESTRZENNĄ ZAGOSPODAROWANIA TERENÓW POWOJSKOWYCH W GORZOWIE WIELKOPOLSKIM W KORYTARZU DROGI S3

SYMBOL PRACY: 091012

WIZJAZNA REGIONALNA  **ZAŁOŻENIA KONCEPCJI**
Projekt zakłada stworzenie takiego miejsca, które przyciągnie osoby przynależne do różnych grup społecznych i zapewni im atrakcyjne spędziły wolnego czasu. Zaprojektuje ich polizę rozrywkowe, kulturalne czy też edukacyjne. Dzięki wypracowaniu określonej struktury i kolorystyki będzie spełniał na poziomie wypracowanej dotychczas grup odbiorców. Aby przetrwać nie wystarczy integracja projektowego wnętrza, przewidzieć będzie:
Struktura: planowana z osiadciami i modułowymi blokami na program głównie mieszkalny i usługowy. Przewidywany park miejski będzie rozpięty między dwoma stacjami i stacją, z którego można skorzystać z kolei, autobusów, rowerów i pieszo.
Struktura II: Stacja II i osiedla są na zachodzie od drogi do Santocka. Jej centrum stanowi kultura i kolekcja obiektów, którego istnienie mogłoby stać się obiektem kulturowym i kulturalnym (nie później od planów) oraz parku rozrywki i na pokolenie. Plac ma za zadanie sprawić ludzi w udaty i przyjemny z nim graniczący. Jako że oferta programowa była stwożona przed godzinami w planie, zaprogramowano otwartość na tym terenie i wszelkie usługi: gastronomiczne, handlowe, i także parkingi w planie komunikacji do drogi do Santocka.
Struktura III: Obszary kulturalne dotychczasowej komercyjnej i mieszkalnej i projekowanych placów. Połączenie stacji w zachodniej części opracowywanych terenów powojennych.
Wspierające tony i tony do tony daje możliwość lokalizacji przedsięwzięcia w sporcie, sportowych, a także biznesowych, mogących przyciągnąć do planowej iżna na terenie miastach.



PLAN PARKU

Tabela opisująca na wizji:
CENTRUM KONTAKTOWE
OSIEDZIA KAPLANOWE
SZCZEPKI DZIKIE
WYMIANA WYPOKOJENIA
OZNACZENIA
parking
park "rozrywki"
park drogowy
teren usługi
miejscowość dla dzieci
park dla zwierząt
park dla psów
stacja zdrowia
miejscowość
trakty pieszy
woda
0 50 100 m

KONCEPCJA PROGRAMOWO - PRZESTRZENNA SKALA 1:5000

STUDIUM UMIAWNIENIOWA I KIERUNKÓW ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO MIASTA GORZÓWA - 2021
SANTOCKO
SŁUBINKA (WZIĘCIE)
CENTRUM GORZÓWA
OZNACZENIA
pole golfowe
obsługa turystyki zdrowotnej i biznesowej
teren stacjonarny motocyklistyczny
teren parkowy
teren sportowy
teren zależność do sportów indywidualnych
sporty crossowe
ogólnodostępne centrum sportowe
osrodek jeździecki
ogłód zoologiczny
park rozrywki
plac
amfiteatr
usługi
parkingi
komunikacja ruchu kołowego
główny ciąg pieszy
trakty piesze
ścieżki rowerowe
granica opracowania
0 100 500 1000m

Il. 9. Poligon w Gorzowie Wielkopolskim
studencka praca konkursowa (M. Bednarek, A. Doroba, J. Jaskułowska)



Il. 10. Rogowska kolejka wąskotorowa



Il. 11. Centrum sportu i rekreacji w Solcu Kujawskim
stan obecny i projekt

Krzysztof MUSZYŃSKI
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania
Elżbieta MUSZYŃSKA
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

**ARCHITEKTURA OBIEKTÓW WOJSKOWYCH
W POLSCE W LATACH 1918–1933
15-LECIE BUDOWNICTWA WOJSKOWEGO**

**ARCHITEKTURA OBIEKTÓW WOJSKOWYCH
W POLSCE W LATACH 1918–1933**



ZAKOPANE
DOM OFICERSKI



Nr 1. Organizacja budownictwa wojskowego w Polsce w latach 1918–1933.

Nr 2. Architektura obiektów wojskowo-cywilnych.

- 2.1. Architektura obiektów publicznych.
- 2.2. Architektura kościołów wojskowych.
- 2.3. Architektura koszarów wojskowych.
- 2.4. Architektura domów mieszkalnych dla oficerów i podoficerów (Fundusz kwaterunku wojskowego).
- 2.5. Architektura domów żołnierza – kasyna.
- 2.6. Architektura szpitali, oficerskich domów wypoczynkowych, sanatoriów.
- 2.7. Architektura sanatoriów i hoteli oficerskich.
- 2.8. Architektura sportowa – Centralny Instytut Wychowania Fizycznego (AWF), Stadion Wojska Polskiego Legia, ośrodki wychowania fizycznego.
- 2.9. Architektura sportowa, stadiony, hale sportowe.
- 2.10. Strzelnice sportowe.

Nr 3. Architektura obiektów specjalistycznych – wojskowych.

- 3.1. Architektura stajni, ujeżdżalni, ambulansów weterynaryjnych.
- 3.2. Architektura dla lotnictwa.
- 3.3. Architektura dla lotnictwa i marynarki wojennej.
- 3.4. Architektura magazynów, garaży, obiektów zaplecza technicznego.
- 3.5. Architektura zaplecza technicznego. Architektura budynków dla psów wojskowych.

Nr 4. Architektura innej działalności wojskowej.

- 4.1. Architektura obiektów korpusu ochrony pogranicza (KOP).
- 4.2. Ochrona zabytków w Polsce i udział w niej wojska.
- 4.3. Zagadnienia urbanistyczne w budownictwie wojskowym.

Wystawa 15-lecia Budownictwa Wojskowego w Polsce 1918–1933.

ORGANIZACJA BUDOWNICTWA WOJSKOWEGO W POLSCE W LATACH 1918–1933

okres 1. 1918–1922

Kształtowanie się granic Polski
Ministerstwo Spraw Wojskowych
Departament Inżynieryjno-Techniczny
Sekcja Budowlana
Zarządy budowlane do tworzenia
okręgów generalnych
10 okręgów korpusu:
Warszawa, Lublin, Grodno,
Łódź, Kraków, Lwów, Poznań,
Toruń, Brześć, Przemyśl



okres 2. 1923–1933

Kształtowanie się granic Polski
Ministerstwo Spraw Wojskowych
Departament Budownictwa
17 województw: Białostockie, Kieleckie, Krakowskie, Lubelskie, Nowogrodzkie, Poleskie (stolica Brześć nad Bugiem), Pomorskie (Toruń), Poznańskie, Śląskie (Katowice), Tarnopolskie, Warszawskie, Wileńskie, Wołyńskie (Łuck), miasto Warszawa



WSTĘP

„Udziałem architektury budowli wojskowych wszech czasów było uzmysłowienie potęgi, trwałości i ducha państwowego. Na tem też polegało jej wielkie państwowe znaczenie wychowawcze. Tak było i w Polsce przedrozbiorowej. Do Królestwa Kongresowego włącznie spotykamy się z niezwykle wysokim pojmowaniem architektury budownictwa wojskowego, jako reprezentującej siłę i potęgę narodu. Gmachy koszarowe i szkoły wojskowe tych

czasów, dzieła architektów: Zawadzkiego, Kubickiego, J. Fontany, Muntza, Szulca i in. – oto ten pełen jeszcze państwowego majestatu testament, ostatni, jaki nam w tej dziedzinie przekazała Rzeczpospolita Polska.

Nic też nie ujawniło bardziej istotnego ducha armii zaborczej, jak jej osławiona architektura „koszarowa”, budowle typowo inżynierskie, brutalnie funkcjonalne, bezduszne, gniotące i niwelujące swym więziennym charakterem, jakby stworzonym dla kształtowania psychiki ówczesnego żołnierza, bezmyślnego służbisty i raba.

Nowe zadania Polski odrodzonej i nowa ideologia jej żołnierza wymagały stworzenia własnego odrębnego typu architektury wojskowej.

Jednak tylko skonsolidowana atmosfera określanego ducha zadań państwowych może znaleźć swój oddźwięk w twórczym aparacie projektującego architekta i ucieleśnić się w charakterystycznych proporcjach i kształtach, a takiej atmosfery brakło nam przez długie lata”.¹

„Zadania budownictwa wojskowego w odrodzonej Polsce przekraczały te obowiązki, które na organach budownictwa innych armii spoczywały i spoczywają z siedemnastu województw jedynie trzy nie uległy zniszczeniu na skutek działań wojennych. Wojna światowa, a następnie wojna polsko-bolszewicka, doprowadziły do zupełnego zrujnowania niemal wszystkich obiektów wojskowych. Armje walczące, kilkakrotnie przechodzące przez Polskę w pierwszym rządzie przy odwróceniu zniszczyły obiekty wojskowe; o rozmiarach tego zniszczenia może świadczyć fakt, że jeszcze dziś po 13 latach pokoju nie zdołało państwo odbudować wszystkich zrujnowanych budowli wojskowych”.²

ARCHITEKTURA BUDOWNICTWA WOJSKOWEGO

Architekturę budownictwa wojskowego powstałego w latach 1918–1933 należy rozpatrywać w trzech obszarach (zadaniach).

1. Adaptacja istniejącej architektury wojskowej, przystosowanie jej do współczesnych celów.
2. Stworzenie nowej architektury wojskowej dla istniejących i powstających rodzajów wojsk – normatywy, przepisy, rozwiązania projektowe i realizacje.
3. Ochrona zabytków będących zarówno obiektami wojskowymi, jak i cywilnymi, użytkowanymi przez Wojsko Polskie.

¹ red St. Woźnicki – Architektura Wojskowa z powodu piętnastolecia budownictwa wojskowego. Miesięcznik fachowy Architektura i Budownictwo, Nr 10-11-12-1933

² mgr Al. Król – Piętnastolecie Budownictwa Wojskowego. Miesięcznik fachowy Architektura i Budownictwo, Nr 10-11-12-1933

Pierwszy okres powojenny to konieczność zintegrowania istniejących po zaborach i I wojnie światowej 1914–1918 terenów i obiektów wojskowych oraz ich odbudowa.

Powstanie struktur decyzyjnych w Ministerstwie Spraw Wojskowych – Departamencie Budownictwa, postawiło na zintegrowanie działalności budowlanej na potrzeby Wojska Polskiego.

Drugi okres na przełomie lat 20. i 30. to intensywne wdrażanie nowych przepisów normatywów pozwalających na tworzenie nowej współczesnej architektury wojskowej. To okres podnoszący ogólny poziom architektury budowlanej wojskowych. To okres, w którym wybitni architekci polscy tworzą nowe interesujące obiekty.

Projekty prof. R. Gutta, Cz. Przybylskiego, Świerczyńskiego, arch. A. Pa-prockiego, E. Norwertha, Dygata, Miszewskiego tworzą nową wartość architektoniczną budownictwa wojskowego.

KLASYFIKACJA ARCHITEKTURY WOJSKOWEJ

1. Architektura obiektów wojskowo-cywilnych.
2. Architektura obiektów specjalistycznych–wojskowych na potrzeby różnych rodzajów wojsk.
3. Architektura na potrzeby innej działalności wojskowej.

Architektura obiektów wojskowo-cywilnych obejmuje:

- Obiekty publiczne.
Np.: Ministerstwo Spraw Wojskowych, Główny Sztab Wojska Polskiego, Komendę Miasta Warszawy, budynek KOP, budynek Marynarki Wojennej, gmach Dowództwa Floty, gmach F.K.W.
- Kościoły garnizonowe:
 - obiekty istniejące wymagające działań konserwatorskich,
 - obiekty przebudowane lub przywracane dla potrzeb religii katolickiej, zabór rosyjski (np. zmiana cerkwi na kościół katolicki),
 - nowe obiekty towarzyszące garnizonom wojskowym.
- Koszary wojskowe.
Obiekty dostosowane do nowych struktur wojskowych realizowane zarówno w formach historycznych, klasycznych, jak i w formach współczesnych – modernistycznych.
- Domy mieszkalne dla oficerów i podoficerów (fundusz k.w.).
Obiekty dostosowane do aktualnych struktur wojskowych zarówno w formach historycznych – na terenach, jak i w formie budynków wie-

lokondygnacyjnych, w formach współczesnych – modernistycznych na terenach miasta.

- Domy żołnierza – kasyna.
Obiekty o współczesnych formach architektonicznych z uwzględnieniem elementów architektury monumentalnej.
- Szpitale, oficerskie domy wypoczynkowe, sanatoria, hotele oficerskie.
Zróżnicowane rozwiązania architektoniczne zarówno współczesne, jak i regionalne wynikające z lokalizacji (Rabka, Zakopane, Otwock, Truskawiec).
- Obiekty i tereny sportowe.
Nowoczesna architektura Centralnego Instytutu Wychowania Fizycznego (AWF), kompleksu Legii, ośrodków wychowania fizycznego i przysposobienia wojskowego, sale i hale sportowe, parki sportowe – Kraków, stadiony – Wilno, Kraków.
- Strzelnice sportowe, szkolne, wojskowe, tunelowe.
Architektura dostosowana do wymogów technicznych.

Architektura obiektów specjalistycznych – wojskowych na potrzeby różnych rodzajów wojsk.

- Stajnie kawaleryjskie, ujeżdżalnie kryte.
Poza stajniami o tradycyjnych formach rozwiązań architektonicznych nowe rozwiązania stajni z doświetleniem górnym.
- Lotnictwo – ukształtowanie lotnisk, pomieszczenia pułku, pomieszczenia zaplecza, hangary lotnicze, hangary balonowe, pomieszczenia techniczne, magazyny.
Dwa typy architektury, współczesne wielkoprzestrzenne rozwiązania hangarów, minimalistyczne architektonicznie rozwiązania zaplecza.
- Marynarka wojenna, port, zabudowa naziemna, budynki dla floty, koszary itp.
- Zaplecze techniczne, magazyny, garaże, budynki biurowe, warsztaty, laboratoria, portiernie, kotłownie, oczyszczalnie ścieków, elewatory.
Różnorodna architektura o zróżnicowanym współczesnym standardzie z częściowo interesującymi rozwiązaniami przestrzennymi i konstrukcyjnymi.

- Budynek dla psów wojskowych.
Prezentowane rozwiązanie to przykład architektury o wysokim poziomie.

Architektura na potrzeby innej działalności wojskowej.

- Architektura na potrzeby korpusu ochrony pogranicza (KOP).
Tereny pogranicza dla akcji budowlanej KOP przylegają do państw sąsiadujących z Polską na przestrzeni 2335 km, a mianowicie do Prus Wschodnich, Litwy, Łotwy, Rosji Sowieckiej i Rumunii, zajmują powierzchnię około 75 000 m².
Architektura obiektów powstałych w latach 20 posiada cechy architektury regionalnej.
Lata 30. to wkraczanie w krajobraz pogranicza architektury współczesnej – modernistycznej, o standartowej formie.
- Ochrona zabytków w Polsce i udział w niej wojska:
 - zabytkowe budowle wojskowe,
 - zabytkowe budowle cywilne użytkowane przez wojsko,
 - współfinansowanie prac konserwatorskich.Zabytki architektury polskiej są dla historii kraju najważniejszym świadectwem sławy naszych dziejów, stąd konieczność pełnej ochrony ich wartości. Wojsko Polskie, podkreślając ich wartości kulturowe, wychowawczego znaczenia, chroni powierzone jego opiece zabytki.
- Zagadnienia urbanistyczne w budownictwie wojskowym.
Wojsko Polskie w pełni docenia rozwiązania urbanistyczne kształtujące przestrzeń miast. Kompozycja układu przestrzennego opartego o Zamek Ujazdowski w Warszawie jest wybitnym przykładem rozwiązania urbanistycznego tej części Warszawy.
- Wystawa piętnastolecia budownictwa wojskowego i działalność publicystyczna.
Podsumowująca działalność Wojska Polskiego w latach 1918–1933, w zakresie architektury i budownictwa, wystawa pokazała wielki wysiłek intelektualny i finansowy w wykreowaniu współczesnej bazy materialnej wojska.

PODSUMOWANIE

W tak olbrzymiej różnorodności obiektów wojskowych wiele przykładów projektów i realizacji świadczy o wysokich walorach przestrzenno-funkcjonal-

nych, estetycznych, indywidualności konstrukcyjnej i materiałowej, że powstająca architektura wojskowa stanowi wartościową część polskiej architektury lat 1918–1933.

P. S.

Za 6 lat w roku 2018 mija 100-letnia rocznica powstania Państwa Polskiego i 100-letnia działalności Wojska Polskiego. Wydaje się, że powstanie monografii dotyczącej architektury wojskowej 1918–2018 byłoby szlachetnym celem dla Wojskowej Akademii Technicznej.

Literatura:

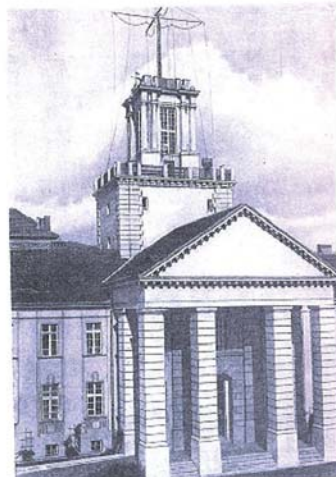
- [1] *Budownictwo Wojskowe 1918–1935*, Tom I i Tom II. Departament Budownictwa MS Wojsk, Warszawa 1935
- [2] *Architektura i Budownictwo*. Zeszyt potrójny, Nr 10-11-12 193

2.1.

WOJSKOWE
OBIEKTY
PUBLICZNE



WARSZAWA
BUDYSEK WARSZAWO
WOJSKOWY



GMACH ODWODZINA FLOTTY W W.



WARSZAWA. KOMENDA MIASTA



GMACH PRZY UL. KRAKOWSKIE PRZEDMIEŚCIE RÓG UL. TROLEWICKIEJ

PROBLEMY WSPÓŁCZESNEJ ARCHITEKTURY I BUDOWNICTWA

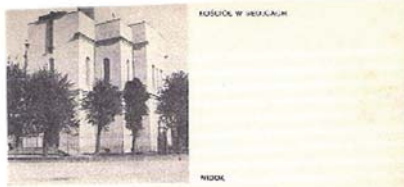
2.2.



WARSZAWA. Kościół OO.
Projekt przebudowy przez
Krzysz. Jan. Cichy w roku
1885-87. Po latach budynek
budowl. Mianow. Tęczyński
w nowej średniej katedrze
późniejszej. Ry. 90



WARSZAWA. Dwa wizerunki
OO. Projekt przebudowy
Krzysz. Jan. Cichy - przebudowa
na budynek gm. arch.
nowy przez prof. Oskara
Szewczyńskiego. Ry. 89

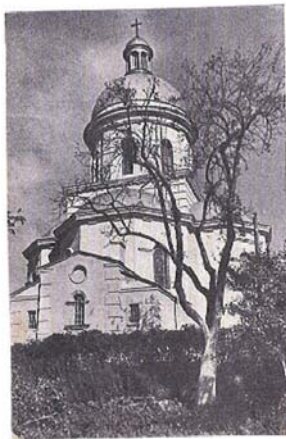


Kościół w Warszawie

MOON



Kościół GABRIELOWY
W KATOWICACH



PRZED PRZEKŁADANIE

Kościół GABRIELOWY
W PRZEDZIE



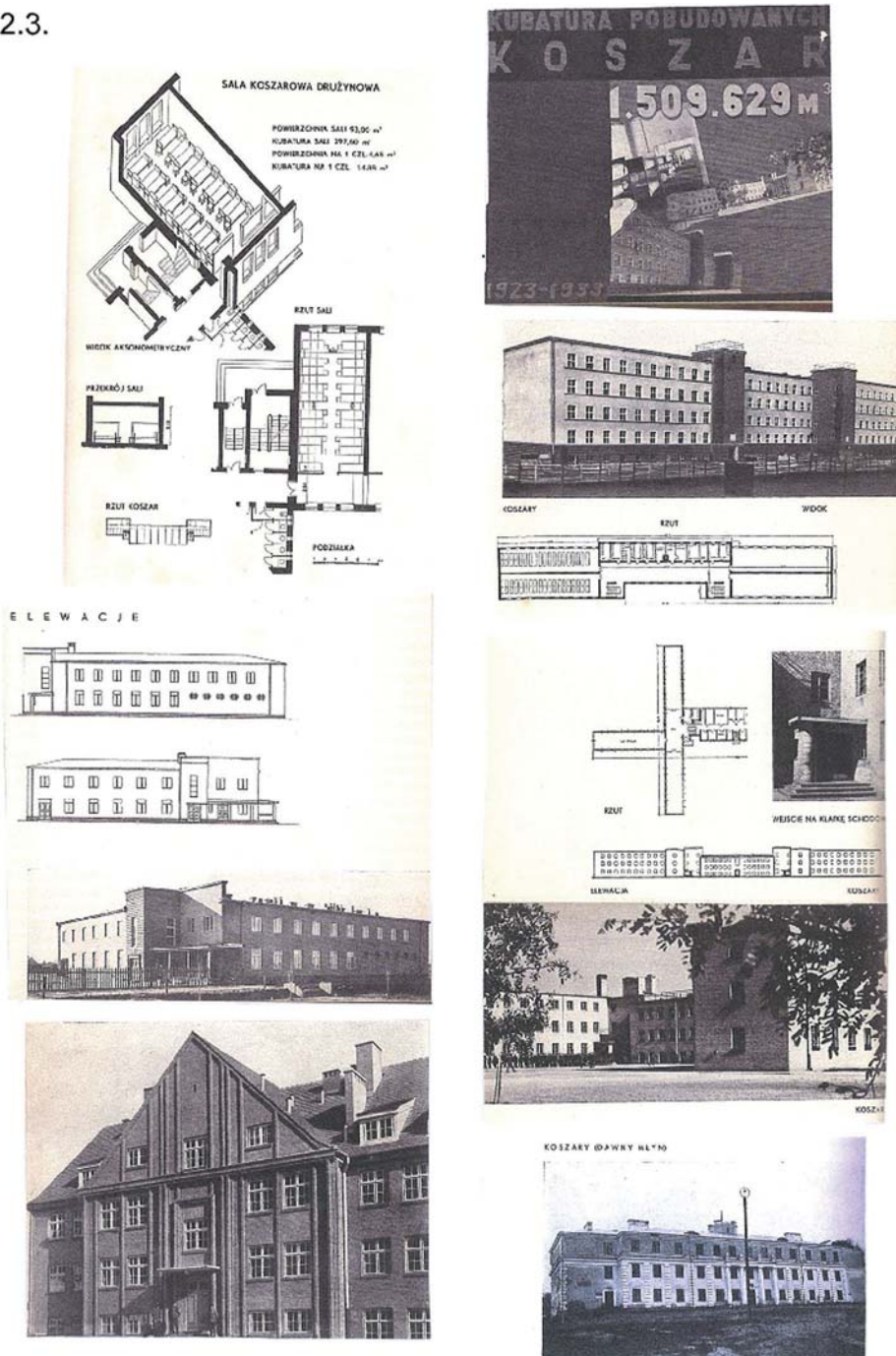
BEZCIEC «BUDOWA»
Dwa wizerunki OO. Projekt
przebudowy i wzniesienia
budynek gm. arch. w
nowej średniej katedrze
późniejszej. Ry. 110



BEZCIEC «BUDOWA»
Dwa wizerunki OO. Projekt
przebudowy i wzniesienia
budynek gm. arch. w
nowej średniej katedrze
późniejszej. Ry. 111

PROBLEMY WSPÓŁCZESNEJ ARCHITEKTURY I BUDOWNICTWA

2.3.



2.4. DOMY MIESZKALNE DLA OFICERÓW I PODOFICERÓW

DOM KOHENJANA W DEBLINIE



DEBLIN — DOM OFIC



DEBLIN — DOM OFIC

DEBLIN — DOM OFICERÓW
KAWALSKÓW



DEBLIN — DORY
PODOFICERSKIE



DOMY MIESZKALNE PODOFICERSKIE W DŹRZE TALKALIE

FUNDUSZ KWATERUN KU WOJSKOWEGO



BUDYNEK DLA OFICERÓW W WILNIE PRZY UL. WILSKIEJI Str. 27

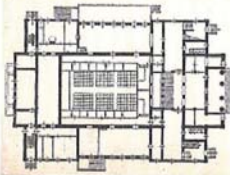


BUDYNEK DLA OFICERÓW PRZY UL. KOSZYKOWEJ, RÓG
TOPOŁOŃSKIEJ W WARSZAWIE, WIDOK OD PODWÓRZA Str. 40

2.5.
DOMY ŻOŁNIERZA

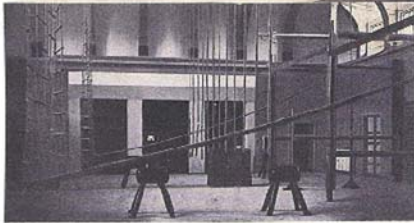
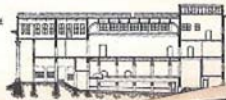


DOM ŻOŁNIERZA W LUBLINIE

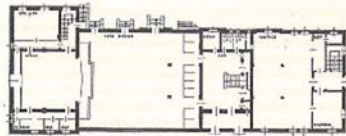


DOM ŻOŁNIERZA W LUBLINIE
PLAN

DOM ŻOŁNIERZA W LUBLINIE
PRZEGRÓD FOLIOWY



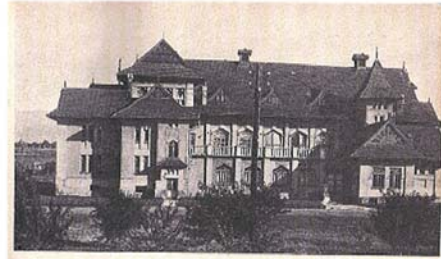
DOM ŻOŁNIERZA W LUBLINIE - SALA GIMNASTYCZNA



DOM ŻOŁNIERZA W TORUNIU - PLAN



WIDOK
ZEWNIĘTRZNY



DOM ŻOŁNIERZA W BIELSKU

WŁOCŁAWEK. KASYNÓ OPIECZESKIE
RZUT PIĘTRA



WŁOCŁAWEK
KASYNÓ OPIECZESKIE
SALA BALOWA

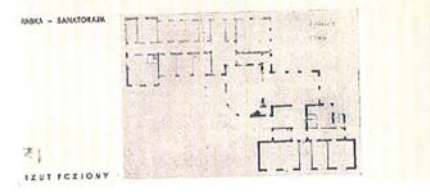
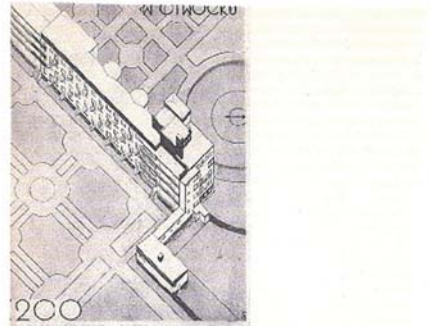
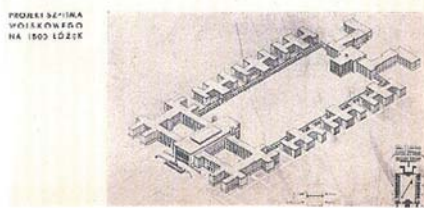


HALL



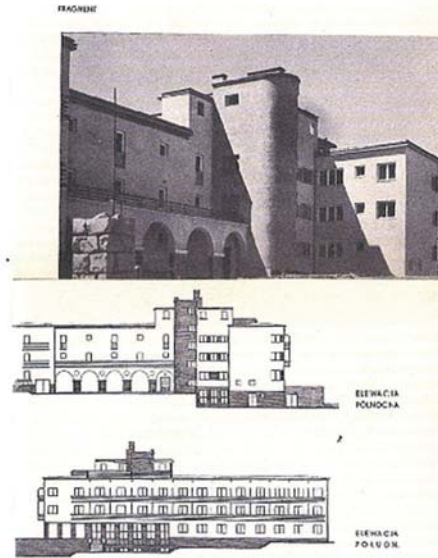
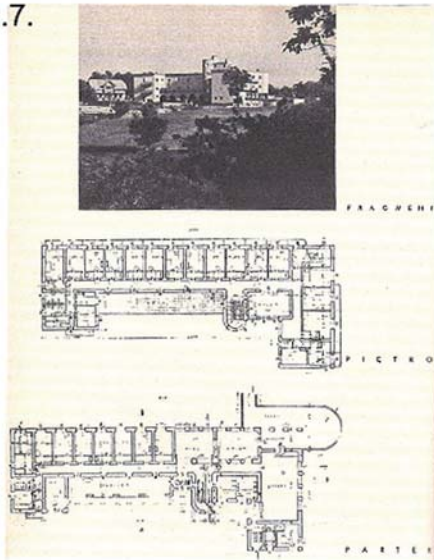
WARSZAWA
REPREZENTACYJNE
KASYNÓ GARNICHO
MC. SALA JADALNA

2.6.

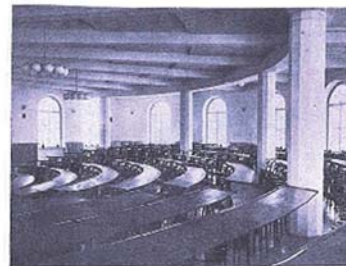


PROBLEMY WSPÓŁCZESNEJ ARCHITEKTURY I BUDOWNICTWA

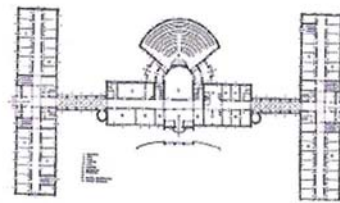
2.7.



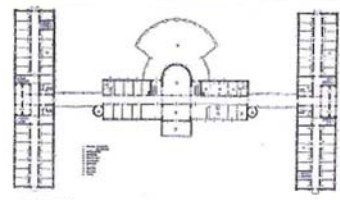
REBERTÓW, KASYNÓ I HOTEL OPIEKUSO



REBERTÓW, KASYNÓ I HOTEL OPIEKUSO, SALE WYKŁADOWE



REBERTÓW, KASYNÓ I HOTEL OPIEKUSO, RZUT PRZYZIEMIA



RZUT I PODA



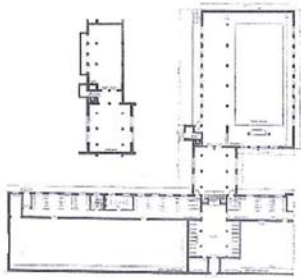
2.8.
**BUDOWNICTWO
SPORTOWE**



CENTRALNY INSTYTUT
WYCHOWANIA FIZYCZNEGO
NA BIELANACH
ZŁOŻE ŁOŻNICZE str. 23

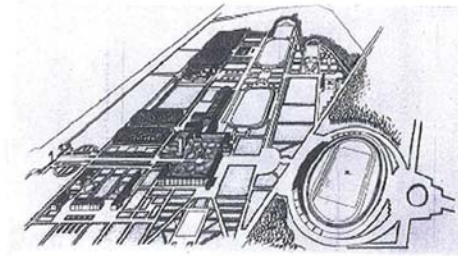


ELEWACJA

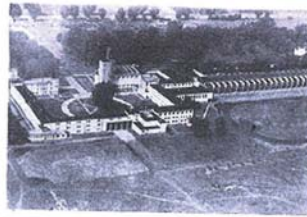


PLAN

OSRODEK W. P. SZKOLNY PODCHOWAJĄCY PRACOWNI W OSTRĘBU HAZOW. Str. 122
Działalność i sala gimnastyczna, hala basenowa, wiatrak szachowy i szachy, sala gimnastyczna dla
starej młodzieży i przedmiotowa szachowa szachy.



CENTRALNY INSTYTUT WYCHOWANIA FIZYCZNEGO. WIDOK Z LOTU PTAKA. Str. 1
A - urządzenie projektowane



C. I. W. F. GNACZ GŁÓWNY - WIDOK Z GÓRY

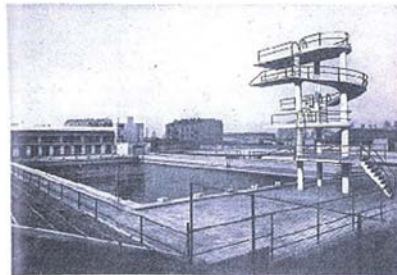


C. I. W. F. GNACZ GŁÓWNY - WIDOK Z TYŁU



STADIUM W. P. - TRAKTY GŁÓWNE I TOR KOLARSKI

STADIUM W. P. - PŁYWAŁNIA Z WIEŻĄ DO SKOKÓW Str. 12

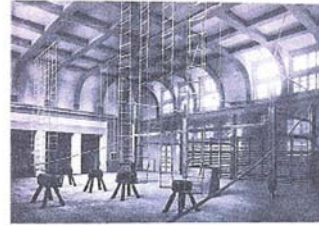


2.9.

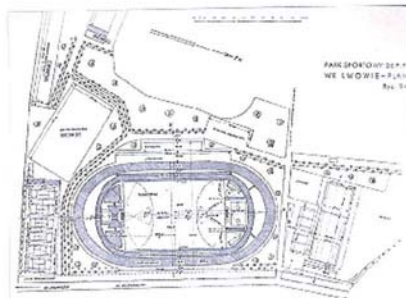
**BUDOWNICTWO
SPORTOWE**



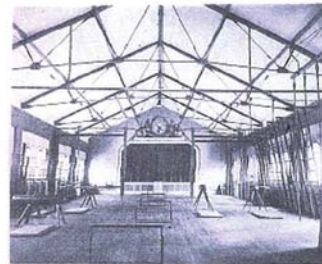
BOK W.F.K. W KIELCACH, WIDOK ODŁNY. Str. 10



SALA GIMNASTYCZNA W ODRZE W ZOLNIE W LUBLINE. Str. 10



PARK SPORTOWY 24.F. W LWOWIE - PLAN. Str. 11

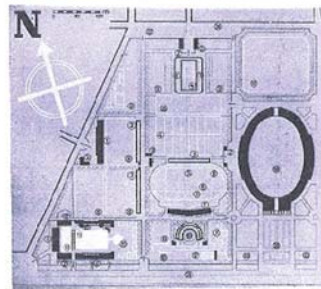
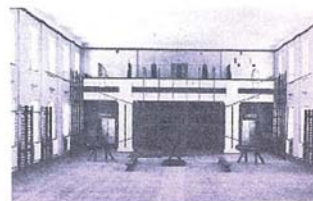


SALA GIMNASTYCZNA PRZEJ. PRZECHOD W BYDOSTECU. Str. 11

PARK SPORTOWY 24.F. W LWOWIE - WIDOK Z LOTU. Str. 11



SALA GIMNASTYCZNA OSRODKA W.F. W BRZESCIU N.B.U.G.I.E.M. Str. 11

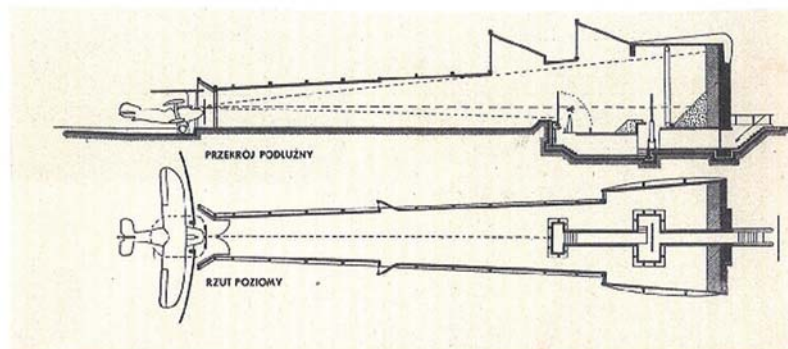


PARK SPORTOWY W KRAKOWIE. Str. 12

- | | |
|------------------------|-------------------------------------|
| 1. Trybuna | 14. Kapłany |
| 2. Stadion | 15. Kuchnia |
| 3. Trybuna górna | 16. Bieżnia szlifierczna dla kobiet |
| 4. Bieżnia wodna | 17. Teren boiska |
| 5. Siatka tenisowa | 18. Archiwizacja obiektu placowkowy |
| 6. Bieżnia bieżnia | 19. Bieżnia centralna |
| 7. Bieżnia bieżnia | 20. Pole doboje |
| 8. Bieżnia bieżnia | 21. Angielski plac |
| 9. Bieżnia | 22. Plac boiskowy |
| 10. Ciężki m. w. | 23. Park D. J. J. J. |
| 11. Kuchnia | 24. Us. Reparat. |
| 12. Stan. sportowy | 25. Słupki |
| 13. Bieżnia dla kobiet | |

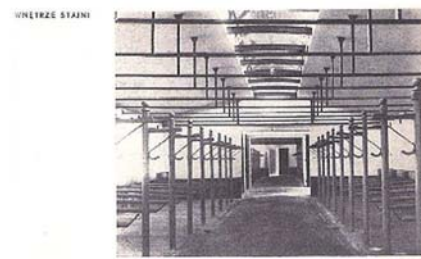
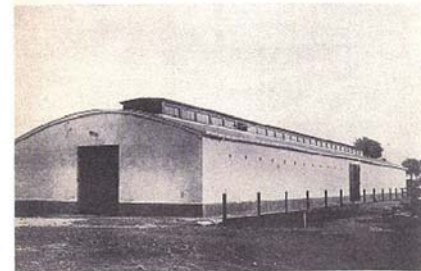
2.10

BUDOWA STRZELNIC SZKOLNYCH

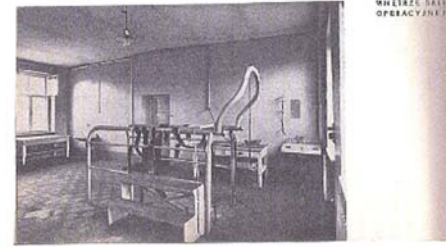
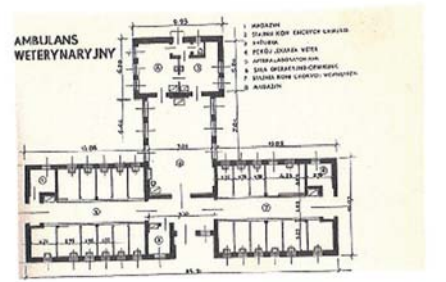
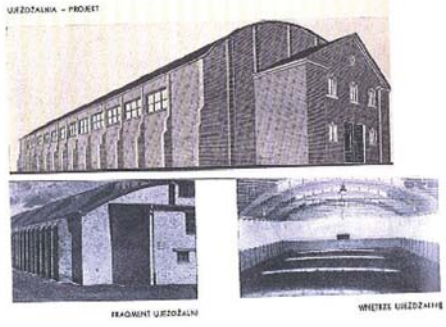
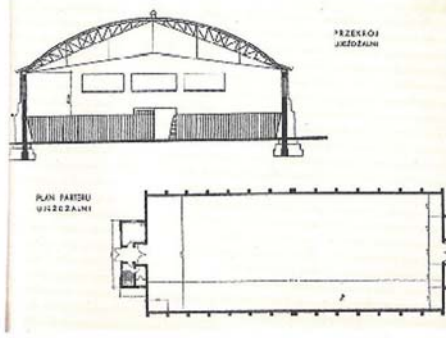


3.1.

S T A J N I E



UJEZDZALNIE KRYTE



3.2. LOTNICTWO

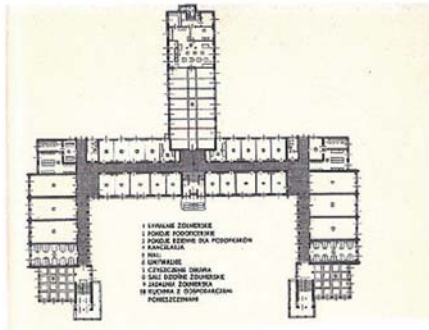
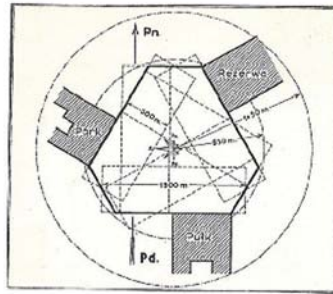
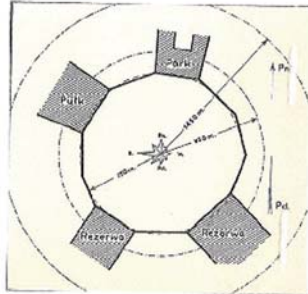


Fig. 7

Fig. 8



Fig. 10

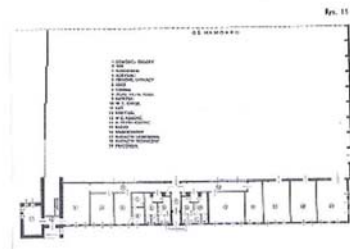
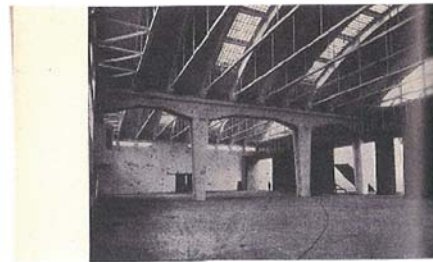
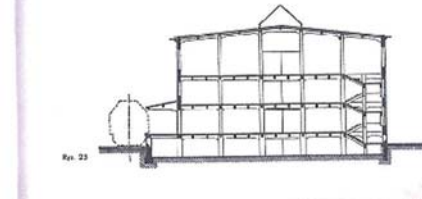


Fig. 11



3.3. LOTNICTWO



MARYNARKA WOJENNA

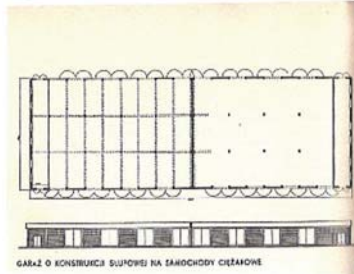
MOLOWANIE SKRYZY



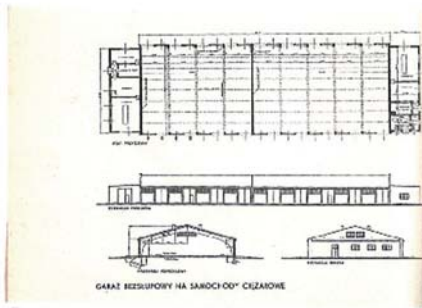
SIANKA OBRONNA
BIEKOWA NA KOŁO



3.5. MAGAZYNY WOJSKOWE



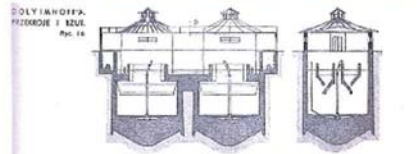
GARAŻ O KONSTRUKCJI SUPOWEJ NA SAKOCHODY CIĘŻAROWE



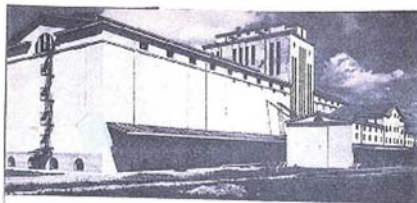
GARAŻ BEZSUPOWY NA SAKOCHODY CIĘŻAROWE



MODE WYKONANEJ WYCHODZĄCZĄCĄ SIECIĄ WIDOKU WIDOKU



OLYIMHOFFA, PIZOROE I SZKŁE



LOZLN. BEANACE WIDOKOWY



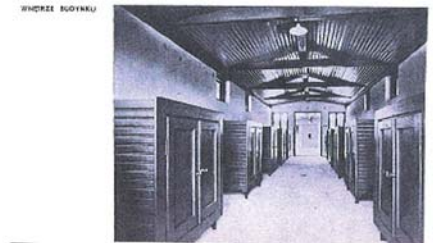
BUDYNKI DLA PSÓW WOJSKOWYCH



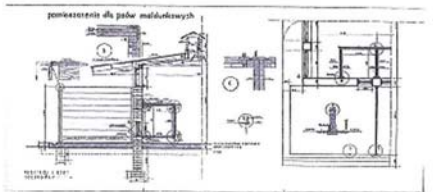
BUDYNEK NA POMIESZCZENIE 10 PSÓW



BUDYNEK NA POMIESZCZENIE 10 PSÓW



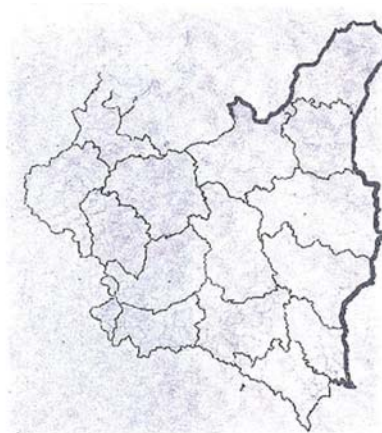
WIDOKI BUDYNKU



posuszczenie dla psów milickich

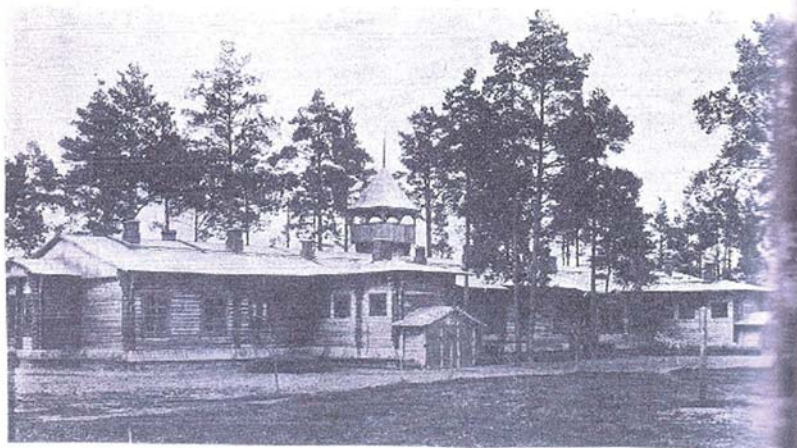
4.1. BUDOWNICTWO KORPUSU OCHRONY POGRANICZA

ODCINEK GRANICY PAŃSTWA POL-
SKIEGO CHRONIONY PRZEZ K. O. P.



STRAŻNICA
REPREZENTACYJNA

ODWÓD KOMPANJI GRANICZNEJ (1925)



4.2.

**OCHRONA ZABYTKÓW
W POLSCE I UDZIAŁ
W NIEJ WOJSKA**



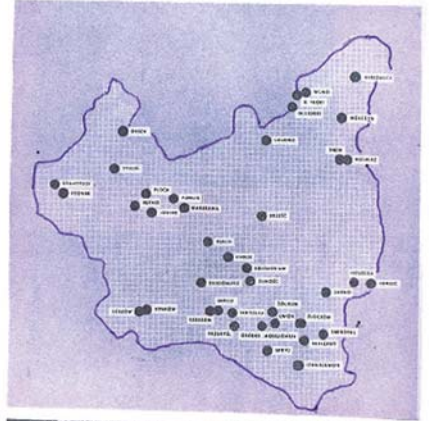
WARSZAWA — BELWEDER. Pałac w pocz. XIX w. Rekonstrukcja planu i stłuszczenie ścian w czasie wojny. Rys. 1



18. JIN. Dąbki pałac. Zniszczenia w czasie II wojny, w 1944. Rys. 2



Plan wojennego zniszczenia i odbudowy zabytków w wojnie. Kalendarz, Warszawa, 1945, s. 10.



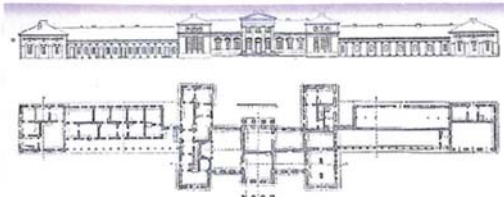
Opatów. Pałac. Zniszczenia w czasie wojny. Rys. 3



Opatów. Pałac. Rekonstrukcja planu i stłuszczenie ścian w czasie wojny. Rys. 4



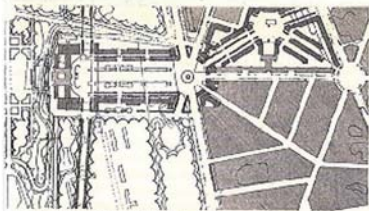
ŁÓDŹ. PAŁAC W WOŁOZYNIU



ŁÓDŹ. PAŁAC EDALTOWSKICH W ŚWIĘTOKRZYŻU. Rys. 5

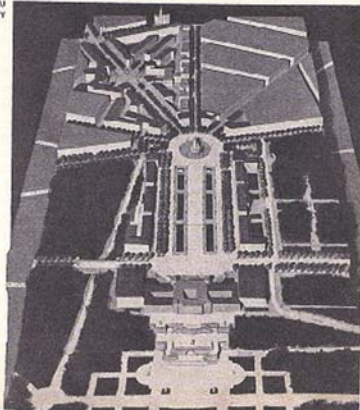
4.3.

ZAGADNIENIA URBANISTYCZNE W BUDOWNICTWIE WOJSKOWYM



PROJEKT ZARUDOWY TERENÓW WOJSKOWYCH PRZY AL-SHONOWIE I ZAKŁU UŁADZOWANIA

MODEL PLANU ZARUDOWY



WARSZAWA. Zamek Siedemców Ujazdów. Fasada wschodnia od strony ul. Sienkiewicza z roku 1929. Rys. D.D.



ZARUDOWA BEREHOW
P. K. V. PIZY CYNAMIDJI
P. A. ZOLISHOKU

WYSTAWA PIĘTNASTOLECIA BUDOWNICTWA WOJSKOWEGO

W Warszawie w Polsce wystawa budownictwa wojskowego odbyła się w listopadzie 1935 roku w gmachu Kasya Reprezentacyjnego w Warszawie. Wystawę obejmowała wszystkie działy budownictwa naszych sił zbrojnych. Były na niej reprezentowane zbiory Departamentu Budownictwa M. S. Wojsk, zespoły budowlane Korpusu Ochrony Pogranicza, Próżniowego Urzędu Wyposażania Fizycznego i Przystosowania Wojskowego (P. U. W. F. i P. W.).



Przedstawiciele Kierownictwa: Kierownik Ignacy Bodoński w otoczeniu przedstawicieli M. S. Wojsk, z szefem administracji Anny Gen. Było. Sławo. Szlachetkowskiej na czelnie, na wystawie budownictwa wojskowego.



Mariusz OWCZAREK
Wojskowa Akademia Techniczna
Stefan OWCZAREK
Wojskowa Akademia Techniczna

OCENA EFEKTÓW UŻYTKOWYCH W BUDYNKU MIESZKANIOWYM

1. EFEKTYWNOŚĆ PRZEDSIĘWZIĘĆ MODERNIZACJI BUDYNKÓW

W działaniach związanych z inwestowaniem i eksploatacją budynków decyzje podejmowane są na podstawie oceny ich efektywności. Powszechnie akceptowanym kryterium oceny jest efektywność realizowanego przedsięwzięcia budowlanego. W budownictwie występują różnego rodzaju przedsięwzięcia: wzniesienia budynku, rozbudowy, termomodernizacji, modernizacji, przebudowy, renowacji budynku.

Efektywnością przedsięwzięcia E_f nazwano tu stosunek jego efektu e_f do wartości nakładu N wywołującego ten efekt.

$$E_f = \frac{e_f}{N}$$

gdzie:

e_f – efekt przedsięwzięcia,
 N – nakład poniesiony na wywołanie tego efektu.

Efekty przedsięwzięć w budownictwie przyjęto dzielić na:

- techniczne (podwyższenia standardu technicznego i użytkowego budynku),
- użytkowe (wzrost: powierzchni użytkowej, kubatury, wartości nieruchomości),
- energetyczne (zmniejszenie zapotrzebowania na energię).

Efektywność energetyczna stanowi treść Dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady Europy, między innymi w Dyrektywach:

- charakterystyki energetycznej budynków, nr 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r.,
- efektywności energetycznej, nr 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r.

Ustawy unijne i zarządzenia krajowe mają na celu zastosowanie procedur ekonomicznych poprawy charakterystyki energetycznej budynków w sposób efektywny przy użyciu najmniejszych kosztów w trakcie ich szacunkowego cyklu życia. Istnieje wiele podejść do stymulowania przedsięwzięć gospodarczych mających na celu zmniejszenie zużycia energii w budynkach. Jednym ze sposobów jest stymulowanie naturalne za pomocą wartości sprzedawanych produktów na rynku. W przypadku budynków chodzi o cenę uzyskiwaną ze sprzedaży budynków na rynku nieruchomości.

W niniejszym artykule zajęto się efektywnością użytkową przedsięwzięcia związanego z realizacją budynków mieszkaniowych. W przedsięwzięciach modernizacji i remontów budynków mieszkalnych efektem działań jest przyrost ich wartości użytkowej. Zadanie określenia wartości użytkowej jest trudne z punktu widzenia uwzględnienia wszystkich cech użytkowych występujących w analizowanym budynku. Wielkością, która dobrze integruje wartości użytkowe jest wartość budynku równa jego cenie możliwej do uzyskania na rynku nieruchomości. Cenę budynku możliwą do uzyskania na rynku nieruchomości przyjęto nazywać jego wartością rynkową. Rozróżniamy głównie trzy wielkości wartości rynkowej dla:

- aktualnego sposobu użytkowania (WRU),
- wymuszonej sprzedaży (WRW),
- przyszłej sprzedaży (WRP).

Wartość rynkowa dla przyszłej sprzedaży oznacza jej cenę w przyszłości o określonej dacie. W niniejszych rozważaniach dla ustalenia uwagi będziemy przyjmować że rozważania dotyczą wartości rynkowej dla aktualnego sposobu użytkowania.

2. METODA PORÓWNIANIA WYCENY WARTOŚCI RYNKOWEJ NIERUCHOMOŚCI

Istnieją dwa podejścia obliczenia wartości nieruchomości: porównawcze i dochodowe. Określone między innymi w Rozporządzeniu Rady Ministrów z 7.7.1998 r. Podejście porównawcze określa wartość nieruchomości jako cenę, którą uzyskano za nieruchomości podobne w obrocie rynkowym. Podejście porównawcze stosuje się, jeżeli są znane dane o cechach nieruchomości podobnych do nieruchomości wycenianych. Wycenę należy oprzeć na analizie tych cen i cech wpływających na ich wielkość. Przy stosowaniu metody porównywania parami przedmiotem porównania są ceny uzyskane w obrocie nieruchomościami oraz cechy nieruchomości wpływające na ich cenę.

Przy metodzie porównywania nieruchomości parami porównuje się nieruchomość wycenianą, której cechy są znane, lecz nie jest znana jej wartość, ko-

lejno z nieruchomościami, które były przedmiotem obrotu rynkowego i których cechy oraz ceny uzyskane w obrocie, są znane. Do realizacji metody porównawczej potrzebne są informacje z zakresu:

- określenia wartości rynkowej,
- rodzaju i obszaru rynku niezbędnego do wyceny nieruchomości,
- okresu badania cen,
- wyboru rynkowych cech nieruchomości, a następnie ich oceny.

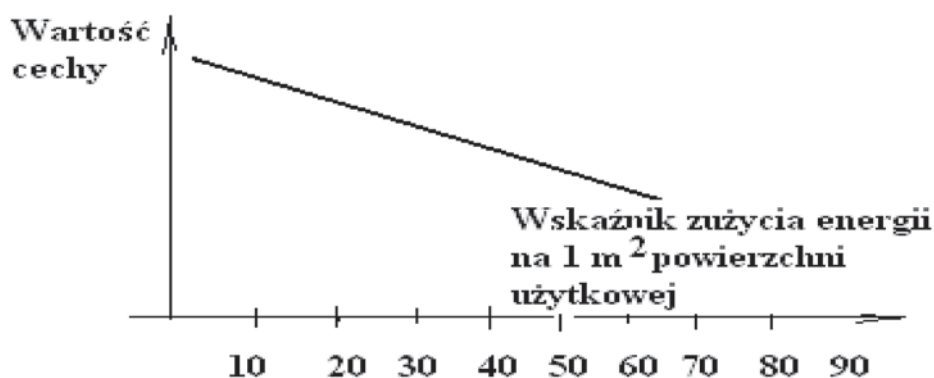
Pierwsze cztery systemy informacji stanowią czynniki zewnętrzne i ich znaczenie zależy od rodzaju wartości wyceny nieruchomości: funkcji nieruchomości, rodzaju rynku, obszaru rynku i okresu monitorowania cen. Przy ustalonych czynnikach zewnętrznych na obliczenie poziomu cen nieruchomości mają wpływ rynkowe cechy nieruchomości.

Cechy rynkowe nieruchomości mogą być różne i mieć znaczenie w zależności od rodzaju wykreowanego rynku lokalnego. Nieruchomość ma wyższą wartość rynkową wtedy, gdy jej cechy (atrybuty) rynkowe będą lepsze w obrębie cech o największym znaczeniu.

Rynkowe cechy nieruchomości, które w decydującym stopniu określają poziom cen i poziom wartości rynkowej, mają najczęściej charakter jakościowo-semantyczny. Nadanie tym cechom znaczenia jest podstawowe w procesie wyceny. Wymienić można cechy liniowe, przymiotnikowe oraz binarne.

Cechy liniowe

Wykresem zmian w zakresie tych cech jest linia prosta.

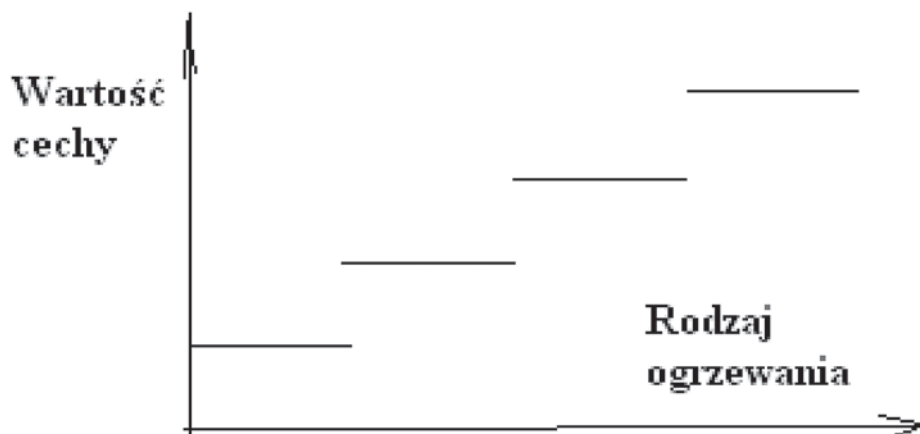


Rys. 1. Wartość cech liniowych

Cechą taką jest np. wskaźnik zużycia energii na 1 m² powierzchni użytkowej.

Cechy przymiotnikowe (jakościowe)

Wykresem jest schodkowy układ prostych.



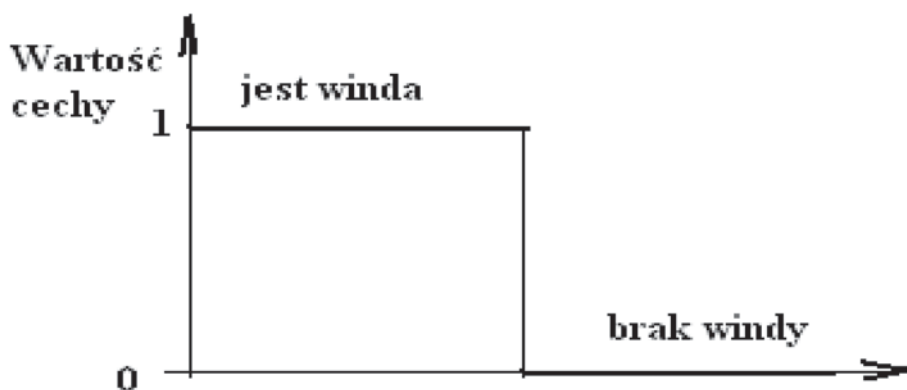
Rys. 2. Wartość cech przymiotnikowych

Czteroprzymiotnikowy układ cech: gorszy, średni, wyższy, najwyższy.

Trójpzymiotnikowy zestaw cech: równy, wyższy, najwyższy.

Wyceniając nieruchomości, musimy przekształcić skalę słowną ocen nieruchomości czy skalę porządkową na skalę, której jednostkami są jednostki pieniężne. W jednostkach pieniężnych wyrażamy ostatecznie wartość rynkową nieruchomości.

Cechy binarne (0 lub 1)



Rys. 3. Wartość cech binarnych

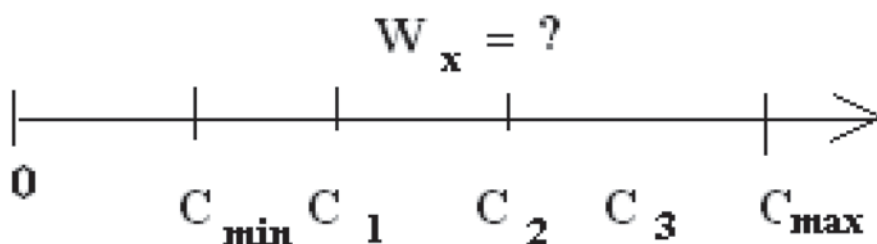
Przykładem takiej cechy jest np. występowanie windy. Przez „0” oznaczamy brak windy, a przez „1” – jej istnienie.

Przytoczony wyżej zestaw informacji o metodzie cenowo-porównawczej jest minimalny. Informacje trzeba doprecyzować w zależności od konkretnej oceny. W doborze zbioru budynków porównawczych są stosowane metody oparte na analizie statystycznej, jak i przez wybór reprezentantów z listy zawartych transakcji. W stosowaniu technik wyceny zaliczanych do metody cenowo-porównawczej pewne informacje są wspólne zarówno dla techniki porównania nieruchomości parami, jak i dla techniki analizy statystycznej rynku.

Wyceniając tę samą nieruchomość techniką porównania nieruchomości parami oraz techniką analizy statystycznej rynku, zakładamy, że wartość rynkowa wycenianej nieruchomości znajdzie się pomiędzy ceną minimalną a ceną maksymalną, jakie zanotowano na tym rynku lokalnym w okresie monitorowania cen. Ocena pozwala na określenie poprawek, którymi różnią się obiekty ze sobą porównywane, czyli:

$$C_{\min} \leq W_x \leq C_{\max}$$

Zadanie przedstawiono graficznie na rysunku 4.



Rys. 4. Interpretacja wyznaczenia wartości budynków na podstawie sprzedanych na rynku nieruchomości

3. SPOSÓB POMIARU RYNKOWYCH CECH NIERUCHOMOŚCI

Chcąc określić cechy rynkowe nieruchomości, musimy je oceniać z punktu widzenia nabywcy nieruchomości. Określamy wpływ cech na cenę nieruchomości. Liczba cech rynkowych jest sprawą dyskusyjną. W teorii wartości nieruchomości cechy nieruchomości różnicujemy wymieniając kilkanaście atrybutów. Wnikając w motywy nabywców, zauważamy, że przy nabywaniu nieruchomości kierują się oni wyłącznie kilkoma cechami (kryteriami). W przypadku wyceny ustalamy preferencje cech rynkowych mających wpływ na cenę. Realizujemy to nadając cechom rynkowym różną wagę. Poniżej zajęto się

sposobem ustalenia tych wag. Wagę cechy rynkowej odnosimy do założenia mówiącego, że wartość rynkowa W_x znajdzie się pomiędzy C_{\min} a C_{\max} . Z tego założenia przyjęto postulat, by wagą cechy był jej procentowy udział w ΔC , a $\Delta C = C_{\max} - C_{\min}$.

Aby określić wagi cech rynkowych należy:

1. Określić rynek lokalny poprzez ustalenie jego rodzaju, obszaru oraz okresu badania cen.
2. Ustalić liczbę cech rynkowych i nadać im nazwy.
3. Zebrać ceny transakcyjne nieruchomości oraz ich ceny rynkowe.
4. Pogrupować nieruchomości, które różnią się jedną cechą rynkową.
5. Przeprowadzić analizę porównawczą do określenia wag cech.

4. PRZYKŁAD ANALIZY PORÓWNAWCZEJ

Na rynku lokalnym budownictwa mieszkalnego, obejmującym obszar miasta w okresie badania cen, zanotowano w maju 2013 w Warszawie ceny transakcji: $C_{\min} = 5000 \text{ zł/m}^2$, $C_{\max} = 13\,000 \text{ zł/m}^2$. Na podstawie znajomości rynku stwierdzono, że na poziom cen wpływ mają następujące cechy rynkowe.

1. Położenie mieszkania w określonej strefie rynku,
2. Wartość wskaźnika zapotrzebowania ciepła
3. Rodzaj ogrzewania
4. Wielkość mieszkania.

Ceny budynków oceniano w skali czterostopniowej. Obszar rynku podzielono na 4 strefy: podmiejską, miejską, śródmiejską i centralną.

W cesze energooszczędności również wyróżniono czterostopniową skalę E_k : 120 kWh/m^2 , 100 kWh/m^2 , 80 kWh/m^2 i 60 kWh/m^2 .

W rodzaju ogrzewania czterostopniową skalę wyróżniono według kolejności: elektryczność, węgiel, gaz + kolektor.

Wielkość mieszkania oceniano również w czterostopniowej skali: 80 m^2 , 70 m^2 , 60 m^2 , 50 m^2 ,

Przyjęto zasadę: im mieszkanie jest mniejsze, tym cena 1 m^2 , jest większa.

Dla ustalenia wag poszczególnych cech występujących na rynku nieruchomości porównujemy nieruchomości różniące się jedynie jedną cechą. Przykład nieruchomości różniących się jedną cechą podano w tablicy 1.

Tablica 1. Zestawienie nieruchomości różniących się jedną cechą

Rodzaj cechy rynkowej	Mieszkanie 1 C1 = 13 000 zł/m ² ,	Mieszkanie 2 C2 = 10 600 zł/m ² ,	Mieszkanie 3 C3 = 10 600 zł/m ² ,	Mieszkanie 4 C4 = 11 400 zł/m ² ,	Mieszkanie 5 C5 = 11 400 zł/m ² ,
Położenie mieszkania	Strefa centralna	Strefa podmiejska	Strefa centralna	Strefa centralna	Strefa centralna
Wartość wskaźnika E	60	60	120	60	60
Rodzaj ogrzewania	Gaz +kolektor	Gaz +kolektor	Gaz +kolektor	elektryczność	Gaz +kolektor
Wielkość mieszkania	50	50	50	50	80

Dla określenia wagi położenia porównujemy działki różniące się jedynie położeniem np. cena mieszkania 1 wynosiła 13 000 cena mieszkania 2–10 600 zł/m². Wagę cechy obliczamy na podstawie różnic w cenie mieszkań 1 i 2. Podobnie określamy wagę wskaźnika zapotrzebowania ciepła, porównując ceny mieszkań 1 i 3.

Waga położenia i wskaźnika zapotrzebowania ciepła:

$$Waga\ położenia = Waga\ wskaźnika\ zap. = \frac{13,0 - 10,6}{8,0} \cdot 100 = 30\%$$

Dla określenia wagi źródła ogrzewania porównujemy mieszkania 1 i 4, natomiast wagi wielkości mieszkania 1 i 5.

Waga ogrzewania i wielkości mieszkania:

$$W_{ogrz} = Waga\ wielkości\ mieszkania = \frac{13,0 - 11,4}{8,0} \cdot 100 = 20\%.$$

5. WYCENA NIERUCHOMOŚCI METODĄ PORÓWNIANIA PARAMI

- 1) Celem jest znalezienie odpowiadających sobie par obiektów, znalezienie sprzedanej na rynku nieruchomości do wycenianej. Porównujemy ceny nieruchomości wg zasad sformułowanych powyżej. Po wyborze cech różnicujących zestawiamy parami nieruchomości wycenianą z nieruchomościami porównawczymi. Różnice pomiędzy obiektem wycenianym X a obiektem porównawczym A określamy w tabeli porównań. Na uwagę zasługuje fakt, że zakres ΔC podzielony jest na mniejsze zakresy kwotowe w odniesieniu do każdej z cech rynkowych proporcjonalnie do wag cech.

- 2) Ustalenie wartości nieruchomości w zależności od nieruchomości sprzedanej oraz różnic pomiędzy cechami głównymi w każdej parze porównawczej. Wartość, którą ustalimy po analizie porównawczej dla poszczególnych par, jest funkcją sumy różnic pomiędzy cechami porównawczymi, wagą poszczególnych cech oraz ceną obiektu porównawczego.
- 3) W końcowym etapie metody porównawczej ustalamy ostateczną wartość nieruchomości jako średnią ważoną z wartości uzyskanych z porównań w poszczególnych parach.

Przykład 1

Określ wartość mieszkania o powierzchni 60 m² metodą porównywania parami na podstawie następujących danych.

Rodzaj rynku lokalnego – budynki mieszkaniowe realizowane w miejscowym planie zagospodarowania na potrzeby mieszkańców.

Obszar rynku – miasto. Obszar badania cen – 1 kwartał roku 2013, w okresie badania cen zanotowano: cenę minimalną $C_{\min} = 5000$ zł/m², cenę maksymalną $C_{\max} = 13\ 000$ zł/m².

Tablica 2. Zestawienie danych o wariantach

L.p.	Rodzaj cechy rynkowej	Waga cechy	Mieszkanie wyceniane X	Mieszkanie A $C_A = 12\ 000$ zł/m ² ,	Mieszkanie B $C_B = 11\ 000$ zł/m ² ,	Mieszkanie C $C_C = 9\ 500$ zł/m ² ,
1.	Położenie mieszkania	0,3	Strefa centralna	Strefa centralna	Strefa śródmiejska	Strefa miejska
2.	Wartość wskaźnika E	0,3	80	80	60	100
3.	Rodzaj ogrzewania	0,2	Gaz	Gaz +Kolektor	Elektrycz.	Węgiel
4.	Wielkość miesz.	0,2	60	50	70	80

Na badanym rynku ustalono cechy rynkowe nieruchomości i wagi:

1. Położenie mieszkania w określonej strefie rynku 30%,
2. Wartość wskaźnika zapotrzebowania ciepła 30%,
3. Rodzaj ogrzewania 20%,
4. Wielkość mieszkania 20%.

Ceny mieszkań użytych do porównania:

$$C_A = 12\ 000 \text{ zł/m}^2, C_B = 11\ 000 \text{ zł/m}^2, C_C = 9\ 500 \text{ zł/m}^2.$$

Obliczenie:

1. ΔC , a $\Delta C = C_{\max} - C_{\min} = 13000 - 8000 = 5000 \text{ zł/m}^2$.

2. Określenie zakresu kwotowego cech rynkowych.

Położenie rynku i wartość wskaźnika E_k :

$30\% \text{ z } \Delta C \text{ } 8000 \text{ zł/m}^2 \times 0,3 = 2400 \text{ zł/m}^2$.

Rodzaj ogrzewania i wielkość mieszkania:

$20\% \text{ z } \Delta C \text{ } 8000 \text{ zł/m}^2 \times 0,2 = 1600 \text{ zł/m}^2$.

3. Określenie zakresu kwotowego skali cech rynkowych:

Położenie rynku i wartość wskaźnika E_k :

$\Delta s_1 = \Delta s_2 = \frac{1}{4} 2400 = 600 \text{ zł/m}^2$

Rodzaj ogrzewania i wielkość mieszkania:

$\Delta s_3 = \Delta s_4 = \frac{1}{4} 1600 = 400 \text{ zł/m}^2$

Tabele porównawcze:

Tablica 3. Mieszkanie oceniane X – mieszkanie A

	Cecha różnicująca	Waga cechy	Kwota cechy zł/m ²	Skala cechy	Wskaźnik cechy	Poprawki w zł/m ²
1	Rodzaj ogrzewania	20%	1600	4	-1	-400
2	Wielkość mieszkania	20%	1600	4	-1	-400
Suma						-800

Tablica 4. Mieszkanie X – mieszkanie B

	Cecha różnicująca	Waga cechy	Kwota cechy zł/m ²	Skala cechy	Wskaźnik cechy	Poprawki w zł/m ²
1	Położenie mieszkania	30%	2400	4	1	600
2	Wartość wskaźnika E	30%	2400	4	-1	-600
3	Rodzaj ogrzewania	20%	1600	4	2	800
4	Wielkość mieszkania	20%	1600	4	1	400
Suma						1200

Tablica 5. Mieszkanie X – mieszkanie C

	Cecha różnicująca	Waga cechy	Kwota cechy zł/m ²	Skala cechy	Wskaźnik cechy	Poprawki w zł/m ²
1	Położenie mieszkania	30	2400	4	2	1200
2	Wartość wskaźnika E	30	2400	4	1	600
3	Rodzaj ogrzewania	20	1600	4	1	400
4	Wielkość mieszkania	20	1600	4	2	800

Wartości cząstkowe:

$$W_{xA} = 12000 - 800 = 11\,200 \text{ zł}$$

$$W_{xB} = 11000 + 1200 = 12\,200 \text{ zł}$$

$$W_{xC} = 9500 + 3000 = 12\,500 \text{ zł}$$

Wartość rynkowa mieszkania o powierzchni 60 m² wyniesie:

$$W_x = \frac{11200 + 12200 + 12500}{3} \cdot 60 = 11967 \cdot 60 = 718\,020 \text{ zł}$$

6. OCENA EFEKTÓW UŻYTKOWYCH W BUDYNKU NA PODSTAWIE CECH RYNKOWYCH NIERUCHOMOŚCI

6.1. Oszacowanie efektu termomodernizacji

Ocenę efektów przedsięwzięcia modernizacji utożsamiamy z oceną efektów podwyższenia cech użytkowych budynku. Aby ocenić właściwie efekt termomodernizacji, ustalamy ocenę nieruchomości w dwóch stanach: przed termomodernizacją i po termomodernizacji. Obliczamy przyrost ceny jednostkowej budynku w wyniku termomodernizacji. Przyjmując przed termomodernizacją wartość użytkową równą W_1 , po termomodernizacji wartość W_2 przyrost wartości użytkowej jest równy: $\Delta W = W_2 - W_1$.

Przyrost ten jest efektem termomodernizacji. Efekt termomodernizacji jest obliczany jako przyrost cech budynku po termomodernizacji. Głównym efektem jest zmniejszenie zużycia energii i wymiana systemu ogrzewania.

Założmy, że budynek jest położony w strefie centralnej ma wskaźnik E równy 120 kWh/m² i ogrzewany jest elektrycznością. Wartość użytkowa

budynku 7400 zł/m². Po termomodernizacji budynek osiągnął wskaźnik 60 kWh/m² i jest ogrzewany gazem z użyciem kolektora cieczowego płaskiego. Wartość użytkowa liczona według cech użytkowych wzrosła o $\Delta W = 24\ 000 + 1\ 600 = 4\ 000$ z/m². Efekt całkowity podwyższenia wartości użytkowej mieszkania o powierzchni 80 m².

$$e_f = 4000 \cdot 80 = 320\ 000 \text{ zł}$$

6.2. Oszacowanie kosztów termomodernizacji

Koszt termomodernizacji z kosztorysu wykonawczego przypadający na mieszkanie o powierzchni 80 m² wyniósł: 80 000 zł.

Cena zakupu kolektora i zbiornika akumulacyjnego: 12 000 zł.

Razem koszt inwestycji na wykonanie przedsięwzięcia termomodernizacji wyniósł 92 000 zł.

6.3. Oszacowanie efektywności użytkowej termomodernizacji

Efektywność oceniona w trybie natychmiastowej sprzedaży jest równa:

$$E_f = \frac{e_f}{N} = \frac{320000}{92000} = 3,5$$

W przypadku trybu sprzedaży przez wynajęcie budynku przy ocenie efektywności stosujemy podejście dochodowe. W tym celu obliczamy koszt wynajęcia przed termomodernizacją i po termomodernizacji jako iloraz wartości przez lata eksploatacji bez remontu kapitalnego.

Roczny koszt wynajęcia m² przed termomodernizacją jest równy:

$$C_n = \frac{7400}{30} = 247 \text{ zł} / \text{m}^2$$

Roczny koszt wynajęcia m² po termomodernizacji:

$$C_{nm} = \frac{11400}{30} = 380 \text{ zł} / \text{m}^2$$

Różnica w cenie wynajęcia budynku po modernizacji i przed modernizacją – zysk jednostkowy jest równy:

$$Z_{jn} = 380 - 247 = 133 \text{ zł} / \text{m}^2$$

Całkowity zysk roczny z wynajęcia mieszkania jest równy:

$$Z_c = Z_j \cdot F_u = 133 \cdot 80 = 10\,640 \text{ zł/a}$$

Czas zwrotu obliczona metodą SPBT

$$SPBT = \frac{92000}{10640} = 8,65 \text{ lat}$$

Efektywność obliczona według SPBT jest równa:

$$E_f = \frac{e_f}{N} = \frac{10640}{92000} = 0,1156$$

Stosując opisaną procedurę w projektowaniu wariantowym przedsięwzięć budowlanych, otrzymujemy praktyczny sposób wyboru rozwiązania. Powtarzając obliczenia dla każdego wariantu z otrzymanych wyników, dokonujemy wyboru rozwiązania z kryterium największej efektywności użytkowej analizowanego przedsięwzięcia. Wybrany wariant budynku ze zbioru wszystkich rozważanych wariantów ma największą wartość użytkową.

Abstract

The paper presents the method of determining the effectiveness of thermal insulation projects based on market characteristics of the building. An important element of the market characteristics of the building is its energy performance. Improving the energy performance is the content of the Directives of the European Parliament and the Council of European Energy Performance of Buildings, No. 2010/31/UE. Dated May 19, 2010, and energy efficiency, No. 2012/27/UE on October 25, 2012, the stimulus measures are taken to improve the energy performance through the provision of premium thermo and white certificates canceling incurred for the purpose of bank loans. The paper presents proposals of natural stimulation by the price obtained from the sale of the real estate market. Presented effectiveness calculation procedure is documented by numerical example.

Streszczenie

Przedstawiono metodę wyznaczania efektywności przedsięwzięć termomodernizacji budynków na podstawie cech rynkowych budynku. Ważnym elementem cech rynkowych budynku jest jego charakterystyka energetyczna. Doskonalenie charakterystyki energetycznej stanowi treść Dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady Europy charakterystyki energetycznej budynków [1], nr 2010/31/UE. z dnia 19 maja 2010 r. i efektywności energetycznej [3], Nr 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. Są podejmowane działania stymulujące poprawę charakterystyki energetycznej poprzez udzielania premii na termomodernizację i białe certyfikaty anulujące zaciągnięte na ten cel pożyczki bankowe. W artykule przedstawiono propozycje stymulacji naturalnej poprzez cenę uzyskiwanych ze sprzedaży na rynku nieruchomości. Zaprezentowaną procedurę obliczenia efektywności udokumentowano wykonanym przykładem liczbowym.

Literatura:

- [1] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (dyrektywa Recast)
- [2] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i sposobu sporządzania audytu efektywności energetycznej
- [3] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej

Mariusz OWCZAREK
Wojskowa Akademia Techniczna
Stefan OWCZAREK
Wojskowa Akademia Techniczna

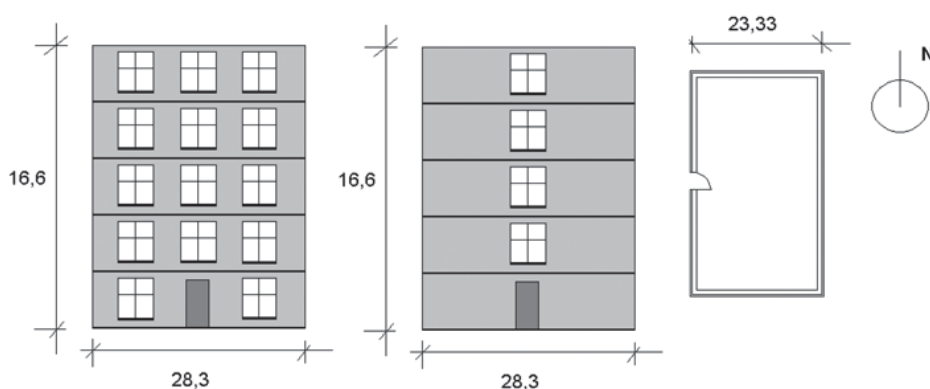
OPTIMUM OSZKLENIA ZE WZGLĘDU NA ZUŻYCIE ENERGII W BUDYNKU

1. SPECYFIKACJA ANALIZOWANEGO BUDYNKU

Budynek zaprojektowano jako budynek 5-kondygnacyjny, niepodpiwniczony. Budynek ma formę prostopadłościanu. Konstrukcja płytowo-słupowa umożliwia szerokie możliwości wariantowania oszklenia. Dane techniczne budynku:

- wysokość budynku: 16,06 m
- długość budynku: 28,33m
- szerokość budynku: 23,33m
- powierzchnia zabudowy: 663,7 m²
- powierzchnia użytkowa: $A_u = 2374$ m²
- kubatura: 9801 m³.

Widok elewacji zachodniej i rzut poziomy budynku przedstawia rysunek 1.



Rys 1. Elewacja zachodnia z różnym udziałem okien i rzut poziomy budynku

Zakładamy trzy poziomy współczynnika przenikania ciepła okien $U_{ok}=1,6$, $U_{ok}=1,1$ i $U_{ok}=0,5$ W/(m²K). Okna o największej izolacyjności cieplnej mają przepuszczalność energii promieniowania słonecznego na poziomie $g=0,5$, a pozostałe okna $g=0,7$. Pomijam powierzchnie drzwi zewnętrznych. Analizowany budynek jest wyposażony w wentylację grawitacyjną. Założono krotność wymiany powietrza równą jedności. Zestawienie wariantów budynku zawiera tabela 1.

Tabela 1. Rozpatrywane warianty budynku

Nr wariantu	1	2	3
Współczynnik U okien [W/m ² K]	1,6	1,1	0,5
Przepuszczalność promieniowania słonecznego okien	0,7	0,7	0,5
Współczynnik U ścian [W/m ² K]	0,25	0,25	0,25

Ściany zewnętrzne pełniące wyłącznie funkcje wypełnienia składają się z bloczków Porotherm 25 cm, izolowanych wełną mineralną o grubości 12 cm. W ramach każdego wariantu zmieniano procent oszklenia od 20% do 70% na każdej ze ścian i na wszystkich równocześnie. Tabela 2 przedstawia powierzchnie okien i ścian dla wybranych procentów oszklenia każdej ze ścian.

Tabela 2. Powierzchnie okien i ścian dla udziałów oszklenia

Ściana azymut	Powierzchnia całkowita [m ²]	20%		30%		40%	
		okno [m ²]	ściana [m ²]	okno [m ²]	ściana [m ²]	okno [m ²]	ściana [m ²]
S, N	387,278	77,46	309,82	116,18	271,09	154,91	232,37
E, W	410,278	94,06	376,22	141,08	329,20	188,11	282,17

Tabela 2. Powierzchnie okien i ścian dla udziałów oszklenia – ciąg dalszy

Ściana azymut	Powierzchnia całkowita [m ²]	50%		60%		40%	
		okno [m ²]	ściana [m ²]	okno [m ²]	ściana [m ²]	okno [m ²]	ściana [m ²]
S, N	387,278	193,64	193,64	232,37	154,91	271,09	116,19
E, W	410,278	235,14	235,14	282,170	188,11	329,19	141,09

2. JEDNOSTKOWE KOSZTY OKIEN I ŚCIAN

Jednostkowe ceny materiałów i wykonania ściany i okien obliczono na podstawie informacji od producentów i dystrybutorów. Na m² ściany z bloczków Porotherm 25 przypada 10,7 sztuki, każda sztuka kosztuje 9 zł. Koszt murowania 40 zł/m². Zatem koszt materiałów i robocizny na m² warstwy konstrukcyjnej ściany wynosi:

$$K_{wk} = 10,7 * 9 + 40 = 136,3 \frac{zł}{m^2} \quad (2.1)$$

Koszt styropianu obliczono jako sumę kosztów stałych (robocizna) i zmiennych w zależności od grubości warstwy (materiał). Koszty stałe przyjęto na poziomie 60 zł/m², a koszty zmienne 130 zł/m³. Koszt warstwy izolacyjnej będzie:

$$K_{wi} = 60 + 0,12 * 130 = 75,6 \frac{zł}{m^2} \quad (2.2)$$

Przyjmując koszt wykonania warstwy tynku jako 23 zł/m², całkowity koszt ściany obliczymy:

$$K_s = K_{wk} + K_{wi} + K_t = 136,3 + 75,6 + 23 = 234,9 \frac{zł}{m^2} \quad (2.3)$$

Koszt okna przyjmuje się na podstawie informacji od dystrybutorów w zależności od współczynnika przenikania ciepła. Dla $U_{ok}=1,6$ [W/(m²K)] koszt $K_{ok}=300$ zł/m², dla $U_{ok}=1,1$ [W/(m²K)] koszt $K_{ok}=400$ zł/m², dla $U_{ok}=0,5$ [W/(m²K)] koszt $K_{ok}=1400$ zł/m².

Całkowite koszty obudowy w zależności od procentu oszklenia

Całkowite koszty obudowy w zależności od procentu oszklenia można dla budynku rozpatrywanego w referacie obliczyć ze wzoru:

$$K_{ob,n} = A_{okN} K_{ok} + A_{sN} K_s + A_{okS} K_{ok} + A_{sS} K_s + A_{okE} K_{ok} + A_{sE} K_s + A_{okW} K_{ok} + A_{sW} K_s \quad (2.4)$$

gdzie:

A_{okK} – powierzchnia okna na kierunek K [m²].

Koszt ściany pozostaje stały w całym zadaniu, koszt okien zależy natomiast od współczynnika przenikania ciepła. Koszty obliczone według wzoru (2.4) dla $U_{ok}=1,6$ W/m²K oraz $U_{ok}=1,1$ W/m²K przy oszkleniu zmiennym na jednej ścianie przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Koszty obudowy przy oszkleniu zmiennym na jednej ścianie dla $U_{ok}=1,6$ i $1,1$ [W/m^2K]

$U_{ok}=1,6$ [W/m^2K]				$U_{ok}=1,1$ [W/m^2K]			
S, N	$K_{ob,n}$	E, W	$K_{ob,n}$	S, N	$K_{ob,n}$	E, W	$K_{ob,n}$
20%	425 213,6	20%	425 213,6	20%	459 517,6	20%	459 517,6
30%	427 731,9	30%	428 274,6	30%	465 907,9	30%	467 280,6
40%	430 255,6	40%	431 336,2	40%	472 304,6	40%	475 045,2
50%	432 776,9	50%	434 397,9	50%	478 698,9	50%	482 809,9
60%	435 298,2	20%	437 459,6	60%	485 093,2	60%	490 574,6
70%	437 818,9	70%	440 520,6	70%	491 485,9	70%	498 337,6

Koszty obudowy dla $U_{ok}=0,5$ [W/m^2K] i oszkleniu zmiennym na jednej ścianie zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Koszty obudowy przy oszkleniu zmiennym na jednej ścianie dla $U_{ok}=0,5$ [W/m^2K]

$U_{ok}=0,5$ [W/m^2K]			
S, N	$K_{ob,n}$	E, W	$K_{ob,n}$
20%	802 557,6	20%	802 557,6
30%	847 667,9	30%	857 340,6
40%	892 794,6	40%	912 135,2
50%	937 918,9	50%	966 929,9
60%	983 043,2	60%	102 1725
70%	102 8156	70%	107 6508

Koszty obudowy dla analizowanych przeszkleń i wariantów cen okien przy oszkleniu zmiennym na wszystkich ścianach równocześnie znajdują się w tabeli 5.

Tabela 5. Koszty obudowy przy oszkleniu zmiennym na wszystkich ścianach jednocześnie

Oszklenie	$U_{ok}=1,6$ [W/m ² K]	$U_{ok}=1,1$ [W/m ² K]	$U_{ok}=0,5$ [W/m ² K]
S, N, E, W	$K_{ob, n}$	$K_{ob, n}$	$K_{ob, n}$
20%	425 213,6	459 517,6	802 557,6
30%	436 372,2	487 824,2	100 2344
40%	447 542,9	516 146,9	120 2187
50%	458 708,8	544 464,8	140 2025
60%	469 874,8	572 782,8	160 1863
70%	481 038,1	601 094,1	180 1654

3. ZAPOTRZEBOWANIE ENERGII W ZALEŻNOŚCI OD PROCENTU OSZKLENIA

Dla każdego udziału oszklenia obliczono zapotrzebowanie na energię końcową według metodyki [1]. Otrzymane wartości EK przy zmianie oszklenia na ścianach kolejno północnej, południowej, zachodniej i wschodniej zawierają tabele 6,7,8 a na wszystkich ścianach równocześnie – tabela 9.

Tabela 6. Współczynnik EK przy zmianie oszklenia na pojedynczej ścianie $U_{ok}=1,6$ W/(m²K)

<i>N</i>	<i>EK</i>	<i>S</i>	<i>EK</i>	<i>W</i>	<i>EK</i>	<i>E</i>	<i>EK</i>
20%	221,4	20%	221,4	20%	221,4	20%	221,4
30%	221,9	30%	220,9	30%	221,7	30%	221,6
40%	222,5	40%	220,5	40%	222,1	40%	221,9
50%	223,2	50%	220,2	50%	222,6	50%	222,4
60%	223,9	60%	220,06	0%	223,3	60%	223,0
70%	224,6	70%	219,9	70%	224,0	70%	223,6

Tabela 7. Współczynnik EK przy zmianie oszklenia na pojedynczej ścianie
 $U_{ok}=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

N	EK	S	EK	W	EK	E	EK
20%	213,0	20%	213,0	20%	213,0	20%	213,0
30%	212,6	30%	211,5	30%	212,1	30%	212,1
40%	212,2	40%	210,2	40%	211,5	40%	211,3
50%	212,0	50%	209,1	50%	210,9	50%	210,7
60%	211,8	20%	208,0	60%	210,4	60%	210,1
70%	211,6	70%	207,0	70%	210,1	70%	209,7

Tabela 8. Współczynnik EK przy zmianie oszklenia na pojedynczej ścianie
 $U_{ok}=0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

N	EK	S	EK	W	EK	E	EK
20%	209,6	20%	209,6	20%	209,6	20%	209,6
30%	208,6	30%	207,8	30%	208,1	30%	208,0
40%	207,5	40%	206,0	40%	206,6	40%	206,5
50%	206,6	50%	204,3	50%	205,2	50%	205,0
60%	205,6	20%	202,7	60%	203,9	60%	203,7
70%	204,7	70%	201,2	70%	202,7	70%	202,4

Tabela 9. Współczynnik EK przy zmianie oszklenia na wszystkich ścianach

	$U_{ok}=1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_{ok}=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_{ok}=0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
W, S, N, E	EK [kWh/(m ² *rok)]	EK [kWh/(m ² *rok)]	EK [kWh/(m ² *rok)]
20%	221,4	213,0	209,6
30%	222,5	210,1	204,0
40%	225,0	208,6	199,4
50%	228,4	208,3	195,8
60%	232,7	209,0	193,0
70%	237,7	210,4	190,7

Przy oszkleniu o współczynniku przenikania ciepła $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zwiększenie powierzchni szklanych równocześnie na wszystkich ścianach powoduje wzrost zapotrzebowania na ciepło przy współczynniku $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wzrost powoduje zmniejszenie zapotrzebowania. Pierwszy przypadek świadczy o przewadze strat ciepła nad zyskami, a drugi i przewadze zysków nad stratami. Dla współczynnika $U_{ok}=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ występuje minimum strat przy 50% oszklenia na wszystkich ścianach.

4. EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA I CZAS ZWROTU

Miarą efektywności jest czas zwrotu inwestycji zmiany wariantu z bazowego na analizowany [2]. Jako wariant bazowy przyjmuje się wariant z 20% oszklenia na wszystkich ścianach o $U_{ok}=1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, koszt obudowy takiego wariantu wynosi $K_{ob, b}=425 \text{ 213,6 zł}$.

$$SPBT = \frac{K_{ob,n} - K_{ob,b}}{(EK_b - EK_n) A_u C_e} \quad (4.1)$$

gdzie:

EK_b, EK_n – wskaźniki energii końcowej odpowiednio dla wariantu bazowego i ocenianego,
 C_e – cena energii – przyjęto $0,45 \text{ zł}/\text{kWh}$.

Czasy zwrotu dla poszczególnych wartości współczynnika przenikania ciepła okien przy zmianie oszklenia na jednej powierzchni zestawiają tabele 10, 11, 12. Wartość ujemna oznaczona jest myślnikiem.

Tabela 10. Czasy zwrotu dla oszklenia $U_{ok}=1,6 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ zmiennym na poszczególnych elewacjach

N	SPBT	S	SPBT	W	SPBT	E	SPBT
20%	-	20%	-	20%	-	20%	-
30%	-	30%	4,7	30%	-	30%	-
40%	-	40%	5,2	40%	-	40%	-
50%	-	50%	5,9	50%	-	50%	-
60%	-	60%	6,7	60%	-	60%	-
70%	-	70%	7,9	70%	-	70%	-

Tabela 11. Czasy zwrotu dla oszklenia $U_{ok}=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ zmiennym na poszczególnych elewacjach

N	SPBT	S	SPBT	W	SPBT	E	SPBT
20%	3,8	20%	3,8	20%	3,8	20%	3,8
30%	4,3	30%	3,8	30%	4,2	30%	4,2
40%	4,8	40%	3,9	40%	4,7	40%	4,6
50%	5,3	50%	4,1	50%	5,1	50%	5,0
60%	5,8	60%	4,2	0%	5,6	60%	5,4
70%	6,3	70%	4,3	70%	6,1	70%	5,9

Tabela 12. Czasy zwrotu dla oszklenia $U_{ok}=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ zmiennym na poszczególnych elewacjach

N	SPBT	S	SPBT	W	SPBT	E	SPBT
20%	29,9	20%	29,9	20%	29,9	20%	29,9
30%	30,2	30%	29,1	30%	30,4	30%	30,2
40%	31,5	40%	28,4	40%	30,8	40%	30,6
50%	32,4	50%	28,1	50%	31,3	50%	30,9
60%	33,0	60%	27,9	0%	31,9	60%	31,5
70%	33,8	70%	27,9	70%	32,6	70%	32,1

Zmiana oszklenia o współczynniku $U_{ok}=1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ w większości przypadków daje ujemne czasy zwrotu, ponieważ wzrości kosztowi towarzyszy wzrost zapotrzebowania na energię, a więc zmiana taka nie ma sensu. Jedynie przy powiększaniu oszklenia na ścianie południowej mamy dodatnie czasy zwrotu, przy czym optimum występuje przy 30% oszklenia. Dla okien o mniejszych współczynnikach przenikania ciepła czasy zwrotu są dodatnie i bardziej wyrównane pomiędzy wariantami. Jednak ich wartości rosną wraz z oszkleniem niezależnie od azymutu okna. Wyjątek stanowi elewacja południowa przy $U_{ok}=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, gdzie występuje nieznaczne minimum przy 60% oszklenia.

W przypadku zmian oszklenia na wszystkich ścianach jednocześnie czas zwrotu kształtuje się jak w tabeli 13.

Tabela 13. Czas zwrotu przy zmianie oszklenia na wszystkich ścianach jednocześnie

	$U_{ok}=1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_{ok}=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_{ok}=0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
W, S, N, E	SPBT [lata]	SPBT [lata]	SPBT [lata]
20%	–	3,8	29,9
30%	–	5,2	31,0
40%	–	6,6	33,1
50%	–	8,5	35,7
60%	–	11,1	38,8
70%	–	15,0	42,0

Przy zmianie oszklenia równocześnie na wszystkich ścianach zwiększanie powierzchni okien przy $U_{ok}=1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ powyżej 20% nie ma sensu. Dla pozostałych analizowanych wartości współczynnika przenikania obserwujemy wzrost czasu zwrotu nakładów wraz ze wzrostem powierzchni oszklenia.

Pomimo że pojawiają się na rynku okna o parametrach izolacyjności porównywalnych ze ścianami, to dla uzyskania lepszej efektywności energetycznej dużych powierzchni okien konieczny jest spadek cen takich oszkleń. Ten sam wniosek można wysnuć w odniesieniu do fasad strukturalnych, które zwykle mają dużą powierzchnię.

Abstract

The ratio between the windows and the walls has an impact on energy demand of the building. The walls have a significantly lower coefficient of heat transfer but do not let the solar gains. Balance of profit and loss in the areas of walls and windows is dependent on the quality of the windows, especially on the value of heat transfer coefficient and permeability of sunlight. In terms of economic efficiency costs play a key role. Cost of windows with the best parameters is very high compared to the average windows.

The article analyzed the variability of building heat demand in dependence of the windows quality and the energy efficiency of each option expressed as a simple payback time.

Streszczenie

Wzajemny stosunek okien i ścian ma wpływ na zapotrzebowanie energii w budynku. Ściany mają znacząco mniejszy współczynnik przenikania ciepła, ale nie przepuszczają zysków słonecznych. Bilans zysków i strat w obszarach ścian i okien jest zależny od jakości okien, przede wszystkim od wartości współczynnika przenikania ciepła okien i ich przepuszczalności promieniowania słonecznego. W zakresie efektywności ekonomicznej zasadniczą rolę odgrywają koszty. Koszt okien o najlepszych parametrach jest bardzo wysoki w porównaniu do okien średnich.

W artykule analizowano zmienność zapotrzebowania ciepła w zależności od powierzchni i jakości okien, a także efektywność energetyczną każdego z wariantów oszklenia wyrażoną prostym czasem zwrotu.

Literatura:

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 listopada 2008 w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw ich charakterystyki energetycznej. Dz.U. z 2008 r., nr 201 poz. 1240.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego. Dz.U. z 2009 r., nr 43, poz. 346

Zbigniew PAJĄK
Politechnika Śląska

ZABEZPIECZANIE HISTORYCZNYCH FASAD PODCZAS MODERNIZACJI BUDYNKÓW

1. WSTĘP

Historyczne, zabytkowe, będące pod ochroną konserwatorską budynki miejskie oraz przemysłowe, często zaniedbane i będące w złym stanie, wymagają remontu i modernizacji, często z dostosowaniem do nowej funkcji. Remont tych obiektów musi każdorazowo uwzględniać uwarunkowania konserwatorskie, architektoniczne i konstrukcyjne. Niekiedy zachodzi potrzeba całkowitej przebudowy wnętrza budynku ze względu na planowaną funkcję lub stan techniczny, przy pozostawieniu oryginalnych historycznych fasad. W niektórych wypadkach nowo realizowane wnętrza posadaowiane jest poniżej fundamentów zachowanej elewacji, z czym mamy do czynienia w szczególności w centrach miast, gdy to maksymalne wykorzystanie kubatury ma duże znaczenie dla inwestora. Na czas takiego remontu fasada wymaga odpowiedniego konstrukcyjnego zabezpieczenia i stężenia [1, 2]. Montuje się w tym celu samonośne, z reguły stalowe konstrukcje, utrzymujące elewację do czasu przebudowy wnętrza, którego konstrukcja wykorzystywana jest następnie do stabilizacji zachowywanej elewacji. W centrach miast, ze względu na ograniczenia komunikacyjne, konstrukcje podtrzymujące elewacje wymagają specjalnych rozwiązań i każdorazowo są indywidualnie projektowane. Przykłady stalowych konstrukcji, podtrzymujących zachowywane historyczne fasady, przedstawiono na fotografiach z zagranicznych realizacji – rys. 1÷3. W dalszej części referatu omówiono konstrukcyjne rozwiązania stężenia zachowywanych fasad na przykładzie budynku mieszkalno-usługowego w śródmiejskiej zabudowie Bytomia i budynku przemysłowego na terenie zabytkowej części browaru w Tychach.

2. ZABEZPIECZENIE HISTORYCZNEJ FASADY W BYTOMIU

W centrum Bytomia zaplanowano budowę nowego centrum handlowo-usługowego z wielopoziomowymi parkingami. W strefie projektowanej inwestycji znajdował się ponad 100-letni budynek mieszkalno-usługowy, którego elewacja, ze względów konserwatorskich, wymagała zachowania w oryginalnej formie.



Rys. 1. Realizacja modernizacji budynku w Londynie z zachowaniem elewacji
(fot. autor)



Rys. 2. Realizacja modernizacji budynku w Brukseli z zachowaniem elewacji
(fot. autor)



Rys. 3. Modernizacje w Sewilli z zachowaniem elewacji (fot. autor)

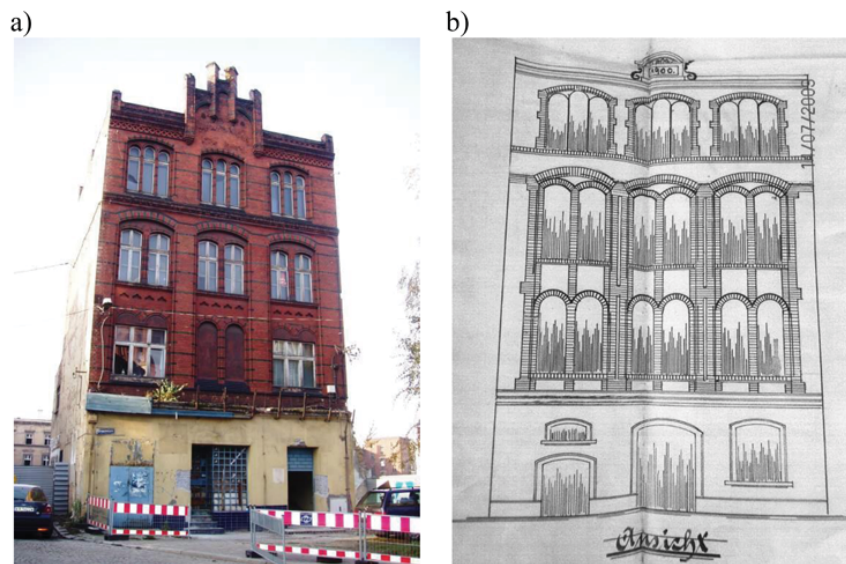
Zasadniczy ustrój konstrukcyjny budynku jest ścianowy poprzeczny, dwutraktowy. Ściany nośne wykonano z cegły ceramicznej pełnej na zaprawie wapiennej. Grubości ścian budynku są zróżnicowane i wynoszą od 40 do 106 cm. Stropy wykonano jako ceramiczne odcinkowe i płaskie typu Kleina na belkach stalowych. Dach o konstrukcji drewnianej kryty papą. Schody wewnętrzne żelbetowe policzkowe. Ściany fundamentowe wykonano z kamienia i cegły. Głębokość posadowienia fundamentów wynosi około 2,2 m poniżej poziomu terenu. Ogólny techniczny stan budynku i jego fasady oceniono jako mierny.

Widok budynku, po wyburzeniach przylegających kamienic, przedstawiono na fotografii 4a. Rysunek elewacji oraz rzuty i przekrój z archiwalnej dokumentacji przedstawiono na rys. 4b i 5.

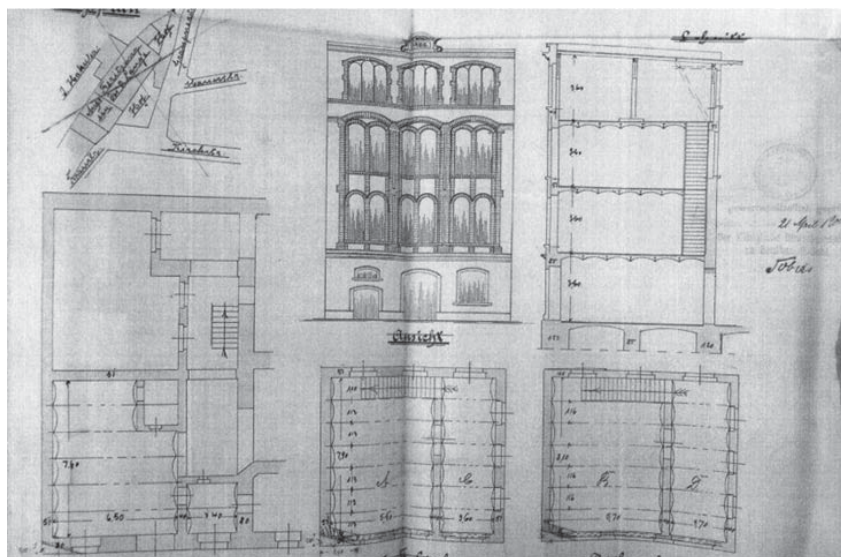
Projekt nowej inwestycji [3] uwzględniał wyburzenie prawie całego budynku z pozostawieniem jedynie historycznej elewacji, którą wkomponowano w nowy obiekt – rys. 6.

Przewidziano następujący sposób realizacji projektowanej inwestycji, z zachowaniem historycznej elewacji budynku [4]. Ściana frontowa, na czas rozbiórki pozostałej części budynku, zostanie podparta od zewnątrz indywidualnie zaprojektowaną, stalową, szkieletową konstrukcją na całej wysokości i szerokości ściany. Ze względu na posadowienie nowego obiektu poniżej poziomu posadowienia pozostawianej fasady, przewidziano wykonanie palisady z pali oraz iniekcyjne wzmocnienie zawiesziną cementową podłoża

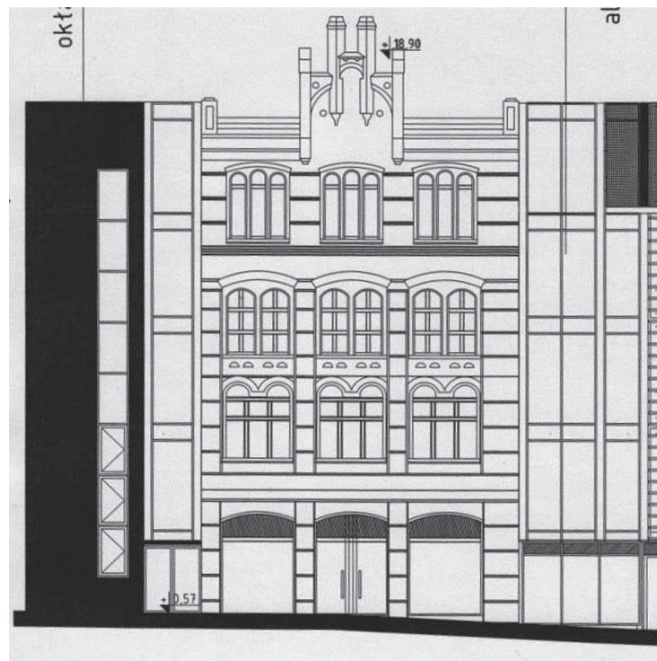
bezpośrednio pod fundamentem ściany. Na rys. 7 przedstawiono widok stalowej konstrukcji podtrzymującej ścianę podczas prac budowlanych, a na rys. 8 widok elewacji po jej renowacji i zakończeniu inwestycji.



Rys. 4. Elewacja budynku w Bytomiu: a) stan istniejący przed przebudową, b) stan wg archiwalnej dokumentacji z 1900 r.



Rys. 5. Archiwalna dokumentacja budynku w Bytomiu z 1900 r.



Rys. 6. Fragment elewacji projektowanego obiektu z historyczną fasadą [3]



Rys. 7. Tymczasowa konstrukcja utrzymania ściany frontowej
(fot. autor)



Rys. 8. Widok elewacji po zakończeniu inwestycji (fot. autor)

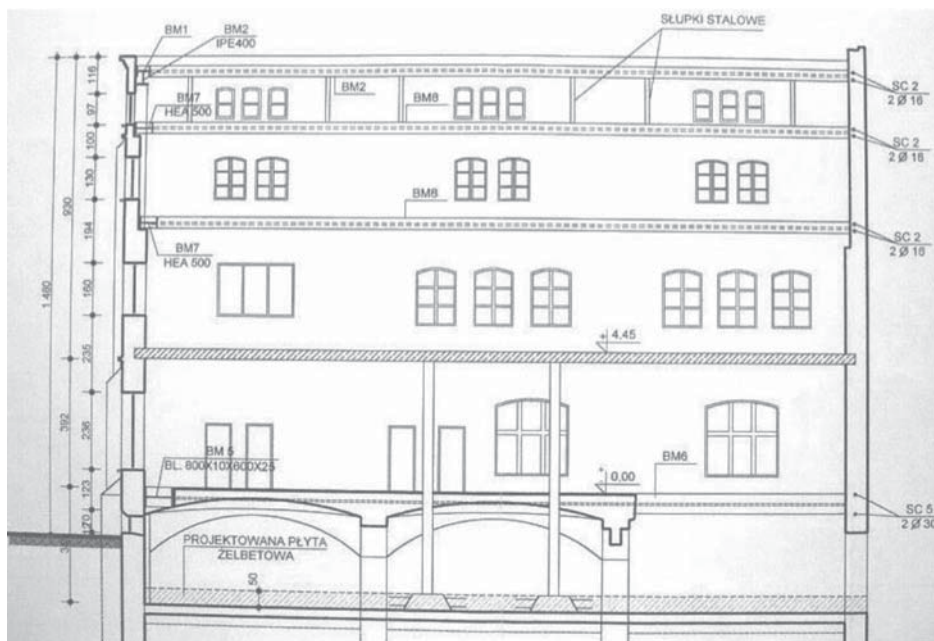
3. ZABEZPIECZENIE HISTORYCZNEJ FASADY SŁODOWNI

Na terenie zabytkowej części Browaru w Tychach zaprojektowano modernizację narożnego budynku słodowni, przylegającego dwiema ścianami do budynków śrutowni i warzelnii. Projekt przewidywał całkowitą rozbiórkę wnętrza z pozostawieniem historycznych murowanych fasad – rys. 9. Konstrukcja budynku była szkieletowa z ceramicznymi stropami sklepieniowymi, wspartymi na murowanych łukach i żeliwnych słupach na kondygnacjach pośrednich i murowanych filarach w piwnicach.

Na czas rozbiórki wnętrza zaprojektowano stężenie ścian za pomocą stalowych podłużnic z dwuteowych profili, kotwionych do ścian w poziomach stropów. Ściany usztywniono dodatkowo żelbetowym stropem technologicznym w poziomie stropu parteru (+4,45 m), wspartym na okrągłych żelbetowych słupach, przeprowadzonych przez otwory wykute w istniejących stropach i na ścianach zewnętrznych – rys. 10. Dokumentacja realizacji inwestycji przedstawiono na fot. 11÷14.



Rys. 9. Widok modernizowanego budynku stodołni (fot. autor)



Rys. 10. Usztywnienie ścian podłużnicami i żelbetowym stropem



Rys. 11. *Usztywnienie ściany wschodniej podłużnicami i żelbetowym stropem*
(fot. autor)



Rys. 12. *Usztywnienie ściany południowej podłużnicami i żelbetowym stropem*
(fot. autor)

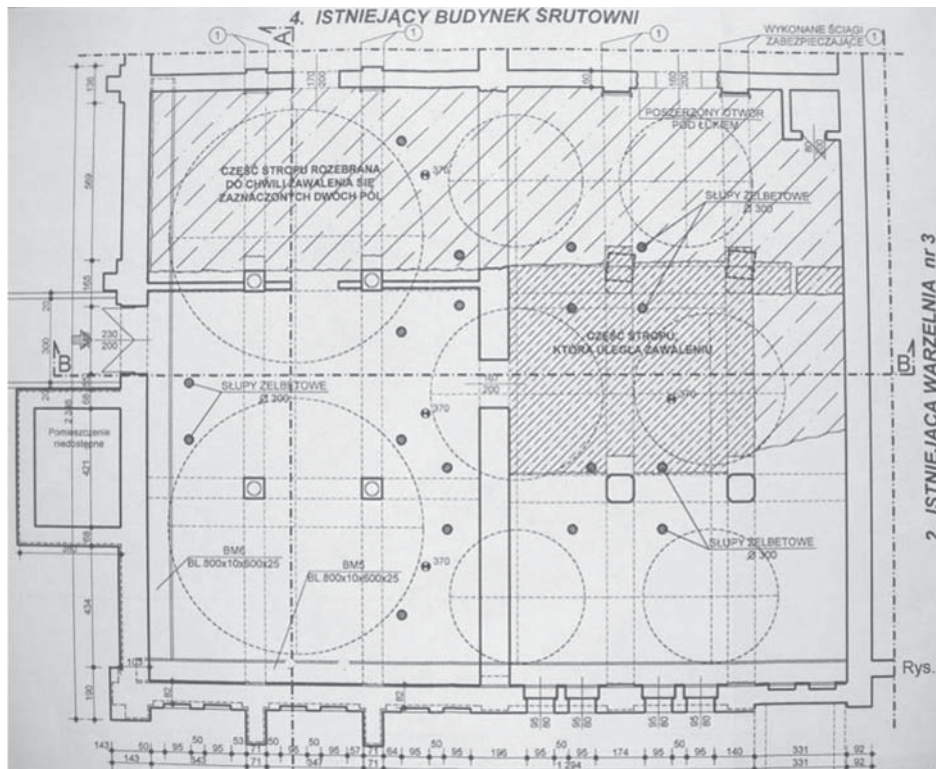


Rys. 13. Usztywnienie ścian fasadowych podłużnicami i żelbetowym stropem
(fot. autor)



Rys. 14. Usztywnienie ścian fasadowych podłużnicami i żelbetowym stropem
– widok z poziomu piwnicy (fot. autor)

Podczas robót rozbiórkowych doszło na omawianej budowie do nagłego zawalenia się fragmentu istniejącego stropu nad piwnicą i wypadku (rys. 14) [5]. Przyczyną zawalenia się stropu były błędy przy wyburzeniu sklepienia – nie przewidziano sił poziomych od rozporu łuku.



Rys. 15. Zawalony fragment istniejącego stropu nad piwnicą [5]

4. PODSUMOWANIE

Modernizacja starych zabytkowych obiektów, polegająca na całkowitej przebudowie wnętrza z pozostawieniem historycznych fasad, wymaga stosowania indywidualnych tymczasowych konstrukcji do stabilizacji i usztywnienia zachowywanej elewacji. Konstrukcyjne rozwiązania tymczasowych usztywnień zależą od stanu elewacji, uwarunkowań komunikacyjnych i projektowanej funkcji modernizowanego obiektu. Stosuje się stalowe konstrukcje zastrzałowe, ramowe, a także podłużnice i ściągi wzmacniające konstrukcję ścian. Prace budowlano-montażowe przy tych realizacjach są trudne, skomplikowane i wymagają od wykonawcy dużego doświadczenia.

Abstract

Structural issues used in cases of the renovation and for the adaptation buildings to new functions, in which from conservator's considerations keeping historical facades is required were presented in this paper. The method of temporary protecting facades during construction work were described. The example of the residential-service building in the city centre of Bytom and the industrial building on the area of the historic part of the brewery in Tychy were discussed.

Streszczenie

W referacie przedstawiono konstrukcyjne zagadnienia spotykane w przypadkach renowacji i adaptacji do nowych funkcji budynków, w których ze względów konserwatorskich wymagane jest zachowanie historycznych fasad. Opisano sposoby tymczasowego zabezpieczenia fasad podczas budowlano-montażowych robót, na przykładzie budynku mieszkalno-usługowego w śródmiejskiej zabudowie Bytomia i budynku przemysłowego na terenie zabytkowej części browaru w Tychach.

Literatura:

- [1] Czupajłło J.: *Wybrane zagadnienia rekonstrukcji zabudowy staromiejskiej Berlina*, Materiały IX Konf. Nauk-Tech. *Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych*, Wrocław-Szklarska Poręba, 7–9 grudnia 2000
- [2] Seruga T., Płachecki M., Seręga Sz.: *Problemy konstrukcyjne przystosowania zabytkowego obiektu przemysłowego do nowej funkcji*, Czasopismo Techniczne, Zeszyt 9, rok 106, 2009
- [3] Biuro Projektowo Doradcze ArKuS, Gliwice, Projekt architektoniczno-budowlany „Zabudowa kwartału pomiędzy ulicami Kwietniewskiego, Webera i Browarnianą w Bytomiu”, 2009
- [4] Pająk Z.: Ekspertyza budowlana dotycząca technicznego stanu historycznej elewacji budynku w Bytomiu przy ul. Browarnianej 6a, w związku z realizowaną inwestycją zabudowy kwartału pomiędzy ul. Kwietniewskiego, Webera i Browarnianą, 2009

- [5] Pajk Z., Niedziela A.: Ekspertyza budowlana dotycząca stanu żelbetowych słupów po zawaleniu się fragmentu stropu nad piwnicą w modernizowanym budynku słodowni na terenie Browaru w Tychach, 2000

Jacek PAŚ
Wojskowa Akademia Techniczna

WPŁYW POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA MATERIEŃ OŻYWIONĄ

1. WSTĘP

Koniec wieku XX jest okresem, w którym doszło do poważnego zniekształcenia środowiska elektromagnetycznego Ziemi w wyniku wprowadzenia niezliczonych źródeł promieniowania elektromagnetycznego. Coraz częściej powstają obawy przed szkodliwym oddziaływaniem pól elektromagnetycznych (PEM) na organizm ludzki. Mimo licznych badań i obserwacji problem nadal jest otwarty i budzi wiele kontrowersji. Wiedza w tym zakresie jest ciągle niewystarczająca. Nie można otrzymać jednoznacznych odpowiedzi na pytania dotyczące szkodliwości pól elektromagnetycznych, na których działanie jesteśmy narażeni coraz częściej [1, 2]. Trudność w tym zakresie wiąże się ze złożonością problemu, wynikającą z różnego charakteru oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego w zależności od zakresu jego częstotliwości.

Z punktu widzenia oddziaływania na materię promieniowanie elektromagnetyczne można podzielić na:

- promieniowanie elektromagnetyczne jonizujące;
- promieniowanie elektromagnetyczne niejonizujące.

Promieniowaniem jonizującym jest krótkofalowe promieniowanie elektromagnetyczne (rentgenowskie lub gamma), które wywołuje zmiany ładunków elektrycznych w obojętnych atomach lub cząsteczkach materii.

Jest nim także każde promieniowanie składające się z cząsteczek jonizujących, do których można zaliczyć: elektrony, protony, neutrony oraz fotony.

W przypadku oddziaływania na organizmy żywe promieniowaniem niejonizującym nazywa się takie, które niesie energię zbyt małą, aby spowodować jonizację głównych składników żywej materii.

Należą do nich cząsteczki wody, węgla, tlenu, wodoru i azotu. Praktycznie promieniowanie elektromagnetyczne w całym zakresie częstotliwości radiowych, tj. aż do 300 GHz, jest promieniowaniem niejonizującym.

Szkodliwe działanie pól elektromagnetycznych może występować w całym zakresie częstotliwości promieniowania niejonizującego. Reakcja biologiczna organizmu zależy od zakresu częstotliwości pola elektromagnetycznego. Promieniowanie mikrofalowe może wywoływać w opromienionym obiekcie biologicznym różne skutki, do których zalicza się dający się stosunkowo łatwo potwierdzić *efekt termiczny* oraz trudny do bezpośredniego stwierdzenia *efekt biologiczny*. Wyniki badań z ostatnich kilkunastu lat sugerują możliwość występowania efektu biologicznego również w zakresie małych częstotliwości promieniowania elektromagnetycznego, spotykanego w środowisku zawodowym i ogólnodostępnym.

Efekt termiczny polega na pochłanianiu energii promieniowania mikrofalowego i przekształcaniu jej w energię cieplną w napromieniowanym obiekcie biologicznym.

2. MIARY ODDZIAŁYWANIA POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO NA MATERIEŃ OŻYWIĄ

Ochrona przed szkodliwym działaniem PEM wymaga znajomości parametrów pól występujących w danym środowisku. W celu określenia narażenia na działanie PEM przyjmuje się tzw. miary zewnętrzne i „miary wewnętrzne” [3,11]. Pojęcia te stosuje się głównie do określania warunków przy stanowiskach pracy.

Miarą narażenia na działanie pól elektromagnetycznych mogą być wartości ich natężeń – rys. 1.

Miarami zewnętrznymi zagrożenia zdrowia w wyniku działania PEM mogą być następujące wielkości fizyczne:

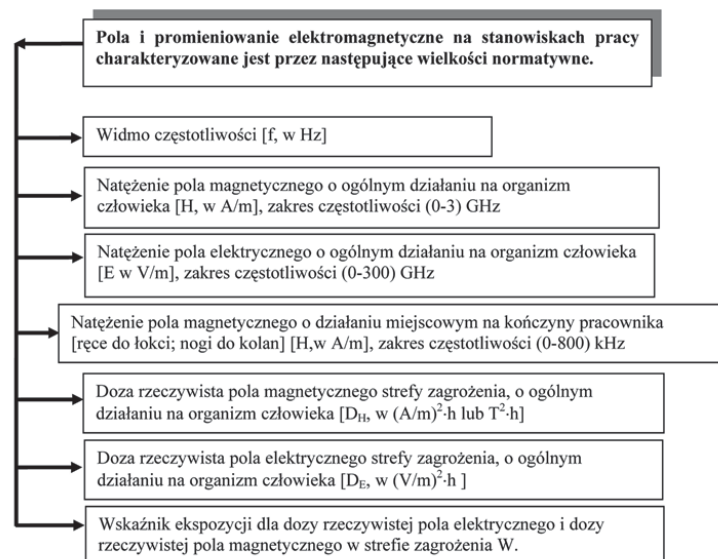
- natężenie pola magnetycznego H [A/m];
- natężenie pola elektrycznego E [V/m];
- gęstość mocy promieniowania p [W/m²].

Wszystkie wymienione parametry mierzone są w powietrzu.

Miary wewnętrzne charakteryzują pola elektromagnetyczne wnikające do organizmu człowieka. Na określonym stanowisku pracy w skład ich wchodzi następujące wielkości fizyczne:

- natężenie prądu elektrycznego (wyrażanego w mA);
- gęstość prądu indukowanego wewnątrz organizmu, wyrażona w amperach na metr kwadratowy (A/m²) i określana w zakresie częstotliwości do 100 kHz;
- moc absorbowana w jednostce masy tkanki, SAR (Specific Absorption Rate), wyrażana w watach na kilogram (W/kg). Pojęcie SAR dotyczy

promieniowania o częstotliwości powyżej 10 MHz. Współczynnik ten definiuje się jako pochodną po czasie ∂t nieskończenie małego przyrostu ∂W energii zaabsorbowanej lub rozproszonej przez nieskończenie małą masę ∂m zawartą w objętości ∂V o danej gęstości ρ .



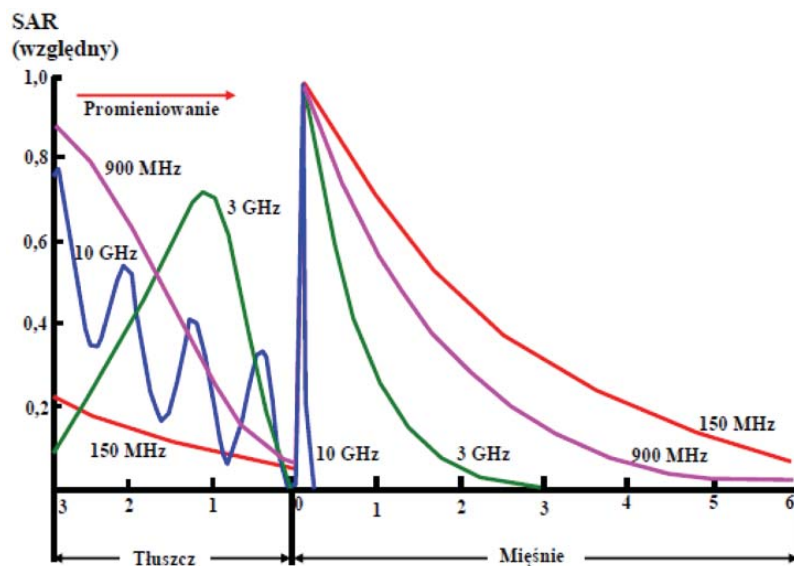
Rys. 1. Wielkości normatywne charakteryzujące pola i promieniowanie elektromagnetyczne na stanowiskach pracy

3. ODDZIAŁYWANIE PEM NA MATERIEŃ OŻYWIONĄ

Sposób i stopień pochłaniania promieniowania elektromagnetycznego przez organizm ludzki zależy od długości fali (częstotliwości) – tab. 1. Może dojść do nagrzania całości lub części organizmu. Pochłanianie energii o częstotliwości około 10 GHz i wyższych dokonuje się głównie w skórze i tkance podskórnej. Wydzielające się w tych obszarach ciepło jest wyczuwalne przez nerwowe zakończenia czuciowe [1, 2]. Fale o niższych częstotliwościach przenikają także do tkanek głębiej położonych, również do narządów miękkich. Po częściowym wytrąceniu energii w warstwie skórznej i podskórnej następuje pochłanianie przez narządy wewnętrzne od 30% do 40% dostarczonej energii. Z powodu braku zakończeń czuciowych ta część pochłoniętej energii może powodować w sposób nieodczuwalny przegrzanie (i przekrwienie) lub oparzenie narządów wewnętrznych [3, 4]. W zakresie częstotliwości od 1 GHz do 3 GHz, pochłanianie energii odbywa się w granicach od 20% do 100%, wykazując dużą zmienność w zależności od właściwości osobniczych i dielektrycznych obiektu biologicznego – rys. 2.

Tabela 1. Głębokość wnikania fal elektromagnetycznych w różne tkanki (w cm) zdefiniowana jako grubość, na której energia maleje e-krotnie [3, 5]

Tkanka	Częstotliwość [GHz]							
	0,1	0,2	0,4	1	3	10	24	35
Szypik kostny	22,9	20,66	18,73	11,9	9,92	0,34	0,145	0,073
Mózgowie	3,56	4,132	2,072	1,93	0,48	0,168	0,075	0,038
Soczewka oczna	9,42	4,39	4,23	2,92	0,5	0,174	0,071	0,038
Ciało szkliste	2,17	1,69	1,41	1,23	0,54	0,195	0,045	0,031
Tłuszcz	20,45	12,53	8,52	6,42	2,45	1,1	0,342	–
Mięśnie	3,45	2,32	1,84	1,46	–	0,314	–	–
Krew	2,86	2,15	1,787	1,4	0,78	0,148	0,06	0,027
Skóra	3,77	2,78	2,18	1,64	0,65	0,189	0,072	–



Rys. 2. Rozkład SAR (względnego) w modelu tłuszcz–mięśnie ekspozowanego na falę elektromagnetyczną płaską o różnych częstotliwościach [3, 11]

Efekt termiczny to pochłanianie energii promieniowania mikrofalowego i zamiana jej w energię cieplną w napromieniowanym obiekcie biologicznym. Zamianę energii niesionej przez pole elektromagnetyczne na cieplną, w tym przypadku można nazywać nagrzewaniem dielektrycznym. Dla omawianego zakresu częstotliwości fal pewne obszary organizmu można traktować jako ośrodki dielektryczne. Występujące w takim dielektryku cząsteczki wody zachowują się jak dipole, które obracają się w zmiennym polu elektromagnetycznym. Obracające się cząstki, w wyniku wewnętrznego tarcia, powodują wydzielanie się ciepła. Następuje wzrost temperatury danego ciała. Moc pochłonięta o wielkości 4 W/kg powoduje wzrost temperatury organizmu o 1°C. Efekt termiczny może być wykryty nawet przy wzroście temperatury ciała o 0,01°C [5]. Efekt termiczny mikrofal odgrywa rolę przede wszystkim w powstawaniu zmian związanych z jednokrotnym napromieniowaniem.

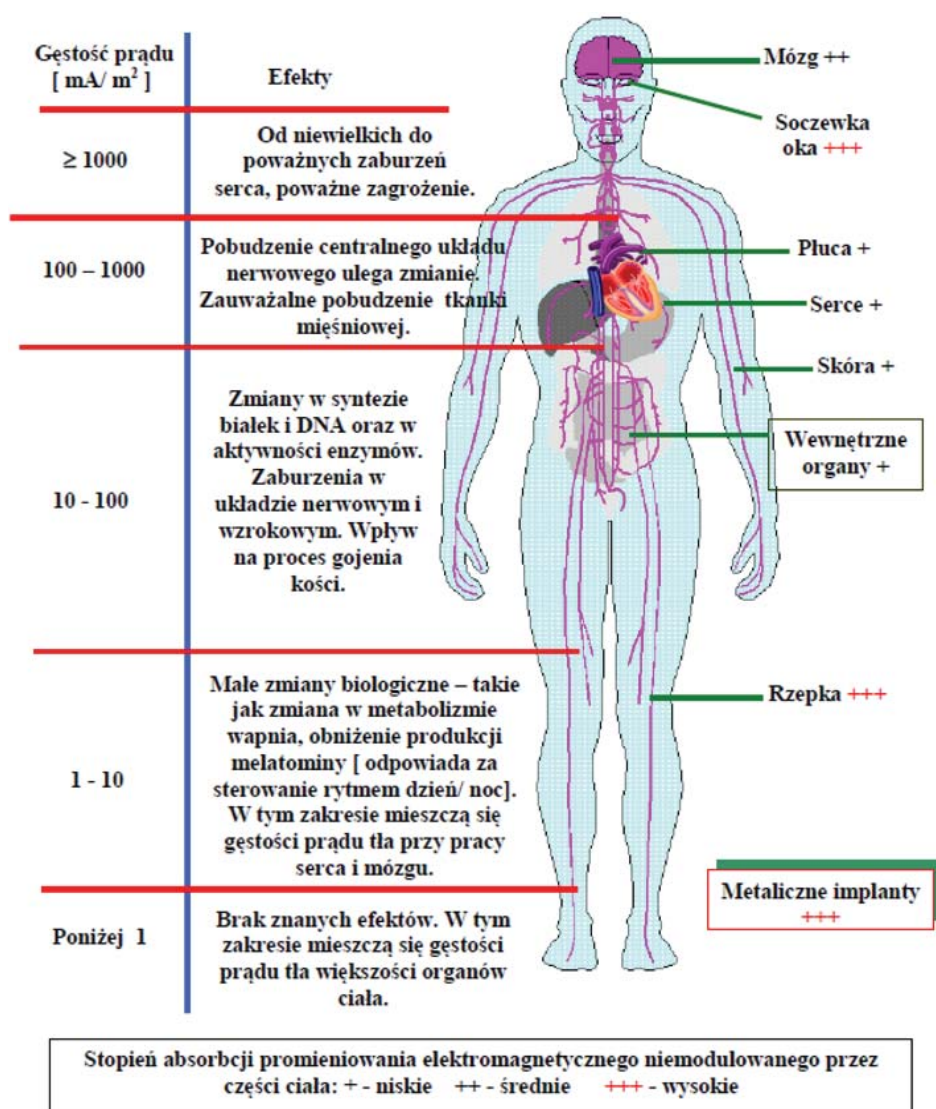
4. EFEKT BIOLOGICZNY ODDZIAŁYWANIA PEM

Przez długi okres uważano, że jedynie efekt termiczny może być skutkiem oddziaływania PEM na organizmy żywe. W latach dziewięćdziesiątych pogląd ten zaczął ulegać zmianie. Zaczęto więcej uwagi poświęcać oddziaływaniu takich pól elektromagnetycznych, które nie mogą wywołać efektu termicznego, a mimo to mają wpływ na przebieg procesów biologicznych. Dotyczy to promieniowania o gęstościach mocy poniżej 10 mW/cm². Działanie tego rodzaju promieniowania, w szerokim zakresie częstotliwości, wywołuje tzw. efekt nietermiczny nazywany często efektem biologicznym [5].

Z efektem biologicznym wiąże się wpływ pól zewnętrznych na procesy elektromagnetyczne zachodzące wewnątrz komórek, tkanek oraz narządów. Działanie biologiczne PEM związane jest z rezonansowym pochłanianiem energii tych pól przez środowisko biologiczne (tkanki, narządy, płyny ustrojowe). Pochłonięta energia PEM może powodować zmiany struktury wewnętrznej cząsteczek w komórkach. W tkankach dochodzi wówczas do różnych zmian fizycznych i chemicznych, np. zmienia się pH, aktywność enzymów, przemiana materii. Następstwem tych zmian mogą być różne stany chorobowe. Efekty oddziaływania biologicznego PEM często występują po pewnym czasie utajnienia i mogą się ujawnić po wielu miesiącach, latach, a niekiedy nawet w następnych pokoleniach.

Oddziaływanie zewnętrznych pól elektromagnetycznych na organizm wiąże się z zakłócaniem własnych pól wytwarzanych w jego wnętrzu. W wyniku różnicy potencjałów między wnętrzem komórki i jej otoczeniem powstaje zmienne napięcie bioelektryczne, które wytwarza prądy czynnościowe – rys. 3. Z obecnością ładunków i różnicy potencjałów wiąże się pole elek-

tryczne. Przepływowi wszelkiego rodzaju ładunków elektrycznych towarzyszy pole magnetyczne. Dzięki temu poszczególne narządy wewnętrzne generują własne pola elektromagnetyczne. Istnienie ich podczas pracy serca potwierdzają powszechnie stosowane badania EKG. Generację pól wytwarzanych podczas pracy mózgu wykorzystuje się w badaniach EEG, a przy pracy mięśni w zapisie EMG.

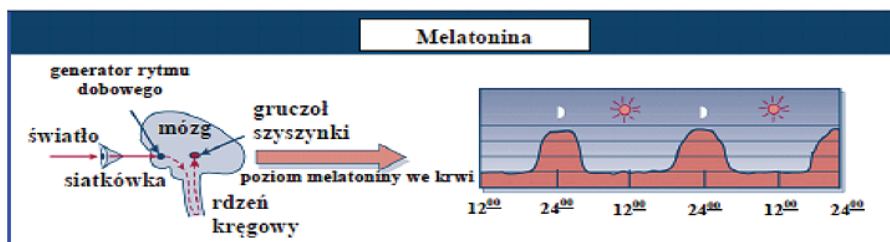


Rys. 3. Oddziaływanie niemodulowanego pola elektromagnetycznego o częstotliwości do 100 kHz na organizm człowieka [3, 5]

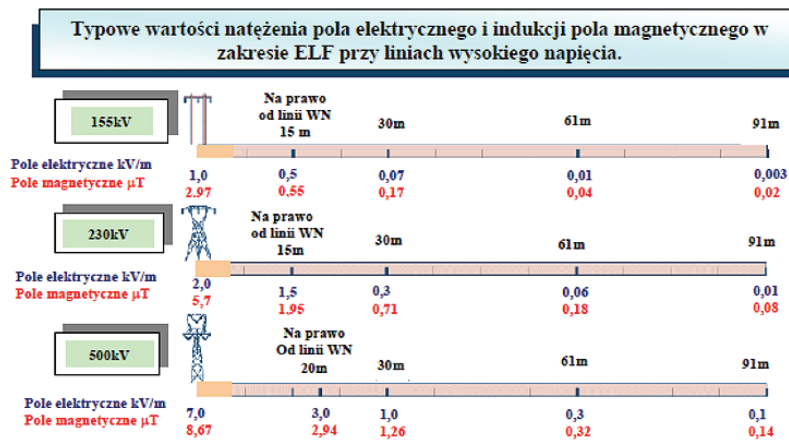
O wrażliwości organizmu ludzkiego na oddziaływanie słabych pól elektromagnetycznych, mogących wywoływać jedynie efekt biologiczny, mogą świadczyć skutki działania naturalnych pól elektromagnetycznych. Zalicza się do nich tzw. rezonanse Schumanna oraz zaburzenia w środowisku geomagnetycznym Ziemi. Pierwsze z nich są wywoływane falami elektromagnetycznymi towarzyszącymi wyładowaniom atmosferycznym, które występują na kuli ziemskiej z częstotliwością kilku razy na sekundę i mają amplitudy rzędu mV. W przestrzeni między Ziemią i jonosferą powstają fale stojące. Składowe rezonansów Schumanna mają częstotliwości od kilku do kilkudziesięciu Hz (7,8; 14,1; 20,3; 26,4; 32,5 Hz). Z kolei pola wytwarzane przez mózg zawierają składowe o częstotliwościach 8; 14 i 26 Hz. Z rezonansami Schumanna wiąże się synchronizację fal mózgu. Zakłóceniom podanych częstotliwości przypisuje się wpływ na stany psychoneurologiczne ludzi [8]. W okresach wzmogonych burz magnetycznych na Słońcu, które występują co jedenaście lat, obserwowane są zmiany pól magnetycznych przy powierzchni Ziemi. Stwierdzono w tym czasie zwiększanie się liczby zawałów serca. Można dopatrywać się w tym zakłócającego oddziaływania pól zewnętrznych na pracę narządów wewnętrznych – w tym generatora rytmu dobowego odpowiedzialnego za poziom melatoniny we krwi człowieka. Poziom melatoniny w czynnościach biologicznych organizmu jest zmienny i jest funkcją:

- pory dnia – niski poziom podczas dnia, wzrost poziomu przy zbliżaniu się do pory nocnej – rys. 4;
- wydzielana substancja dostarcza informację o czasie dnia, poziom i zmiana może być przyczyną zachwiania systemu reprodukcyjnego np. u zwierząt;
- zmiana dziennego rytmu biologicznego może być przyczyną depresji i zmęczenia.

Badania laboratoryjne potwierdziły znaczne obniżenie płynu melatoniny przy działaniu pola elektrycznego i magnetycznego o częstotliwościach prądu sieciowego, tzn. 50/60 [Hz] – rys. 5.



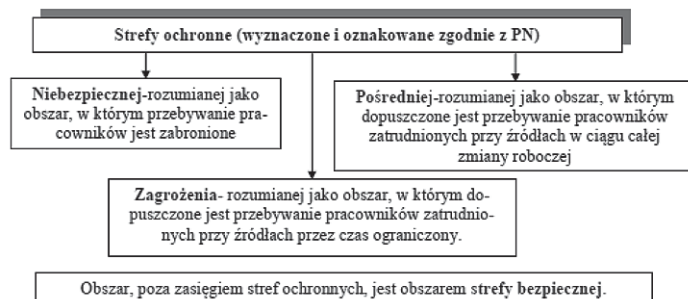
Rys. 4. Poziom melatoniny w czynnościach biologicznych organizmu [2, 5]



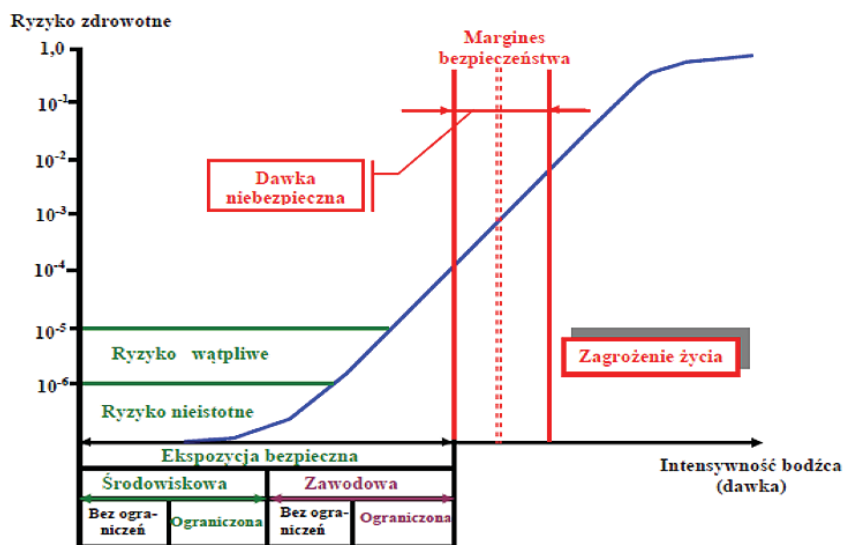
Rys. 5. Wartości pola elektrycznego i indukcji pola magnetycznego w zakresie częstotliwości od 5 do 2000 Hz przy liniach wysokiego napięcia [9]

PODSUMOWANIE

Przepisy dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy oparte są na „miarach zewnętrznych”. Określenie oddziaływania niejonizującego promieniowania elektromagnetycznego na organizm ludzki, mimo licznych badań, nadal jest problemem otwartym. Z uwagi na duże rozbieżności dotyczące oceny wyników badań oraz ich interpretacji, a także ze względu na wagę problemu, Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) zapoczątkowała w 1996 r. program badań nad oddziaływaniem PEM [9,10]. W badaniach tych zwraca się dużą uwagę na promieniowanie z zakresu małych częstotliwości (od 0 Hz do 300 Hz), w tym na pola elektryczne i magnetyczne o częstotliwości 50 Hz. Przy obecnym stanie wiedzy dają się zauważyć liczne działania techniczne i normujące, które zmierzają do ograniczenia kontaktów człowieka ze sztucznie wytwarzanymi polami elektromagnetycznymi – poprzez wprowadzenie stref ochronnych – rys. 6, lub zdefiniowanie dopuszczalnego poziomu ryzyka zdrowotnego – rys. 7.



Rys. 6. Rodzaje i definicje stref ochronnych przed oddziaływaniem PEM



Rys. 7. Zależność efektu biologicznego od dawki jako podstawowa ocena działania czynników środowiskowych i zawodowych do oceny ryzyka zdrowotnego oddziaływania PEM na materię żywną [5, 11]

Z obawy przed możliwością negatywnego wpływu niezamierzonych pól elektromagnetycznych na użytkowników producenci wszelkiego rodzaju sprzętu elektronicznego i elektrotechnicznego stosują dość drogie rozwiązania techniczne, mające na celu ograniczanie emisji tych pól. Doskonalona jest aparatura pomiarowa i metody diagnozowania pól elektromagnetycznych w środowiskach zawodowych i publicznych [6, 11]. Przyjmowane są coraz ostrzejsze unormowania prawne, określające dopuszczalne wartości parametrów PEM. Dość wolno, ale systematycznie rośnie poziom świadomości społecznej w zakresie opisanej tematyki.

Abstract

The paper present contemporary knowledge on an influence of the electromagnetic radiation on the human body. It is based on literature of the subject. Dangers of the wide-spectrum electromagnetic radiation are described.

Streszczenie

W artykule przedstawiono, w oparciu o dane literaturowe, stan wiedzy na temat wpływu promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego na organizm ludzki. Opisano zagrożenia niesione przez pola elektromagnetyczne z szerokiego zakresu częstotliwości.

Literatura:

- [1] Korniewicz H., Gryz K.: *Zawodowe i biurowe zagrożenia polami elektromagnetycznymi* – Materiał szkoleniowy – Warszawa 19 lutego 1998
- [2] Schwan H. P.: *Biological effects of non-ionizing radiations. Annals of Biomedical Engineering.* 1998
- [3] Korniewicz H.: *Modelowanie elektrodynamicznych procesów oddziaływania pól elektromagnetycznych na organizm ludzki.* CIOP Warszawa 1996
- [4] Aniołczyk H.: *Telefonia komórkowa: ocena ekspozycji na pola elektromagnetyczne.* Instytut Medycyny Pracy 1997
- [5] Chou C.K., Guy A.W.: *Quantitation of microwave biological effects. Proc. Symp. On Biol. ELF and measurement of RF/ Microwaves MD* 1997
- [6] Kalisz J.: *Mierniki z serii „TRACER” do pomiaru szkodliwych pól elektromagnetycznych.* Informacja 1998
- [7] Aniołczyk H.: *Ekspozycja zawodowa i środowiskowa przy urządzeniach telekomunikacji.* Instytut Medycyny Pracy 1999
- [8] Zmyślony M., Wągworska E.: *Skutki zdrowotne ekspozycji pracowników obiektów nadawczych na pola elektromagnetyczne.* Instytut Medycyny Pracy 1998
- [9] WHO Environmental Health Criteria 137: *Electromagnetic fields (300 Hz to 300 GHz).* Geneva 1993
- [10] Kościelniak P.: *Czy komórki szkodzą.* Rzeczpospolita 1999
- [11] Miller G.C.: *Exposure Guidelines for Magnetic Fields.* J. American Industrial Hygiene Association. 1987

Wiesław ROKICKI
Politechnika Warszawska
Ewelina GAWELL
Politechnika Warszawska

MORFOGENEZA W PROCESIE KSZTAŁTOWANIA WSPÓŁCZESNYCH FORM ARCHITEKTONICZNYCH

1. WPROWADZENIE

Zastosowanie form bionicznych w kształtowaniu współczesnych struktur nośnych to obecnie jeden z bardziej interesujących kierunków w rozwoju architektury XXI wieku. Coraz częstsze i głębsze analogie do cech i właściwości przyrody są przyczynkiem do poszukiwań optymalnych rozwiązań inżynierskich. Budowanie biomimikrycznych, swobodnych form w architekturze wymaga poznania procesu morfogenezy danej formy oraz wykonania szczegółowych analiz pojawiających się zależności pomiędzy poszczególnymi jej elementami. Generowanie formy strukturalnej jest więc zaawansowanym procesem cyfrowym, podczas którego jest analizowany system zależności pomiędzy przyjętymi parametrami [5]. Charakter tego procesu nawiązuje do morfogenezy, rozumianej jako biologiczny proces rozwoju, w wyniku którego determinowany jest kształt zarodka w kolejnych fazach rozwojowych oraz ostateczna forma dojrzałego organizmu. Zastosowanie morfogenezy w kształtowaniu form strukturalnych w architekturze jest możliwe dzięki doskonaleniu narzędzi cyfrowych oraz algorytmizacji technik projektowych.

2. CYFROWE NARZĘDZIA PROCESÓW MORFOGENEZY

Żywe struktury występujące w przyrodzie są systemami, których złożoność kształtów i zachowań powstaje w wyniku interakcji elementów tego systemu i bodźców zewnętrznych. Systemy występujące w przyrodzie charakteryzują się dużym poziomem integracji oraz funkcjonalności poprzez dynamiczne sprzężenie zwrotne ze środowiskiem, w którym występują. Analogicznie, formy kształtowane w procesach morfogenetycznych mają cechy naturalnych systemów, takie jak łatwość adaptacji do środowiska oraz wysoką „wydajność” funkcjonalną, materiałową i energetyczną.

Dynamika rozwoju form biologicznych jest interesującym wskazaniem dla architektów z uwagi na analogie występujące w procesie kształtowania oraz rozwoju formy przestrzennej. Szczególne zainteresowanie teorią morfogenezy w dziedzinach inżynieryjnych nastąpiło wówczas, gdy możliwe stało się jej powiązanie z informatyką, programowaniem i geometrią [2]. W dobie dynamicznie rozwijających się technik cyfrowych procesy biologiczne są wykorzystywane jako narzędzia do projektowania efektywnych form architektonicznych. Narastająca instrumentalizacja procesów naturalnych, przejawiająca się w powstawaniu coraz lepszych programów komputerowych, służących do morfowania form przestrzennych, otwiera nowe możliwości w poszukiwaniu ciekawszych i bardziej optymalnych rozwiązań tektonicznych [2].

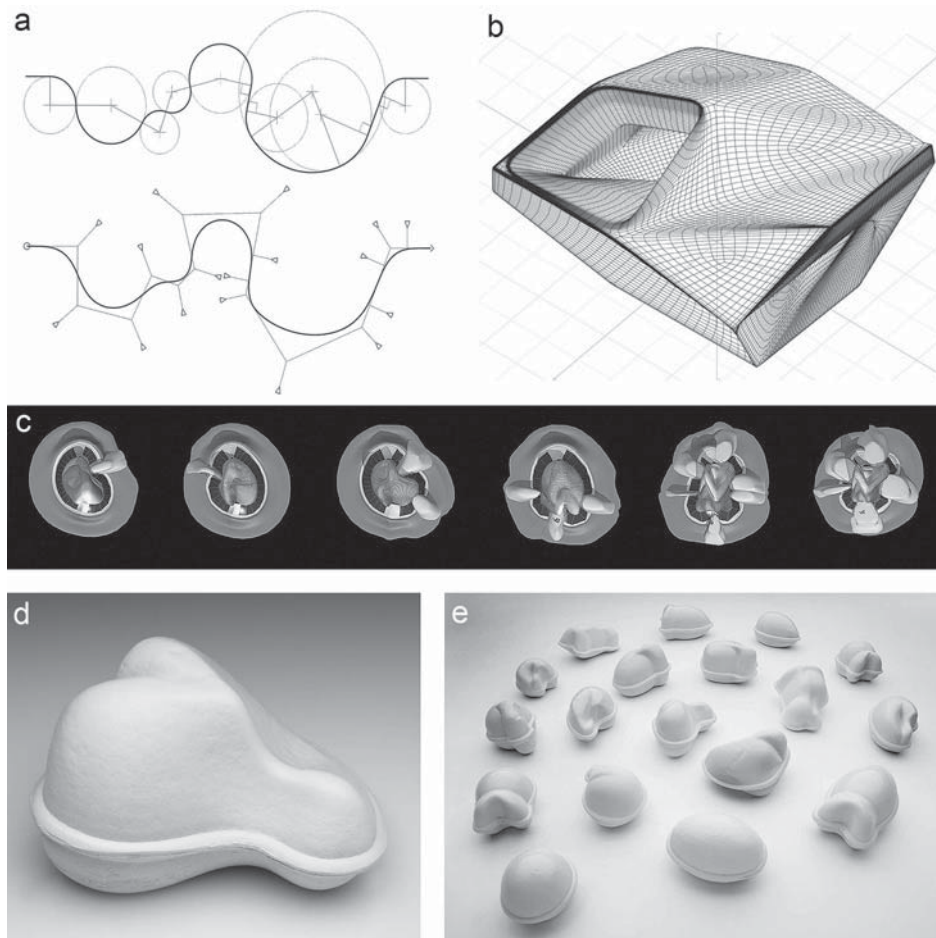
2.1. Modelowanie w przestrzeni topologicznej

Duży wpływ na poszukiwanie zbieżności pomiędzy biologią i matematyką wywarły prace Alfreda N. Whiteheada (1861–1947) i D'Arcego W. Thompsona (1860–1948) z początku XX w. Ich badania w zakresie homologii dały nowe spojrzenie na analizę i matematyzację biologii. Homologia, charakteryzująca się zachowaniem ciągłości funkcji, opisuje organy i ciała mające wspólny początek ewolucyjny, lecz różne funkcje. Homologia stanowi też podstawę dla jednego z najważniejszych procesów zachodzących w przyrodzie, określając m.in. w biologii wspólne ewolucyjne pochodzenie struktur organizmów z różnych grup taksonomicznych, charakterystyczne podobieństwo organów (także genów) oraz podobieństwo w sposobie zachowywania się zwierząt (tzw. homologia behawioralna). Przykładem struktury homologicznej jest ręka człowieka i skrzydło ptaka.

W wyniku badań nad homologią struktur udowodniono, że to proces morfogenezy, a nie substancja tworzy porządek w świecie przyrody. Odkrycie to uświadamia, że forma wyłania się ze złożonego procesu wytwarzania, rozwoju i utrzymania struktury biologicznej. Jest to szczególnie interesujące dla architektów, zajmujących się morfogenezą w procesach generatywnego modelowania form przestrzennych.

Jednym z narzędzi badających i opisujących proces morfogenezy struktur spokrewnionych jest topologia, będąca pochodną homologii. Topologia to obecnie jeden z rozwijanych kierunków w matematyce współczesnej, a wykorzystywanych do opisywania struktur przestrzennych. Topologia zajmuje się badaniem takich przekształceń, które deformują, lecz nie zmieniają własności danej figury geometrycznej lub bryły, a modyfikacje homologiczne następują na skutek rozciągania i zginania powierzchni, bez jej rozrywania i sklejanie. W dobie powszechnej komputeryzacji topologia znalazła zastosowanie w grafice komputerowej, w tym także w programach

do modelowania 3D, gdzie trójwymiarowa przestrzeń jest opisywana za pomocą tzw. krzywych NURBS. Kształtowanie geometrii brył w przestrzeni topologicznej odbywa się za pomocą zmiany położenia punktów kontrolnych, siatki i węzłów, umożliwiając płynną zmianę kształtu krzywej lub powierzchni. Zastosowanie powierzchni NURBS pozwala generować heterogeniczne, spójne formy, które mogą być poddawane kolejnym dynamicznym procesom transformacji ciągłych [6]. Właściwości przestrzeni topologicznej oraz popularyzacja narzędzi cyfrowych sprawiły, że topologia architektury stała się jednym z ciekawszych nurtów w architekturze współczesnej, ale też nową jakością w procesie projektowania. Jednym z pierwszych projektów wykonanych za pomocą cyfrowych procesów morfogenezy z wykorzystaniem modelowania w przestrzeni topologicznej był opracowany przez Grega Lynna w 1997 roku projekt *Embryological House*. Projekt ten stanowił współczesną interpretację słynnego dokonania B. Fullera z 1944 roku, tj. *Wichita House*. Przyjęta koncepcja to stworzenie odpowiedniego projektu dla typowej rodziny z klasy średniej, z uwagi na łatwy sposób przystosowania do zmieniających potrzeb funkcjonalnych i przestrzennych oraz lokalizacji. Dzięki zastosowaniu programu do animacji autor zdefiniował bryłę obiektu jako formę przestrzenną o dynamicznej strukturze, która ulega na skutek zmiennych warunków przekształceniom topologicznym. Forma wyjściowa obiektu, określona przez Grega Lynna jako embriion (ziarno) podlegała modyfikacjom powodowanym m.in. przez lokalizację, warunki mikroklimatu, funkcję itd. Dynamiczna bryła *Embryological House* to prawie dwa tysiące różnych paneli, łączonych w jednolitą strukturę [1]. Nowatorski sposób kształtowania bryły obiektu polegał na uzyskiwaniu różnorodnych rozwiązań bryłowych, ale przy zachowaniu modułowości elementów konstrukcyjnych.



Rys. 1. a – krzywa opisana za pomocą okręgów (górną) oraz za pomocą punktów kontrolnych NURBS (dół),
 b – model w przestrzeni topologicznej,
 c, d, e – Embryological House – koncepcyjny projekt domu jednorodzinnego;
 przykładowe modele pokazujące możliwości morfogenetycznej modyfikacji bryły

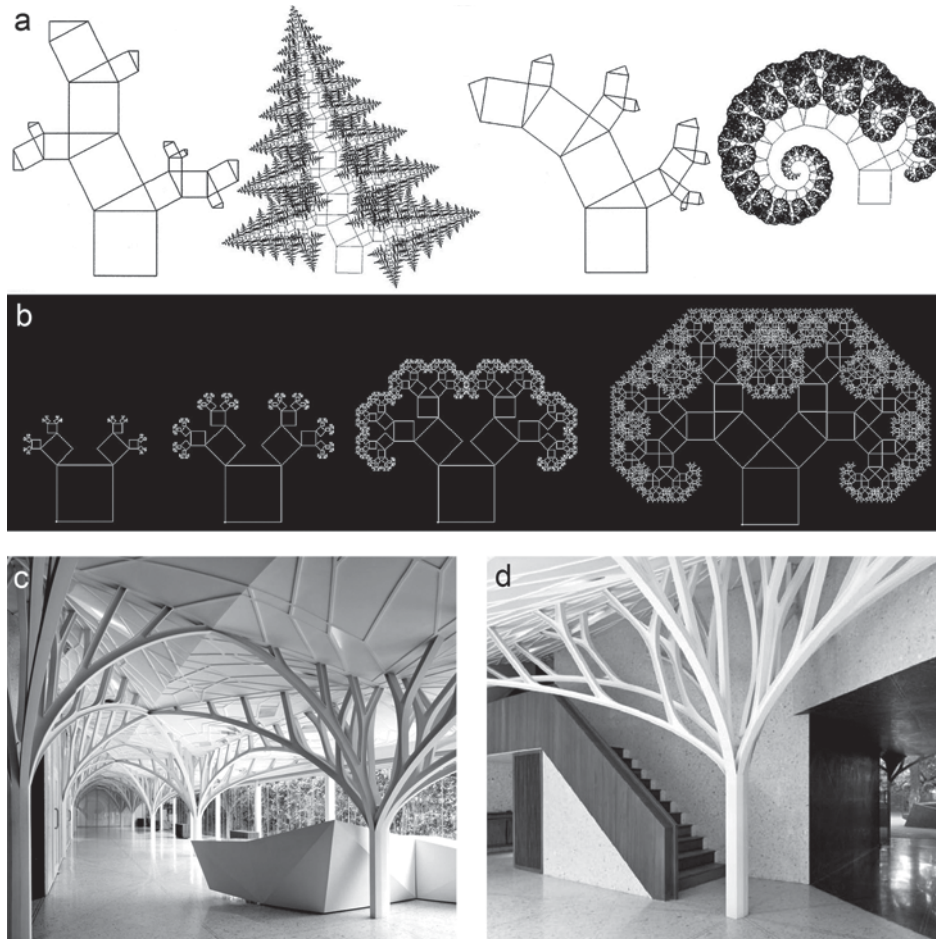
2.2. Modelowanie wzrostu

W przyrodzie nie forma, ale proces tzw. samoorganizacji w danym środowisku jest zakodowany genetycznie. Geometria opisująca rozwój formy w procesie morfogenezy wyznacza zbiór zachowań lokalnych dla samoorganizacji, która jest biologicznym procesem rozwoju zachodzącym wewnątrz systemu, bez udziału źródeł zewnętrznych. Jako pojęcie powstałe w ramach paradygmatu złożoności w dziedzinie fizyki, matematyki i chemii, samoorganizacji

ganizacja odnosi się do uporządkowania procesów w czasie i przestrzeni. Proces ten można zaobserwować na przykład jako kapsomery wirusów spontanicznie łącznie się w otoczkę wokół materiału genetycznego wirusa, czy samoorganizacja materii w kosmosie, tj. tworzenie się i uporządkowanie galaktyk. Samoorganizacja zachodzi wówczas, gdy operator sam organizuje wykonanie swoich zadań i jednocześnie jest zdolny do modyfikowania sekwencji operacji i wybierania procedur. W takim ujęciu samoorganizacja jest rozumiana jako proces, dzięki któremu system się „samoporządkuje” lub przystosowuje do nowych wymagań środowiska. Wyraźne analogie samoorganizacji w porównaniu do procesów projektowania form architektonicznych sprawiają, że modelowanie ewolucyjne w ujęciu samoporządkowania się systemu wzbudziło szersze zainteresowanie architektów. Obecnie funkcjonuje kilka narzędzi cyfrowych, które wykorzystują naturalny wzorzec procesu samoorganizacji do kształtowania systemu, w którym zadano parametry brzegowe oraz zależności pomiędzy nimi.

Wraz z możliwością cyfrowej imitacji procesu wzrostu, która odpowiada warunkom wyjściowym zgodnym z danymi zaczerpniętymi ze środowiska, wzrosło zainteresowanie algorytmami w modelowaniu form architektonicznych. Dzięki generatywnym narzędziom projektowania, opartym na iteracji danego kodu algorytmicznego, można generować obserwowane w przyrodzie konstrukcje swobodne o budowie fraktalnej. Fraktale to obiekty samopodobne, charakteryzujące się nietrywialną strukturą (w każdej skali), która nie daje się łatwo opisać w języku tradycyjnej geometrii euklidesowej oraz względnie prostą definicją rekurencyjną [3]. Wiele spośród znanych i opisanych w matematyce klasycznej konstrukcji fraktalnych, naśladuje kształty obserwowane w przyrodzie. Na przykład przypominająca budowę płatka śniegu krzywa Kocha czy fraktal paproć Barnsleya, nazwany tak ze względu na uderzające podobieństwo do występującego w naturze liścia paproci. Analogiczny przykład stanowi konstrukcja tzw. drzewa pitagorejskiego (opartego na twierdzeniu Pitagorasa), którego konstrukcja posłużyła do opisanego tzw. L-systemów. L-system to cyfrowy generator struktur fraktalnych, wiernie odzwierciedlający dynamikę wzrostu roślin. Modele L-systemowe mogą być wykorzystywane do modelowania architektury roślin w całości lub ich części oraz do modelowania grup roślin. Szczególnie ważna dla kształtowania form architektonicznych jest integracja biomechaniki z rozwojem modelu – „rośliny”, z uwagi na powiązanie architektury z miejscem, w celu optymalnego wykorzystania warunków klimatu. Zaawansowane L-systemy umożliwiają stworzenie wirtualnego mikroklimatu, łącząc grawitację, tropizm, kontakty między różnymi elementami struktury modelu – „rośliny”, oraz kontakt z przeszkodami [2]. Modelowanie formy w takim ujęciu stwarza możliwości włączenia do procesu wzrostu inne reagujące z nim systemy, jak np. gromadzenie wody deszczowej i energii słonecznej. We współczesnej architekturze, w wy-

niku morfogenetycznego modelowania, coraz więcej jest przykładów tak zintegrowanego kształtowania form w przestrzeni.



Rys. 2. a – dwie konstrukcje drzewa pitagorejskiego złożone z jednakowych elementów, różniące się orientacją trójkątów, 50 kroków każda,
 b – przykład obrazu fraktalnego generowanego za pomocą L-systemu,
 c, d – restauracja The Tote – przykład zastosowania cyfrowego modelowania wzrostu w kształtowaniu formy architektonicznej

Ciekawym przykładem wykorzystania L-systemu w kształtowaniu przestrzennej formy architektonicznej jest zaprojektowany przez biuro Serie Architects budynek *The Tote* – restauracji z barem i salą bankietową w Bombaju. W wyniku przekształcenia zabytkowych budynków wchodzących w skład kompleksu Mumbai Race Course, powstał w 2009 roku obiekt, który zrealizowano przy współpracy biura konstrukcyjnego Facet Construction Engine-

ering Pvt. Ltd. W wyniku założeń konserwatorskich projektanci zachowali zewnętrzną bryłę budynku, proponując dla zadaszenia powierzchni użytkowej wynoszącej 2500 m² nowatorską strukturę podpór. W analogii do otaczającej obiekt zieleni, architekci zaproponowali we wnętrzu restauracji kontynuację drzewiastych struktur. Arborealne konstrukcje słupów o niesymetrycznej geometrii przecinają się ze sobą podpierając zadaszenie. Struktura drzewa została zaprojektowana jako stalowa kratownica budowana z profili dwuteowych oraz rurowych. Obiekt stanowi przykład wykorzystania cyfrowego procesu morfogenezy do kształtowania skomplikowanych struktur przestrzennych. Wyraźna inspiracja otoczeniem jest jednocześnie próbą wpisania nowego „obiekту – systemu” w dane środowisko.

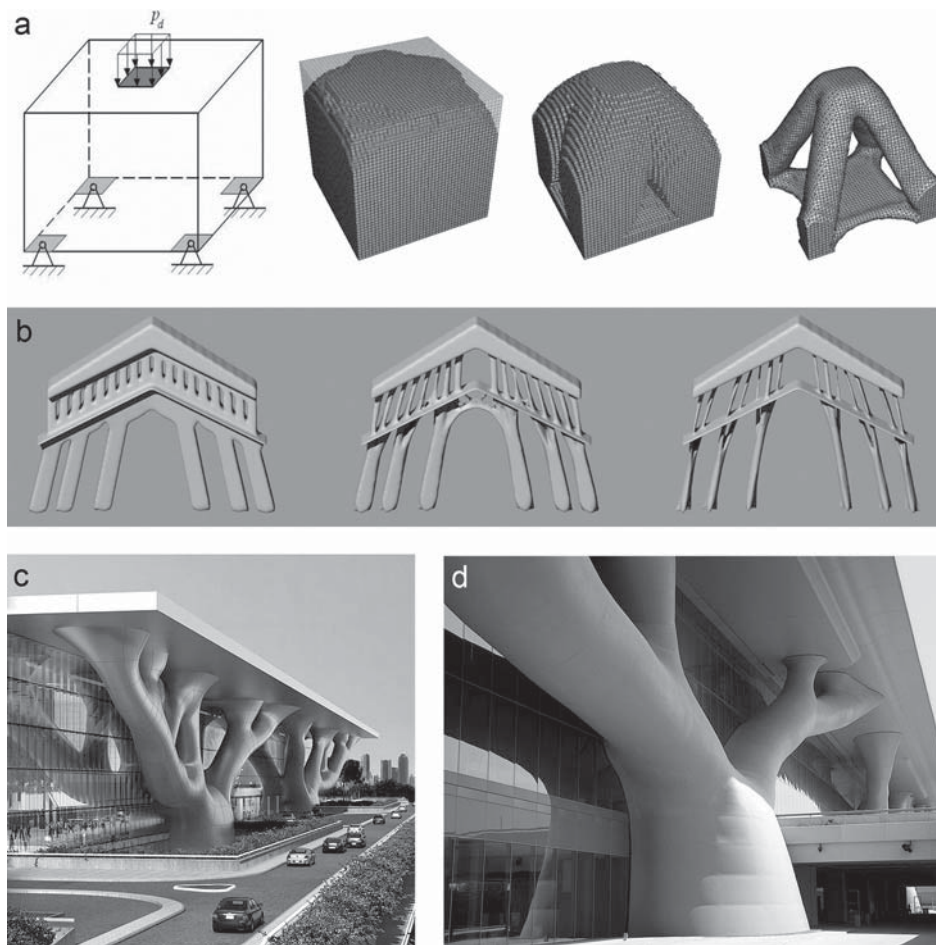
2.3. Algorytmy ewolucyjne

Poszukiwania optymalnych kształtów inspirowanych światem przyrody to ważne działania, gdzie naturalnym procesem jest eliminowanie zbędnej geometrii. Analogicznie, wraz z rozwojem tendencji biomimikrycznych w architekturze, rośnie potrzeba tworzenia nowej jakości w optymalnym kształtowaniu form przestrzennych. Implikacja narzędzi cyfrowych do procesu projektowania architektonicznego to większe możliwości kształtowania elementów na drodze morfogenetycznych procesów, w których szczególną rolę odgrywają algorytmy genetyczne.

Obecnie, na bazie generatywnych metod projektowania oraz przy użyciu algorytmów ewolucyjnych, powstają nowe i bardziej zaawansowane programy komputerowe. Jedną z tych metod jest Ewolucyjna Optymalizacja Kształtu (*Evolutionary Shape Optimizer*), bazująca na algorytmach, które przeszukują przestrzeń alternatywnych rozwiązań problemu w celu wyszukania rozwiązań najlepszych. Algorytmy genetyczne zalicza się do grupy algorytmów ewolucyjnych z uwagi na umiejętność rozwoju poprzez generowanie nowych rozwiązań, w przypadku kiedy rozwiązanie tradycyjne jest niewystarczające. Algorytmy genetyczne sprawdzają się wszędzie tam, gdzie rozwiązanie problemu jest nieznane, a określony jest jedynie sposób oceny jakości rozwiązania, oraz w znajdowaniu przybliżeń ekstremów funkcji, których nie da się obliczyć analitycznie. Ewolucyjny charakter stosowanego algorytmu sprawia, że Ewolucyjna Optymalizacja Kształtu jest istotnym narzędziem w projektowaniu architektoniczno-konstrukcyjnym prowadzącym do nieschematycznego, ale często także do rozwiązania nieprzewidywalnego.

Metodą bardziej odpowiadającą architektom, z uwagi na proste i skuteczne działanie, jest Ewolucyjna Optymalizacja Strukturalna (*Evolutionary Structural Optimization*). Jest to technika optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych, którą zaproponowali w 1992 roku dwaj profesorowie: Mike Xie i Grant Steven. Program komputerowy, stanowiący podstawę narzędzia ESO, oparty był na systemie algorytmu genetycznego, który w poszukiwaniu opty-

malnego kształtu bada strukturę z uwagi na obciążenia statyczne i dynamiczne, stopniowo odejmując zbędną geometrię [4]. Przy zastosowaniu metody optymalizacyjnej ESO prof. Mark Burry (SIAL – Spatial Information Architecture, RMIT) przeprowadził m.in. symulację optymalizacyjną fragmentu fasady kościoła *Sagrada Familia* w Barcelonie projektu Antonia Gaudiego (rys. 3b). Analiza wykazała zgodność geometrii konstrukcyjnej przyjętej przez Gaudiego, potwierdzając fenomen artysty, który badał formy strukturalne swoich dzieł architektonicznych na modelach łańcuchowych.



Rys. 3. a – przykład optymalizacji ESO; od lewej: schemat statyczny oraz redukcja zbędnego materiału (fot. [4]),
 b – optymalizacja ESO fragmentu fasady *Sagrada Familia* w Barcelonie; od lewej: redukcja zbędnej geometrii (fot. [4]),
 c, d – Qatar Education City – przykład wykorzystania algorytmów ewolucyjnych w optymalizacji formy strukturalnej w architekturze.

Programem pochodnym od ESO jest rozwinięty o dwukierunkową optymalizację BESO – Dwukierunkowa Ewolucyjna Optymalizacja Strukturalna (*Bi-directional Evolutionary Structural Optimization*). Charakterystyczna zasada działania algorytmu została (w przypadku BESO) wzbogacona o możliwość dodawania brakującej geometrii, dzięki czemu poszerzyły się możliwości programu.

Jednym z pierwszych projektów architektonicznych wykonanych przy zastosowaniu algorytmów ewolucyjnych w procesie optymalizacji formy strukturalnej był obiekt *Qatar Education City Convention Center* w Doha (Katar), zaprojektowany przez Yamasaki Architects i Arata Isozaki. Centrum kongresowe łączące funkcje konferencyjne i kulturalne, położone w bliskim sąsiedztwie elitarnych uniwersytetów, instytucji badawczych i technologicznych zrealizowano w 2011 roku. Przedmiotem analizy wykorzystującej morfogenezę ewolucyjną był dach do głównego audytorium, podparty na dwóch potężnych, stalowych kratownicach przestrzennych o wysokości 45 m i rozpiętości 250 m. Inspiracją dla tej formy to pustyńne drzewo Sidra, o bardzo silnie rozwiniętym systemie korzeniowym, który pozwala mu przetrwać w surowym klimacie pustynnym.

3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Dzięki cyfrowym narzędziom zastosowanym w projektowaniu form strukturalnych możliwe jest wykorzystanie poprzez analogię dynamicznego procesu rozwoju żywych organizmów. Cel takiego działania to poszukiwanie optymalnych rozwiązań architektoniczno-konstrukcyjnych, co jest szczególnie ważne, nie tylko z punktu widzenia optymalizacji form strukturalnych, lecz także w kontekście osadzenia formy architektonicznej w danym środowisku, w odniesieniu do powiązań mikroklimatycznych. Obecny rozwój badań w zakresie cyfrowej morfogenezy pozwala na budowanie zaawansowanych systemów zależności, modelowanie procesu wzrostu i coraz bardziej świadome sterowanie tym procesem. Nowe techniki komputerowe znacząco wpłynęły na pracę architektów. Z jednej strony, dzięki wyspecjalizowanym programom komputerowym, modelowanie bionicznych form jest łatwiejsze, z drugiej poszukiwanie optymalnych rozwiązań inżynierskich staje się istotnym czynnikiem określającym wartość współczesnej architektury. Zastosowanie procesu morfogenezy w kształtowaniu form architektonicznych wiąże się także z rozwojem nowych materiałów, jak na przykład metoda cyfrowa, nazywana *form finding*, instrumentalizująca procesy samoorganizacji systemów materiałowych pod wpływem sił zewnętrznych [2]. Jednak pomimo silnych fascynacji tendencjami bionicznymi i cyfrowymi narzędziami morfogenetycznego modelowania, wciąż najważniejsza pozostaje wiodąca rola architekta kształtującego świadomie proces wyłaniania formy.

Abstract

In the age of digital tools, free forms are an important movement in the architecture of XXI century. In the search for effective engineering solutions to build unconventional, spatial shapes, there is increasing interest of biomimicry trends. Through the creation of new generative tools in architectural design, it is possible to use biological development processes to search for the optimum shape of the structural forms and of transformation of the object, according to the changing functional needs. Morphogenesis explains the process of building complex and organics forms and how to adapt them to the new environment. This paper describe selected digital implements of morphogenetic process, using in architecture to create structural forms.

Streszczenie

W dobie narzędzi cyfrowych „swobodne formy” to istotny kierunek w rozwoju architektury XXI w. W poszukiwaniu racjonalnych rozwiązań inżynierskich, przy dynamicznym rozwoju narzędzi cyfrowych, wzrosło zainteresowanie formami bionicznymi. Poprzez tworzenie nowych, generatywnych narzędzi pracy architekta możliwe jest wykorzystanie biologicznych procesów rozwojowych. Cel takich działań to poszukiwanie optymalnego kształtu formy strukturalnej, a także możliwość dokonywania przekształceń, w zależności od zmiennych potrzeb użytkowych. Morfogenezę w zastosowaniu do poszukiwania nowych form architektonicznych pozwala zrozumieć proces budowania skomplikowanych, krzywoliniowych struktur przestrzennych, a przede wszystkim „kontrolować” ich geometrię z uwagi na „efektywność” konstrukcyjną.

Podjęta w referacie tematyka dotyczy wybranych tendencji występujących w cyfrowych procesach morfogenetycznych w architekturze, nawiązujących do inspiracji bioniką, jako jednego z ważnych kierunków w poszukiwaniu kształtów optymalnych.

Literatura:

- [1] Buck Paweł: *O animacji w projektowaniu architektury. Eksperymenty Grega Lynna*, ARCHIVOLTA 2 (54)/2012
- [2] Januskiewicz Krystyna: *O projektowaniu Architektury w dobie narzędzi cyfrowych. Stan aktualny i perspektywy rozwoju*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010
- [3] O-Peitgen H., Jurgens H., Saupe D.: *Granice chaosu, część 1: Fraktale*, (oryginalny tytuł: *Fractals for the Classroom, part 1: Introduction to Fractals and Chaos*), tłumaczenie z języka angielskiego: K. Pietruska-Pałuba, K. Winkowska-Nowak, s. 82, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002

- [4] RMIT University, „Innovative Structures Group (ISG)”, Evolutionary Structural Optimization, 2009, [dostęp: 15.06.2013] www.isg.rmit.edu.au/research_ESO.html>
- [5] Rokicki Wiesław, Wysokińska Ewelina: *Algorytmy w kształtowaniu form strukturalnych*, 2012, Materiały konferencyjne V Konferencji Naukowo-Technicznej ARCHBUD 2012 „Problemy Współczesnej Architektury i Budownictwa”
- [6] Wysokińska Ewelina: *Topologia w procesie poszukiwania form architektonicznych*, 2013, Materiały konferencyjne „Nowe Trendy w naukach inżynierskich” w ramach Konferencji Młodych Doktorantów „Wpływ młodych naukowców na osiągnięcia polskiej nauki” – III Edycja we Wrocławiu

Wiesław ROKICKI
Politechnika Warszawska
Anna NOWAK
Politechnika Warszawska

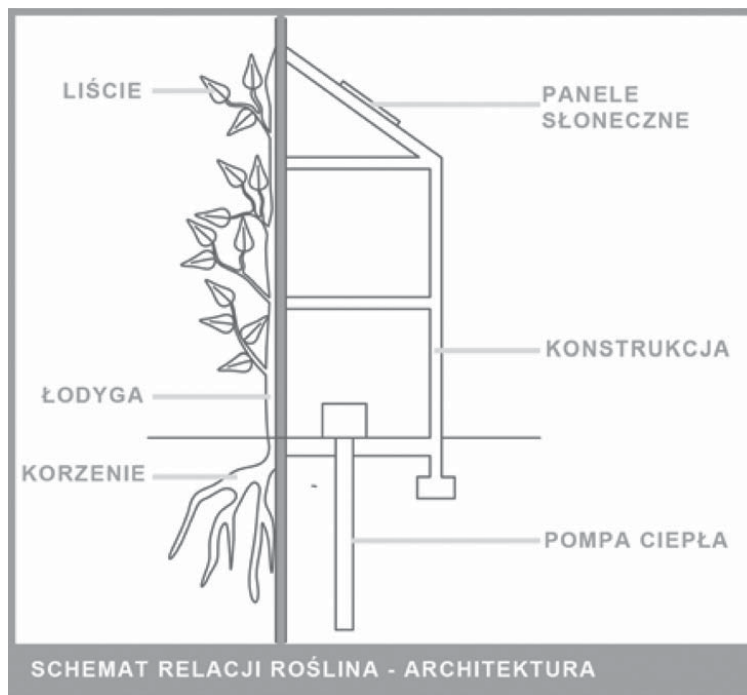
BIONICZNE ASPEKTY PROJEKTOWANIA ARCHITEKTURY W DAŻENIU DO STRUKTUR ANTROPOMIMETYCZNYCH

1. WSTĘP

Poszukiwania nowoczesnych form strukturalnych i materiałów wykorzystywanych w architekturze prowadzą także do zwrotu ku naturze. W konsekwencji inżynieria bioniczna zaczyna odgrywać ważną rolę w procesie formowania architektury. Bionika to interdyscyplinarna dziedzina nauki badająca sposób funkcjonowania organizmów żywych, a jej celem jest m.in. zastosowanie tworzonych modeli z systemów biologicznych w technice. Bioniczne modelowanie może prowadzić do powstania i współpracy dwóch systemów (technicznego i biologicznego) lub stanowić kopiowanie procesów zachodzących w naturze do techniki. [1] Projektowanie architektury w oparciu o bioniczne teorie to możliwość poszukiwania optymalnych, inteligentnych, reagujących na zmiany środowiska, aktywnych na wielu poziomach obiektów i ich składowych. Jednym z prekursorów adaptowania w przestrzeń architektoniczną zasad działania i tworzenia w oparciu o wzorce ze świata przyrody jest Michael Pawlyn.

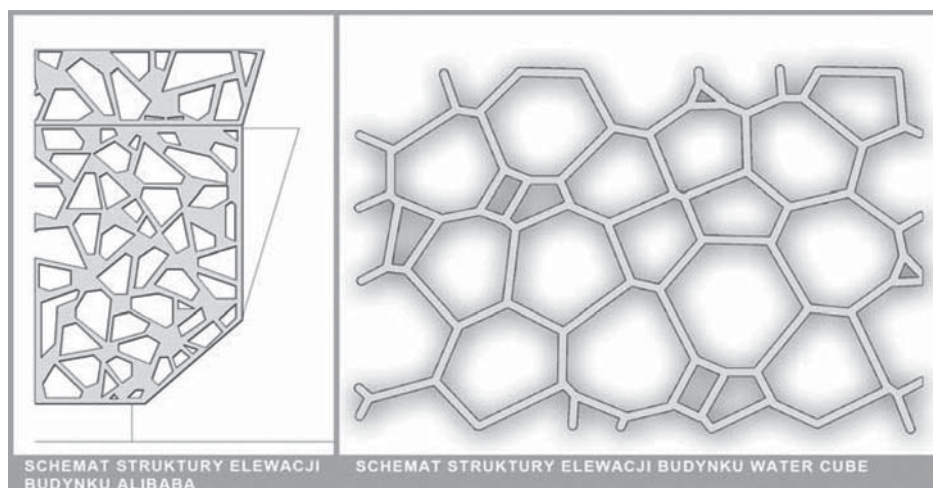
2. RELACJA NATURA–ARCHITEKTURA

Współczesna architektura bardziej zbliża się do kształtowania biometrycznego, a nie biomorficznego. Współczesne struktury budynków można porównywać, w pewnych aspektach, do analogicznych systemów biologicznych, jak na przykład do budowy roślin i zwierząt (rys. 1). Analizując powstające elementy struktur nośnych można dostrzec coraz większe podobieństwo systemów biologicznych do koncepcji i powstających teorii architektonicznych.



Rys. 1. Schemat relacji roślina–architektura (autor: A. Nowak)

3. STRUKTURA BUDYNKU JAKO UKŁAD



Rys. 2. Schemat przedstawiający strukturę elewacji budynku Alibaba Headquarters i Water Cube (autor: A. Nowak)

Inspiracje bioniką w sposobie kształtowania konstrukcji i formy stanowią ciekawy trend w projektowaniu architektonicznym. Szczególnie istotny wpływ jest widoczny w kształtowaniu struktury budynku rozumianej jako sposób kształtowania formy. Nie bez znaczenia są również metody uwzględniające projektowanie interdyscyplinarne z zakresu inteligentnych systemów, dynamicznych elewacji czy zastosowania niekonwencjonalnych źródeł energii.

3.1. Łodyga – układ kostny – konstrukcja kształtująca formę

Inspiracje sposobem kształtowania struktury stanowią ważny element w procesie optymalizacji kształtu i konstrukcji budynków. Budynek Water Cube zaprojektowany przez grupę PTW Architects to forma, której struktura powstała w związku z badaniami nad procesem powstawania piany (rys. 2). Układ elementów struktury w rzeczywistości jest matematycznie uporządkowany i stanowi strukturę Weaire-Phelan, która została opracowana w 1993 roku przez Denisa Weaire'a i Roberta Phelana. Zaproponowana przez autorów forma jest modelem przedstawiającym podział przestrzeni za pomocą elementów o równej objętości i minimalnej powierzchni ścian, którą badał Lord Kevin pod koniec XIX wieku. Pełna struktura składa się z czternastościanów o ścianach pięciokątnych i sześciokątnych oraz nieregularnych dwunastościanów o ścianach pięciokątnych. W wyniku prób i analiz zaprojektowano stalową ramę, której wolne przestrzenie wypełniono powłokami wykonanymi z folii ETFE. Dzięki powłoce konstrukcja chroniona jest na zewnątrz przed działaniem czynników atmosferycznych, a od wewnątrz przed korozyjnym wpływem atmosfery typowej dla pływalni. Stworzenie takiego obiektu nie byłoby możliwe bez wykorzystania istniejących narzędzi do projektowania parametrycznego. Dobrym przykładem analogii elementów ze świata przyrody i opisanie za pomocą metod geometrycznych są również komórki Woronoja, które odzwierciedlają m.in. struktury spotykane w skrzydle ważki, czy pancerzu żółwia. Zastosowanie tego typu rozwiązań w kształtowaniu form strukturalnych w architekturze jest widoczne w konstrukcji budynku Alibaba Headquarters w Hangzhou w Chinach (rys. 2). Diagramy Woronoja zostały tu wykorzystane do stworzenia struktury obejmującej przekrycie atrium połączonego ze strukturą zewnętrzną budynku, która nawiązuje do struktury drzewa. [7] Teza Augustina Rodina, w której stwierdza, iż „harmonia żywych ciał wynika ze zrównowżenia mas w ruchu”, a „katedra jest zbudowana na wzór żywego ciała” [4] była inspiracją dla wielu dzieł wybitnego architekta hiszpańskiego Santiaga Calatravy. Zainteresowanie działaniem układu sił w przyjmowanych przez ciało ludzkie pozach jako studium statyki jest widoczne w zrealizowanym projekcie budynku Turning Torso w Malmö. Zewnętrzna stalowa konstrukcja budynku przypomina skręcony kręgosłup. Poszczególne moduły zawierające po pięć kondygnacji zostały usytuowane spiralnie wokół głównego żelbetowego trzonu.

3.2. Pułapki zatraskowe – mięśnie – dynamizm

Interesującym przykładem „przeniesienia” ruchu do architektury jest dynamiczna elewacja HypoSurface. Ściana zaprojektowana przez grupę deCOi stanowi kinetyczną elewację reagującą zmianą położenia elementów na zmiany zachodzące w jej otoczeniu. Interakcyjna płaszczyzna została zaprojektowana parametrycznie i jest przekształcana za pomocą podłączonych do układu sterującego pneumatycznych elementów. Powstała instalacja to bardzo dobry przykład interdyscyplinarnego projektowania przez wprowadzanie ruchomych elementów do statycznej architektury.

3.3. Impuls – układ nerwowy – inteligentny system

Dzisiejsza architektura częściej pretenduje do miana „inteligentnej”. Dzięki odpowiednim systemom zarządzającym jest w stanie „reagować” na wszelkie zmiany występujące w środowisku, odpowiadając na potrzeby w zakresie komfortu, bezpieczeństwa i funkcjonalności. Inteligentny budynek pomaga „w zarządzaniu” eksploatacją obiektu. Systemy rozpoznają poszczególne „impulsy”, przetwarzają dane i reagują w zbliżony do rozwiniętych organizmów żywych sposób, co stanowi znaczną strefę badań naukowców z dziedzin technicznych. Tego typu systemy zarządzające wyposażone w odpowiednie czujniki zastosowano w biurowcu MEDIA-TIC w Barcelonie. Na elewacji budynku trójkątne elementy, które wyposażono we własny układ mikroprocesorowy dostosowują warunki temperaturowe oraz regulują ilość promieni słonecznych docierających do budynku.

3.4. Proces fotosyntezy – układ pokarmowy – energia

Każdy budynek do prawidłowego funkcjonowania potrzebuje energii, podobnie jak organizmy żywe substancji odżywczych, które mają odpowiednią wartość energetyczną. Coraz częściej jako materiałów energetycznych używa się biomasy, czy biogazów do produkcji energii potrzebnej do funkcjonowania obiektu, jak w przypadku wspomnianego już budynku MEDIA-TIC. Konwencjonalne źródła energii są ograniczane na rzecz pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych, które w pewnym sensie mogą stanowić przeniesienie zasady przetwarzania związków nieorganicznych w roślinach. Częściej stosowane są ogniwa fotowoltaiczne czy panele słoneczne umożliwiające pozyskanie energii z promieni słonecznych jak w budynku biurowym firmy Solar-Fabrik we Freiburgu. Ponadto korzysta się również z pomp ciepła (wieżowiec Hydroplace Manitoba w Kanadzie).

3.5. Układ oddechowy – naturalna wentylacja

Nabierają znaczenia rozwiązania techniczne umożliwiające oczyszczenie i przygotowanie powietrza. System oczyszczania i kontroli poziomu wilgotności powietrza nawiewanego zastosowano w przytaczanym poprzednio przykładzie, tj. wieżowcu Hydroplace Mantiba. Dzięki odpowiedniemu ukształtowaniu i zastosowaniu podwójnej elewacji szklanej możliwe było uzyskanie naturalnego ciągu powietrza poddanego nawilżeniu przez kurtynę wodną (ogrzanie zimą i schłodzenie latem). W tym przypadku w celu uzyskania dobrego ciągu powietrza zastosowano komin słoneczny.

4. PROCESY I SYSTEMY BIOLOGICZNE PRZENIESIONE DO ARCHITEKTURY

4.1. Procesy ewolucyjne i morfogeneza

Przykładem projektowania architektury w oparciu o procesy morfogenezy i przekształcenia topologiczne jest Embryological House projektu Grega Lynna. Dzięki rozwojowi technologii cyfrowych możliwe było przeprowadzenie bardziej złożonych transformacji określanych mianem topologii rozmaitości. [10] Przekształcanie „zarodka” przedstawionego za pomocą krzywej Béziera prowadzi do powstania krzywoliniowej formy kształtowanej na poziomie rzutu i przekroju. Podczas komputerowej symulacji, nazwanej przez Grega Lynna animacją, eliminowano rozwiązania niespójne topologicznie. [8] Animacja w tym przypadku, jak pisze autor w eseju *Animate Form*, rozumiana jest jako rodzaj rozwoju formy, a nie wprawienie elementu w ruch. Tak przeprowadzone działanie pozwoliło na przedstawienie bryły obiektu jako struktury budowanej w sposób dynamiczny, stanowiąc próbę odpowiedzi na zmienne uwarunkowania lokalizacyjne i potrzeby funkcjonalno-przestrzenne. [2] Architekturę można kształtować także na bazie przyjętego algorytmu genetycznego. Taki algorytm został opracowany w 1975 roku przez Johna H. Hollanda z Uniwersytetu w Michigan. W zdefiniowanym środowisku losowo wygenerowaną populację określono za pomocą genotypu (informacje o sposobie przystosowania) umożliwiającym określenie fenotypu (funkcje decydujące o przystosowaniu). [3] Po przeprowadzonej selekcji rozwojowi poddano osobniki najlepiej przystosowane w kolejnych krokach algorytmu. Należy zauważyć, że zastosowanie różnych technik ewolucyjnych umożliwia optymalizację struktury oraz ocenę przyjętych rozwiązań szczególnie pod kątem ich efektywności. W projektowaniu architektonicznym korzystne efekty wynikają również z łączenia algorytmu ewolucyjnego z algorytmem generatywnym. Wówczas staje się możliwe kształtowanie formy na podstawie wygenerowanego kodu z uwzględnieniem uwarunkowań

środowiskowych. W wyniku takiego działania powstaje nowa, inna architektura tzw. morfoekologiczna [6]. Ten sposób kreowania architektury przyświecał architektom z pracowni OCEAN i Scheffler + Partners podczas projektowania Biblioteki Narodowej w Pradze. Przyjęta forma strukturalna powstała jako efekt optymalnego kształtowania funkcji i konstrukcji, ale także istniejącej relacji obiektu z otoczeniem i środowiskiem.

4.2. Proces naprawczy

Zdolność organizmów żywych do naprawiania uszkodzeń mechanicznych ciała w procesie gojenia ran czy zrastania się złamanych kości zafascynowała również naukowców z dziedzin niezwiązanych z medycyną czy biologią. W efekcie rozpoczęto badania i poszukiwania materiałów samonaprawiających się, które mogłyby stanowić o powstaniu nowej jakości w naukach inżynierskich. Za materiały samonaprawiające uznaje się inteligentne materiały, które reagują na uszkodzenia mechaniczne w obrębie ich struktury, poprzez wykorzystanie samoczynnych procesów naprawczych. Jednym z przykładów wykorzystania tego typu materiałów, które mogą być zastosowane w budownictwie, jest samonaprawiający się beton bioconcrete. Badania nad tym materiałem prowadzone są przez naukowców z Uniwersytetu Technicznego w Delft w Holandii. Tradycyjny beton został wzbogacony o mieszkankę składającą się z nieaktywnych przetrwalników bakterii z rodzaju *Bacillus* i składników odżywczych w postaci granulatu. Proces samonaprawy zostaje zapoczątkowany w wyniku powstania w betonie uszkodzeń mechanicznych, które umożliwiają kontakt zarodników bakterii z wodą i tlenem. Podczas naturalnego procesu naprawczego pęknięcia są uzupełniane wapniem. [12] [14] Powstający materiał jest przykładem zaistniałej „współpracy” pomiędzy systemami biologicznym i technicznym. Podobne badania prowadzone są również m.in. w zakresie unowocześniania tworzyw sztucznych. Naukowcy z Instytutu Fraunhofer w Oberhausen obecnie testują elastometry, a zainspirowaniem jest drzewo kauczukowe zawierające lateks z kapsułkami z białkiem hevein, które umożliwia utworzenie warstwy ochronnej zamykającej uszkodzenie powstałe w strukturze rośliny. Zastosowanie kleju z syntetycznego kauczuku w postaci mikrokapsulek spowodowało powstanie samonaprawiających się polimerów. [13]

4.3. System regulujący

Homeostatyczne elewacje to systemy regulujące klimat wewnątrz budynku, reagujące na warunki środowiskowe występujące na zewnątrz obiektu. Metoda działania opiera się na zjawiskach fizycznych, stąd nie jest potrzeb-

ne zasilanie. System inspirowany działaniem mięśni i ścięgien pełni podobną funkcję jak pory w liściach roślin, które zamykając się uniemożliwiają utratę wilgoci, i działa dzięki zastosowaniu elastycznego polimeru połączonego z elastomerem. Elementy „żaluzji” odkształcają się pod wpływem ciepła, uniemożliwiając w ten sposób dalsze nagrzewanie się wnętrza budynku, eliminując tym samym efekt przegrzania pomieszczeń. Innymi tego typu materiałami są tak zwane smart materials, np. switchable glass, oparte na technologii ciekłych kryształów, które pod wpływem prądu zmieniają przezierność tafli szklanej.

4.4. System ostrzegawczo-maskujący

Barwy w świecie roślin i zwierząt pełnią funkcję informującą, podobnie jak elewacje budynków architektonicznych. Elewacje multimedialne są szczególną formą wyrazu i mogą pełnić zarówno rolę informacyjną, jak i estetyczną. W centrum rozrywkowym Xicui w Pekinie zastosowano elewację multimedialną połączoną z ogniwami PV, które redukują zapotrzebowanie na energię. Obecny w świecie przyrody kamuflaż również fascynuje architektów. W architekturze ten efekt jest stosowany jako element iluzji, która „oszukuje” ludzki wzrok. Dzięki odpowiednim metodom możliwe jest uzyskanie idealnej geometrii obiektu (starożytność) lub złudzenie ruchu. Budynek Aqua Tower w Chicago to wieżowiec, w którym udało się uzyskać złudzenie falowania fasady. Poprzez dodanie do klasycznej formy prostopadłościennego wysokościowca, struktur organicznych w kształcie systemu tarasów stworzono odczucie zbliżone do form wapiennych skał osadowych.

4.5. Cykl obiegu materii

Cykl życia budynku stanowi obecnie ważny aspekt w procesie kształtowania nowoczesnej architektury. Ten istotny element wydaje się bardzo trudny do przekształceń. Zmiany zachodzące w pojmowaniu złożoności procesu powstawania materiałów budowlanych i poszczególnych elementów oraz procesu budowy, eksploatacji i rozbiórki, zainicjowane przez zrównoważone podejście do projektowania architektury, mają coraz większe znaczenie. W tym kontekście coraz popularniejsze stają się koncepcje wywodzące się z trendu low-tech, który uwzględnia budowanie obiektów za pomocą naturalnych materiałów, jak w przypadku centrum kulturalnego w Monachium. Nośna idea recyklingu, wyrażana przez ponowne zastosowanie materiałów używanych w budownictwie, to istotne ograniczenie negatywnego oddziaływania człowieka na środowisko naturalne.

5. DAŻENIA ANTROPOMIMETYCZNE

Wizjonerskie projekty Marcosa Novaka stanowią istotny głos w dyskusji o przyszłościowych trendach w kształtowaniu architektury. Jego koncepcje neuroarchitektoniczne, wykorzystujące nanotechnologię jako sposób kształtowania architektury z neuronów i atomów, wydają się obecnie jeszcze bardzo futurystyczne. W swoim wirtualnym projekcie AlloBio Marcos Novak przedstawia architekturę jako efekt kształtowania pod wpływem neuro- i nanoczynników. Projekt ten wprowadza architektów w erę cyfrowej awangardy, która zawiera idee biomimikryczne. Forma, zwana blob, która zainspirowała m.in. architektów przy projektowaniu Kunsthause w Grazu, została cyfrowo przekształcona w bioformę. Koncepcja AlloBio łączy w sobie, zgodnie z nazwą, elementy ze świata ożywionego i nieożywionego. Novak w tym projekcie nadaje nowe znaczenie pojęciu inteligentnych budynków. Jego obiekty architektoniczne są zdolne reagować na zachowania człowieka nie tylko poprzez integralny system elektroniczno-komputerowy, ale również poprzez zastosowanie żywych i wrażliwych na bodźce ścian zewnętrznych wyposażonych w światłowodowe czujniki, zdolne reagować na zmiany wielu parametrów, dostosowując się do otoczenia, jak to się dzieje w przyrodzie. Przy współpracy z biologami molekularnymi z Instytutu Nanosystemów w Kalifornii. [11] Novak przenosi swoje teorie do innych projektów, m.in. do AlloNeuro, w którym kształtowanie przestrzeni i funkcjonowanie budynku przypomina układ sieci neuronowych ludzkiego mózgu. Poszukiwania przyszłości architektury mogą nie ograniczać się do rozwoju systemów inteligentnych czy sztucznej inteligencji, ale również do poszukiwania skomplikowanych, wielofunkcyjnych materiałów oraz elastycznych metod kształtowania umożliwiających złożone „reakcje” architektury na określone bodźce. Czwarty wymiar architektury, jakim jest czas, nabiera w tym ujęciu nowego znaczenia. Sposób kształtowania architektury powinien uwzględniać trwałość w nowym kontekście, który umożliwiają cyfrowe narzędzia, jako architektury, która dzięki optymalizacji i „przystosowaniu” może przetrwać w świecie realnym.

6. PODSUMOWANIE

W procesie kształtowania współczesnej architektury wyraźnie widoczna jest tendencja w poszukiwaniu analogii do organizmów żywych. Inspiracje bioniką prowadzą do powstania nowej architektury będącej wyrazem wiodących trendów projektowych. Projektowanie architektury w oparciu o bioniczne teorie to możliwość tworzenia oryginalnych, optymalnych, inteligentnych i reagujących na zmiany środowiska aktywnych na wielu poziomach obiektów. Wśród współczesnych poszukiwań pojawia się również

dążenie do kreowania struktur antropomimetycznych, które w przyszłości mogą spowodować znaczący zwrot w projektowaniu architektonicznym.

Abstract

New way of thinking has changed a process of creating contemporary architecture and leads up the analogy of biological organisms. The biomimicry inspirations become one of the leading modern trends in designing architecture. This article make an attempt at analyzing of selected trends in the process of creation structural forms and buildings components in reference to methods of bionic design, using ways of conceiving, functioning and building of matter in the world around us.

Streszczenie

W procesie kształtowania współczesnej architektury coraz częściej widoczna jest analogia do organizmów żywych. Inspiracje biomimikrą stają się jednym z ciekawszych kierunków kształtowania architektury. Podjęta w referacie analiza wybranych tendencji w tworzeniu form strukturalnych i elementów składowych budynku nawiązuje do bionicznych metod projektowania wykorzystujących sposoby pojmowania, funkcjonowania i budowania materii w otaczającym nas świecie.

Literatura:

- [1] Borys P., Tkacz E.: *Bionika*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2006, s. 11–17
- [2] Buck P.: O animacji w projektowaniu architektury. Eksperymenty Grega Lynna, *Archivolta*, **2 (54)/2012**, s. 57–62
- [3] Januskiewicz K.: Systemy i narzędzia generatywne, *Archivolta*, **4 (56)/2012**, s. 44–51
- [4] Jodidio P.: *Santiago Calatrava*, Taschen, Köln, 2008, s. 9, 75–77
- [5] Marchwiński J.: *Fasady fotowoltaiczne. Technologia PV w architekturze*, OW Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania, Warszawa, 2012, s. 84–85, 113–115
- [6] Rokicki W., Wysokińska E.: *Algorytmy w kształtowaniu form strukturalnych w architekturze*, [w:] Dornowski W. (red.), *Problemy współczesnej architektury i budownictwa. Materiały Konferencji Naukowej ARCHBUD 2012*, OW Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania, Warszawa, 2012, s. 243–253

- [7] Rokicki W., Wysokińska E.: *Dyskretyzacja powierzchni strukturalnych w kształtowaniu współczesnej architektury*, [w:] Kuczer M. (red.), *Nowe trendy w naukach inżynierskich 3, tom V*, 2012, s. 95–102
- [8] Słyk J.: *Źródła architektury informacyjnej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2012, s. 153–154
- [9] Stępień A.: Bit architektury. *Architektura & Biznes*, **11/11**. s. 40-53
- [10] Wysokińska E.: *Topologia w procesie poszukiwania form architektonicznych*, [w:] Kuczer M. (red.), *Młodzi naukowcy dla polskiej nauki cz. VII, nauki inżynierskie, tom. I*, Creativetime, 2012, s. 69–75

Strony internetowe:

- [11] Birch T., Markussen T., Minding Houses, www.intelligentagent.com/archive/Vol5_No2_novak_markussen+birch.htm, [dostęp: 06.2013]
- [12] JonkersH., Bio-concrete, www.tudelft.nl/en/cooperation/innovation-tu-delft-event/dde-award-2009/bio-concrete/, [dostęp: 06.2013]
- [13] Strona Internetowa Portalu Ecosilesia. Samoreperujące się plastiki, www.ecosilesia.com/nauka-i-technika/item/155-samoreperuj%C4%85ce-si%C4%99-plastiki, [dostęp: 06.2013]
- [14] Strona Internetowa Uniwersytetu Technicznego w Delft, Self-healing concrete to build for ages, www.tudelft.nl/fileadmin/UD/MenC/Support/Internet/TU_Website/TU_Delft_portal/Samenwerken/Patenten_vitrine/Patenten_IPMS_pdf/OCT-07-054_Concrete.pdf, [dostęp: 06.2013]

Wiesław ROKICKI
Politechnika Warszawska
Joanna PIETRZAK
Politechnika Warszawska

ROZWIĄZANIA BIOKLIMATYCZNE W WYSOKICH EUROPEJSKICH BUDYNKACH BIUROWYCH

1. WSTĘP

Realizowane w Europie wysokie budynki biurowe to obiekty charakteryzujące się na ogół wysoką jakością użytkową. Europejskie wieżowce nie konkurują ze światowymi realizacjami w rozgrywającym się wyścigu wysokości. Należy podkreślić, iż nie wysokość europejskich wieżowców, ale ich szeroko pojęta jakość to główny wyznacznik prestiżu wnoszonych budynków.

Ze względu na potrzebę poszanowania energii istotnego znaczenia nabiera forma obiektu, aczkolwiek w europejskim klimacie związane z tym korzyści są ograniczone. Ważną dziedziną projektowania stają się proponowane rozwiązania bioklimatyczne. Coraz lepsze dostosowywanie się do uwarunkowań lokalnego mikroklimatu to przede wszystkim rozwiązania umożliwiające pasywne oszczędzanie energii. Stosowane rozwiązania funkcjonalno-przestrzenne wynikają z analizy lokalnych uwarunkowań, dzięki czemu są interesujące, często niepowtarzalne i atrakcyjne dla inwestorów. Świadome działania projektowe, ukierunkowane na odpowiednie ukształtowanie przestrzenne brył oraz elewacji obiektów, zwiększają możliwość wykorzystania naturalnych metod wentylacji, chłodzenia i ogrzewania oraz doświetlania pomieszczeń biurowych światłem naturalnym [6]. Prezentowany referat dotyczy omówienia najnowszej generacji budynków biurowych, w których wymienione zagadnienia oraz bioklimatyczne kształtowanie stanowiły ważny element procesu projektowego.

2. KSZTAŁTOWANIE ELEWACJI

Jednym z podstawowych zagadnień i trudności w projektowaniu wysokich budynków biurowych są odpowiednie rozwiązania techniczno-technologiczne elewacji, umożliwiające dostosowanie budynku do otaczającego

mikroklimatu. W projektowaniu można wykorzystać zarówno innowacyjne rozwiązania high-tech, jak i bardziej tradycyjne, określane jako low-tech [1]. Pożądanymi do osiągnięcia celami są: maksymalne wykorzystanie światła dziennego, oszczędność energii, uzyskanie naturalnej wentylacji, chłodzenia i ogrzewania.



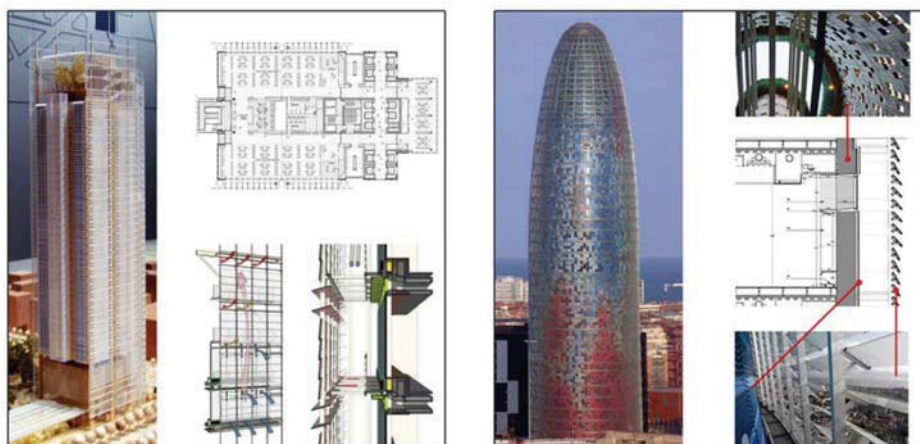
Ryc. 1. Widok, przekrój oraz widok fragmentu elewacji RWE AG Turm (z lewej), widok, rzut kondygnacji powtarzalnej oraz wnętrze ogrodu zimowego wieżowca Westhafen (z prawej)

Często stosowanym rozwiązaniem są podwójne ściany osłonowe, z których zastosowaniem łączy się szereg korzyści wynikających z ich właściwości izolacyjnych, akustycznych oraz termicznych. Istotnymi czynnikami są także: integracja wewnętrznych osłon przeciwsłonecznych oraz umożliwienie wykorzystania naturalnej wentylacji. Takie zalety łączy w sobie podwójna ściana osłonowa cylindrycznego wieżowca RWE AG w Essen. W budynku przez większą część roku jest zapewniona naturalna wentylacja. Ponadto elektronicznie sterowane lamele umożliwiają rozproszenie i ograniczanie natężenia światła słonecznego, a bardzo dobre doświetlenie pomieszczeń wynika z zastosowania bezbarwnego szkła [10].

Cylindrycznym kształtem, który znacząco ogranicza powierzchnię fasad i minimalizuje oddziaływanie wiatru, charakteryzuje się wieżowiec Westhafen zrealizowany we Frankfurcie. W tym przypadku w okrąg wpisano kwadratowy rzut kondygnacji biurowych. Powstałe „puste przestrzenie” poprawiają parametry mikroklimatu oraz bilans energetyczny budynku, ale także wspomagają naturalną wentylację. Cała elewacja jest wykonana jako jednowarstwowa ściana kurtynowa ze szkleniem o podwyższonych parametrach. Mimo że okna w pomieszczeniach mogą być otwierane, budynek jest

w pełni klimatyzowany, a jako czynnik chłodzący wykorzystuje się wodę pobieraną z rzeki [1].

Natomiast forma wznoszonego w Turynie budynku Grupy Intesa Sanpaolo jest bardziej złożona niż w przypadku dwóch obiektów analizowanych poprzednio. Rzut budynku zróżnicowany jest zależnie od ekspozycji względem stron świata i podobnie zmienia się sposób kształtowania elewacji. Elewacja południowa na całej wysokości zostanie pokryta panelami fotowoltaicznymi, a w jej części centralnej będzie umieszczony wertykalny ogród zimowy. Fasady wschodnia i zachodnia zostały zaprojektowane jako podwójne, przeszklone ściany osłonowe ze zintegrowanymi mobilnymi elementami zacieniającymi. Zewnętrzna warstwa elewacji wyposażona w otwierane latem kłapy umożliwi naturalne wentylowanie przestrzeni międzypasadowej i ograniczenie przegrzewania. Zamknięcie kłap zimą spowoduje wydzielenie termicznej przestrzeni buforowej. Strategia energetyczna budynku to także pasywne chłodzenie przestrzeni podwójnych stropów betonowych w godzinach nocnych [7].



Ryc. 2. Model, rzut oraz detale podwójnej elewacji siedziby Intesa Sanpaolo (z lewej), widok Torre Agbar, detale elewacji: widoki od wewnątrz, przekrój oraz widok od zewnątrz (z prawej)

W przeciwieństwie do prezentowanych budynków wieżowców Torre Agbar w Barcelonie to przykład, który ilustruje podejście do oszczędnego kształtowania bilansu energetycznego budynku przy użyciu stosunkowo prostych środków. Elewację budynku zaprojektowano przy założeniu dostosowania się do miejscowego klimatu, a celem było uzyskanie optymalnego doświetlenia wnętrza i eliminowanie przegrzewania oraz poprawienia warunków wentylacji. Wewnętrzna warstwa ściany nośnej to betonowa powłoka perforowa-

na otworami okiennymi. Zewnętrzne szklane lamele o regulowanym kącie nachylenia stanowią dodatkową strefę buforową, nie dopuszczają do okien bezpośredniego promieniowania słonecznego i umożliwiają cyrkulację powietrza w przestrzeni fasady [6, 9].

Elewacje wieżowców bioklimatycznych stanowią podstawowe elementy dostosowujące budynki do otaczającego środowiska. Mogą one konstrukcyjnie być niezależne od bryły budynku i tworzyć uzupełnienie dowolnie projektowanej formy. Efektywniejsze rozwiązania polegają na zróżnicowanym kształtowaniu elewacji, zależnie od ekspozycji względem kierunków świata, łączone z odpowiednim ukształtowaniem bryły wieżowca. Tendencje poprawiania bilansu energetycznego to nie tylko rozwiązania pasywne, ale również nowatorskie elementy high-tech, takie jak nowe generacje materiałów o podwyższonych parametrach, czy wprowadzanie efektywnych elementów mobilnych. Elewacja budynku jako odpowiednik „skóry” może prowadzić do zastosowania stosunkowo prostego, ale efektywnego i przemysłanego rozwiązania.

3. KSZTAŁTOWANIE FORMY

Bardzo znaczące w projektowaniu budynku bioklimatycznego jest kształtowanie jego bryły. Efektywnie zaprojektowana elewacja powinna stanowić uzupełnienie odpowiednio ukształtowanych: rzutu i przekroju wieżowca, uwzględniających występujące na działce uwarunkowania.

Rozpowszechnionym rozwiązaniem są stosowane w budynkach atria, które tworzą naturalne kominy wentylacyjne, zapewniając także penetrację naturalnego światła w głąb traktu. Atria mogą również stanowić przestrzeń do wprowadzania roślinności i wody, „zielone płuca” regulujące mikroklimat w budynku.

Przykładowo, taki obiekt jest obecnie budowany w Warszawie. W projekcie Eurocentrum Office Complex poza zastosowanymi nowoczesnymi rozwiązaniami technicznymi, w tym elewacją, przewidziano także zielone atria, które umieszczono od strony północno-zachodniej i południowo-wschodniej. Atria będą doświetlać wnętrza i służyć jako element systemu wymiany powietrza oraz regulacji parametrów mikroklimatu [3].

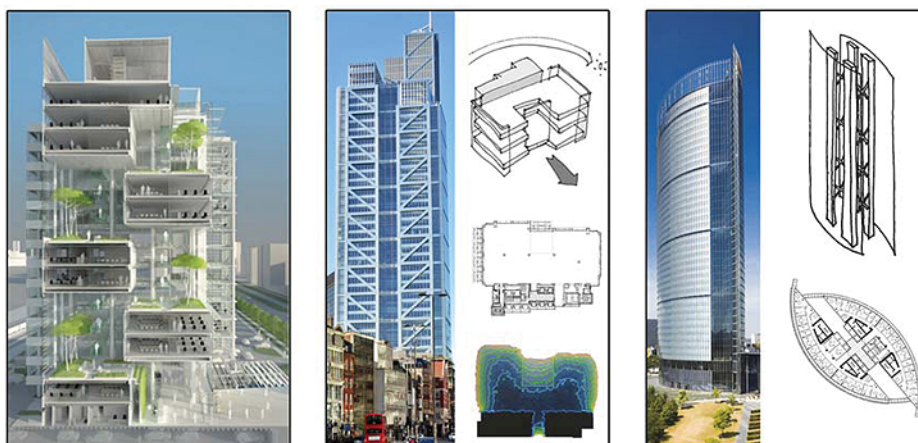
Jednymi z podstawowych czynników branych pod uwagę przy kształtowaniu formy wieżowców jest ich orientacja względem stron świata, optymalne doświetlenie wnętrza i ochrona przed przegrzewaniem. Z przeprowadzonych analiz doświetlenia pomieszczeń światłem naturalnym wynikał kształt poszczególnych kondygnacji wieżowca Heron Tower w Londynie. Badania miały na celu znalezienie odpowiedniej formy budynku dla zapewnienia maksymalnej penetracji światła w głąb powierzchni biurowych przy jednoczesnym zapobieganiu przegrzewaniu się pomieszczeń i oślepianiu pracowników.

Wynikiem analiz było zaprojektowanie atriów umiejscowionych od strony północnej. Trzon budynku został zlokalizowany przy południowej fasadzie, dzięki czemu miejsca pracy są chronione przed nadmiernym nagrzewaniem i zbyt dużym natężeniem światła słonecznego [9].

Najefektywniejsze rozwiązania bioklimatyczne powstają wtedy, gdy połączy się w procesie projektowym kształtowanie bryły i elewacji wieżowca, w silnym uzależnieniu od warunków lokalnego mikroklimatu.

W celu uzyskania możliwie najmniejszych oporów powietrza oraz najlepszych warunków dla wentylacji naturalnej, wieżowiec Deutsche Post w Bonn zaprojektowano w kształcie wrzeciona. W centralnej części rzutu, na całej wysokości budynku, wprowadzono szczelinę zawierającą ogrody zimowe. Charakterystyczny element wieżowca to podwójna przeszklona elewacja, której sposób kształtowania zmienia się w zależności od stron światła. Dzięki zastosowaniu w elewacjach szkła o niskiej zawartości żelaza oraz wprowadzeniu atrium możliwe jest doświetlenie światłem dziennym pomieszczeń zarówno zewnętrznych, jak i wewnętrznych. Przy odpowiednich warunkach atmosferycznych budynek wentylowany jest w sposób naturalny. Świeże powietrze z zewnątrz doprowadza się bezpośrednio do pomieszczeń biurowych, a zużyte usuwa poprzez atrium, dzięki czemu odzyskiwane i wykorzystywane są straty ciepła [9, 10].

Kształtowanie formy wysokiego budynku bioklimatycznego w dostosowaniu do lokalnych warunków środowiskowych polega na integrowaniu różnych rozwiązań w „organicznie” pracujący system.



Ryc. 3. Przekrój Eurocentrum Office Complex (z lewej), widok Heron Tower, orientacja budynku względem stron świata, rzut kondygnacji powtarzalnej oraz analiza jej doświetlenia (w środku), widok, schemat konstrukcji oraz rzut wieżowca Deutsche Post (z prawej)

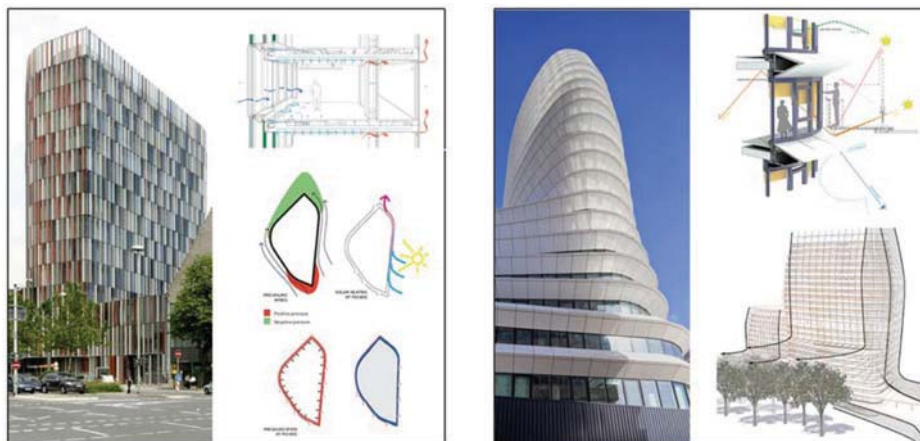
Większość tak zaprojektowanych budynków odznacza się jednak silnym zgeometryzowaniem, modularnością, powtarzalnością i uproszczeniem rozwiązań przestrzennych oraz detali technicznych i architektonicznych.

Kolejnie wprowadzane novum to projektowanie budynków zmiennych zarówno w rzucie, jak i przekroju, których każdy fragment jest optymalizowany pod względem warunków panujących w miejscu jego wbudowania.

4. OPTIMALIZACJA FORMY I ELEWACJI

Wykorzystywanie coraz większych możliwości obliczeniowych komputerów, procesów projektowania parametrycznego i algorytmów optymalizacyjnych pozwolił na projektowanie budynków precyzyjnie wpasowywanych w otoczenie. Powstające wieżowce są dostosowywane do parametrów mikroklimatu zmieniających się dla różnych części budynku.

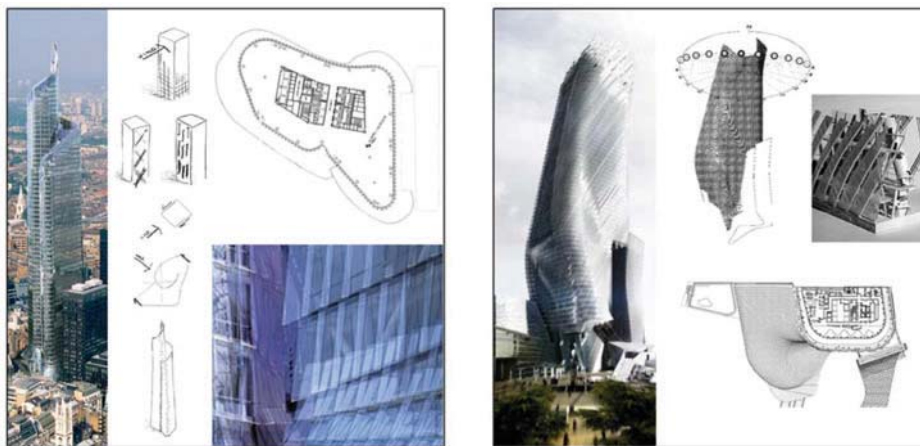
W budynku KfW Westarkade we Frankfurcie dynamicznie kontrolowana podwójna fasada eliminuje negatywny wpływ wiatru i umożliwia otwieranie okien. Zewnętrzna warstwa fasady jest wyposażona w kłapy, które otwierają czujniki dostosowujące ich pozycję do pięciu kierunków wiatru oraz zróżnicowanej temperatury, a także do panujących warunków nasłonecznienia i ciśnienia po nawietrznej i zawietrznej stronie budynku. Otwieranie bądź zamykanie kłap utrzymuje stałe i równomierne ciśnienie wewnątrz fasady, która działa również jak „pasywny kolektor słoneczny”. Przy wysokich temperaturach kłapy mogą zostać całkowicie otwarte [10].



Ryc. 4. Widok KfW Westarkade, fragment przekroju oraz schematy prezentujące zasadę działania naturalnej wentylacji (z lewej), widok siedziby Education Executive Agency and Tax Offices oraz zasada kształtowania elewacji i bryły budynku (z prawej)

Zastosowanie metod parametrycznych przy projektowaniu budynku Education Executive Agency and Tax Offices w Groningen miało na celu optymalizację istniejących warunków nasłonecznienia oraz uzyskanie bardziej aerodynamicznego kształtu. Poprzez zminimalizowanie turbulencji umożliwiona została naturalna wentylacja (otwieranie okien). Wieżowiec charakteryzują zastosowane na elewacji poziome żebra, które służą jako elementy kontrolujące podmuchy wiatrów, oraz bariera wizualna, a zależnie od pory roku odbijają światło słoneczne na zewnątrz budynku lub do jego wnętrza. Profil żeber zmienia się płynnie zależnie od orientacji względem stron świata, tak aby skutecznie zacieniać wnętrze. Ponadto, plan budynku oraz poziome pasy okien pozwalają na zachowanie kontaktu wizualnego z otaczającą zielenią [2].

W procesie optymalizacji uwzględniającej łączenie projektowania parametrycznego z działaniem algorytmów analitycznych powstała forma wieżowca Pinnacle w Londynie. Jednym z kluczowych zagadnień było rozwiązanie podwójnej elewacji, podzielonej na przeszklone, prostokątne panele o stałych wymiarach. Wewnętrzna warstwa elewacji to ciągła obudowa wieżowca wyposażona w otwierane okna. Natomiast zewnętrzną część fasady stanowią odseparowane panele przypominające łuski. Ukształtowanie fasady oraz ustawienie jej elementów zostało wygenerowane przez wyspecjalizowany algorytm optymalizacyjny, który miał na celu m.in. zapewnienie odpowiednich otworów napowietrzających pomiędzy panelami, przy jednoczesnym zachowaniu wizualnej ciągłości elewacji. Zoptymalizowany został także aerodynamiczny kształt wieżowca, który minimalizuje oddziaływanie sił wiatru na budynek i powoduje poprawienie efektywności naturalnej wentylacji [4].



Ryc. 5. Pinnacle Tower: widok, zasada kształtowania bryły, rzut i fragment elewacji (z lewej), widok Tour Phare, analiza nasłonecznienia elewacji, jej detal oraz rzut 65 piętra (z prawej)

Dzięki komputerowej optymalizacji możliwe jest dostosowywanie się do złożonych miejscowych uwarunkowań i projektowanie niepowtarzalnych, skomplikowanych form, które znajdują uzasadnienie w analizach lokalizacji. Przykładem takiej realizacji jest wieżowiec Tour Phare w Paryżu. Forma i orientacja budynku zostały zaprojektowane w dostosowaniu do przebiegu słońca. Płaska, przeszklona północna fasada maksymalizuje całoroczną ekspozycję wewnątrz na światło naturalne. Natomiast przeszklona, ale „falująca” elewacja wschodnio-południowo-zachodnia będzie osłonięta ukośnie ustawionymi, perforowanymi panelami ze stali nierdzewnej. Ta podwójna ściana osłonowa, dzięki swoim krzywiznom i konstrukcji, „zminimalizuje” zjawisko olśnienia i zyski ciepła od promieniowania słonecznego, przy jednoczesnym zachowaniu dostępu światła naturalnego do przestrzeni biurowych. Dla osiągnięcia optymalnego zacienienia wewnątrz ustalono indywidualnie kąt ustawienia każdego z 5000 paneli. Wyższa część wieżowca z powodu obciążenia wiatrem będzie coraz bardziej smukła, a konstrukcję elewacji zwieńczą turbiny wiatrowe [5].

Wśród najnowszych realizacji bioklimatycznych budynków wysokich można wyodrębnić grupę obiektów o krzywoliniowej geometrii, które dzięki wielokryterialnym optymalizacjom coraz bardziej odbiegają od klasycznego, prostopadłościennego wieżowca. Jednocześnie w budynkach nie rezygnuje się ze stosowania nowoczesnych, zaawansowanych rozwiązań technicznych, pomagających utrzymywać odpowiednie warunki mikroklimatu wewnętrznego w przypadku niesprzyjających warunków pogodowych. Zoptymalizowanie procesu projektowania budynków wysokich umożliwia jednak skracanie okresu działania urządzeń mechanicznych, jednocześnie przyczyniając się do kreowania wyróżniających się, oryginalnych form.

5. PODSUMOWANIE

Aktualnie obserwuje się coraz powszechniejsze projektowanie wysokich europejskich budynków biurowych według założeń bioklimatycznych. Realizacje z tej grupy obiektów stanowią zwrot ku naturze i naturalnym potrzebom człowieka, stąd projekty opracowywane są często w oparciu o analizę lokalnych uwarunkowań i maksymalizują wykorzystanie specyficznych dla danego środowiska zasobów naturalnych. Niemniej, w celu poprawienia bilansu energetycznego nie rezygnuje się również z wprowadzania nowatorskich elementów high-tech.

W przypadku projektowania obiektu bioklimatycznego szczegółowo opracowuje się sposób ukształtowania elewacji oraz bryły budynku. Bardziej efektywne rozwiązania polegają na ich jednoczesnym i kompleksowym dostosowywaniu do panujących lokalnych warunków środowiskowych. Większość tak zaprojektowanych budynków odznacza się silnym zgeometryzo-

waniem i powtarzalnością rozwiązań przestrzennych oraz detali. Niektóre z najnowszych realizacji cechuje jednak krzywoliniowa geometria oraz zmienność w rzucie i przekroju. Ta nowa generacja budynków bioklimatycznych jest wynikiem wprowadzenia do procesu projektowego wielokryterialnych optymalizacji, w wyniku których każdy fragment budynku jest dostosowywany do warunków istniejących w miejscu jego wbudowania.

Jednak jest kwestią sporną, czy w klimacie europejskim odpowiedni mikroklimat w wieżowcu może być zapewniony bez stosowania urządzeń mechanicznych. Nie rezygnuje się więc z wprowadzania zaawansowanych rozwiązań technicznych, funkcjonujących w przypadku niesprzyjających warunków pogodowych. Sposoby projektowania budynków umożliwiają jednak coraz efektywniejsze ograniczanie czasu działania urządzeń mechanicznych.

Abstract

The prestige and a high standard of user comfort in European high-rise buildings among the other things depend on bioclimatic solutions. In bioclimatic design both the form and façades should respond to the local microclimate, as well as each individual skyscraper's element ought to be optimized in terms of its efficiency. Furthermore, the tendency to integrate the most advanced technical and technological solutions is observed.

Streszczenie

O prestiżu i jakości użytkowej europejskich wieżowców decydują między innymi rozwiązania bioklimatyczne. Projektowanie budynku bioklimatycznego oznacza kształtowanie bryły i elewacji w oparciu o analizy lokalnych warunków środowiskowych, a także optymalizowanie parametrów poszczególnych elementów wieżowca. W projektowaniu tych budynków dostrzega się także tendencje do stosowania najbardziej zaawansowanych, nowoczesnych rozwiązań techniczno-technologicznych.

Literatura:

- [1] Daniels K.: *Low-Tech Light-Tech High-Tech Building in the Information Age*, Birkhauser, Basel-Boston-Berlin, 1998
- [2] Education Executive Agency & Tax Offices by UNStudio. [Online] [Zacytowano: 25.06.2013] www.unstudio.com/projects/ibg-tax-offices

- [3] Eurocentrum – Zielony Budynek – Ekologiczne Rozwiązania. [Online] [Zacytowano: 25.06.2013] http://eurocentrum.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=29&Itemid=24&lang=pl
- [4] Hesselgren L., Charitou R., Dritsas S.: *The Bishopsgate Tower Case Study* [Online] [Zacytowano: 25.06.2013] www.formpig.com/pdf/formpig_bishopsgate%20tower%20study_kpf%20dritsas%20hesselgren%20charitou.pdf
- [5] Phare Tower | Morphopedia | Morphosis Architects. [Online] [Zacytowano: 25.06.2013] <http://morphopedia.com/projects/phare-tower>
- [6] Pietrzak J.: *Komfort użytkowy w projektowaniu biurowych budynków wysokich*, Młodzi naukowcy dla polskiej nauki, Część 7 – Nauki inżynieryjne, t. I, s. 85–4.
- [7] Renzo Piano Building Workshop – Official Site. [Online] [Zacytowano: 25.06.2013] www.rpbw.com
- [8] Rokicki W.: *Konstrukcje w aeurytmicznej architekturze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006
- [9] Wells M.: *Skyscrapers: Structure and Design*, Yale University Press, New Haven, 2005
- [10] Wood A., Salib R.: *Natural ventilation in high-rise office buildings* Routledge, CTBUH and Illinois Institute of Technology, New York and London, 2013

Adam ROSIŃSKI
Politechnika Warszawska

INTEGRACJA SYSTEMU KONTROLI DOSTĘPU Z WYBRANYMI ZABEZPIECZENIAM ELEKTRONICZNYMI I MECHANICZNYMI

1. WPROWADZENIE

Niebezpieczeństwa dla życia ludzi i ich mienia, jakie występują we współczesnym świecie, wymuszają coraz to nowocześniejsze sposoby ochrony przeciwko tym zjawiskom. Są budowane nowsze i bardziej wyrafinowane techniczne systemy zabezpieczeń zarówno mechanicznych, jak i elektronicznych. Pomimo wzrostu możliwości technicznych i powstawaniu coraz to nowych konstrukcji w dziedzinie zabezpieczenia, trudno będzie znaleźć opcję, która da 100% bezpieczeństwa chronionej substancji. Warto więc zastanowić się nad definicją systemu zabezpieczającego obiekt (zarówno wewnętrzny, jak i zewnętrzny).

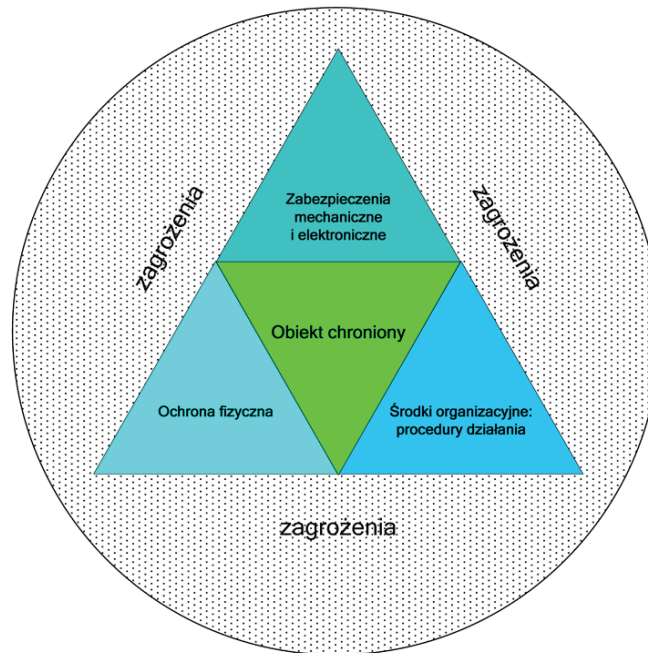
Def. System zabezpieczający obiekt to integralna całość zabezpieczeń elektronicznych i mechanicznych oraz ochrony fizycznej (jednostki interwencyjne).

Wymienione elementy są związane odpowiednimi procedurami postępowania w przypadku wystąpienia zagrożeń. Powyższe rozumowanie przedstawiono na rys. 1. Jeżeli system bezpieczeństwa zabezpieczający obiekt oraz użytkowników nie będzie składał się z przedstawionych powyżej elementów, to jest bardzo prawdopodobne, że nie spełni właściwie swojego zadania.

W obiektach użyteczności publicznej można wyróżnić wiele zagrożeń, takich jak m.in.:

- ataki terrorystyczne,
- włamanie,
- kradzież,
- pracownicze zagarnięcie mienia,
- napad,
- sabotaż,
- oszustwa,
- naruszanie przepisów dotyczących informacji niejawnych,

- naruszanie przepisów dotyczących ochrony danych osobowych,
- wandalizm,
- bójki,
- pobicia,
- czyny zakłócające spokój i porządek publiczny.



Rys. 1. Bloki składowe systemu zabezpieczającego obiekt

Część z przedstawionych powyżej zagrożeń występuje zarówno w obiektach stałych, jak i ruchomych (np. kradzieże, bójki, pobicia, wandalizm). Niektóre z nich (np. naruszanie przepisów dotyczących informacji niejawnych czy ochrony danych osobowych) dotyczą raczej obiektów stacjonarnych.

Przedstawione zagrożenia można także podzielić ze względu na:

- miejsce wystąpienia:
 - wewnątrz obiektu chronionego,
 - zewnątrz obiektu chronionego,
- czas występowania:
 - pory roku (np. zagrożenia w ruchu drogowym),
 - kwartały w produkcji (np. budowlanej, rolnej),
 - dni miesiąca (np. terminy wypłat gotówkowych wynagrodzeń pracowników),

- dni tygodnia (np. wyjazdy weekendowe poza miejsce zamieszkania),
- pory dnia (np. brak osób w obiekcie w nocy),
- godziny doby (odbiór środków finansowych z kas, sklepów),
- przyczynę:
 - działalność przestępcza osób,
 - zdarzenia losowe.

Odnosząc je do obiektów użyteczności publicznej, a w szczególności związanych z dużymi budynkami, można stwierdzić, iż wszystkie wymienione zagrożenia go dotyczą. Mogą one wystąpić zarówno wewnątrz dworców kolejowych (np. poczekalnie) czy lotnisk, jak też na szlakach kolejowych lub podczas lotu samolotu. Czas wystąpienia także jest zmienną probabilistyczną z uwagi na 24-godzinny charakter świadczenia usług przez firmy transportowe. Również przyczyna jest zmienną losową, choć przeważnie jest to działalność przestępcza osób, a rzadziej zdarzenie losowe (np. zwarcie instalacji elektrycznej i spowodowanie pożaru).

System pełnej sygnalizacji zagrożeń (tzw. ochrony elektronicznej) tworzy się z następujących systemów wyróżnianych zależnie od wykrywanych zagrożeń, jako systemy:

- sygnalizacji włamania i napadu,
- sygnalizacji pożaru,
- kontroli dostępu,
- monitoringu wizyjnego,
- ochrony terenów zewnętrznych.

Ochrona wynikająca z działania tych systemów może być uzupełniona przez systemy:

- sygnalizacji stanu zdrowia lub zagrożenia osobistego,
- sygnalizacji zagrożeń środowiska,
- przeciwwkradzieżowe,
- dźwiękowe systemy ostrzegawcze,
- lokalizacji pojazdów.

Istotnym elementem systemów alarmowych są *systemy transmisji alarmu* stanowiące urządzenia albo sieci do przekazywania informacji o stanie jednego lub więcej systemów alarmowych do jednego lub kilku alarmowych centrów odbiorczych.

Niewątpliwie we wszystkich wymienionych systemach bezpieczeństwa bardzo istotną rolę odgrywają zabezpieczenia mechaniczne. Zwiększają one czas, jakiego intruz potrzebuje, by wejść do ochraniających pomieszczeń. Dzię-

ki temu odpowiednie służby mogą podjąć interwencję, a tym samym zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia strat. Jednym z najczęściej spotykanych zabezpieczeń dostępu do obiektu są drzwi. Mogą one nie współpracować z żadnym elektronicznym systemem bezpieczeństwa, jednak najkorzystniej jest jeśli są częścią składową Systemu Kontroli Dostępu (oczywiście spełniając wymagania w zakresie współpracy z Systemami Sygnalizacji Pożarowej).

2. SYSTEMY KONTROLI DOSTĘPU

System kontroli dostępu (SKD), zwany również systemem sterowania dostępem, to zespół urządzeń i oprogramowania, które mają za zadanie:

- a) identyfikację osób albo pojazdów, uprawnionych do przekroczenia granicy obszaru zastrzeżonego oraz umożliwienie im wejścia/wyjścia,
- b) niedopuszczenie do przejścia przez osoby albo pojazdy nieuprawnione granicy obszaru zastrzeżonego,
- c) wytworzenie sygnału alarmowego informującego o próbie przejścia osoby albo pojazdu nieuprawnionego przez granicę obszaru zastrzeżonego.

System Kontroli Dostępu może także współpracować z innymi elektronicznymi systemami bezpieczeństwa, zwłaszcza z Systemem Sygnalizacji Pożaru, Systemem Sygnalizacji Włamania i Napadu, systemem monitoringu wizyjnego. Dzięki temu uzyskuje się efekt kumulacji korzystnych właściwości pochodzących z poszczególnych rozwiązań. Najczęściej stosuje się wówczas specjalne oprogramowanie integrujące.

Systemy kontroli dostępu można podzielić na trzy zasadnicze grupy, a mianowicie:

- system kontroli dostępu niezależny, będący więc indywidualnym systemem. Mogą one obsługiwać od 2 do bardzo wielu (nawet powyżej kilku tysięcy) przejść. Bardzo często są systemami modułowymi, gdzie każdy moduł obsługuje 8 przejść. W dużych systemach zazwyczaj występuje nadzór informatyczny, który pozwala na rejestrowanie zdarzeń i sterowanie urządzeniami za pomocą komputera.
- system kontroli dostępu, który może być fragmentem systemu sygnalizacji włamania i napadu. Takie rozwiązanie cechuje się mniejszą liczbą obsługiwanych przejść choćby ze względu na ograniczoną liczbę czytników kart (zazwyczaj do kilkudziesięciu głowic).
- system kontroli dostępu tzw. autonomiczny, a więc indywidualny na każdej drzwi. Taki prosty system KD steruje rygłem otwierającym drzwi. Może wchodzić w skład większego systemu KD.

Wiele typów systemów KD posiada czytniki, gdzie poza kartą należy podać także kod PIN. Najczęściej duże systemy KD są nadzorowane przez komputer, a wszystkie zdarzenia są archiwizowane na twardym dysku HDD.

Systemy kontroli dostępu można podzielić:

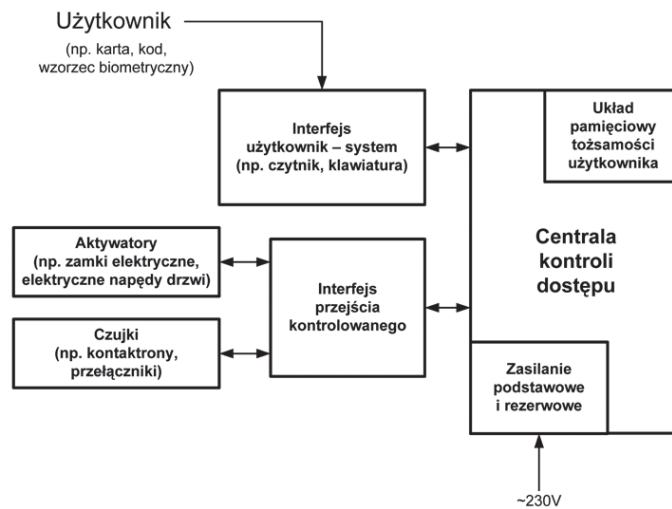
- ze względu na funkcję:
 - kontrola obszaru (grupa pomieszczeń),
 - kontrola pomieszczenia,

- ze względu na wyposażenie:
 - przejście kontrolowane jednostronnie (jeden czytnik, np. kart zbliżeniowych czy pastylek Dallas),
 - przejście kontrolowane dwustronnie.

Przejście kontrolowane zazwyczaj jest wyposażone w:

- czytnik (lub czytniki),
- czujki kontaktu,
- przycisk otwarcia,
- przycisk ewakuacyjnego otwarcia drzwi (wymagania ppożarowe),
- element ryglujący (np. rygiel, zwora, zamek),
- samozamykacz (jednofazowy lub dwufazowy),
- pochwyt (pochwyty).

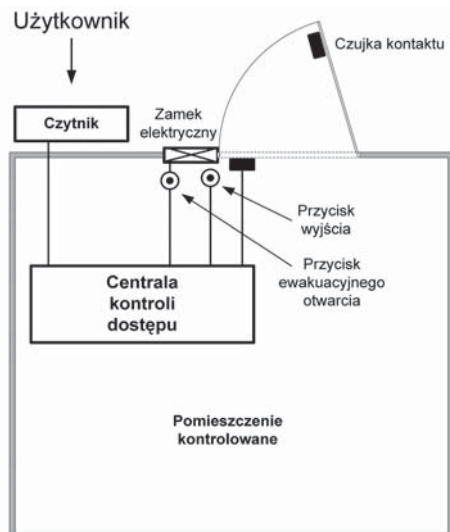
Na rys. 2 przedstawiono uproszczony schemat blokowy systemu kontroli dostępu. Użytkownik, chcąc przejść przez przejście kontrolowane musi potwierdzić swoją tożsamość, np. przyłożyć kartę zbliżeniową, podać kod. Interfejs użytkownik–system przesyła odczytaną informację do centrali kontroli dostępu, gdzie zostaje ona porównana (wykorzystując m.in. komparator) z wcześniej zaprogramowanymi i zapamiętanymi danymi użytkownika. Jeśli się zgadza, to poprzez interfejs przejścia kontrolowanego następuje uruchomienie aktywatorów przejścia (np. otwarcie zamka elektrycznego czy włączenie elektrycznego napędu otwarcia drzwi). Jeśli informacja nie zgadza się z danymi, to użytkownik nie może przejść, ponieważ nie nastąpiło uruchomienie aktywatorów przejścia. System kontroli dostępu posiada także czujki, które określają, czy drzwi zostały zamknięte po przejściu uprawnionej osoby, czy też nie zostały one otwarte w sposób niedozwolony (np. siłowy). W systemie może występować także moduł komunikacji z innymi centralami kontroli dostępu i innymi systemami zarządzania bezpieczeństwem budynku (np. systemy sygnalizacji włamania i napadu, systemy sygnalizacji pożarowej, systemy monitoringu wizyjnego itp.).



Rys. 2. Uproszczony schemat blokowy systemu kontroli dostępu

Rys. 3 obrazuje wyposażenie przejścia kontrolowanego jednostronnie. Składa się ono z centrali kontroli dostępu, do której są podłączone:

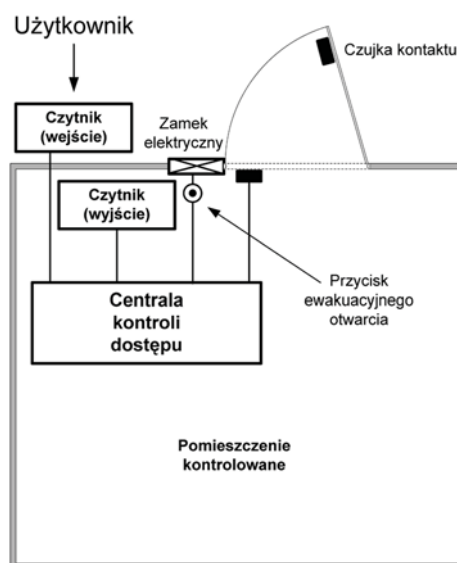
- czytnik (np. kart, kodu, biometryczny),
- aktywator (np. zamek elektryczny, rygiel, elektrozwora),
- czujka kontaktu zamknięcia drzwi,
- przycisk wyjścia,
- przycisk ewakuacyjnego otwarcia.



Rys. 3. Przykładowe wyposażenie przejścia kontrolowanego jednostronnie

Rys. 4 obrazuje wyposażenie przejścia kontrolowanego dwustronnie. Składa się ono z centrali kontroli dostępu, do której są podłączone:

- czytniki: wejście i wyjście (np. kart, kodu, biometryczny),
- aktywator (np. zamek elektryczny, rygiel, elektrozwora),
- czujka kontaktu zamknięcia drzwi,
- przycisk ewakuacyjnego otwarcia.



Rys. 4. Przykładowe wyposażenie przejścia kontrolowanego dwustronnie

3. WSPÓŁPRACA SYSTEMÓW KONTROLI DOSTĘPU Z ZABEZPIECZENIAMI MECHANICZNYMI NA PRZYKŁADZIE DRZWI

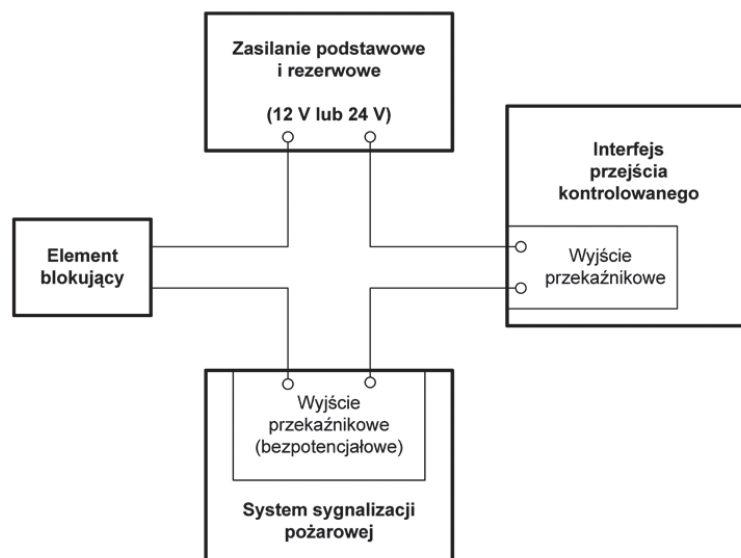
Zainstalowane systemy kontroli dostępu w dużych budynkach zazwyczaj współpracują z zabezpieczeniami mechanicznymi chroniącymi wejścia. Mogą być zastosowane różnego rodzaju rozwiązania, takie jak np. drzwi obrotowe, śluzy, triody, bramki uchylne, kołowroty. Dzięki nim można zorganizować i ograniczyć przepływ ludzi a tym samym również dokonywać ich identyfikacji. Tego typu rozwiązania zazwyczaj mają interfejs użytkownik-system, który pozwala użytkownikowi podać swoje dane (np. karta zbliżeniowa, kod PIN, wzorec biometryczny), a następnie je przestać do centrali kontroli dostępu, która porówna je z wcześniej zaprogramowanymi i zapamiętanymi danymi użytkowników. Pozytywna odpowiedź pozwoli na wejście (ewentualnie wyjście w przypadku przejścia kontrolowanego dwustronnie).

Projektując systemy kontroli dostępu i współpracujące z nimi zabezpieczenia mechaniczne należy, pamiętać o możliwości wystąpienia różnego rodzaju zagrożeń. W nadzwyczajnych okolicznościach (np. nagły pożar, atak terrorystyczny, katastrofa budowlana czy też wybuch paniki w tłumie) ludzie reagują w sposób nieprzewidywalny, a ich zachowanie cechuje panika i chaos. Poszukują oni wówczas drogi ucieczki z budynku. Taką drogą powinna być „droga ewakuacyjna”, która zapewni ucieczkę w bezpieczne miejsce na zewnątrz budynku lub w sąsiedniej strefie pożarowej. Dlatego też producenci zabezpieczeń mechanicznych wymienionych na początku tego rozdziału artykułu stosują w nich różnego rodzaju rozwiązania pozwalające je otworzyć w przypadku wystąpienia zagrożenia. Z uwagi na różnorodność rozwiązań, np. drzwi rozwierne, przesuwne (rozsuwane), wahadłowe, obrotowe, mogą to być zarówno rozwiązania mechaniczne (np. funkcja wydostania się „break out” czy też „drop arm”), jak też elektryczne wykorzystujące różne media telekomunikacyjne (np. funkcja „fail safe”).

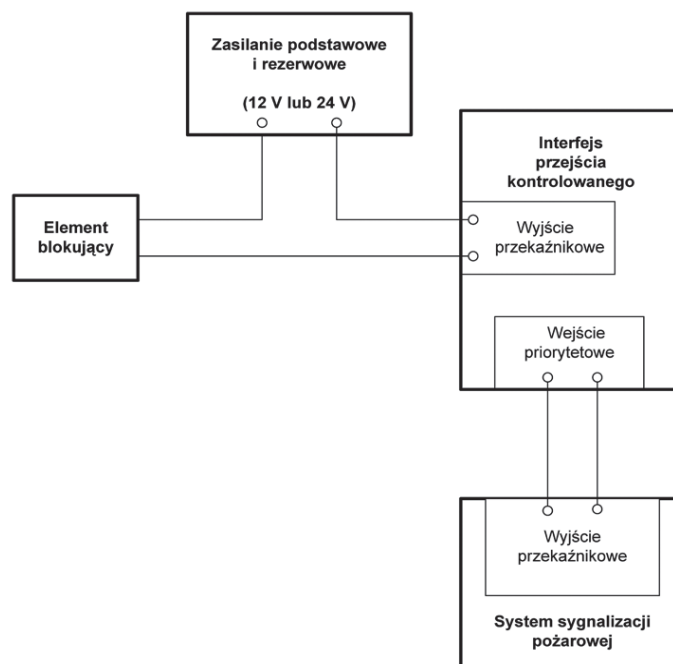
Centrala kontroli dostępu po odebraniu sygnału z centrali sygnalizacji pożarowej (lub otrzymania informacji z ręcznego systemu) musi przejść w stan bezpieczeństwa, tzn. taki stan, w którym zawsze następuje odblokowanie (otwarcie) wszystkich przejść kontrolowanych i pozostawienie ich w tym stanie bez możliwości ich zablokowania. Dzięki temu możliwa jest swobodna ewakuacja osób przebywających w obiekcie w przypadku pożaru lub innego miejscowego zagrożenia. Jednocześnie jest zapewniony dostęp do obiektu dla ekip ratowniczych i innych służb specjalistycznych.

Można wyróżnić cztery przypadki sterowania przejściami kontroli dostępu:

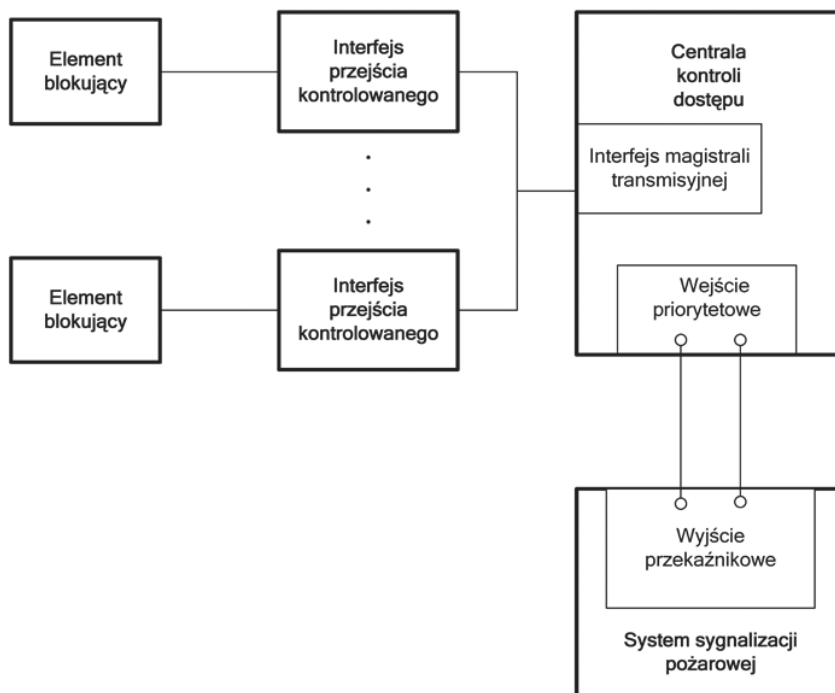
- bezpośrednio zwalnianie elementu blokującego z wyjścia bezpotencjałowego systemu sygnalizacji pożarowej (rys. 5),
- pośrednie zwalnianie elementu blokującego poprzez wykorzystanie wejścia o najwyższym priorytecie w systemie przejścia kontrolowanego (rys. 6),
- zwalnianie grupy elementów blokujących poprzez podanie sygnału do centrali systemu kontroli dostępu (rys. 7),
- zwalnianie grupy elementów blokujących z wykorzystaniem systemu integrującego.



Rys. 5. Bezpośrednie zwalnianie elementu blokującego z wyjścia bezpotencjałowego systemu sygnalizacji pożarowej



Rys. 6. Pośrednie zwalnianie elementu blokującego poprzez wykorzystanie wejścia w systemie przejścia kontrolowanego



Rys. 7. Zwalnianie grupy elementów blokujących poprzez podanie sygnału do centrali systemu kontroli dostępu

Spośród wymienionych rozwiązań najbardziej rozbudowane jest ostatnie, czyli zastosowanie systemu integrującego poszczególne pojedyncze systemy bezpieczeństwa. Jednak wymagania w zakresie jego obsługi przez osoby sprawujące nadzór są również najwyższe.

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia związane z elektronicznymi systemami bezpieczeństwa. Zwrócono szczególną uwagę na systemy kontroli dostępu, z podaniem elementów składowych i zasad pracy z uwzględnieniem współpracy z zabezpieczeniami mechanicznymi. Należy pamiętać, że stosowanie tego typu zabezpieczeń zazwyczaj wymaga uwzględnienia sygnałów pochodzących z systemu sygnalizacji pożarowej. Dzięki temu otrzymuje się jeden duży zintegrowany system, który w przypadku różnego rodzaju zagrożeń jest prawidłowo skonfigurowany, a tym samym poprawnie funkcjonuje. Należy również pamiętać, że bardzo wiele zależy od rodzaju obiektu, jego przeznaczenia i sposobu funkcjonowania osób z niego korzystających.

Abstract

The paper presents the issues related to access control systems. Particular attention is paid to the components and principles of co-operation with regard to mechanical protections. There are taken into account the signals coming from the fire alarm system. This makes possible to design an integrated system, which in the case of the various risks is properly configured, and thus functioning properly. It should also be remembered that a lot depends on the type of the object, its assignment and the way of operation of the people that benefit from it.

Streszczenie

W referacie zaprezentowano zagadnienia związane z systemami kontroli dostępu. Zwrócono szczególną uwagę na elementy składowe i zasady pracy z uwzględnieniem współpracy z zabezpieczeniami mechanicznymi. Uwzględniono przy tym sygnały pochodzące z systemu sygnalizacji pożarowej. Dzięki temu można zaprojektować zintegrowany system, który w przypadku różnego rodzaju zagrożeń jest prawidłowo skonfigurowany, a tym samym poprawnie funkcjonuje. Należy również pamiętać, że bardzo wiele zależy od rodzaju obiektu, jego przeznaczenia i sposobu funkcjonowania osób z niego korzystających.

Literatura:

- [1] Hołyst B.: *Terroryzm. Tom 1 i 2*, Wydawnictwa Prawnicze LexisNexis, Warszawa 2009
- [2] Kałużny P.: *Telewizyjne systemy dozorowe*, WKiŁ, Warszawa, 2008
- [3] Mikulik J. (praca pod red. E. Niezabitowskiej): *Budynek inteligentny. T. 2, Podstawowe systemy bezpieczeństwa w budynkach inteligentnych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005
- [4] Norma PN-EN 50131-1:2009: Systemy alarmowe – Systemy sygnalizacji włamania i napadu – Część 1: Wymagania systemowe
- [5] Norma PN-EN 50132-7:2003: Systemy alarmowe – Systemy dozorowe CCTV stosowane w zabezpieczeniach – Część 7: Wytyczne stosowania
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
- [7] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów

- [8] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania

Tomasz RYBARCZYK
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania
Stowarzyszenie Producentów Betonów

POPULARNOŚĆ AUTOKLAWIZOWANEGO BETONU KOMÓRKOWEGO ORAZ KIERUNKI ROZWOJU KONSTRUKCJI MUROWYCH Z BETONU KOMÓRKOWEGO

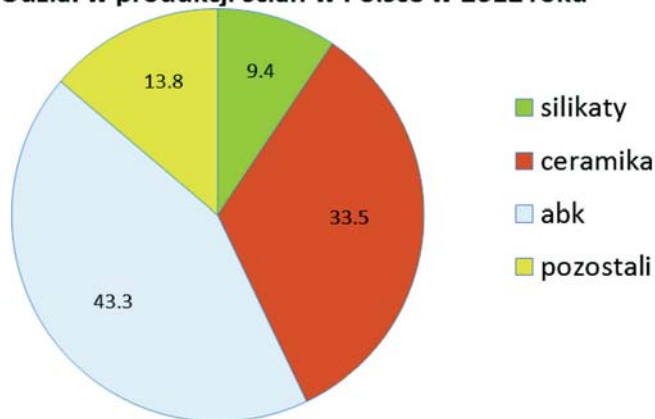
1. WPROWADZENIE

Nowoczesne technologie i materiały to takie, z których można wykonywać trwałe i energooszczędne budynki, odpowiadające współczesnym wymaganiom i trendom. Dodatkowym kryterium, które powinny spełniać materiały i technologie jest również ułatwienie oraz możliwość skrócenia procesu budowy. Łatwe i sprzyjające bezbłędnemu oraz szybkiemu budowaniu technologie dają możliwości, które doceniane są przez wykonawców, inwestorów oraz projektantów. Takie budowanie jest możliwe dzięki zastosowaniu autoklawizowanego betonu komórkowego (w skrócie ABK) i zaletom wynikającym z cech tego materiału.

2. DLACZEGO BETON KOMÓRKOWY?

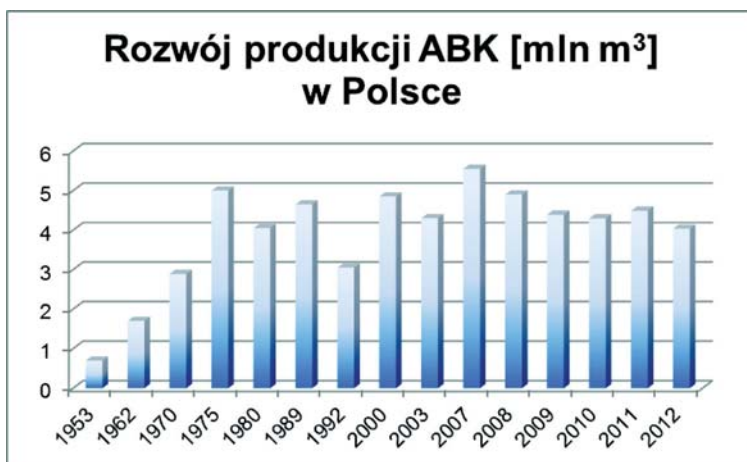
Autoklawizowany beton komórkowy, nazywany też potocznie gazo-betonem, porobetonem, siporeksem, suporeksem, jest od jakiegoś czasu najpopularniejszym materiałem do wykonywania konstrukcji murowych w Polsce. Jego popularność od kilku lat jest większa niż innych materiałów ściennych (np. elementów murowych ceramicznych, silikatowych, betonowych i innych) i jego udział w rynku materiałów ściennych stale wzrasta (wykres 1) [1].

Udział w produkcji ścian w Polsce w 2012 roku



Wykres 1. Udziały w rynku materiałów ściennych w 2012 roku
źródło: Stowarzyszenie Producentów Betonów [1]

Wpływ na produkcję materiałów ma również koniunktura, co zilustrowano liczbą wyprodukowanych metrów sześciennych na przecięcie lat 1953–2012 (wykres 2) [1].

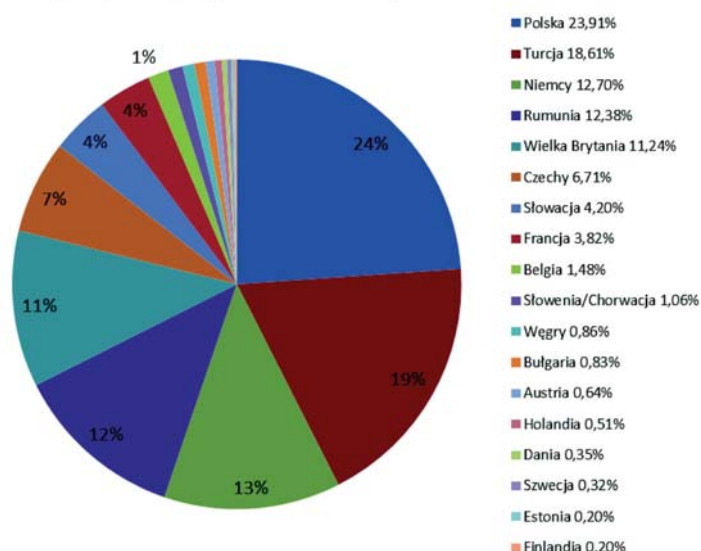


Wykres 2. Rozwój produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego w Polsce
źródło: Stowarzyszenie Producentów Betonów [1]

Na uwagę zasługuje również fakt, że Polska ma znaczący udział w produkcji betonu komórkowego w Europie i na świecie (wykres 3). Warto podkreślić, że polski zakład produkujący beton komórkowy w Solcu Kujawskim jest zakładem o największej dobowej produkcji w Europie. Cześć wyrobów

polscy producenci eksportują i są to wyroby nieodbiegające jakością i parametrami od produktów zachodnich.

Udziały w produkcji ABK w Europie w 2012 roku



Wykres 3. Procentowe udziały w produkcji autoklawizowanego betonu komórkowego w Europie w 2012 roku
źródło: Stowarzyszenie Producentów Betonów [1]

Wysoka popularność betonu komórkowego jest zatem powodem, by przyglądnąć się temu materiałowi, konstrukcjom z niego wykonywanym oraz zastanowić się nad rozwojem tych konstrukcji, ponieważ widać wyraźnie potencjał w tym materiale. Można też zaobserwować pewne trendy rozwoju konstrukcji murowych z ABK i pod tym kątem zastanowić się nad zmianami, które nas niebawem czekają.

3. CECHY, DZIĘKI KTÓRYM ABK JEST CHĘTNIE STOSOWANY

Jest wiele cech warunkujących to, że materiał budowlany jest przyjazny w stosowaniu. Kryteria dla każdej grupy docelowej są inne, niekiedy są one wspólne. Dla inwestorów indywidualnych najważniejsza jest jakość techniczna budynku, ekologia w kontekście mieszkania w budynku oraz niekiedy wchodzi w grę aspekt cenowy. Inwestorom deweloperom zależy na niskiej cenie, szybkości realizacji, modzie, jako czynniku decydującym o atrakcyjności wybudowanego już budynku. Projektanci zwracają uwagę na parametry techniczne, komplementarność systemu oraz możliwości realizacji swoich po-

mysłów i wizji. Z kolei dla wykonawców istotne są takie czynniki, jak łatwość budowania, skrócenie czasu realizacji, komplementarność (system). To tylko niektóre cechy, które decydują o atrakcyjności danej technologii i zapewne można by było znaleźć i wypisać wiele innych.

Trzeba być świadomym, że nie ma materiału i technologii uniwersalnej, która by służyła do wszystkiego, jednak możliwości, jakie daje beton komórkowy, są duże. Zastosowanie ABK umożliwia realizowanie budowy energooszczędnych i trwałych budynków w łatwy i szybki sposób systemowy.

3.1. JEDNORODNY I POROWATY MATERIAŁ KONSTRUKCYJNY

Beton komórkowy jest jednorodnym materiałem konstrukcyjnym. Oznacza to, że wszystkie jego parametry fizyczne (np. izolacyjność cieplna, akustyczna, wytrzymałość na ściskanie) są takie same we wszystkich kierunkach. Ma to duże znaczenie przy przemurowywaniu elementów ściennych oraz dla zachowania parametrów ścian.

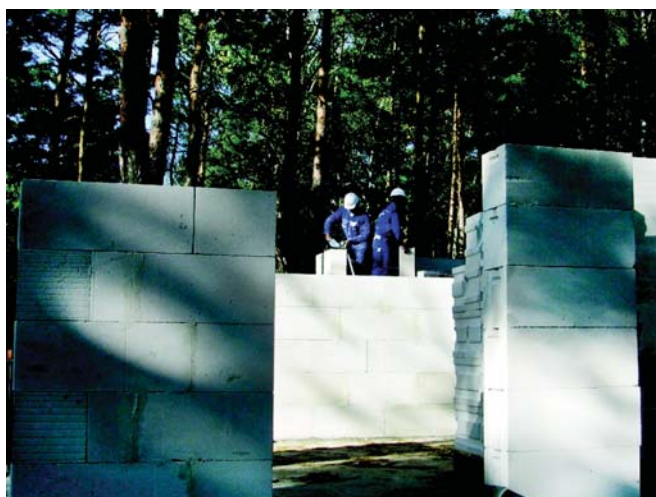
Oprócz jednorodności istotną cechą jest porowatość ABK. Porowatość powoduje, że ABK łatwo poddaje się obróbce mechanicznej. Dzięki jednorodności i porowatości możliwe jest dowolne formowanie elementów z ABK na etapie produkcji i budowy. Wyprodukowanie bloczków z profilowanymi na pióra i wpusty lub zamki, czy z profilowanymi uchwytami montażowymi nie wymaga od producenta dużego dodatkowego nakładu pracy, a kształty te znacznie ułatwiają pracę na budowie. Gotowe wyroby z ABK łatwo się docina i frezuje. Uzyskanie nawet skomplikowanych kształtów elementów murowych nie stanowi dużej trudności. Porowatość ABK dodatkowo wpływa na wiele innych cech. Najważniejsze z nich to niewielki ciężar objętościowy i dobra izolacyjność termiczna.



Fot. 1. Elementy z ABK bardzo łatwo się docina, to ułatwienie dla wykonawców



Fot. 2. Bloczki można łatwo dociąć i dopasować do każdego kształtu



Fot. 3. Dzięki niewielkiemu ciężarowi ABK można produkować duże i zarazem ergonomiczne elementy murowe

3.2. ELEMENTY MUROWE

Niewielki ciężar objętościowy pozwala produkować z ABK elementy murowe o dużych wymiarach, przy jednoczesnym zachowaniu zasad ergonomii. Elementy drobnowymiarowe (bloczki, kształtki U, płytki) produkuje się na podstawie normy zharmonizowanej PN-EN 771-4:2012 [2], natomiast nadproża zbrojone z betonu komórkowego wg normy EN 845:2008 [3]. Maksymalna i zgodna z przepisami masa bloczków (ręczna masa transpor-

towa w pracy ciągłej) nie powinna być wyższa niż 30 kg. W wyniku tego jeden bloczek o wymiarach 590x240x420 mm zastępuje kilka elementów ceramicznych, silikatowych czy betonowych. Poręczne elementy murowe z ABK są doceniane przez wykonawców, którzy dzięki nim mogą szybko realizować prace budowlane. Wymurowanie 7 szt. bloczków z ABK zajmuje mniej czasu niż wymurowanie kilku elementów murowych o tej samej masie z innego materiału i mniejszej tolerancji wymiarowej.

Niewielki ciężar ABK wpływa także w istotny sposób na optymalizację kosztów związanych z logistyką. Przewóz ABK pozwala wykorzystać w pełnym wymiarze środki transportowe. W praktyce oznacza to, że na samochód ciężarowy można załadować objętościowo dużo więcej materiałów ściennych z ABK, niż np. z silikatów przy zachowaniu tej samej nośności. Dzięki temu transport jest tańszy, a materiał ogólnodostępny.

Współcześnie produkowane elementy murowe z ABK cechuje dokładność wymiarowa, a to sprzyja precyzyjnemu i szybkiemu wykonywaniu murów. Dokładne elementy ścienne można murować na zaprawę cienko-warstwową. Wbrew pozorom murowanie na cieką spoinę nie jest trudne. Wystarczy przestrzegać kilku zasad takiego sposobu murowania, a praca przebiega szybko, sprawnie i bez błędów. Warunkiem podstawowym jest używanie podstawowych narzędzi.



Fot. 4. Efekt połączenia betonu komórkowego na klej poliuretanowy

Nowością jest zastosowanie zamiast zapraw murarskich kleju poliuretanowego w areozolu. Mając jednak na uwadze to, że konstrukcja murowa powinna zachowywać trwałość przez minimum 50 lat, i to, że nie znamy

skutków zachowania się, w ten sposób wykonanych konstrukcji na przestrzeni lat, zdecydowano się stosować kleje poliuretanowe do elementów niekonstrukcyjnych. Można z nich wykonywać ściany działowe oraz zabudowę wewnątrz. Chociaż na podstawie przeprowadzonych badań w ITB system ten można stosować do budowy ścian w pomieszczeniach kategorii C oraz kategorii III użytkowania pomieszczeń (pomieszczenia do zebrań i zgromadzeń oraz w strefach dostępnych dla osób wykazujących niewielką dbałość o mienie). Rozwiązanie to wprowadzone jest do stosowania zgodnie z Aprobata Techniczną wydaną przez ITB [4].

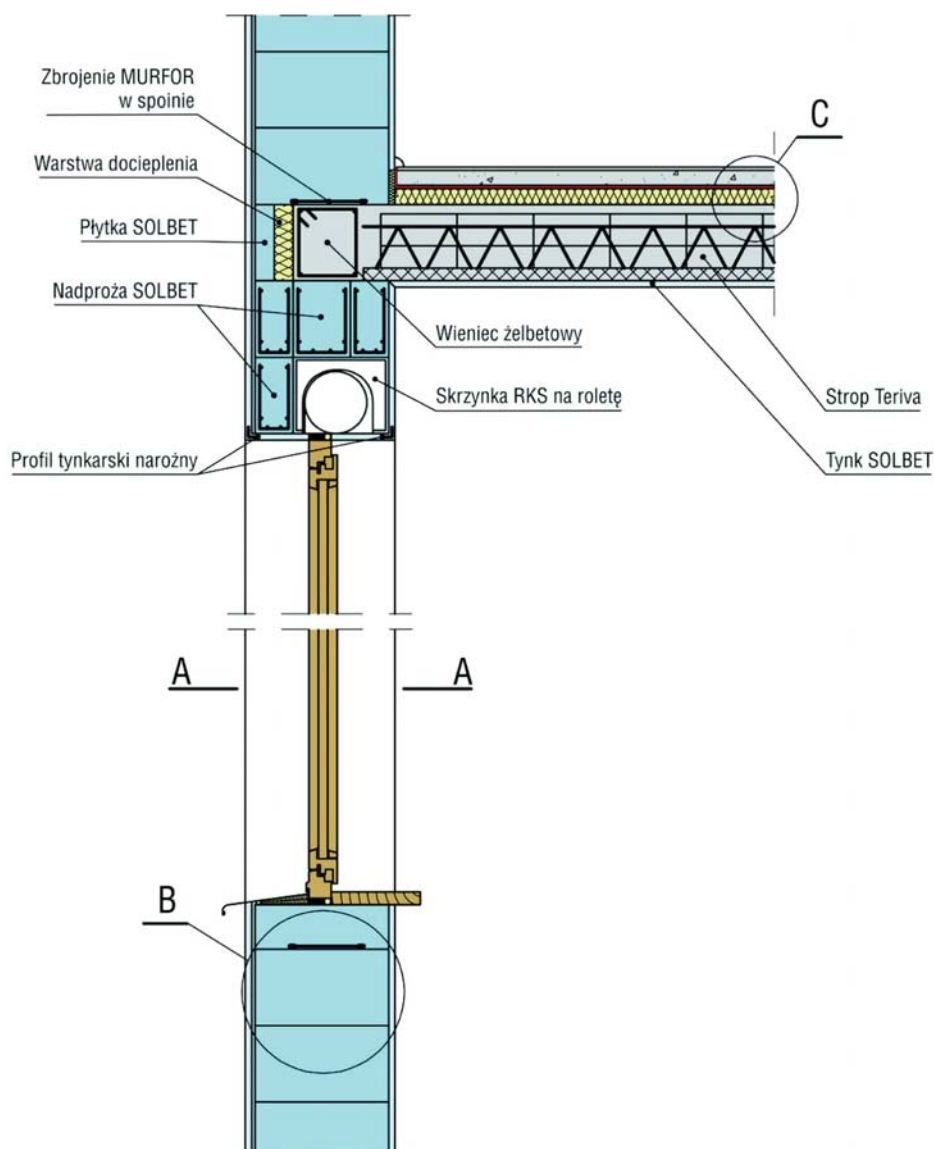


Fot. 5. Efekt połączenia betonu komórkowego na klej poliuretanowy podczas badań ściany działowej w ITB (obciążenie półki z płytki z betonu komórkowego, przyklejonej na klej poliuretanowy w areozolu – 300 kg – bez żadnych kotew, bez dodatkowych wzmocnień)

3.3. SYSTEMOWE BUDOWANIE

Wyższym jakościowo, a zarazem zaawansowanym sposobem jest realizacja budynku w systemie. Opracowane systemy opierają się o asortyment bloczków, płytek, nadproży, kształtek U, oraz dobranych do nich zapraw oraz innych wyrobów chemii budowlanej (w postaci tynków, klejów itp.). Tworzy to przejrzysty i łatwy w stosowaniu system, który daje możliwość dowolnego sposobu budowania, spełniającego rozporządzenie ministra infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [5], to znaczy realizacji budynków ze ścianami jednowarstwowymi, ścianami z ociepleniem, ścianami warstwowymi itp.). Ze względu na ła-

twość docinania elementów nie jest potrzebna szeroka gama produktów (np. nie są potrzebne elementy narożnikowe, elementy murowe uzupełniające, elementy wyrównawcze itp.). Budowanie systemowe niesie za sobą również pewność prawidłowego rozwiązania detali konstrukcyjnych. Prawidłowe rozwiązanie detali pod względem konstrukcyjnym i fizyki budowli to pewność budowania bez błędów.



Rys. 1. Przykład detalu – budowanie w systemie to budowanie bez błędów

4. OBSZARY ZASTOSOWANIA BETONU KOMÓRKOWEGO

Cechy i parametry techniczne, jakie posiada ABK, pozwalają wykonywać z niego różne elementy:

- murowe,
- stropowe,
- dachowe,
- wypełniające w stropach gęstożebrowych,
- pustaki wentylacyjne.

Wykonuje się z nich następujące konstrukcje murowe:

- ściany nośne,
- ściany działowe,
- ściany wypełniające.

Rodzaje ścian wg podziału na miejsce stosowania:

- ściany fundamentowe (piwnic),
- ściany naziemne.

Rodzaje ścian wg pełnionej funkcji:

- ściany zewnętrzne,
- ściany wewnętrzne,
- ściany nośne,
- ściany działowe.

W oparciu o doświadczenia w stosowaniu ABK w budownictwie widać, że jest to materiał chętnie używany do realizacji różnorodnego rodzaju budynków. Buduje się z niego:

- budynki jednorodzinne,
- budynki wielorodzinne,
- budynki produkcyjne,
- budynki wielkokubaturowe,
- budynki inwentarskie,
- budynki komercyjne (hale logistyczne, budynki wielkokubaturowe itp.).

Rodzaje budynków ze względu na wysokość:

- budynki niskie,
- budynki średnio wysokie,
- budynki wysokie.

Skupiając się jednak na zastosowaniu ABK do produkcji drobnowymiarowych elementów murowych, możemy stwierdzić, że podstawowymi pro-

duktami są: bloczki, płytki, kształtki U, nadproża zbrojone. Te elementy murowe służą jako materiał konstrukcyjny, pełniący w konstrukcji funkcję nośną. Ze względu na bardzo dobre parametry izolacyjności termicznej ABK pełni również funkcję izolacyjną dla przegród zewnętrznych, spełniając tym samym wymagania zawarte w przepisach [5] oraz wpisuje się w ten sposób w nowoczesne trendy budownictwa energooszczędnego.

Wydaje się, że jedynym ograniczeniem dla tego materiału jest wytrzymałość na ściskanie. Jednak ten parametr jest wystarczający do wykonywania budynków wielokondygnacyjnych. Zawsze bowiem, zastosowanie danego materiału powinno być poparte analizą projektową w zakresie obszaru zastosowania, jak i możliwości technicznych danego materiału.

5. ŁATWOŚĆ KSZTAŁTOWANIA BUDYNKÓW

ABK ze względu na swoje cechy fizykochemiczne (jednorodny i łatwy w obróbce materiał) jest znakomitym materiałem, dającym nieograniczone możliwości kształtowania bryły i przestrzeni w budynku.

Możliwość łatwej obróbki materiału oraz jednorodność pozwala na wykonywanie ścian o skomplikowanych kształtach. Bloczki można przemurowywać i łączyć niezależnie od kierunku wmurowywanego elementu. Ściany o kształcie łuku czy przemurowane pod kątem innym niż 90 stopni nie stanowią problemu wykonawczego. Ściany w miejscach o skomplikowanych kształtach zachowują takie same parametry, jak w każdym innym miejscu. To ogromna zaleta i możliwości, jakie daje ABK.



Fot. 6. Jednorodna ściana z ABK z precyzyjnie przyciętymi elementami



Fot. 7. Budynek jednorodzinny w systemie z ABK



Fot. 8. Budynek wielorodzinny ze ścianami nośnymi zewnętrznymi
w systemie z ABK



Fot. 9. Krzywy Domek w Sopocie. Efekt końcowy fasady wykonanej z ABK. Żaden inny materiał nie spełniłby oczekiwań technicznych przy realizacji tego budynku [6] [7]



Fot. 10. Kontrowersyjny budynek przypominający kabinę prysznicową jest przykładem zastosowania ABK w budynkach wysokich [8]

6. ROZWÓJ KONSTRUKCJI MUROWYCH Z AUTOKLAWIZOWANEGO BETONU KOMÓRKOWEGO

Na przestrzeni lat, od momentu wynalezienia betonu komórkowego, wiele się zmieniło. Zmieniały się i polepszały technologie produkcji, których jest wiele. Krok po kroku polepszano technologię i produkty. W efekcie tego mamy bardzo precyzyjne wyroby – elementy murowe z betonu komórkowego. Dzięki temu można było wprowadzić murowanie na ciekłą spoinę, a teraz na klej poliuretanowy. Równolegle wprowadzono profilowanie na pióra i wpusty, wprowadzono uchwyty montażowe. Zmieniano formaty elementów murowych, ich wymiary. Zakres gęstości wprowadzanych wyrobów jest szeroki, bo od 350 do 1000 kg/m³ (w praktyce od 350 do 700 kg/m³).

Zachodzi, więc pytanie, co w przyszłości, jak będzie wyglądać zastosowanie ABK, w jakim kierunku to się rozwinie?

Przymierzając się do odpowiedzi na to pytanie, można przeanalizować sytuację i trendy budowlane w innych krajach. Mając jednak doświadczenie w tym względzie, można powiedzieć, że różnice w technologii budowania nawet pomiędzy krajami sąsiadującymi są niekiedy znaczne. Nieraz próbowano wprowadzić różnego rodzaju dla nas obce technologie budowania. Na przykład budowanie z tzw. modułbłoków (elementów o wymiarach 60x60x24 cm) [9]. Jednak nie ma u nas tradycji wykorzystywania podczas budowy minidźwigu, jak to jest w Niemczech. W ten sam sposób zaniechano budowania ścian z dyli z betonu komórkowego (które przecież w latach 60. były stosowane). Więc zasadne wydaje się nieporównywanie technologii w poszczególnych krajach.

Na zmianę sposobu budowania niewątpliwie wpływa ustawodawca. Obecnie zachodzące w rozporządzeniu [5] zmiany, dotyczące współczynnika przenikania ciepła dla ścian, spowodują to, że z niektórych materiałów nie będzie możliwe uzyskanie ścian jednowarstwowych. Jednak dla betonu komórkowego poziom, jaki można dla ścian jednowarstwowych osiągnąć, to ściana o współczynniku przenikania ciepła $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Wszystko wskazuje na to, że realizowanie ścian jednowarstwowych z betonu komórkowego będzie nadal możliwe, aczkolwiek będzie to już granica możliwości dla tego materiału.

Przyglądając się analizom rynkowym [1], widzimy tendencję do coraz większego udziału w konstrukcjach ściennych żelbetowego budownictwa szkieletowego, które jest szczególnie stosowane w budynkach innych niż budynki jednorodzinne. W tego rodzaju konstrukcjach elementy murowe pełnią jedynie funkcję wypełniającą. Otrzymujemy więc rodzaju muru, który jest nam znany. Chodzi o mur tzw. pruski (zwany też szachulcowym), to niejako inna forma konstrukcji szkieletowej. Wobec tego, może rozwinąć się mury skrępowane, które niejako będą tworzyć szalunek dla szkieletu żelbetowego?

7. PODSUMOWANIE

Jak wcześniej opisano, beton komórkowy jest materiałem o bardzo szerokim zastosowaniu i praktycznie nieograniczonych możliwościach kształtowania budynków. Ponadto ma szereg zalet i cech pozwalających realizować trwałe budynki o wysokiej jakości technicznej i w krótkim czasie. Łatwe wykonawstwo sprzyja rosnącej popularności stosowania betonu komórkowego.

Poza tym technicznie, na etapie produkcji, można przygotować dowolny wyrób, więc teoretycznie jest przesłanka do tego, że można dopasować się do trendów budowlanych. Oznacza to, że materiał ten, pewnością będzie stosowany, a jego możliwości techniczne i parametry – polepszane. Jest to z punktu technicznego możliwe.

Abstract

Autoclaved areated concrete (AAC) is becoming more and more popular. The key for success is a wide range of exceptional features making this material an attractive solution for investors, designers and contractors. All the above was the reason to write this article.

This article exemplifies application fields and types of wall structures made of autoclave cellular concrete. Furthermore, it also presents a market analysis of materials used to construct wall structures, on the basis of which it was possible to explain such huge popularity of autoclave cellular concrete. Moreover, the author made an attempt to analyse and depict further development of wall structures made of autoclave cellular concrete.

Streszczenie

Autoklawizowany beton komórkowy jest materiałem o stale rosnącej popularności. Kluczem do sukcesu jest szereg wyjątkowych cech tego materiału, które czynią go atrakcyjnym dla inwestorów, projektantów i wykonawców. To było przyczyną do napisania niniejszego referatu.

W referacie przedstawiono obszary zastosowania oraz typy konstrukcji murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego. Przedstawiono analizę rynkową materiałów stosowanych do wykonywania konstrukcji murowych. Na tej podstawie wyjaśniono, dlaczego beton komórkowy jest materiałem o tak dużej popularności. Spróbowano też dokonać analizy i sformułować kierunki rozwoju konstrukcji murowych z autoklawizowanego betonu komórkowego.

Literatura:

- [1] Materiały Budowlane, nr 4/2013, artykuł *Rynek materiałów budowlanych do wznoszenia ścian w Polsce w 2012 roku*
- [2] PN-EN 771-4:2012 Wymagania dotyczące elementów murowych – Część 4: Elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego
- [3] PN-EN 845-2:2004 Specyfikacja wyrobów dodatkowych do murów – Część 2: Nadproża
- [4] Aprobata Techniczna ITB AT-15-9080-2013 Klej poliuretanowy do ścian działowych z bloczków z betonu komórkowego. Solbet Smart – Piana do bloczków
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. nr 75, poz. 690)
- [6] Materiały firmy Bauhaus z Sopotu – wykonawcy Krzywego Domku w Sopocie
- [7] Materiały firmy Rezydent Warszawa – inwestor Krzywego Domku w Sopocie
- [8] www.wiezowce.waw.pl portal poświęcony wieżowcom Warszawy
- [9] prof. dr. inż. arch. Martin Homann *Porenbetonhandbuch*, Bauverlag 2008

Jerzy SĘKOWSKI
Politechnika Śląska

PROBLEMY Z POSADOWIENIEM OBIEKTÓW MODERNIZOWANYCH

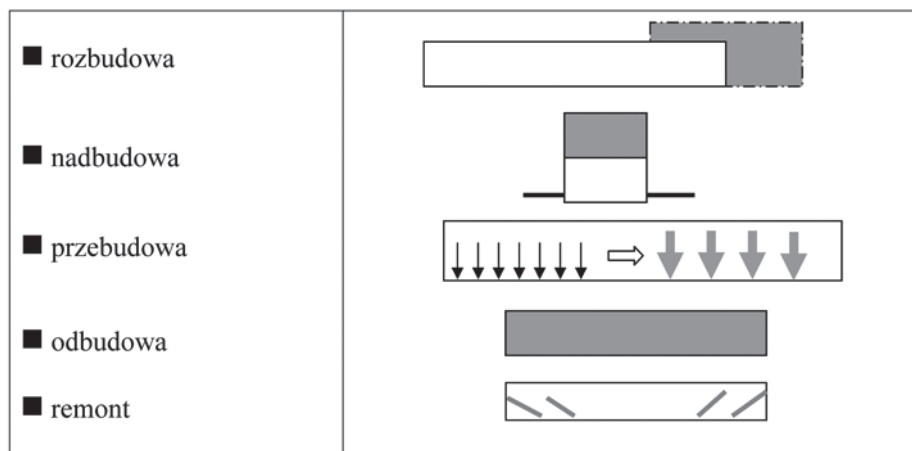
1. WPROWADZENIE

Poważną częścią działalności budowlanej są szeroko pojęte prace modernizacyjne. W ostatnich latach ubiegłego wieku znacząca część z nich związana była z restrukturyzacją zakładów przemysłowych. Prace te obejmują również obiekty mieszkalne z tytułu m.in. zagospodarowania piwnic i strychów oraz przystosowania tych obiektów do aktualnych wymagań normowych, np. w zakresie izolacyjności. Podejmowanie wspomnianych prac wymaga m.in. oceny warunków posadowienia obiektu modernizowanego. Od jej wyników uzależniony jest bowiem zakres robót budowlanych, a nawet sens ich podejmowania.

W referacie po przedstawieniu zakresu prac modernizacyjnych i ogólnej zasady podejścia do nich od strony geotechnicznej, zaprezentowane zostaną wybrane przykłady z praktyki, ilustrujące omawiane problemy.

2. PRZEDSTAWIENIE PROBLEMU

Prawo Budowlane [1] pod pojęciem robót budowlanych, obok wykonywania obiektu, ujmuje także: rozbudowę, nadbudowę, przebudowę, odbudowę oraz remont obiektu już istniejącego. Rozbudowa może obejmować dobudowę nowych fragmentów, nadbudowa – wykonanie jednej lub kilku kolejnych kondygnacji, a przebudowa zmianę funkcji obiektu już istniejącego. Innymi działaniami budowlanymi jest odbudowa obiektów zniszczonych lub poważnie uszkodzonych, np. w wyniku klęsk żywiołowych, wojny względnie zaniedbań ze strony użytkownika, a także prace remontowe wynikające z konieczności naprawy uszkodzonych fragmentów, rzadziej całości, lub dostosowania obiektów istniejących do aktualnych wymagań np. cieplnych. Zakres robót budowlanych, nazywany przez autora umownie modernizacją, ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Zakres potencjalnych prac modernizacyjnych

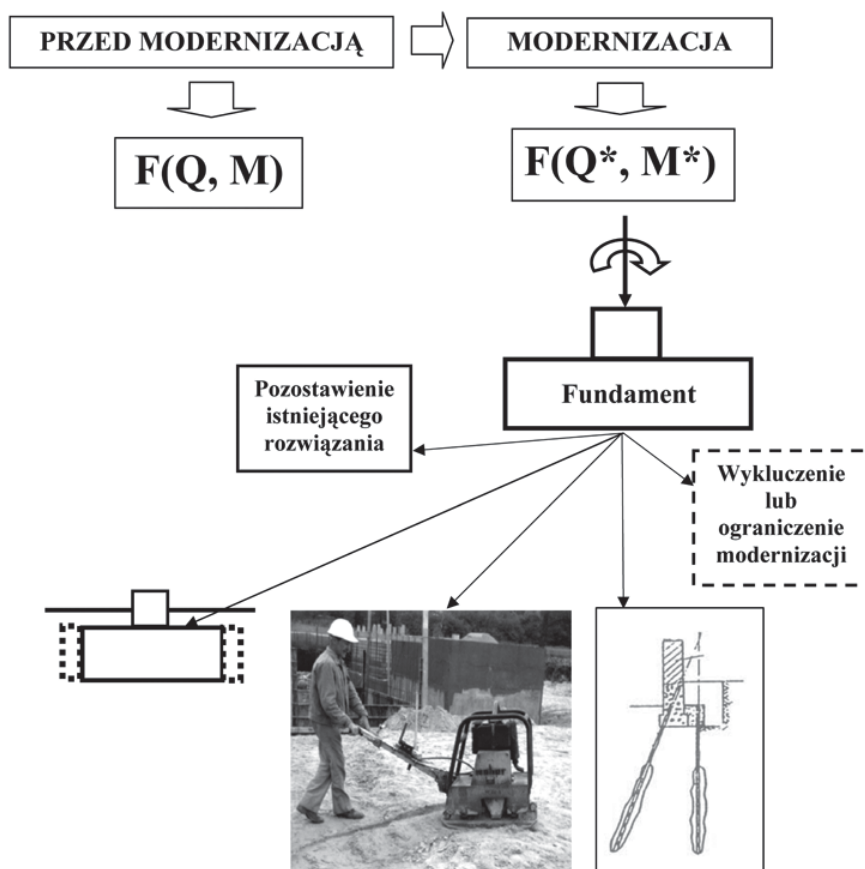
Podjęcie wymienionych prac skutkuje zwykle wzrostem obciążeń na podłoże gruntowe $\{F(Q, M) \rightarrow F(Q^*, M^*)\}$ – rys. 3. W tej sytuacji konieczne staje się przeprowadzenie powtórnej analizy geotechnicznych warunków posadowienia obiektów modernizowanych i sprawdzenie wymaganych normami stanów granicznych. Analiza taka, zdaniem autora, powinna objąć wszystkie przypadki, w których mają być podjęte działania modernizacyjne, szczególnie jednak w sytuacji, gdy posiadane dokumenty i informacje na temat obiektu są niewystarczające lub niejednoznaczne.

Wnioski wynikające z analizy mogą być różne, zalecając:

- pozostawienie istniejącego posadowienia bez zmian,
- wzmocnienie istniejących fundamentów,
- wzmocnienie podłoża,
- zmianę istniejącego posadowienia,
- ograniczenie zakresu modernizacji
- wykluczenie modernizacji.

Możliwe warianty symbolicznie ilustruje rys. 2.

Wybór ostatecznego rozwiązania uwzględniać powinien również aspekt ekonomiczny przedsięwzięcia. To trudny problem i wyzwanie dla projektanta, któremu łatwiej sprostać zadaniu przy współpracy z architektem, archeologiem, konserwatorem i geotechnikiem.



Rys. 2. Ilustracja możliwych rozwiązań
odnośnie posadowienia obiektu modernizowanego

3. GEOTECHNICZNE WARUNKI POSADOWIENIA OBIEKTÓW MODERNIZOWANYCH – PRZYKŁADY

W dalszej części referatu przytoczone zostaną przykłady, ilustrujące wymienione w pkt. 2 warianty rozwiązań.

Przykład 1. W ramach modernizacji budynku jednej ze śląskich komend powiatowych policji przewidywana była m.in. nadbudowa jego części o jedną kondygnację (rys. 3). Brak danych na temat warunków gruntowowodnych w podłożu istniejącego budynku i jego warunków posadowienia, a także wyraźny wzrost obciążeń na podłożu z tytułu nadbudowy przesądził o wykonaniu stosownych badań geotechnicznych.



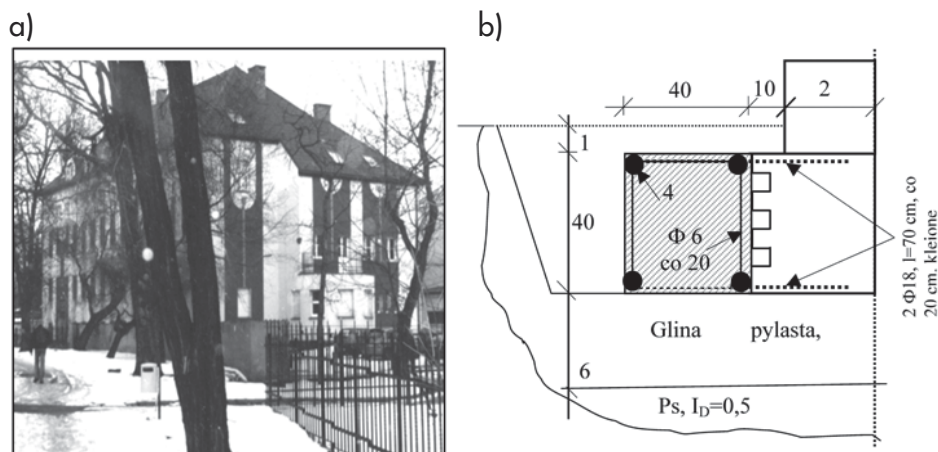
Rys. 3. Budynek w części przeznaczony do nadbudowy

Z przeprowadzonych badań kontrolnych (odkrywkę, wiercenia) i badań laboratoryjnych oraz uzyskanych informacji wynikało, że:

- a) podpiwniczony i wykonany w technologii tradycyjnej obiekt nie doznał w okresie użytkowania większych zarysowań i zniszczeń,
- b) w części przewidzianej pod nadbudowę został on posadowiony na żelbetonowych ławach fundamentowych o zmiennej szerokości ($B=0,7\div 1,4$ m) na poziomie ok. $1,9\div 2,1$ m ppt. wprost na średnio zagęszczonych ($I_D=0,5$) piaskach średnich zalegających do głębokości co najmniej 2,5 m p.p.p. Nie stwierdzono pustek pod posadzką ani oznak jej uszkodzeń. Minimalny poziom posadowienia tej części budynku, odniesiony do posadzki, wynosi $D_{\min}=0,5$ m,
- c) w żadnym z otworów nie nawiercono wody gruntowej,

Analiza obliczeniowa wykazała, że nadbudowa parterowej części obiektu o jedną kondygnację jest w pełni realna pod warunkiem, że obliczeniowe obciążenia jednostkowe z konstrukcji na podłożu nie przekroczą łącznie wartości $q_r=220$ kPa. Wobec oszacowanych przez projektanta obciążeń docelowych na poziomie ok. 160 kPa przewidywana nadbudowa nie wymaga więc w praktyce żadnych przedsięwzięć w odniesieniu do przyjętych pierwotnie warunków posadowienia istniejącego obiektu.

Przykład 2. Wybudowany w latach 30. ubiegłego wieku czterokondygnacyjny, całkowicie podpiwniczony budynek administracyjno-biurowy o kubaturze ok. 5000 m³ (rys. 4a), zamierzano nadbudować o jedną kondygnację. Miały o tym jednak przesądzić wyniki badań geotechnicznych i ocena stanu technicznego obiektu istniejącego.



Rys. 4. Budynek przewidziany do modernizacji (a);
wzmocnienie ławy fundamentowej (b)

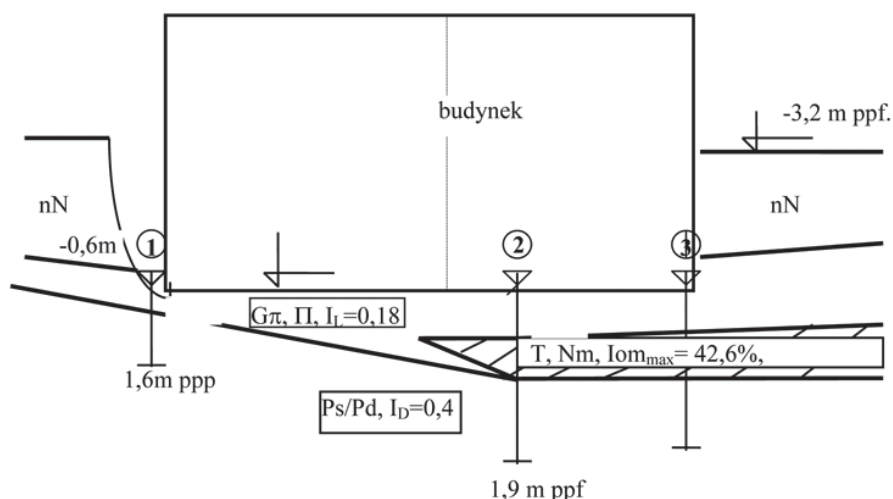
Z badań tych oraz dostępnej dokumentacji archiwalnej wynikało m.in., że:

- obiekt, wykonany w konstrukcji mieszanej, posadowiony został na głębokości 1,5 m p.p.t. ($D_{\min}=0,5$ m) na betonowych ławach fundamentowych o szerokości $B=0,7\div 1,0$ m i wysokości $D=0,4$ m, z obustronnymi odsadzkami po ok. 10 cm,
- stan techniczny obiektu określono jako dobry. Uszkodzenia i ubytki miały charakter lokalny,
- fundamenty obiektu posadowiono wprost na średnio spoistych gruntach rodzimych w stanie twardoplastycznych z pogranicza plastycznego ($I_L=0,27$). Strop podścielający je piasków drobnych i średnich średnio zagęszczonych ($I_D=0,5$) nawiercono na różnej głębokości w stosunku do spodu poziomu ław ($0,2\div 1,0$ m). W piaskach tych występowała woda gruntowa, podlegająca okresowym wahaniom.

Jednostkowy obliczeniowy opór podłoża gruntowego określono na poziomie $m\cdot q_{\text{fn}}=240$ kPa. Warunek I stanu granicznego dla analizowanego obiektu był w praktyce spełniony, z wyjątkiem ścian wewnętrznych. Po wszechstronnym przeanalizowaniu problemu uznano, że nadbudowa obiektu

tu o jedną kondygnację jest możliwa pod warunkiem częściowego odciążenia obiektu przez m.in. zmianę konstrukcji stropu nad poddaszem użytkowym i wzmocnienia ław fundamentów przez ich obustronne bądź jednostronne poszerzenie odpowiednio pod ławami środkowymi (rys. 4b) i zewnętrznymi.

Przykład 3. Dwukondygnacyjny, częściowo podpiwniczony obiekt o kubaturze ok. 4000 m³ posadowiono bezpośrednio na ławach żelbetowych o zmiennej szerokości ($B=0,6\div 1,1$ m). Pierwsze zarysowania (na całej wysokości budynku) pojawiły się z chwilą jego wybudowania i narastając w sposób ciągły osiągnęły szerokość do 2 cm. Uproszczony przekrój geotechniczny „wzdłuż” budynku przedstawiono na rys. 5.

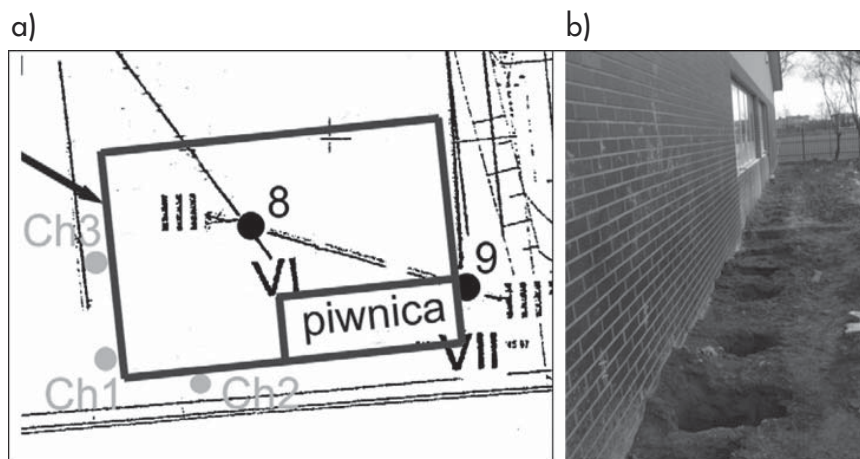


Rys. 5. Uproszczony przekrój geotechniczny

Z przeprowadzonych badań wynikało, że podłoże pod budynkiem tworzą grunty niespoiste (piaski drobne i średnie) w stanie średnio zagęszczonym ($I_D=0,4$) oraz grunty mało i średnio spoiste w stanie twardoplastycznym ($I_L=0,18$). Co jednak zwraca uwagę, to soczewka gruntów organicznych (namuły, torfy) o zawartości części organicznych do 42,3%, wilgotności do 156,3% i miąższości do 50 cm, nawiercona pod zachodnią częścią budynku na głębokości 1,3÷1,4 m p.p.p., tj. ok. 0,6 m poniżej spodu ław fundamentowych. Istniejące zróżnicowanie w zakresie odkształcalności gruntów budujących podłoże, przy zmiennym okresowo poziomie wód gruntowych było przyczyną nierównomiernych osiadań obiektu, a te z kolei przyczyną jego zarysowań i spękań. Sprzyjały temu wydatnie przyjęte rozwiązania konstrukcyjne budynku (m.in.: zróżnicowany poziom stropów części zachodniej i wschodniej, mieszany układ konstrukcyjny obydwu części, brak dylatacji i słabe wieńce). Po analizie zdecydowano o wzmocnieniu podłoża pod ława-

mi fundamentowymi zachodniej i części południowej ściany zewnętrznej, wybierając technologię polegającą na wtłoczeniu w warstwę gruntów organicznych zaczynu z cementu portlandzkiego. Wstępnie założono wykonanie 8 otworów iniekcyjnych o średnicy $\Phi 50$ mm, w rozstawie co ok. 3,0 m i głębokości ok. 1,0 p.p.f. przy ciśnieniu tłocznym 0,6 MPa. Dodatkowo również zaprojektowano usztywnienie obiektu polegające na uciąganiu jego wieńców za pomocą profili stalowych, przemurowaniu fragmentów ścian zewnętrznych oraz wypełnieniu rys w ścianach wewnętrznych.

Wzmocnienie podłoża wykonano metodą iniekcji, stosując cement portlandzki z wodą w stosunku od 1:6 do 1:10. Łącznie wykonano 12 otworów iniekcyjnych o średnicy $\Phi 50$ mm do głębokości ok. 1,0 m ppf. Stosowano ciśnienie do 0,2 MPa. Zaskoczeniem była ilość wtłaczanego iniektu (ok. $3\div 5$ m³ zamiast przewidywanej $1,5\div 2$ m³ na jeden otwór). Wzmocnienie budynku wykonano zgodnie z projektem.



Rys. 6. Plan sytuacyjny z rozmieszczeniem otworów badawczych (a) i podbijanie fundamentów (b)

Przykład 4. W krótkim czasie po oddaniu do użytku obiektu handlowego w jednym z miasteczek śląskich wyłączone go z użytkowania. Zdecydowały o tym przemieszczenia konstrukcji nośnej dachu i liczne zarysowania niektórych elementów konstrukcyjnych obiektu. Przed podjęciem prac remontowych i opracowaniem projektu naprawy oraz wzmocnienia uszkodzonej konstrukcji wykonano m.in. dodatkowe rozpoznanie geotechniczne podłoża. Teren został już bowiem wcześniej rozpoznany. Wnioskowano wówczas za posadowieniem bezpośrednim projektowanego obiektu przy dopuszczalnym nacisku 180 kPa, zalecając jednocześnie lokalną wymianę gruntów plastycznych (rejon otworu nr 8 – rys. 6a). Zaprojektowany ostatecznie pawilon handlowy o powierzchni zabudowy ok. 1014 m² i powierzchni

sprzedaży 617,5 m² to obiekt wolnostojący, częściowo podpiwniczony, wykonany w konstrukcji tradycyjnej murowej i stalowej. Konstrukcja nośna posadowiona została na ławach i stopach fundamentowych na poziomie -2,3 m i -3,25 m p.p.t., odpowiednio: część niepodpiwniczona i podpiwniczona. Wokół obiektu przewidziano drenaż opaskowy.

Podczas wykonywania robót ziemnych i fundamentowych w dnie wykopów natrafiono na grunty rodzime, nie stwierdzając w nich wody gruntowej. Nie dokonano wymiany plastycznych iłów pylastych, wykonano natomiast drenaż opaskowy.

Dodatkowe rozpoznanie geotechniczne obejmowało wykonanie trzech otworów badawczych (Ch1; Ch2; Ch3 – rys. 6a), usytuowanych w rejonie najpoważniejszych uszkodzeń, nieobjętym wcześniejszym rozpoznanie geotechnicznym. W otworze Ch1 na głębokości 2,3 m p.p.t. stwierdzono występowanie miękkoplastycznych ($I_L=0,7$) iłów pylastych z przewarstwieniami piasku w postaci soczewki o miąższości 0,7 m. Warstwy tej nie nawiercono w otworach pozostałych, stwierdzając w nich natomiast iły w stanie plastycznym ($I_L=0,3$). Tym samym w obrębie wybudowanego obiektu handlowego występują grunty bardzo spoiste o zróżnicowanym stanie fizycznym i zmiennym rozkładzie przestrzennym. W dodatku w otworze Ch1 na głębokości 2,3 m p.p.t. stwierdzono obecność wody gruntowej. Za przyczynę nierównomiernych osiadań obiektu uznano lokalne przekroczenie warunku nośności na wypieranie dla ściany zachodniej ($q_{rs}=156$ kPa \cdot $q_{fn}=88$ kPa), zalecając wymianę miękkoplastycznego iłu lub podparcie najbardziej zagrożonych fundamentów obiektu. W następstwie powstał projekt wzmocnienia konstrukcji obiektu, obejmujący m.in. wykonanie 74 mikropali typu GONAR o długościach: 4,0; 5,0 i 6,0 m wzdłuż ściany zachodniej i południowej w odstępach co 1 m, o średnicy 130 mm, przewiercanych przez stopy lub ławy pod kątem 5 do wnętrza budynku (rys. 6b). Projekt zawierał także sposób wzmocnienia piwnicy przez wykonanie niepełnej „skrzyni fundamentowej” i metody naprawy powstałych zarysowań (kotwienie z wypełnieniem zaprawami na bazie żywic). Zrezygnowano z wymiany gruntów słabych. Przyjęty i zrealizowany sposób naprawy uszkodzonej konstrukcji, a zwłaszcza posadowienia obiektu, jakkolwiek ograniczony do dwóch osi, był właściwy i okazał się skuteczny. Pawilon, po remoncie, oddany został do użytku [2].

Przykład 5. Obiekt widoczny na rys. 7 został wybudowany na początku XX wieku. Wykonany w technologii tradycyjnej, całkowicie podpiwniczony, posadowiony został w sposób bezpośredni na ławach fundamentowych. Zwraca uwagę zróżnicowana wysokość poszczególnych części obiektu (od parterowej do dwupiętrowej z poddaszem), wyraźnie odbiegająca od regularnej wysokiej zabudowy wzdłuż całej ulicy. W dodatku przy ścianie szczytowej obiektu, od jego strony południowo-wschodniej, widoczne są

przypory. Czas ich wykonania, jak też przyczyny, które zadecydowały zarówno o zróżnicowaniu wysokościowym obiektu, jak i nietypowych rozwiązaniach konstrukcyjnych kondygnacji piwnicznej, pozostają niejasne.



Rys. 7. Obiekt przewidziany do nadbudowy w widoku od strony południowej

Właściciel obiektu zamierza nadbudować jego niższe części i zaadaptować strych na cele mieszkalne. Przeprowadzone badania, w tym badania geotechniczne, miały za zadanie urealnić wspomniane zamierzenia. Zasadnicze wnioski z rozpoznania geotechnicznych warunków posadowienia były następujące:

- obiekt posadowiono na ceglanych bądź kamiennych ławach fundamentowych o szerokości 0,70,9 m wprost na gruntach rodzimych na głębokości 1,11,2 m p.p.t., przy minimalnej głębokości posadowienia $D_{\min}=0,65$ m p.p.p.
- gruntami rodzimymi są piaski drobne i średnie w stanie średnio zagęszczonym ($I_D=0,45$) i podścielające je miękkoplastyczne grunty zwięzłe spoiste o podwyższonej zawartości części organicznych ($I_{om}=11.2\%$). Te ostatnie zalegają na poziomie od ok. 6,5 m p.p.t. do 2,4 m p.p.t., przy czym najpłycej w sąsiedztwie wspomnianych przypór.

Warunki gruntowo-wodne w podłożu oraz przyjęte posadowienie w przypadku najniższej i najwyższej części obiektu, jak wykazały przepro-

wadzone obliczenia i analiza, umożliwiają, przy pozostawieniu istniejących fundamentów, odpowiednio ich: nadbudowę o jedną (tylko) kondygnację i zagospodarowanie strychu na pomieszczenia mieszkalne. Bezpośrednią nadbudowę części pośredniej należy wykluczyć z powodu obecności w podłożu silnie odkształcalnych miękkoplastycznych glin zwięzłych, w dodatku z dużym udziałem części organicznych. Nadbudowa może być jedynie podjęta pod warunkiem zmiany sposobu posadowienia tej części obiektu, np. przez wykonanie pod ławami kolumn iniekcyjnych lub mikropali. By jednak uczynić to realnym, konieczne jest zdecydowanie głębsze rozpoznanie podłoża (do 10 m nie natrafiono na spąg gruntów miękkoplastycznych), przeanalizowanie wpływu takiego rozwiązania (zmiana formy posadowienia) na pracę obiektu tworzącego praktycznie jedną bryłę (stan techniczny obiektu jest w chwili obecnej generalnie dobry) oraz określenie strony ekonomicznej całego przedsięwzięcia.

Przykład 6. Część północno-zachodnią budynku Urzędu Miejskiego w Gliwicach, w ramach przewidywanych prac modernizacyjnych, zamierzano nadbudować o jedną kondygnację (aktualnie ten fragment jest pięciokondygnacyjny).



Rys. 8. Obiekt obecnego Urzędu Miejskiego w Gliwicach w roku 1929

Sam obiekt wybudowany został w latach 1924–1928 i do II wojny światowej był wizytówką miasta (rys. 8). To obiekt w konstrukcji tradycyjnej zbudowany na rzucie czworoboku, całkowicie podpiwniczony z wewnętrznym dziedzińcem spalony w roku 1945, w następnych latach był wielokrotnie przebudowywany. Aktualnie jest to obiekt sześciokondygnacyjny, z wyjątkiem części północno-zachodniej, która jest pięciokondygnacyjna.

Z oceny stanu technicznego obiektu wynika, że jego ewentualna nadbudowa jest możliwa tylko tam, gdzie pierwotnie obiekt był sześciokondygnacyjny (po zastosowaniu niezbędnych wzmocnień niektórych elementów konstrukcyjnych). Natomiast rozważana nadbudowa obiektu od strony północno-zachodniej jest niewskazana.

Zasadniczym powodem takiego wniosku jest brak wiedzy na temat przyjętego posadowienia obiektu. Usytuowany w bardzo niekorzystnych warunkach gruntowo-wodnych (bezpośrednie sąsiedztwo rzeki Kłodnicy, prawie sześciometrowa warstwa plastycznych i miękkoplastycznych namulów podścielonych na 7,5 m p.p.t. średnio zagęszczonymi piaskami i pospółką), został posadowiony pośrednio na 476 palach o długości do 8 m. Szczęśliwie, jakkolwiek okupione bankructwem kilku firm, posadowienie budynku, nie daje obecnie, wobec braku podstawowych informacji na temat średnicy, rozmieszczenia, a nawet typu zastosowanych pali, podstaw do przeprowadzenia wiarygodnych obliczeń ich nośności. Na obecnym etapie posiadanych informacji podejmowanie działań zmierzających do nadbudowy obiektu jest ekonomicznie nieuzasadnione, technicznie trudne i wielce ryzykowne.

5. PODSUMOWANIE

Przytoczone w referacie przykłady prezentują możliwe decyzje w odniesieniu do proponowanych sposobów posadowienia obiektów modernizowanych. Wszystkie potwierdzają tezę o zasadności powtórnej analizy geotechnicznych warunków posadowienia takich obiektów. Prace modernizacyjne prowadzą zwykle do wzrostu obciążeń przekazywanych na podłoże, nie zawsze wystarczająco nośne do ich przeniesienia.

Prowadzenie prac modernizacyjnych wymaga niejednokrotnie rozwiązania problemu skutecznego posadowienia takich obiektów. Współczesna geotechnika proponuje w takich przypadkach szereg interesujących rozwiązań [3, 4, 5].

Przedstawiona pokrótce problematyka jest złożona, o czym współdecydują: cechy samych obiektów i podłoża, na którym zostały posadowione. Stąd każdy z przypadków jest inny i wymaga odmiennego podejścia.

Abstract

During building refurbishment works it is necessary to reanalyse the geotechnical conditions of the building foundation. As a result of this analysis, four decisions may be made: to preserve the existing solution, to reinforce the foundations or/and the soil, to change the structure's foundation or even to abandon the refurbishment works.

The aim of this paper is to present the difficulties arising during the refurbishment of civil engineering structures. To illustrate this issue, the author presents few examples taken from engineering practice.

Streszczenie

Modernizacja obiektów budowlanych wymaga m.in. powtórzonego przeanalizowania geotechnicznych warunków ich posadowienia. Konsekwencją tej analizy może być decyzja o: pozostawieniu istniejącego rozwiązania, wzmocnieniu fundamentów lub/i podłoża, zmianie koncepcji posadowienia obiektu, ograniczeniu a nawet odstąpieniu od prac modernizacyjnych.

Tej też problematyce poświęcono niniejszy referat, a ilustracją dla prezentowanych zagadnień są wybrane przykłady z praktyki inżynierskiej.

Literatura:

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. z 2010 r. nr 243, poz. 1623 z późniejszymi zmianami)
- [2] Sękowski J., Sternik K.: *Awaria obiektu handlowego w wyniku przekroczenia nośności podłoża*. XXV Konferencja Naukowo-Techniczna. Awarie Budowlane. SzczecinMiędzyzdroje, t. II, v. II, 2011, ss. 721–728
- [3] Sękowski J.: *Metody geoinżynierii w ulepszaniu gruntów słabych. Współczesne konstrukcje i instalacje w budownictwie*. Monografia pod redakcją Wojciecha Dornowskiego. Wydział Architektury WSEiZ w Warszawie, Warszawa, 2011, rozdział 6.1, ss. 147–169
- [4] Pisarczyk St.: *Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego*. Warszawa, 2005
- [5] *Naprawy i wzmocnienia konstrukcji zagłębionych w gruncie*. XVI Ogólnopolska Konferencja „Warsztat pracy projektanta konstrukcji”. Ustroń, 2001, t. 1–3

Elżbieta SZMIGIERA

Politechnika Warszawska

Marek WITKOWSKI

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

ROLA CIĄGLIWOŚCI W PRACY KONSTRUKCJI

1. WPROWADZENIE

Ciągliwość można zdefiniować jako zdolność do uzyskiwania znacznych odkształceń bez wyraźnego przyrostu naprężeń po przekroczeniu granicy plastyczności, co jest związane z możliwością absorbowania energii.

Zdolność konstrukcji do dużych odkształceń plastycznych, sygnalizujących zniszczenie, jest bardzo korzystna, szczególnie w przypadku działania obciążeń wyjątkowych, takich jak uderzenia, trzęsienia ziemi czy wybuch. W krajach Dalekiego Wschodu (Japonia, Chiny) oraz w USA stosowane są rozwiązania konstrukcyjne, zwiększające ciągliwość elementów budynków. W przypadku konstrukcji ciągliwych można także nie uwzględniać wpływu na nośność takich efektów, jak osiadanie podpór czy wzrost temperatury. Jest to zgodne z zaleceniami normy konstrukcji żelbetowych Eurokod 2.

Miarą ciągliwości w przypadku elementów konstrukcji może być ich energia zniszczenia, związana z postacią wykresu naprężenie-odkształcenie. Może to być, na przykład, podstawą oceny stopnia ciągliwości słupów typu CFST, czyli rur stalowych wypełnionych betonem [2, 4], czy zespolonych słupów dwugąteźniowych [3].

Zalety ciągliwości są także od dawna doceniane w przypadku stosowania betonu z włóknami stalowymi (fibrobetonu) [1]. Z uwagi na równomierne rozproszone zbrojenie, ten rodzaj betonu uważany jest za materiał jednorodny. Charakteryzuje się wyższą odpornością na pękanie, a także podwyższoną wytrzymałością na rozciąganie i ścinanie. Z tego powodu postać zniszczenia fibrobetonu ma charakter quasi-plastyczny.

2. ENERGIA ODKSZTAŁCENIA PODCZAS OBCIĄŻANIA I ODCIĄŻANIA

Energia odkształcenia, zmagazynowana w całej objętości konstrukcji, w przestrzennym stanie naprężenia i odkształcenia wynosi:

$$E = \frac{1}{2} \int_V (\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \sigma_z \varepsilon_z + \tau_{xy} \gamma_{xy} + \tau_{yz} \gamma_{yz} + \tau_{zx} \gamma_{zx}) dV \quad (2.1)$$

Praktyczne wykorzystywanie wzoru (2.1) w badaniach wytrzymałościowych jest bardzo trudne, gdyż nawet w przypadku prostszych stanów naprężenia potrzebna jest znaczna liczba pomiarów odkształceń w celu osiągnięcia zadowalającej dokładności. Jeśli jednak badania przeprowadza się przy obciążeniu jedną siłą i dokonuje się pomiarów przemieszczenia w miejscu przyłożenia siły, to z zasady zachowania energii wynika, że ubytek energii potencjalnej obciążenia zamienia się na energię odkształcenia:

$$E = L \quad (2.2)$$

gdzie E jest energią odkształcenia, a L – pracą, wykonaną przez siłę obciążającą.

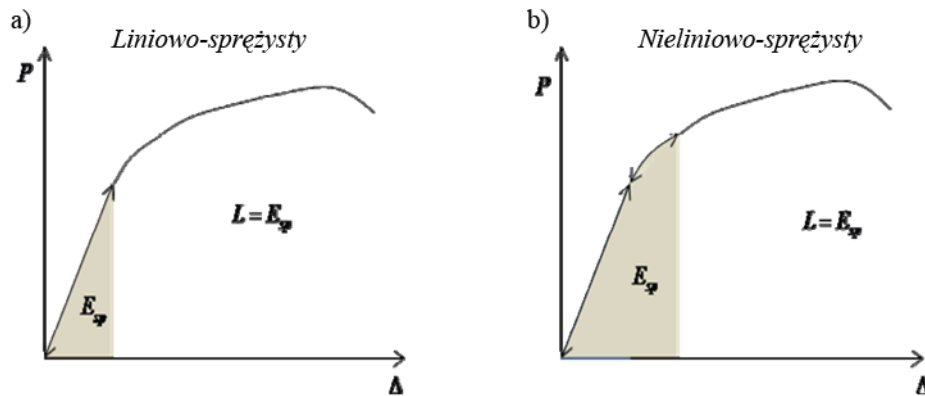
Jeśli Δ oznacza przemieszczenie pręta w miejscu przyłożenia siły obciążającej P , to praca wykonana przez tę siłę wynosi:

$$L = P \cdot \Delta \quad (2.3)$$

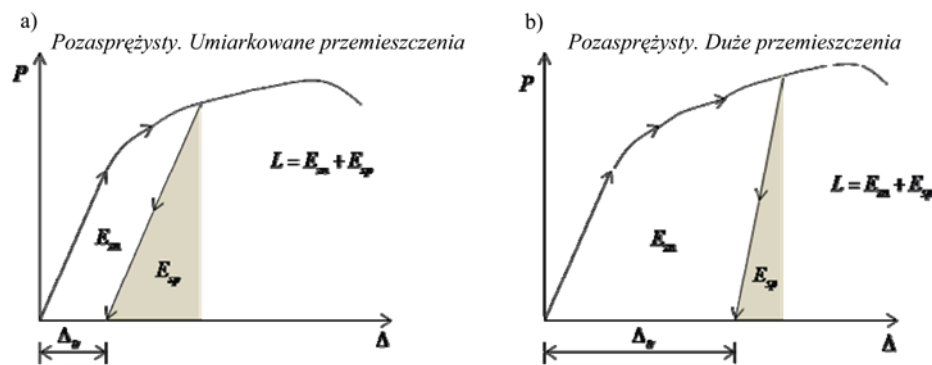
Na rysunku 2.1 przedstawiony jest wykres przebiegu obciążania i odciążania elementu, poddanego osiowemu ścisłaniu w zakresie sprężystym. W trakcie odciążania widoczny jest proces ubytku energii sprężystej, której maksymalne wartości odpowiadające granicy proporcjonalności Hooke'a oraz granicy sprężystości obrazują zacienione pola pod krzywą $P-\Delta$. Zgodnie z zasadą zachowania energii towarzyszy temu wzrost energii potencjalnej obciążenia, czyli po pełnym odciążeniu element powraca do postaci sprzed obciążania. W procesie obciążania i odciążania zachodzi równość $L = E_{sp}$, gdzie E_{sp} oznacza energię sprężystą. Proces ponownego obciążania przebiega wzdłuż tej samej prostej, a następnie po przekroczeniu granicy proporcjonalności – krzywej. Rysunek 2.1 stanowi pewne uproszczenie, gdyż w rzeczywistości niewielka część energii sprężystej jest utracona w wyniku histerezy sprężystej.

Po przekroczeniu granicy sprężystości (rys. 2.2) proces odciążania nie przebiega już wzdłuż linii obciążania. W uproszczeniu przyjmuje się, że linia odciążenia jest równoległa do linii obciążania w zakresie obowiązywania prawa Hooke'a (rys. 2.2a). W takim modelu, po pełnym odciążeniu pozostają skrócenia trwałe Δ_p , zatem ubytek energii potencjalnej obciążenia przechodzi tylko w części na energię sprężystą E_{sp} . Zobrazowane jest to na

rysunku 2.2 zacienionym polem trójkąta. Pozostała część pracy siły P zamienia się na energię zniszczenia E_{zn} . W przypadku umiarkowanych przemieszczeń znowu dokonuje się pewnych uproszczeń, nie uwzględniając zjawiska histerezy sprężystej. Zatem w rzeczywistości pole E_{sp} nie wzrasta, choć w zakresie pozasprężystym funkcja $P-\Delta$ jest krzywą wznoszącą. Z całą pewnością ze wzrostem przemieszczeń wzrasta wartość energii zniszczenia. Jednocześnie udział histerezy sprężystej zmniejsza się, co potwierdzają przeprowadzone pomiary odkształceń, dokonane w różnych miejscach badanych elementów. O ile w części punktów pętle histerezy są rejestrowane, to w innych ścieżki odciążeniowe (pozostając prostymi) zbiegają do osi Δ pod kątami, zbliżonymi do kąta prostego. Ten proces jest zobrazowany na rysunku 2.2b. Wynika z tego, że znacznie większa część pracy siły P zamienia się na energię zniszczenia E_{zn} .

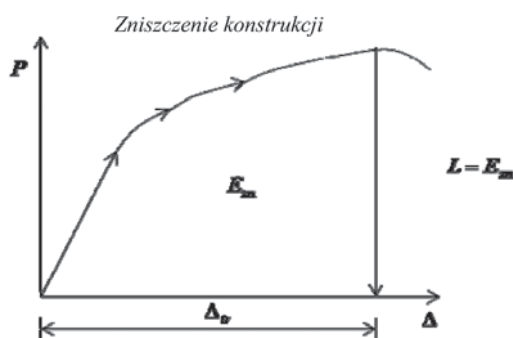


Rys. 2.1. Przebieg zależności $P-\Delta$ w zakresie sprężystym



Rys. 2.2. Przebieg zależności $P-\Delta$ w zakresie pozasprężystym

Po osiągnięciu przez siłę obciążającą maksymalnej wartości cała praca L zamienia się w nieodwracalną energię zniszczenia E_{zn} . Taki stan zobrazony jest na rysunku 2.3. Przedstawiony na tym rysunku model energii zniszczenia, reprezentowany przez całe pole pod krzywą, aż do punktu granicznego ścieżki równowagi, był podstawą analizy ciągliwości konstrukcji, opisaną w rozdziale 3. Może on być zastosowany, zarówno w odniesieniu do elementów zginanych, jak i ściskanych osiowo.

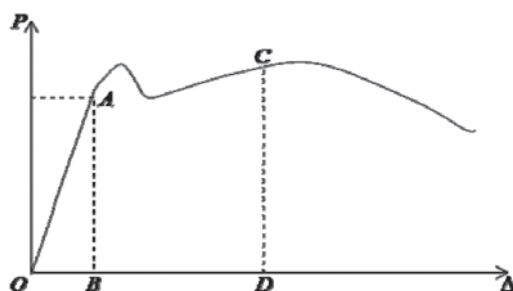


Rys. 2.3. Faza zniszczenia elementu

3. ENERGIA ZNISZCZENIA JAKO MIARA CIĄGLIWOŚCI

3.1. Elementy zginane

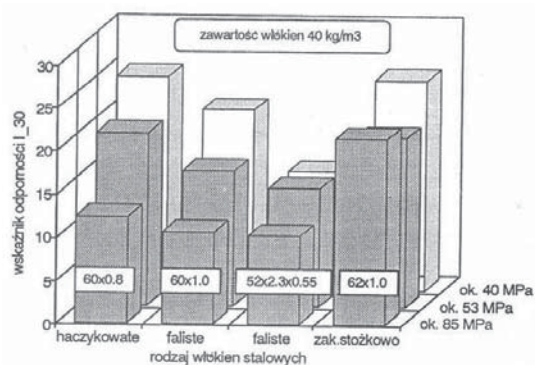
Wspomniana we wprowadzeniu (rozdz. 1) zdolność fibrobetonu do pochłaniania energii przy zniszczeniu, badana jest na zginanych elementach belkowych, gdyż taki beton wykazuje ciągliwość i zdolność przenoszenia obciążeń nawet przy znacznych ugięciach [1]. Ciągliwość betonu z włóknami stalowymi utożsamiana jest z jego odpornością na pękanie przy zginaniu. Miarą jej jest praca zginania, określona polem powierzchni pod wykresem siła – ugięcie belki o określonych normowo wymiarach (rys. 3.1).



Rys. 3.1. Przykładowy przebieg zależności $P-\Delta$ w fibrobetonowej belce zginanej [1]

O ciągliwości fibrobetonu świadczy jego wskaźnik odporności na pękanie, np. I_{30} , obliczony jako iloraz pól powierzchni OACD do OAB. Pole OAB oznacza wielkość energii badanej próbki w chwili pojawienia się pierwszej rysy. W przypadku elementów idealnie sprężysto-plastycznych, $I_{30}=30$.

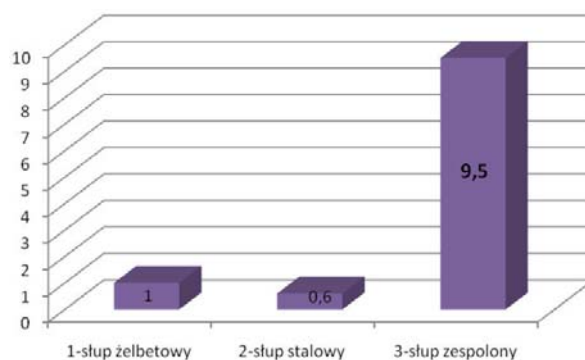
Ciągliwość fibrobetonu zależy w dużym stopniu od zawartości i rodzaju włókien stalowych oraz klasy betonu. Przykładowo zilustrowano to na rys. 3.2.



Rys. 3.2. Wpływ rodzaju i zawartości włókien oraz klasy betonu na wartość wskaźnika I_{30} [1]

3.2. Elementy osiowo ściskane

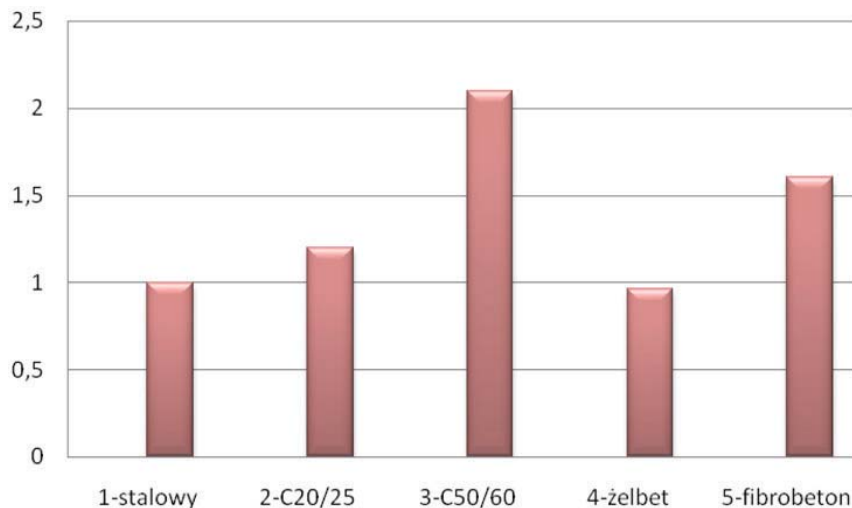
Wartość energii zniszczenia może być podstawą oceny ciągliwości różnych typów słupów. W [2] dokonano porównania przebiegu zależności siła-odkształcenie w prostokątnych słupach typu CFST (rury wypełnione betonem), w odniesieniu do odkształcalności analogicznych słupów stalowych i żelbetowych. Wielkość energii zniszczenia elementów obliczono jako odpowiednie pola wykresów zależności σ - ϵ . Wyniki analizy przedstawiono na rysunku 3.3.



Rys. 3.3. Porównanie ciągliwości słupów o przekroju prostokątnym wg [2]

Z wykresów na rysunku 3.3 wynika, że ciągliwość analizowanych słupów zespolonych jest kilkanaście razy większa, niż słupów stalowych.

Podobną analizę, jak dla słupów typu CFST, przeprowadzono w [3] dla dwugązgowych słupów stalowo-betonowych, wykorzystując wyniki badań doświadczalnych.



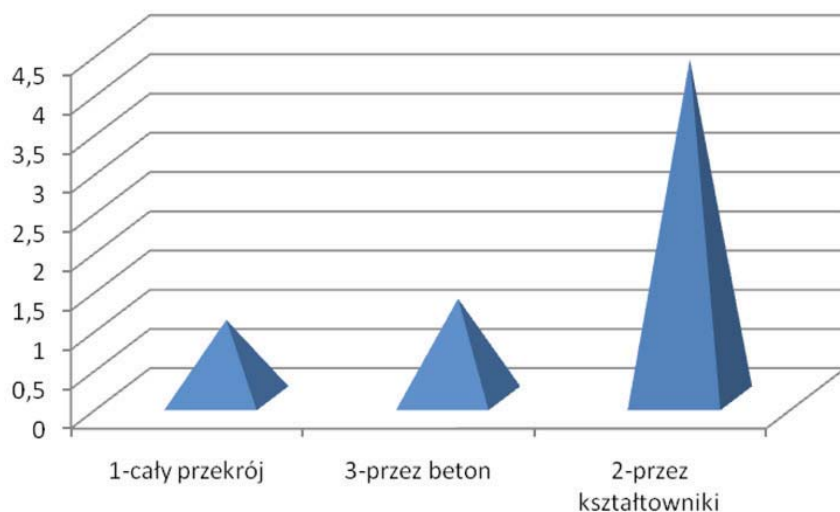
Rys. 3.4. Wpływ wypełnienia betonem na ciągliwość stalowych słupów dwugązgowych wg [3]

Analiza energii zniszczenia tych słupów posłużyła następnie do oceny przydatności zastosowanych rozwiązań oraz możliwości odpowiedniego doboru rodzaju materiałów konstrukcyjnych, użytych do wykonania elementów. Wyniki analizy przedstawiono na rysunkach 3.4 i 3.5.

Z wykresów na rysunku 3.4 wynika, że ciągliwość słupów zespolonych w istotny sposób zależy od klasy wytrzymałości wypełniającego je betonu (wykresy 2 i 3). Natomiast zastosowanie dodatkowego zbrojenia w rdzeniu betonowym, mimo wyższej o 66% nośności tych słupów w stosunku do stalowych, spowodowało nawet zmniejszenie ich ciągliwości (wykres 4).

Wyniki analizy potwierdziły jednocześnie korzystny wpływ zastosowania włókien stalowych. Słupy z fibrobetonem klasy wytrzymałości C20/25 charakteryzują się znacznie wyższą ciągliwością, niż słupy wypełnione betonem bez włókien (wykresy 2 i 5).

Na rysunku 3.5 przedstawiono analizę wpływu sposobu obciążania dwugązgowych słupów stalowo-betonowych na ich ciągliwość.



Rys. 3.5. Wpływ sposobu obciążania na ciągliwość dwugązgowych słupów stalowo-betonowych wg [3]

Przeprowadzone badania doświadczalne wykazały, że siła niszcząca słupy, obciążane przez kształtowniki (wykres 2) była nieco mniejsza, niż siła uzyskana w przypadku słupów, obciążanych równomiernie przez cały przekrój (wykres 1). Jednocześnie z wykresów na rysunku 3.5 wynika, że energia zniszczenia tych słupów jest ponadczterokrotnie wyższa.

4. PODSUMOWANIE

W referacie autorzy przedstawili znaczenie ciągliwości jako korzystnej cechy materiałowej i konstrukcyjnej, na którą powinni zwracać uwagę zarówno architekci i projektanci, jak i nauczyciele akademicy.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że nawet zastosowanie materiału kruchego, jakim jest beton, odpowiednio połączonego z materiałem sprężysto-plastycznym (stal), może przy właściwym rozwiązaniu konstrukcyjnym znacznie zwiększyć ciągliwość całego elementu. Przykładem takiego rozwiązania są słupy stalowo-betonowe, obciążane przez stalową część przekroju. Znamienne jest też, że energia zniszczenia takich słupów jest znacznie większa niż samych słupów stalowych.

Abstract

The paper presents the results of analysis of structure ductility. The ductility, considered as the destruction energy, was estimated for different type of elements and materials. On the basis of the examples the authors introduce evaluation of influence of the chosen material features and construction's solutions on the ductility. The authors also formulate conclusions that composite elements have particularly high ductility.

Streszczenie

W referacie autorzy przedstawili wyniki analizy ciągliwości różnych typów konstrukcji. Za miarę ciągliwości, rozumianej jako zdolność do znacznych odkształceń plastycznych, przyjęto energię zniszczenia elementów. Przeanalizowano przyrost tej energii w procesie obciążania. Na podstawie przykładów autorzy przedstawili ocenę wpływu wybranych cech materiałowych oraz rozwiązań konstrukcyjnych na ciągliwość.

Literatura:

- [1] Brandt A.M., Kasperkiewicz J., Glinicki M.A.: *Podstawy stosowania fibrobetonów z włóknami stalowymi*, PAN, Warszawa, 1996
- [2] Flaga K., Szopa L.: *O możliwości zastosowania zespolonych elementów ruro-betonowych CFST w mostownictwie*. Konferencja Naukowo-Techniczna „Zespolone konstrukcje mostowe, Kraków”, **2009**, 117–132
- [3] Szmigiera E.: *Dwugąździowe słupy stalowo-betonowe*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Prace Naukowe–Budownictwo, z. 155, Warszawa, 2012
- [4] Witkowski M., Szmigiera E.: *Modelowanie skrępowania betonu w prostokątnych słupach typu CFST*. V Konferencja Naukowa „Problemy współczesnej architektury i budownictwa” ARCHBUD 2012, Zakopane, **2012**, 369–378

Zygmunt SZPARKOWSKI

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

RUCHOMY PUNKT JAKO ŹRÓDŁO INSPIRACJI NOWOCZESNEJ ARCHITEKTURY

WSTĘP

Kształtowanie architektury wywodzi swój początek z prostych elementów geometrii euklidesowej. Elementy te powszechnie uznawane w starożytnej Grecji, przejęte zostały przez Rzymian i rozpowszechniły się w sztuce średniowiecza, renesansu, baroku i klasycyzmu. We współczesnej architekturze architekci, poczynając od Le Corbusiera, świadomie względnie intuicyjnie posługują się prostymi elementami geometrii, od stosunkowo niedawna włączonymi we wszystkie programy grafiki komputerowej. Można zatem stwierdzić, że stanowią one, podobnie jak w przeszłości, znaki swoistego alfabetu w kształtowaniu architektury. Posługując się tą analogią, należy uznać, że początkiem wspomnianego abecadła jest punkt. Element w geometrii uznawany jako bezwymiarowy, statyczny i najmniejszy. Punkt odgrywa niemałą rolę we współczesnej filozofii nauki, gdzie teorie naukowe doprowadziły do oszałamiających odkryć w kosmologii i nowej fizyce. Punkt stanowi też przedmiot rozważań w teoriach matematycznych. W sztuce punkt jest najłatwiejszym elementem odbioru wzrokowego, zrozumiałym dla każdego widza. Może być początkiem i zakończeniem każdej twórczości literackiej, muzycznej czy plastycznej. Punkt jako dominanta w postaci pomnika może zawierać bogate konotacje i syntezę różnych emocji i wydarzeń historycznych.

Niewątpliwie punkt, jako element najprostszy w architekturze stanowi komunikat powszechnie zrozumiały i dostępny. Wpisuje się on w kształtowanie architektury jako sztuki popularnej dostępnej dla zwykłego człowieka.

Punkt można określić dwójako. Może być statyczny, a wówczas jako dominanta ogniskuje wokół siebie przestrzeń zewnętrzną. Może być też dynamiczny, tworząc tzw. ruchomy punkt. Zauważyli to już teoretycy w starożytnej Grecji¹. Otóż ruchomy punkt jest ciekawym zjawiskiem wartym rozpoznania, ponieważ ma szereg analogii w sztuce, nauce i w kształtowaniu architektury. Powyższa praca ma na celu przybliżenie zjawiska ruchomego punktu, ponieważ jak wspomniano, można uważać go za początek każdej ze sztuk plastycznych, do których zaliczamy przecież architekturę.

1. RUCHOMY PUNKT

Punkt to jedno z podstawowych pojęć geometrii. Najmniejszy, bezwymiarowy obiekt geometryczny. Punkt ma zawsze zerowe rozmiary. Jako punkt możemy postrzegać wiele obiektów, zależy to przede wszystkim od odbioru widza danego zjawiska, przedmiotu. Na ten czynnik wpływa punkt widzenia, odległość, skala, wielkość danego obiektu. W niektórych ujęciach linię prostą można interpretować za pomocą pojęć wykraczających poza geometrię, np. jako zbiór punktów spełniających pewne równanie.

Kosmicznym początkiem wszystkiego był punkt. Hipotezę tę podtrzymują współczesna fizyka i kosmologia, pomimo różnych, aczkolwiek zbliżonych modeli rozszerzającego się Wszechświata. W tym momencie należy podkreślić potwierdzony związek między nauką i sztuką, do której bez wątpienia należy architektura, a przede wszystkim jej podstawowa cecha, którą jest jej funkcja estetyczna. Pierwszą próbę opisanie pojęcia punktu podjął Euklides: „Punkt to jest to, co nie składa się z części (czego nie można rozłożyć na części)”². Istnieją jednak przestrzenie matematyczne, w którym punkt może zostać zdefiniowany. Przykładowo, nakładając na przestrzeń euklidesową kartezjański układ współrzędnych, możemy w tak powstałej przestrzeni kartezjańskiej zdefiniować punkt jako parę uporządkowaną (przy większej liczbie wymiarów krotkę) liczb rzeczywistych (il. 1).

W niektórych ujęciach, linię prostą można interpretować za pomocą pojęć wykraczających poza geometrię, np. jako zbiór punktów spełniających pewne równanie. Wynika z tego, że ruchomy punkt może tworzyć linię prostą i krzywą. Jako ruchomy punkt możemy interpretować Ziemię krążącą wokół Słońca, czy Księżyc wokół Ziemi, który co pewien okres czasu powoduje zaćmienia Słońca. Relacje między tymi punktami (Księżyc–Ziemia) są istotne dla życia na naszej planecie. Ruch wokół orbity czy obrotowy Ziemi wyznaczają pory roku, dni, nocy. Komórka krwi, hemoglobina jako ruchomy punkt ma istotny wpływ na funkcjonowanie całego organizmu. Wyróżniamy ruch atomów, cząsteczek jako punktów w falach radiowych magnetycznych. Ruch „punktu” w środowisku człowieka jest bardzo istotny, często odgrywa kluczową rolę. Jako punkt możemy postrzegać wiele obiektów, zależy to przede wszystkim od odbioru widza danego zjawiska, przedmiotu. Na ten czynnik wpływa punkt widzenia, odległość, skala, wielkość danego obiektu. (il. 4).

Twierdzenie Pappusa³ z Aleksandrii 4 r. n.e. wskazuje na ciekawy związek ruchomego punktu, który przesuając się kształtuje linię, z kolei linia rozwijając się w kierunku prostopadłym formuje płaszczyznę. Wreszcie ruch płaszczyzny prostopadle tworzy bryłę. Architektura zarówno tradycyjna, jak i współczesna powstaje w zasadzie w oparciu o powyższe twierdzenie (il. 2).

Sowiecki plakat propagandowy z czasów wojny ojczyźnianej 1919 r jest trafnym przykładem dynamiki „ruchomego punktu” wykorzystanego w sztu-

kach wizualnych. Ten sposób wydobywania akcentów w oddziaływaniu ruchomego punktu jest charakterystyczny dla wielu przykładów graficznych, malarskich czy rzeźbiarskich w sztuce XX w i obecnego stulecia⁴ (il. 3).

We wnętrzu elementy oświetlenia projektu design nie tworzą zdecydowanej dominanty. Jednak zwracają uwagę patrzącego poprzez indywidualną ocenę postrzeganego niezwykłego przedmiotu lub jako zbiór w istocie ruchomych punktów charakteryzujących się użyciem czystych barw. Jego założeniem jest zobrazowanie permanentnego ruchu, który sugerują trzy punkty (barwne koła) sprawiające wrażenie ruchu wahadłowego. Obserwujemy nakładanie się bocznych linii krzywych, co przypomina nieco interferencję fal dźwiękowych (il. 5).

Ruchomy punkt jako inspiracja (il. 7) zaistniał w malarstwie, stając się często integralnym jego elementem. Zauważymy go w kierunkach malarskich, jak: pointylizm⁵, dripping⁶. Fenomen ruchomego punktu został uchwycony również w kompozycji francuskiej malarki. Ten kierunek plastyczny, zwany orfizmem (il. 6).

Jednym z eksperymentów wykonanych przez studentów była symulacja kompozycji konstruktywistycznej, w której poszukuje się przejawów ruchomego punktu w zgrupowanych tutaj prostych formach. (il. 8) Zadaniem było zaprojektowanie szeregu klatek filmu animowanego z wykorzystaniem szeregu abstrakcyjnych i geometrycznych elementów znajdujących się w pierwszej klatce filmu. Potraktowano różne składniki kompozycji jako określone punkty, które mogą być skręcane, mogą przepływać lub przeplatać się wzajemnie w ograniczonej przestrzeni poszczególnych klatek. Niektóre kształty podróżują w kierunku obserwatora, wypełniając klatkę filmu i następnie się oddalają. Kolejne obserwowane punkty mogą się zmniejszać lub powiększać, jeszcze inne przekraczają obszar granic danej klatki. Na końcu każdy animowany element przechodzi w stan spoczynku odpowiadający pierwszej klatce. Autor pierwotnej kompozycji, El Lissitzky nadał swojej koncepcji nazwę „Przygody kwadratu” i prawdopodobnie zaaprobowałby wspomniany eksperyment, bo był zafascynowany potencjałem kinetycznym form podstawowych, często obecnych w jego malarstwie⁷.

Prawdopodobnie idea ruchomego punktu w architekturze znalazła jedno z najbardziej kinetycznych odniesień w architekturze Instytutu Arabskiego w Paryżu autorstwa Jeana Nouvela. Ruchomy punkt przejął rolę nie tylko estetyczną, ale został wykorzystany jako pomysł do regulacji oświetlenia i wentylacji budynku. J. Nouvel wykorzystał tu wynalazek tzw. przestony bagnetowej z tradycyjnej kamery fotograficznej, która nieoczekiwanie, w zupełnie innej skali, znalazła zastosowanie w projekcie elewacji. Zestawienie punktów i regulowane przestony elewacyjne układają się we wzory, które korespondują znakomicie z symboliką i formą sztuki arabskiej odpowiadającej funkcji zaprojektowanego budynku. (il. 9, 10)

Nakładanie się punktów może powodować wrażenie pewnej wieloznaczności. W odbiorze wizualnym nagromadzenie punktów kształtuje płaszczyzny pionowe i poziome. Wiązki prętów obejmujące szyb niezwyklej windy prowadzącej na szczyt budynku ukierunkowują nasz wzrok na punkty. W ten sposób zbiory punktów przestają być statyczne (il. 11).

W przedstawionym na ilustracjach Nestled Box w Tokio, zaprojektowanym przez Miligram Architectural Studio jako rezydencja prywatna, wykorzystano ruchomy punkt dla zróżnicowania fasady budynku, która w tradycyjnej formie jest zazwyczaj monotonna. Prostokąty okien na elewacji mają różne wymiary i położenie. Niemniej kompozycja jest harmoniczna, a wyznacza ją dodatkowo kwadratowa siatka strukturalna. W zestawieniu widoków elewacji w dzień i w nocy punkt jest rzeczywiście ruchomy i indywidualizowany dzięki różnym wymiarom zmodulowanych okien umieszczonych w siatce kwadratowej. Zwłaszcza w nocy zapalane i wygaszane światło w pomieszczeniach powoduje zmiany w wyglądzie elewacji. Ruchomy punkt jest dostrzegany na co dzień, gdy zapalają lub wygaszają się światła w budynkach np. mieszkalnych. Nic zatem dziwnego, że oświetlone punkty okien mogą tworzyć różne formy geometryczne, odbierane niekiedy jako znaki o określonej wymowie informacyjnej (il. 12).

2. UMIEJSCOWIENIE PUNKTU

Aczkolwiek punkt jest pozbawiony formy, to jego obecność może być zaznaczona, gdy jest on umieszczony wewnątrz dobrze określonej przestrzeni wzrokowej. Jednym z zadań projektowania architektonicznego jest umiejętne doprowadzenie do umiejscowienia danego obiektu w określonej przestrzeni. Zatem gdy traktujemy obiekt jako określony punkt, który ma być zlokalizowany w określonym miejscu, to zwykle pozbawiamy go kinetyki charakterystycznej dla ruchomego punktu. Ruchomy punkt może zamienić się w stabilny, w którym ruch jest celowo wygaszony zwykle ze względów formalnych, wszędzie tam, gdzie należy określić jego pozycję w przestrzeni. Jak wspomniano, punkt nie ma długości, szerokości ani wysokości. Zatem z natury jest statyczny i bezkierunkowy. Aby jednak był dostrzegalny, powinien być wyraźnie scentralizowany i zaakcentowany. Tak też w klasycznej geometrii spełnia dostrzegalną rolę, która służy m.in. do oznaczenia jednego lub dwóch końców odcinka, przecięcia dwóch linii, spotkania linii w narożach płaszczyzny lub bryły oraz określenia środka powierzchni. Zwykły punkt zaznaczony na planie jest pozbawiony wymiarów. Jego lokalizację wyznacza w tym wypadku siatka posadzki placu w postaci modularnej prostokątnej kraty, której każda ma rozmieszczoną, w centrum (il. 15.) matą fontannę. Fontanny te tworzą zwartą kompozycję, do której przynależy zabytkowa fontanna placu.

Punkt może być odrzutowany w pionowy element linearny, jak rzeźba, obelisk, kolumna itp. (il. 13). Staje się wówczas widocznym znakiem pozycji w przestrzeni lub na powierzchni terenu. Pomnik na centralnym placu w Rio de Janeiro, podobnie jak wiele pomników w miastach na świecie, zlokalizowany jest w punkcie ciężkości placu. Posadzka placu podkreśla jego dominującą rolę. W istocie może on spełniać rolę organizującą dla innych otaczających go elementów. Podejmuje rolę dominanty w przestrzeni wzrokowej.

Pochodną zakończenia geometrycznego odcinka punktem jest ołtarz kościelny (il. 14). Specjalny charakter osi zakończonej punktem wyznacza rzeźba sakralna. Istnieje zarazem silna relacja pomiędzy patrzącym a rzeźbą Chrystusa w kościele romańskim w Segowii pod wezwaniem św. Milana. Punkt ten nie tylko przyciąga uwagę, ale w sferze psychicznej wielu osób wywołuje reakcje emocjonalne i ta relacja pomiędzy komunikatem i odbiorcą jest zwykle silna. Relacja ta może wynikać z uczuć religijnych lub estetycznych. Lokalizacja w absydzie kościoła i oświetlenie krzyża dodatkowo wzmacnia dominację umiejscowionego punktu.

Swobodnie stojący słup (kolumna) w przestrzeni określa strefy przestrzeni we wnętrzu. Umieszczona centralnie wewnątrz przestrzeni akcentuje jej centrum. Samotnie stojące kolumna, rzeźba, pomnik są zdecydowanie statyczne. Możliwa dynamika ruchu może być uzyskana za pomocą domyślnych i nieskończonych osi do niej prowadzących, wyznaczonych przez obserwatorów, lub też, jak to uwidoczniło na ilustracji, przez odpowiednie linie na posadzce placu. Diagram wskazuje złamanie symetrii w lokalizacji punktu, a to powoduje, że gdy punkt jest przesunięty poza obszar pola wzrokowego, to powierzchnia albo przestrzeń obserwowana wydaje się bardziej dynamiczna i zaakcentowana. Powstaje napięcie wzrokowe między punktem a otaczającą go powierzchnią⁸ (il. 16). Pomnik, jak to widzimy na ilustracji placu de Comercio w Lizbonie jest ściśle powiązany z przestrzenią placu. Umieszczone w centrum placu rzeźby, pomniki, określają rozmiary przestrzeni je otaczającej. Oświetlenie podkreśla dominującą rolę pomnika. Przesunięta w przestrzeni kolumna określa hierarchię stref przez zróżnicowanie wymiarowe, kształt i rozmieszczenie⁹.

W architekturze historycznej zlokalizowany statyczny punkt pojawia się zwykle, gdy chodzi o podkreślenie jej roli militarnej czy symbolicznej. Hełmy i zakończenia wież zamku w Segowii są tego przykładem. Obserwujemy nadto, że główne punkty bryły, jak zakończenia wież, a także kalenice dachów, są wyraźnie zaakcentowane. Dla widza oglądającego Alkazar z otaczającego wzniesienia zlokalizowane punkty wyznaczają zgeometryzowany wolumen przestrzenny znakomicie wkomponowany w naturalny krajobraz (il. 17).

Głowy królów ze zniszczonego w okresie Rewolucji Francuskiej portalu Notre Dame w Paryżu są wpisane w dość czytelną siatkę trójkątów równobocznych i tym samym pozbawione dynamiki kierunkowego ruchu (il. 18).

Diagram wskazuje złamanie symetrii w lokalizacji punktu, a to powoduje, że gdy punkt jest przesunięty poza obszar pola wzrokowego, to powierzchnia albo przestrzeń obserwowana wydaje się bardziej dynamiczna i zaakcentowana. Powstaje napięcie wzrokowe między punktem, a otaczającą go powierzchnią¹⁰. Stąd tłumaczy się wybór przez niektórych projektantów architektury niekonwencjonalnych rozwiązań w projektowanych obiektach (il. 19).

Na budynku administracyjnym browaru Asakusa w Tokio umieszczono rzeźbę francuskiego artysty Philippe'a Starke¹¹, stanowiącą charakterystyczny punkt dla dzielnicy Tokio. Rzeźba ma przywoływać kształt płomienia. Napięcie pomiędzy punktem-rzeźbą, a sinusoidalnymi ścianami budynku jest wyraźne. Powracając do fenomenu ruchomego punktu stwierdzamy, że sytuacja wydaje się niejednoznaczna. Z jednej strony punkt-płomień jest dość mocno umiejscowiony i umieszczony na poziomej płaszczyźnie dachowej oraz podkreślony dodatkowo, wygiętymi krawędziami budynku (il. 20).

3. RELACJE POMIĘDZY DWOMA PUNKTAMI

Odwołaniem do przyrody jest błyskawica, która w ułamku sekundy łączy odmiennie naładowane ładunki elektryczne.

W jakimś sensie podobna relacja między odmiennymi ładunkami może przypominać relację pomiędzy przedmiotem obserwowanym a obserwatorem (il. 21). Zjawisko jest znane w psychologii postaci¹². Obserwator koncentruje swój wzrok na interesującym go obiekcie i przez określony moment obraz tego obiektu pozostaje w jego świadomości. Fotografia ukazuje nawet ściślejszą relację pomiędzy obserwatorem a dostrzegalnym punktem. W tym wypadku dwa punkty, (obserwator i zachodzące słońce) stanowią jedność.

Relacja pomiędzy dwoma punktami w rzeczywistości ma głębsze odniesienia. Może bowiem dotyczyć wzajemnego oddziaływania dwóch ciał o danej masie zgodnie z prawem, które odkrył Isaac Newton. Tym samym odnosi się do zjawiska powszechnie występującego w naturze. Zgodnie z hipotezami zawartymi w tzw. psychologii postaci wszystkie elementy charakterystyczne dla zjawisk w przyrodzie są w jakimś stopniu również udziałem psychiki ludzkiej i są nieobce zwykłemu człowiekowi¹³. W tym sensie rozważanie o dwóch punktach występujących w naturze i rozpatrywanych z punktu widzenia przestrzeni architektonicznej można ująć w sposób następujący: dwa punkty wyznaczają odcinek linii, która je łączy. W planach architektonicznych dwa punkty służą do określenia wejścia i prostopadłego do niego podejścia (il. 22, 23).

A. Dwa punkty odcinają na linii odcinek o określonej długości. Jest on częścią nieskończonej długiej osi (linii).

- B. Dwa punkty mogą wzrokowo sugerować prostopadłą oś wobec danego odcinka, w stosunku do którego są położone symetrycznie.
- C. Dwa punkty oznaczone w przestrzeni przez elementy linearne, np. kolumny, słupy itd., a także formy centralne, wyznaczają oś. Oś jest elementem porządkującym i znanym w architekturze od zawsze. Organizuje ona formy budynku i przestrzeń¹⁴.
- D. Gdy linia dotknie lub włączy punkty *napięcie* ulega rozładowaniu. Oko podróżuje swobodnie wzdłuż szeregu *punktów kształtujących linię*. Wszystkie punkty są równe, ale jedynie krańcowe punkty są zaakcentowane (mają one sąsiadów tylko po jednej stronie).

Jest to również jeden ze środków projektowania: w przypadku zakłócenia niewyraźnej równowagi lub dwoistości zjawisko to może być wyeliminowane przez połączenie linii (il. 25).

Natomiast w architekturze pomnika wyczuwa się napięcie istniejące pomiędzy dwoma punktami-skrzydłami pomnika (il. 24). Całość jest silnie zgeometryzowana, co powoduje, że napięcie jest wzmocnione kształtem trójkąta równobocznego, który jest z kolei modelowany trójkątami równoramiennymi opartymi na romboidalnych podstawach. Trójkąt równoboczny jest przecięty prostopadłą osią i pomiędzy dwiema połówkami trójkątów, stanowiących w tym wypadku dwa punkty, dochodzi do silnego spięcia formalnego, dodatkowo podkreślonego barwą i fakturą elementów pomnika. W oczekiwaniu na rozładowanie tego napięcia obserwator spodziewa się wręcz jakiegoś zjawiska elektrycznego, np. zaiskrzenia w miejscu tak bliskiej relacji dwóch punktów.

W sąsiedztwie plaży Copacabana w Rio de Janeiro znajduje się rzeźba „siedzącego mężczyzny” (il. 26). Lokalizacja tego punktu może określać charakterystyczne miejsce spotkań i w jakiś sposób humanizuje otaczającą przestrzeń. Ławka z rzeźbą pozwala na zajęcie miejsca przez przypadkowego przechodnia. Pojawia się wtedy relacja pomiędzy człowiekiem i rzeźbą. Relacja między dwoma punktami jest zaakcentowana w sztuce plakatu, gdzie lapidarność przekazu zajmuje ważne miejsce (il. 27). W tym przypadku plakat to nie tylko publiczna reklama, ale również sztuka w jakiś sposób estetycznie wychowująca widza¹⁵. Po chwili dostrzegamy relację między dwoma punktami, mimo że nie występuje tutaj symetria. Zwracamy uwagę na analogię pomiędzy firmowym znakiem London Transport zawieszonym w przestrzeni i obiektem przypominającym planetę Saturna z jego pierścieniami.

Między dwoma punktami zachodzą pewne związki. Zmieniają się one w zależności od ich położenia, odległości między nimi czy chociażby połączeniem ich ze sobą. Jeśli punkty nie są ze sobą połączone, wzrok widza podróżuje między nimi z zaciekawieniem poszukując zasady wyjaśniającej ich wzajemne powiązania. Punkty stają się ważniejsze niż przerwa między nimi. Jeśli jednak są połączone, następuje zaakcentowanie i wrażenie pary

punktów. Najkrótszym dystansem między nimi jest linia, tworząca odcinek o określonej długości. Gdy linia dotknie punktów, ulega rozładowaniu. Taką linią przedstawioną na ilustracji jest kolisty odcinek, w domyśle fragment zakopanego koła rowerowego. Obszar objęty przez ten kolisty odcinek oznacza miejsce zabaw dla dzieci w Parc de la Vilette w Paryżu (il. 28).

Z kolei połączone punkty sugerują równowagę, przestają być bezwymiarowe, stają się uporządkowane, nie posiadają jednak tej ukrytej energii, która jest zawarta w Grobie Nieznanego Żołnierza w Lizbonie. Współczesną bramą do miasta jest kompozycja dwóch punktów, wież budynków biurowych w Madrycie. Relacja dwóch punktów została silnie zaakcentowana nie tylko przez ich symetrię i lokalizację, ale przede wszystkim przez odchylenie od pionu co dodaje punktom dynamiki i podkreśla je (il. 30).

Inspiracja dwoma punktami w sztuce wzornictwa przemysłowego wśród wielu przykładów została ukazana również w koncepcji regulowanego stolika projektu E. Greya. Jeden z punktów, blat stolika, stanowi przesuwany ruchomy punkt. Przemysłana symetria istnieje między podstawą i blatem mebla (il. 30).

Paul Klee sądził, że ścieżka między dwoma punktami, która jest różna od linii prostej, podkreśla węzły (il. 32). Wariacje na ten temat są symbolem sztuki nowoczesnej (il. 33).

Zbliżenie dwóch węzłów dwuwymiarowej ścieżki oznacza bezpieczną, zamkniętą przestrzeń. Stwarza wrażenie przepływu zewnętrznej i wewnętrznej przestrzeni poprzez otwory między węzłami¹⁶.

Wejście do ratusza w Tokio może być uznane za inspirację związaną z poglądami P. Klee odnoszącymi się do przepływu przestrzeni zewnętrznej i wewnętrznej (il. 31). Wklęsła linia elewacji, a następnie wypukła strefa wejściowa przywołuje obraz dwóch węzłów. Zaokrąglona posadzka zewnętrzna stanowi jakby tło dla przestrzeni zarysowanej przez elewację ratusza oraz przestrzeni wejścia. Są to dwa miejsca, punkty, które się wzajemnie przenikają, ale jednocześnie przy swoim zróżnicowaniu sugerują równowagę.

Kolejną rolę dwóch punktów jest wyznaczenie między nimi centralnie położonej osi. Dwie wieże ratusza w Tokio tworzą parę punktów (il. 35). Oś jest wyznaczona podziałem płaszczyzny w środkowej części bryły ratusza i podkreślona dwiema wręcz „gotyckimi” wieżami, ponieważ Kenzo Tange był zafascynowany gotycką architekturą europejską. W zestawieniu z poprzednim widokiem wież w Madrycie, akcentujących wjazd do miasta, gdzie oś była wyznaczona linią poziomą, tym razem wzrok podąża po osi pionowej. Porusza się między ziemią a zakończeniami wieży. Wieże są dodatkowo zaakcentowane przez swoje skrócone o 45 stopni hełmy. Ożywia to znacząco bryłę budynku.

Dwie pary wież Biblioteki Narodowej w Paryżu zamykają przestrzeń wewnętrzną „pokładu” dachu i zielonego otwartego atrium biblioteki paryskiej

(il. 34). Pary punktów 2x2 wyznaczają dwie prostopadłe osie, które porządkują i organizują przestrzeń.

4. RELACJE POMIĘDZY TRZEMA PUNKTAMI

Według geometrii Euklidesa trzy punkty kształtują płaszczyznę. Zatem pomiędzy tymi punktami zachodzi ścisła relacja, która prowadzi do równowagi. Każda równowaga, jak to wynika z jej definicji, jest stabilna i w jakiś sposób doprowadza do unieruchomienia wzajemnego trzech dotychczas pojedynczych i ruchomych punktów. Punkty mogą mieć różną charakterystykę, ale trójkąt równoboczny, który powstaje przez połączenie ich wierzchołków, może reprezentować równowagę także w rozwiązaniach konstrukcyjnych. Trójkąt o określonej długości ramion, przenoszący siły rozciągania i ściskania, jest pewnego rodzaju wzorcem dla większości konstrukcji (il. 36, 37).

Trzy punkty, których wzajemne relacje przypominają trójkąt, są powszechnie znane w sztuce kompozycji złożonej z trzech elementów. Należy przypomnieć, że elementy te mogą posiadać różną rangę formalną i niekiedy nie powinny być ułożone symetrycznie. Ale dzięki domyślnym lub rzeczywistym odcinkom o wyważonej długości, które je łączą, mogą w sumie stanowić interesującą kompozycję o wyczuwalnej harmonii i skali. Dłonie i głowa rzeźby Chrystusa tworzą symetrię trójkąta równobocznego – złożonego z trzech punktów-wierzchołków (il. 38).

Na przykładzie architektury przemysłu obserwujemy zestawienie trzech różnych punktów w postaci obiektów fabrycznych, które tworzą czytelną i zrównoważoną kompozycję pomimo że nie jest ona wpisana w ramiona trójkąta. Kompozycja wynika z inspiracji powiązanej z relacjami trzech punktów, obciążonych lub odciążonych, jak też różnie zrównoważonych (il. 39).

Bardziej złożona kompozycja z trzech punktów występuje w obrazie Kazimierza Malewicza. Kompozycja ta pochodzi z okresu określanego przez samego malarza jako suprematyzm. W tym wypadku malarz używa żywych kolorów i ten rodzaj suprematyzmu jest odmienny od pierwszych czarno-białych płócien tego kierunku. Malewicz był zafascynowany lotnictwem. W malarstwie badał trzeci wymiar, który starał się oddać poprzez płaskie i asymetryczne traktowanie przestrzeni (il. 40).

W widocznym z oddali zespole biurowców w Tokio, zlokalizowanych na wybrzeżu rzeczonym, zwraca uwagę silna hierarchia utworzona przez trzy punkty o różnej sile oddziaływania. Niewątpliwie jest to bardziej złożona, a może i bardziej wyrafinowana kompozycja, którą obserwowaliśmy na ilustracji przedstawiającej trzy obiekty przemysłowe. Tam bowiem zwracała uwagę raczej pionowość poszczególnych obiektów składowych. Tutaj natomiast forma rzeźby obrazująca płomień jest na tyle silna, że stanowi zdecydowaną dominantę wśród pozostałych elementów (il. 41).

Relacja trzech punktów stanowi podstawę każdej racjonalnej kompozycji. Od dawna analogiczna zasada znana jest w muzyce klasycznej, w której regułą jest, że utwór w rodzaju symfonii lub sonaty składa się z trzech części (w okresie późniejszym powiększony jednak do czterech, a nawet pięciu części).

W architekturze i muzyce umiejętność ich rozmieszczenia, zachowania hierarchii i skali świadczy o jakości danego utworu. Podnoszona najczęściej krytyka w tej materii, to brak relacji, czyli harmonii, między trzema punktami. Można założyć, że wynika on najczęściej z niezrozumiałego oddalenia w przestrzeni, z braku skali i odpowiednich proporcji elementów składowych, różnic w zastosowanych materiałach konstrukcyjnych i wykończeniowych itp.

Na ilustracjach obserwujemy inny fenomen związany z relacją trzech punktów. Mianowicie, między trzema elementami składowymi zachodzi ściśle pokrewieństwo. Ich zestawienie mogłoby przypominać kompozycję rytmiczną, wymagającą dodania kolejnych analogicznych elementów. W tym jednak wypadku zachowano zrozumiałą hierarchię trzech wież, prawdopodobnie windowo-instalacyjnych itd. (il. 42). Kolejną fazą jest równowaga trzech punktów o jednakowych rozmiarach lub podobieństwie (il. 43). Dwuznaczność trzech podobnych punktów w kompozycji może być eliminowana przez ich umiejętne zestawienie i wprowadzenie odczuwalnej lub wyraźnej relacji pomiędzy nimi, np. na zasadzie złotego podziału. Jak to się dzieje na ilustracji przedstawiającej obiekt przemysłowy w Danii.

W rezultacie relacje trzech punktów można posumować w sposób następujący:

- Symetrie związane z trójkątem równobocznym są zawsze wyrazem statycznego tria (rzeźba Chrystusa w Rio de Janeiro).
- Asymetria sugeruje ruch, ruch w kierunku większej koncentracji energii. Przez trzy punkty może przechodzić nieskończona liczba prostych w przestrzeni (budynki biurowe browaru tokijskiego).
- Asymetria sugeruje hierarchię (budynki w centrum Tokio).

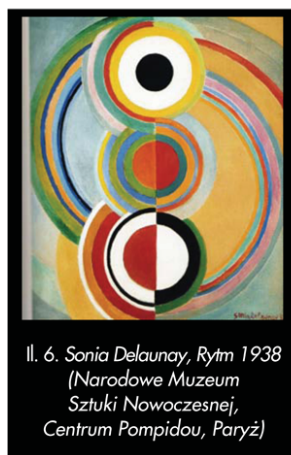
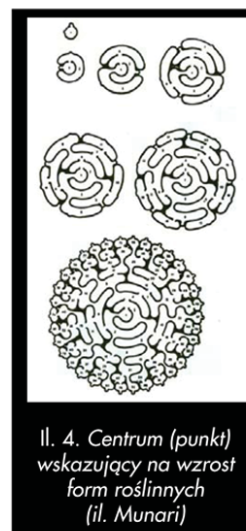
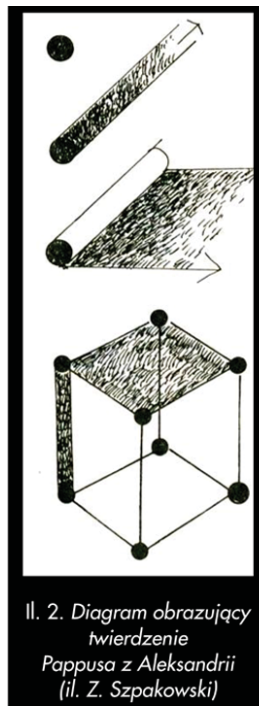
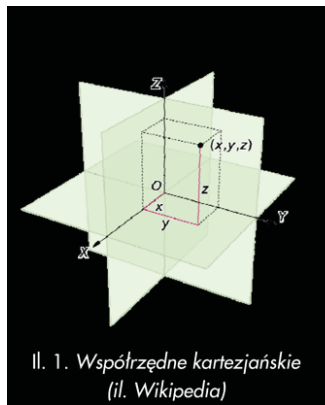
PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione w artykule podstawy inspiracji punktem decydują w zasadzie o przyszłym kształcie struktury architektonicznej. Ruchome punkty, ich wzajemne relacje, a następnie linie i odcinki, które powstają na skutek ruchu punktu, oraz spirala, są w jakimś sensie odbiciem elementów występujących w naturze. Nie jest to jednak proste przełożenie w rodzaju możliwie ścisłych odwzorowań spotykanych w tradycyjnym malarstwie, rzeźbie czy w muzyce ludowej. Architektura w swojej funkcji estetycznej jest sztuką

abstrakcyjną i przez stulecia swojego kształtowania posługiwała się wyżej wymienionymi elementami geometrii. W ludzkiej psychice są zakodowane składniki obrazu przyrody i są one odczytywane w sposób dość klarowny. Zwykle oglądane przedmioty stają się zrozumiałe, a w rezultacie bardziej przyjazne, jeżeli są kojarzone z przyrodą. Psychologia kształtu potwierdza te doznania wykazując, że pojęcia skali, symetrii, proporcji czy harmonii są bliskie człowiekowi. Na ten temat powstały liczne opracowania w sposób eksperymentalny i statystyczny potwierdzające tę teorię. Niektóre badania stawiają hipotezę, że jest to cecha wrodzona człowiekowi i spotykana od najmłodszych lat w grupach badanych dzieci, potwierdzają wykonane przez nie rysunki i pierwsze prace malarskie¹⁷.

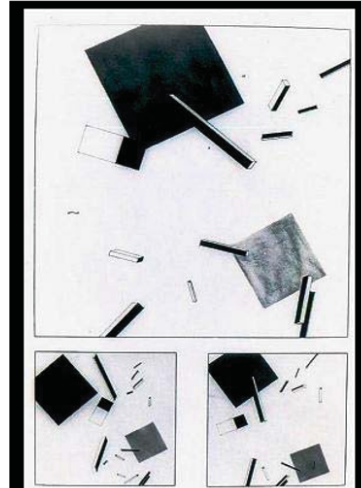
Kształtowanie architektury, pomimo że jest dokonywane niejednokrotnie przez artystów wybitnych, to nawet w kategoriach ich geniuszu można dostrzec inspiracji prostymi i podstawowymi elementami wywodzącymi się z geometrii euklidesowej, jak punkt, prosta, linia czy odcinek. Architektura nowoczesna, która jak większość obszarów działalności człowieka podlega modzie, ostatnio przeżywa dość widoczny powrót do znanej już we wcześniejszym okresie tzw. architektury minimalistycznej. Wówczas poruszone tutaj zagadnienia punktu itd. nabierają nowych znaczeń. W tym przypadku następuje ograniczenie elementów kształtujących, co może doprowadzić do wydobycia cech formalnych „architektury punktowej” lub „linearnej”. Odnosi się to również do kształtowania urbanistycznego. Jak wspomniano, podstawy inspiracji występują w przyrodzie. Punkt to przecież każda domyślna dominanta obserwowana w świecie natury. Relacja dwóch punktów to, jak wspomniano w tekście, obserwacja konkretnego miejsca w przyrodzie wzrokiem konkretnego człowieka, harmonia przyrody to najprościej obserwowana przyjazna relacja niewielu dostrzeganych miejsc, czyli w tym hipotetycznych punktów.

RYSUNKI I FOTOGRAFIE





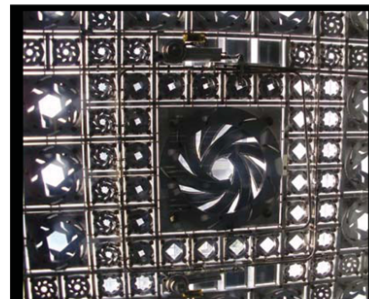
Il. 7. Flaga na plaży Ipanema w Rio de Janeiro
(il. Z. Szparkowski)



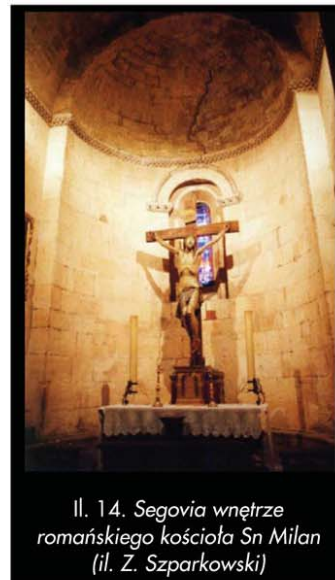
Il. 8. El Lissitzky „Przygody kwadratu”
(il. wg Porter)



Il. 9. Arch Jean Nouvel Instytut Arabski w Paryżu
(il. Z. Szparkowski)



Il. 10. Zamknięta przesłona panelu
elewacyjnego Instytutu Arabskiego w Paryżu
(il. Z. Szparkowski)





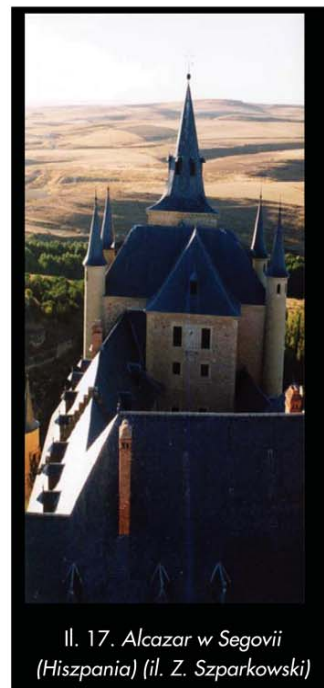
Il. 15. Place de Terreaux Lyon Francja Arch. D. Buren
(Ph. Jodio – Architecture Now)



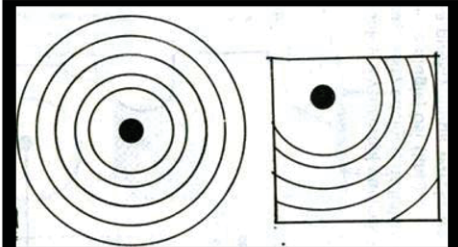
Il. 16. Placa de Comercio Lisboa (il. Z. Szparkowski)



Il. 18. Głowy królów ze zniszczonego
w okresie Rewolucji Francuskiej portalu
Notre Dame w Paryżu. (il. Z. Szparkowski)



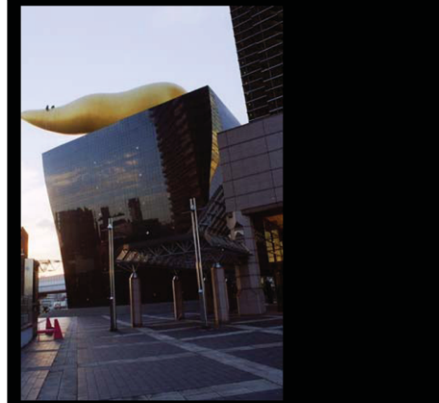
Il. 17. Alcazar w Segovii
(Hiszpania) (il. Z. Szparkowski)



Il. 19. Diagram asymetrii w umieszczeniu punktu
(il. Z. Szparkowski)



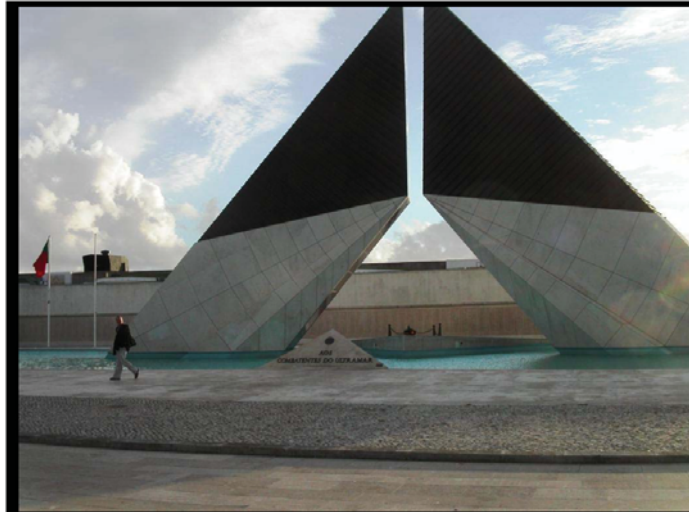
Il. 21. Lot do Japonii (il. Z. Szparkowski)



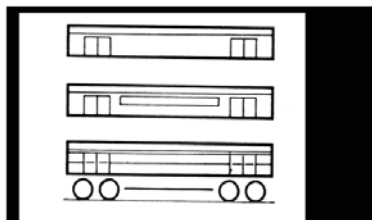
Il. 20. Budynek biurowy browaru tokijskiego
w Tokio autor rzeźby R. Stark



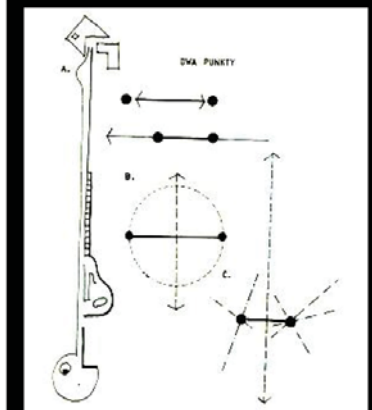
(il. Z. Szparkowski)



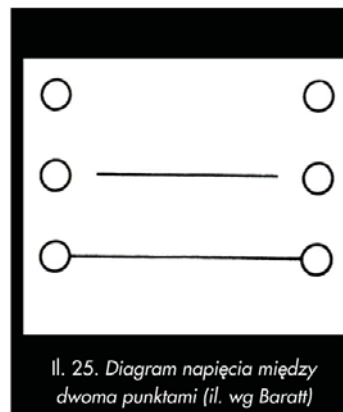
Il. 24. Lizbona – Pomnik grobu Nieznanego Żołnierza (il. Z. Szparkowski)



Il. 22. Model relacji między dwoma punktami (il. wg Baratt)



Il. 23. Diagram relacji między dwoma punktami (il. Z. Szparkowski wg Ching)



Il. 25. Diagram napięcia między dwoma punktami (il. wg Baratt)



Il. 26. Rzeźba na plaży Ipanema w Rio de Janeiro
(il. Z. Szparkowski)



Il. 28. Parc de la Vilette Paryż – plac zabaw
(il. Z. Szparkowski)



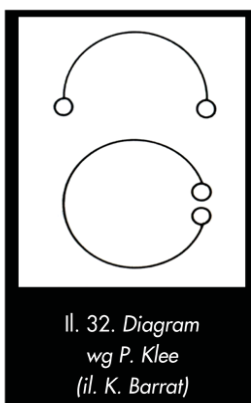
Il. 29. Madrid Av. de Castilla (il. Z. Szparkowski)

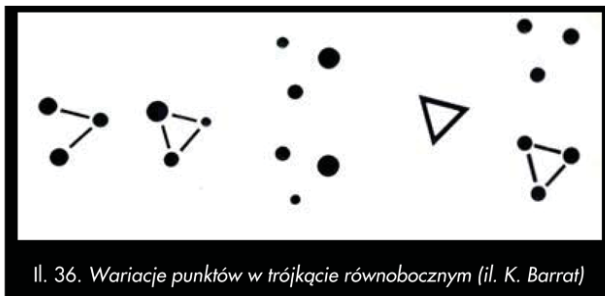


Il. 27. Plakat „Keep London Going”
Man Ray



Il. 30. Regulowany stolik
Eileen Grey 1927
Styl Modern 1920–1940

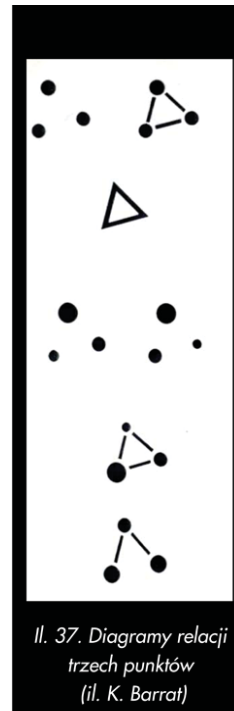




Il. 36. Wariacje punktów w trójkącie równobocznym (il. K. Barrat)



Il. 38. Posąg Chrystusa w Corcovado Rio de Janeiro (il. Z. Szparkowski)



Il. 37. Diagramy relacji trzech punktów (il. K. Barrat)



Il. 39. Obiekt przemysłowy – Dania (il. Z. Szparkowski)



Il. 40. Kazimierz Malewicz kompozycja suprematyczna 1914–1918 (Stedelijk Museum Amsterdam)



Il. 41. Budynek administracyjny browaru w Tokio (il. Z. Szparkowski)



Il. 42. Tokio Biura Centrum Telecom
(il. Z. Szparkowski)



Il. 43. Jeden z wieżowców w centrum Tokio
(il. Z. Szparkowski)

Abstract

The paper covers the main element of geometry, of which have had a significant impact on architectural inspirations. It is Floating point,. The main assumption of the paper is an observation that the floating point is the beginning of architectural shaping. The floating point phenomenon was discovered by Pappus from Alexandria in the 4th century AD. and has had a significant impact on the understanding of the transition from single and double dimensions to triple dimensions that characterizes architecture. The floating point could be discussed together with its relation to paintings, graphics, form design and its impact on architecture and urban planning.

Streszczenie

Artykuł omawia podstawowy element geometrii, który ma istotny wpływ na inspiracje architektury. Jest to ruchomy punkt. Założeniem pracy było, że początkiem kształtowania architektonicznego jest ruchomy punkt. Zjawisko ruchomego punktu zostało odkryte przez Pappusa z Aleksandrii w 4 w n.e i wywarło istotny wpływ na zrozumienie przejścia od pojedynczego i podwójnego wymiaru do przestrzeni trójwymiarowej, charakteryzującej architekturę. Omówiono charakterystyczne cechy ruchomego punktu i jego relację z malarstwem, grafiką, projektowaniem form oraz oddziaływaniem na architekturę i urbanistykę. Rozważania obejmują: umiejscowienie punktu, relacje pomiędzy dwoma i trzema punktami. W rozważaniach tych zwrócono uwagę na wynikające z nich inspiracje architektury.

Przypisy:

- 1 Pappus z Aleksandrii wspomniany w tekście. Źródło www.matematycy.interklasa.pl/biografie/matematyk.php?str=pappus
- 2 www.interklasa.pl/euklides/
- 3 www.groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Pappus.html
- 4 Lakshmi Bhaskaran
- 5 www.google.pl/search?q=pointylizm&hl=pl&site=webhp&prmd=imvns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=GPBDT5HhAZGVOqHckYsP&sqi=2&ved=0CDcQsAQ&biw=1079&bih=573
- 6 www.google.pl/search?q=pointylizm&hl=pl&site=webhp&prmd=imvns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=GPBDT5HhAZGVOqHckYsP&sqi=2&ved=0CDcQsAQ&biw=1079&bih=573#hl=pl&site=webhp&tbm=isch&sa=1&q=dripping&pbx=1&oq=dripping&aq=f&aqj=g-L10&aql=&gs_sm=3&gs_upl=12715711369681011390031818101212101165169512.41610&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.,cf.osb&fp=18fb41ac6ffdba9c&biw=1079&bih=573

- 7 Porter Tom How architects...
- 8 Z.Szparkowski...
- 9 Ching. Form and Space...
- 10 Z.Szparkowski...
- 11 www.starck.com
- 12 Żórawski bibl.
- 13 R.Arnhem, J. Żórawski i inni
- 14 Z.Szparkowski
- 15 Lakshmi Bhaskaran
- 16 Barratt
- 17 Np. Piaget Strukturalizm PIW Warszawa

Literatura:

- [1] Architecture Now! (September 1, 2007) 5 Book by Philip Jodidio
- [2] Architecture Now! 3 Book (November 17, 2004) by Philip Jodidio
- [3] Architecture Now! 4 Book (February 1, 2006) by Philip Jodidio
- [4] Arnheim Rudolf: (1978) *Sztuka i percepcja wzrokowa*. Wyd. Artystyczne i Filmowe (Psychologia twórczego oka)
- [5] Barrat Krome: *Logic and design in art, science&mathematics*. Wyd. George Godwin Limited
- [6] Barrow J.D.: (1998) *Wszechświat a sztuka. Postrzeganie oraz zrozumienie piękna i twórczości w świetle nauki Amber* (Oxford University Press – w uzgodnieniu)
- [7] Bernard Edina: (2007) HPS Warszawa z kolekcji klasycy sztuki Rzeczpospolita
- [8] Ching D.K. Francis: (1979) *Architecture: Form, Space and Order*
- [9] Chiny (2003) – Przewodnik National Geographic
- [10] Enric Miralles: (April 10, 2006) *El croquis*
- [11] Frank Loyd Wright (1997) *Academy Editions, Edited by Denis Sharp, London*
- [12] Gossel P., Leuthauser G.:(1991) *Architecture in the twentieth century*. Taschen

- [13] Hesselgren S.: (1993) *The language of architecture*
- [14] Jodidio Philip: (1993) *Contemporary American Architects*. Wyd. Taschen
- [15] Jodidio Philip: (1998) *Nowe Formy. Architektura lat dziewięćdziesiątych XX wieku*
- [16] Lakshmi Bhaskaran: (2006) *Design XX wieku RotoVision*
- [17] Leksykon Symboli (1992) Wydawnictwo ROK Corporation SA
- [18] Munari B.: (1980) *Diseno y comunicacion visual*. Wyd. Gustavo Gili, S.A.
- [19] Picon Antoine: (2010) *Digital Culture in Architecture*. Birkhauser Basel
- [20] Porter Tom: (1997) *How architects visualize*. Wyd. Studio Vista 1979
- [21] Porter Tom: (1997) *The Architect's Eye – Visualization and depiction of space In architecture E&FN Spon*
- [22] *Psychologia*, praca zbiorowa pod red. T. Tomaszewskiego (1976) Warszawa, PWN
- [23] Santiago Calatrava: (1996) *Academy Editions*, Edited by Denis Sharp, London Studenten literatur Sweden
- [24] Szparkowski Zygmunt: (1999) *Architektura współczesnej fabryki*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
- [25] Szparkowski Zygmunt: (1993) *Zasady kształtowania przestrzeni i formy architektonicznej*. Wyd. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
- [26] Szparkowski Zygmunt: (2012) *Podstawy inspiracji nowoczesnej architektury, punkt, linia, spirala*. Oficyna Wydawnicza Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania
- [27] Tracing Eisenman: *Complete Works* (2006) reg Lynn, Peter Eisenman, Cynthia Davidson
- [28] Weyl Hermann: (1997) *Symetria*. Wyd. Prószyński Warszawa
- [29] Wines James: (2000) *Green Architecture*. Wyd. Taschen
- [30] Żórawski Juliusz: (1978) *O budowie formy architektonicznej*. Wyd. Arkady

Waldemar SZULC

Adam ROSIŃSKI

Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie

CZUJKI MAGNETYCZNE W ELEKTRONICZNYCH SYSTEMACH BEZPIECZEŃSTWA

1. WPROWADZENIE

W systemach sygnalizacji włamania i napadu powszechnie są stosowane czujki magnetyczne, które stanowią jedną z wielu grup czujek stosowanych w elektronicznych systemach bezpieczeństwa [3, 4, 8]. Na rys. 1 przedstawiono wszystkie spotykane czujki a wśród nich czujki magnetyczne.



Rys. 1. Czujki stosowane w elektronicznych systemach bezpieczeństwa

Czujki można zdefiniować jako przetworniki analogowo-cyfrowe, które rejestrują, a następnie zamieniają wielkości analogowe (np.: ruch człowieka, obiektu, itp.) na wielkość cyfrową. Upřednio następuje dokładna analiza zjawiska ruchu. Wielkościami cyfrowymi może być rozwarucie zestyku przekaźnika lub jego zwarcie (NC lub NO). Może być również i inna opcja, zwana parametryczną. Czujki magnetyczne należą do najprostszyc czujek biernych, a więc takich, które wymagają jednej pary przewodów stanowiących linię dozorową. Należy jednak również podkreślić, że spotykane są czujki magnetyczne bezprzewodowe, a więc takie, które mają własne bateryjne zasilanie oraz własny radiowy system transmisyjny typu on-line. Pracu-

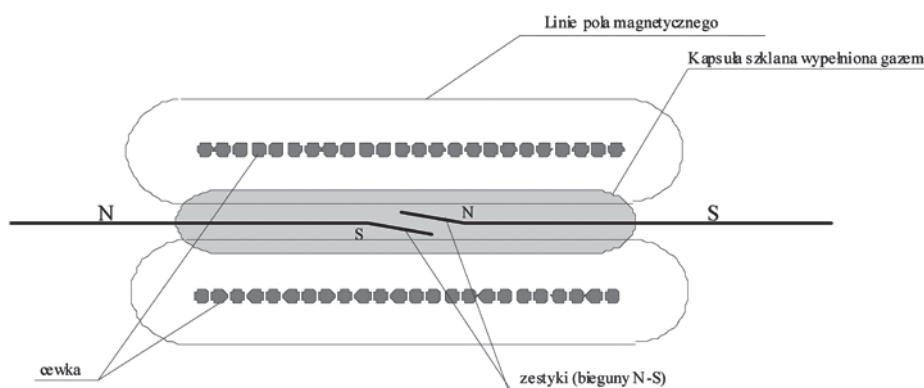
ją one wtedy na częstotliwości ok. 433 MHz lub 866 MHz. Wróćmy jednak do tradycyjnie spotykanych czujek magnetycznych. Warto nadmienić, że czujki magnetyczne oprócz stosowania w systemach sygnalizacji włamania i napadu są powszechnie stosowane również w drzwiach wyposażonych w Kontrolę Dostępu. Czujka magnetyczna realizuje wówczas nadzór i kontrolę stanu położenia drzwi (otwarte-zamknięte).

Podstawowym elementem czujki magnetycznej jest hermetyczny zestyk przekaźnika kontaktronowego. Może on być: normalnie zwarty (NC), lub normalnie rozwarty (NO) oraz uniwersalny tzw. połączony (NC/NO). Są to najprostsze czujki stosowane w systemach alarmowych. Najczęściej współpracują ze stałym ferrytowym magnesem. Czujki magnetyczne w zależności od potrzeb mają różne konstrukcje [1, 2].

2. ZASADA DZIAŁANIA CZUJEK MAGNETYCZNYCH

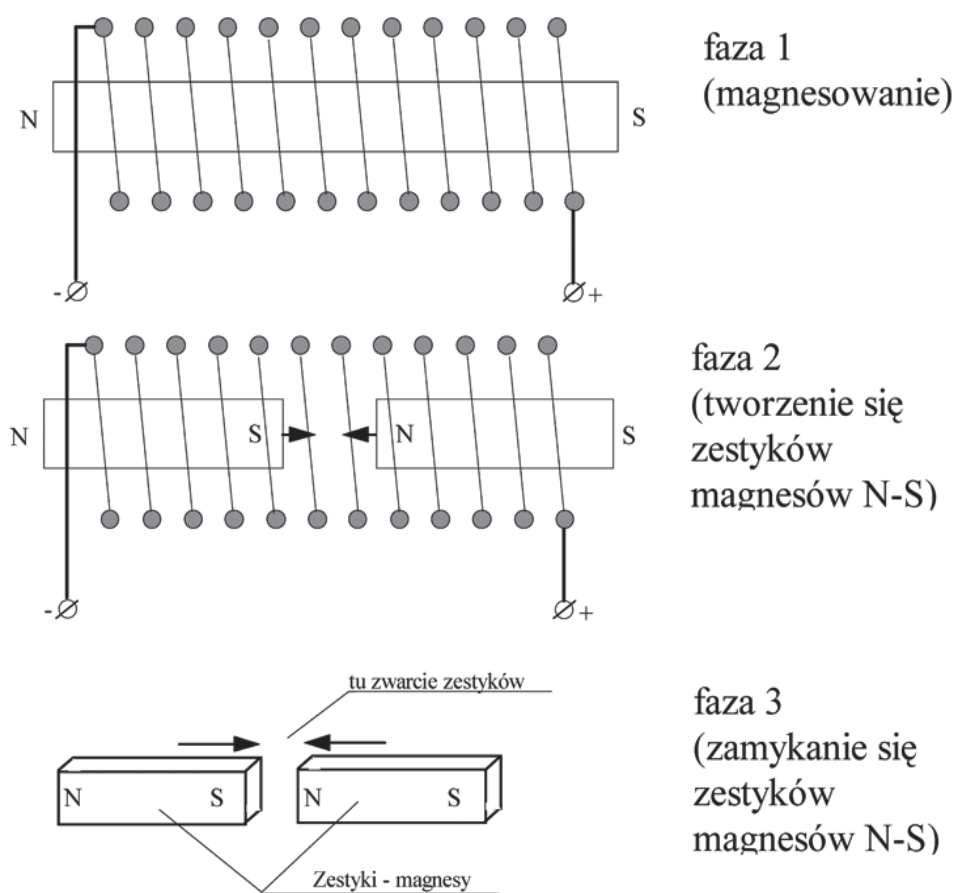
Podstawowa czujka magnetyczna to fragment przekaźnika kontaktronowego (szklana rurka z zestykiem) współpracujący z ruchomym magnesem stałym. Rys. 2 i 3 przedstawia przekaźnik kontaktronowy, który stał się genezą budowy czujki magnetycznej.

Czujka magnetyczna to kontaktron, którego para zestyków częściowo nachodzących na siebie, wykonanych z materiału ferromagnetycznego (np. Ni Fe) jest zatopiona w szklanej rurce wypełnionej gazem. Zewnętrzne pole magnetyczne, pochodzące od magnesu stałego lub centrali (zasilanej prądem stałym), powoduje wytworzenie odpowiednich biegunów magnetycznych na końcach zestyków (N-S). Ponieważ są to bieguny różnoimienne, ich zetknięcie powoduje zwarcie zestyków. Zasada pracy kontaktronu przedstawiona jest obrazowo na rys. 3.



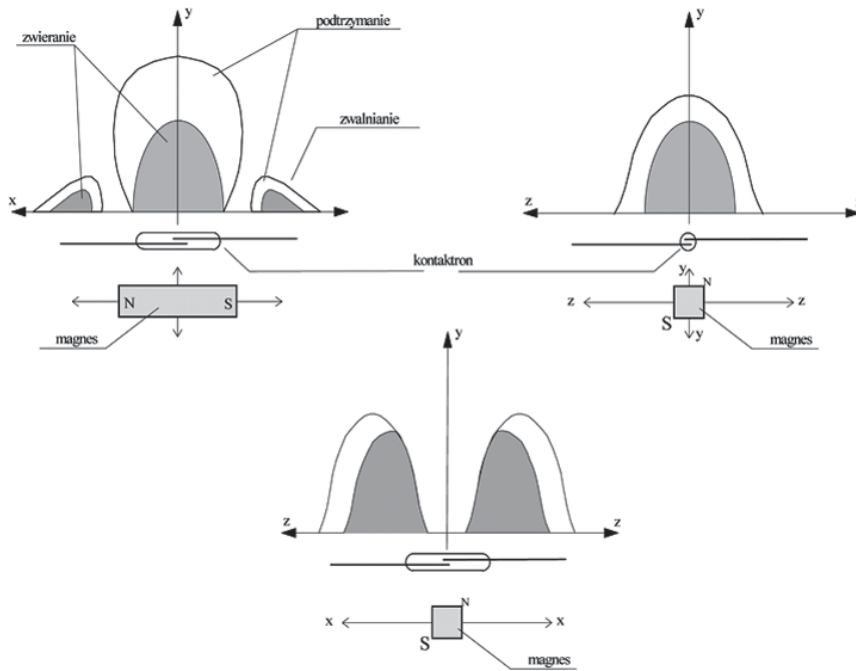
Rys. 2. Zasada działania przekaźnika kontaktronowego interpretująca pracę czujki magnetycznej

Na rys. 2 przedstawiono zasadę pracy przekaźnika kontaktronowego. Widoczna jest szklana rurka z zestykiem zwiernym (N-S). Rurka z zestykiem znajduje się w stałym polu magnetycznym wytwarzanym przez cewkę, do której dołączane jest stałe napięcie. Bardzo ważną cechą zestyku znajdującego się w szklanej rurce jest minimalna pozostałość magnetyczna (bardzo wąska pętla histerezy). Gdyby nie był zachowany ten warunek, taki zestyk by „kleił”.

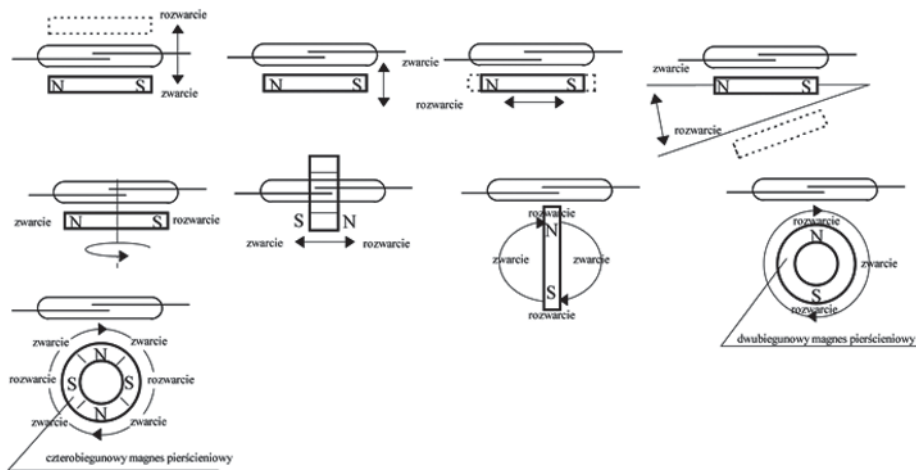


Rys. 3. Zasada pracy przekaźnika kontaktronowego i jego poszczególne fazy działania

Na rys. 4 przedstawiono wpływ magnesu stałego (zamiast cewki) na pracę kontaktronu (rurka z zestykiem), a więc czujki magnetycznej wraz z obszarami oddziaływania magnetycznego.



Rys. 4. Wpływ magnesu stałego na kontaktron (czujek magnetycznych).
 Strzałki oznaczają kierunek ruchu magnesu.
 Obszar oddziaływania magnesu na kontaktron



Rys. 5. Wpływ magnesu stałego na kontaktron (czujek magnetycznych).
 Strzałki oznaczają kierunek ruchu magnesu
 – stan zestyku kontaktronu (czujki magnetycznej)

Zestyki kontaktronów (czujek magnetycznych) mogą być normalnie rozwarne (NO), normalnie zwarte (NC) i przełączane (NO i NC). W zasadzie można rozróżnić dwa rodzaje kontaktronów, realizujących czujki magnetyczne: kontaktrony suche i kontaktrony z zestykami nawilżonymi rtęcią. Kontaktrony suche mają zestyki pokryte warstwą rodu lub złota (dla zmniejszenia rezystancji zestyku i zwiększenia jego żywotności). Kontaktrony, w których zestyki są nawilżone rtęcią, charakteryzują się bardzo małą rezystancją i dużą stabilnością rezystancji zestyku. Znacznie wydłuża się więc liczba zadziałań. Średnia rezystancja zestyków kontaktronowych waha się od 10 do 200 mΩ [6, 7]. Szklana kapsuła (w której znajdują się zestyki) najczęściej wypełniona jest azotem lub innym gazem, a to w celu gaszenia łuku elektrycznego oraz zabezpieczenia zestyków przed utlenieniem.



Rys. 6. Trzy typy czujek magnetycznych: czujki czołowe (po prawej), czujki stosowane np. do drzwi metalowych (z kablem) oraz czujki uniwersalne

Zaletami (czujek magnetycznych) są:

- bardzo mała rezystancja zestyków,
- odporność na zmiany temperatury,
- bardzo prosta budowa,
- niska cena.

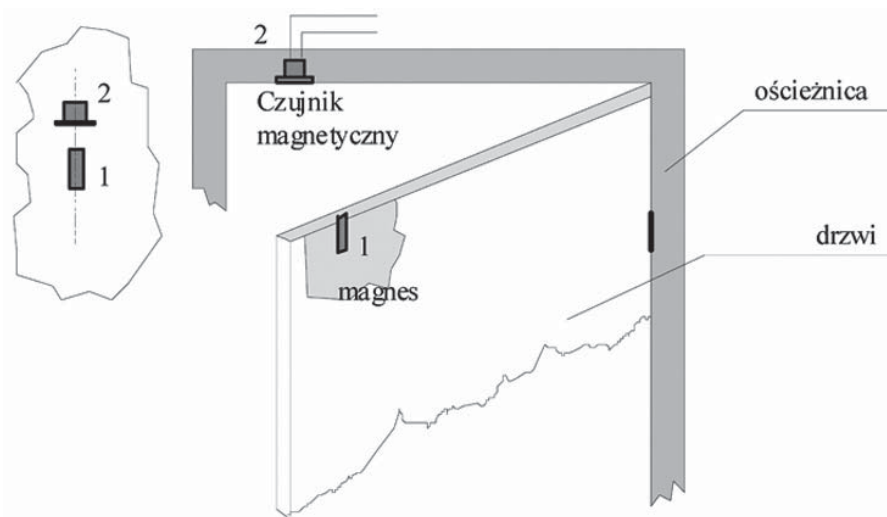
Wadami kontaktronów (czujek magnetycznych) są:

- możliwość „klejenia się” zestyków,
- wrażliwość na obce pola magnetyczne (to poważna wada),
- dobór specjalnego zestawu (magnes-czujnik) dla stosowania np.: do drzwi metalowych,
- wrażliwość na wstrząsy,
- drzwi lub okna muszą być starannie dopasowane do ościeżnicy, nie mogą mieć zbyt dużych luzów.

3. ZASADA STOSOWANIA CZUJEK MAGNETYCZNYCH (przykłady)

Ze względu na konstrukcję (współpraca z magnesem stałym) można różnić dziewięć typów czujek (rys. 5). Ich zastosowanie jest zależne od potrzeb wynikających z konstrukcji chronionych drzwi, okien lub innych otworów. Najbardziej popularne są czujki magnetyczne czołowe wpuszczane, czołowe nawieszane na drewno, aluminium lub specjalne czujki magnetyczne na metal (Fe). Znanych jest około 25 typów czujek magnetycznych. Ich zastosowanie i sposób mocowania jest zależny od subiektywnej oceny chronionego obiektu.

Proste przykładowe rozwiązania ukazano na rys. 7, przedstawiają ochronę drzwi drewnianych. Nie jest to jednak jedyny sposób mocowania czujek magnetycznych.



Rys. 7. Sposób mocowania czujki magnetycznej w drzwiach (przykład czujki magnetycznej czołowej)

Czujka magnetyczna powinna być umieszczona możliwie na skrajnej części drzwi i ościeżnicy lub podobnie okien (nigdy w osi zawiasów). W przypadku trudności z zamocowaniem czujki czołowej wpuszczanej, można zastosować czujkę magnetyczną nawierzchniową (rys. 6) [5], magnes należy mocować w oprawie na ruchomej części drzwi lub okien (także na skraju), zaś sam kontaktron (dokładnie) nad nim na ościeżnicy.

Zalety stosowania czujek magnetycznych:

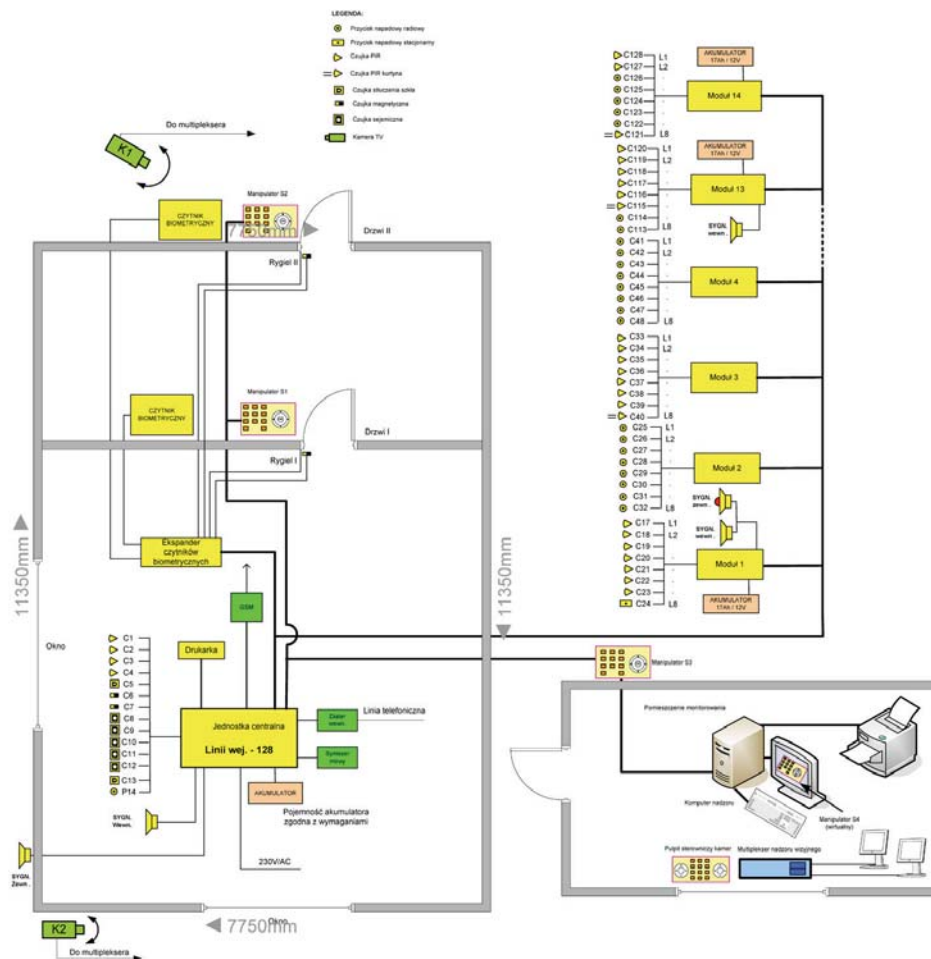
- bardzo prosta konstrukcja,
- łatwość montażu,
- niska cena.

Wady stosowania czujek magnetycznych:

- stosunkowo łatwe zakłócenia pracy takiej czujki (np.: obcym polem magnetycznym),
- rozbicie drzwi, a nieruszenie czujki w tzw. bramisku drzwiowym czyni taką czujkę bezbronną,
- rozbicie okien (np. szyby), a nieruszenie czujki w tzw. otworze okiennym czyni taką czujkę bezbronną,
- konieczność stosowania specjalnych czujek magnetycznych np. na drzwiach lub wrotach metalowych,
- sam czujnik magnetyczny (kontaktron) oraz magnes muszą być stosunkowo blisko siebie,
- chronione np. drzwi lub okna muszą być starannie dopasowane i nie powinny mieć luzów.

Na rys. 8 przedstawiono zintegrowany elektroniczny system bezpieczeństwa, który stanowi zabezpieczenie obiektu specjalnego przeznaczenia. Ze względu na przepisy oraz charakter obiektu autorzy w pomieszczeniu specjalnym musieli zastosować Kontrolę Dostępu. Dwie pary drzwi stalowych atestowanych, poza specjalnymi zamkami mechanicznymi i klawiaturami cyfrowymi, są kontrolowane czujkami magnetycznymi.

Czujki magnetyczne kontrolują stan drzwi (ich otwarcie lub zamknięcie). Czujki magnetyczne współpracują z Kontrolą Dostępu. Niezamknięcie obu par drzwi lub jednych z dwóch skutkuje alarmem w pomieszczeniach ochrony oraz zapisem w pamięci centrali i na drukarce systemowej.



Rys. 8. Układ zintegrowanego elektronicznego systemu bezpieczeństwa, który w drzwiach zawiera czujki magnetyczne

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Syntetyczny opis czujek magnetycznych pod kątem ich zasady pracy oraz przykładowe zastosowania od prostych po skomplikowane świadczy, że czujki tego typu, choć proste w działaniu, mają duże znaczenie i w wielu przypadkach są niezastąpione innymi przedstawionymi na rys. 1. Autorzy niniejszego artykułu są projektantami wielu skomplikowanych rozwiązań elektronicznych systemów bezpieczeństwa z uwzględnieniem trudnych obiektów specjalnych.

Warto również nadmienić, że często czujki magnetyczne (w różnych konfiguracjach) mogą być stosowane do ochrony sabotażowej urządzeń wchodzących w skład elektronicznych systemów bezpieczeństwa.

Abstract

In the paper the problems connected with Intrusion and Hold-up Alarm Systems are presented. In particular, there are discussed the construction and the principles of functioning of magnetic detectors. The methods of using such detectors in a protected area are given. Additionally, there are shown some examples of protected objects in which the aspects of the architecture are taken into account.

Streszczenie

W referacie zaprezentowano zagadnienia związane z systemami sygnalizacji włamania i napadu, a w szczególności z urządzeniami wchodzącymi w ich skład: czujkami. Przedstawiono czujki magnetyczne ze szczególnym uwzględnieniem ich budowy oraz zasady działania. Podano sposoby ich użycia w ochranianym pomieszczeniu oraz zaprezentowano przykładowe zastosowania z uwzględnieniem aspektów architektonicznych.

Literatura:

- [1] Instrukcje serwisowe czujek magnetycznych firm: DSC, RISCO, SATEL, SIEMENS
- [2] PN-EN 50131-2-6:2012P Systemy alarmowe – Systemy sygnalizacji włamania i napadu – Część 2–6: Czujki otwarcia stykowe (magnetyczne)
- [3] Szulc W.: *Czujki Systemu Sygnalizacji Napadu i Włamania*, Wyd. PISA, Warszawa 2001
- [4] Szulc W.: *Poradnik instalatora systemów alarmowych*, Centrum Kształcenia i Doskonalenia Kadr przy Polskiej Izbie Systemów Alarmowych, Warszawa, 2001
- [5] Szulc W., Rosiński A.: *Badania własne wykonane w Laboratoriach Systemów Alarmowych w Wyższej Szkole Menedżerskiej w Warszawie na Wydziale Informatyki Stosowanej i Technik Bezpieczeństwa*, Warszawa 2007÷2013
- [6] Szulc W., Rosiński A.: *Wybrane zagadnienia z elektroniki cyfrowej dla informatyków (część II – cyfrowa)*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Menedżerskiej w Warszawie, Warszawa 2012. Wydanie wznowione

- [7] Szulc W., Rosiński A.: *Wybrane zagadnienia z miernictwa i elektroniki dla informatyków (część I – analogowa)*, Oficyna Wydawnicza WSM, Warszawa 2012. Wydanie wznowione
- [8] Szulc W.: *Systemy zabezpieczeń antywłamaniowych i napadowych*, Wyd. PZU, Warszawa, 2001.

Edward SZYMAŃSKI

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

ZACZYN INIEKCYJNY DO KANAŁÓW KABLOWYCH. WYMAGANIA PODSTAWOWE ORAZ METODY INIEKCJI

Comité Européen de Normalisation (CEN), czyli Europejski Komitet Normalizacyjny, przyjął tekst normy (patrz tytuł) w czerwcu 2007 r.

Członkami CEN są krajowe jednostki normalizacyjne następujących państw: Austrii, Belgii, Bułgarii, Cypru, Danii, Estonii, Finlandii, Francji, Grecji, Hiszpanii, Holandii, Irlandii, Islandii, Litwy, Luksemburga, Łotwy, Malty, Niemiec, Norwegii, Polski, Portugalii, Republiki Czeskiej, Rumunii, Słowacji, Słowenii, Szwajcarii, Szwecji, Węgier, Włoch i Zjednoczonego Królestwa.

Normy ww. krajów obowiązuje tekst zatwierdzony przez CEN.

Wymagania podstawowe zaczynu iniekcyjnego do kanałów kablowych w konstrukcjach żelbetonowych typu kablobetonu nie mogą odbiegać (różnić się) od EN 447:2007 w opisach technicznych poszczególnych państw (członków CEN-u) lub instytucji zajmujących się konstrukcjami kablobetonowymi.

Wymagania podstawowe są opisane w PN-EN 447:2009 [1]. W sprawach merytorycznych dotyczących treści normy można zwracać się do Komitetu Technicznego PKN nr 274 do spraw Betonu (kontakt: www.pkn.pl). Normy krajowe zawierające opisy sprzeczne z ww. normą powinny być wycofane do kwietnia 2008 r.

Zaczyn iniekcyjny spełnia rolę wyrobu antykorozyjnego sprężających kabli w konstrukcji kablobetonowej. Ma zapewniać połączenie kabla (stali) sprężającego z kanałem kablowym oraz wypełnienie wszystkich pustek powietrznych, w których woda zgromadzona mogłaby powodować uszkodzenia mrozowe. Producent (przedsiębiorstwo przygotowujące zaczyn iniekcyjny i jego użytkowanie) musi przestrzegać procedur badawczych, które są podzielone na trzy poziomy:

- a) wstępne badania typu i badania w ramach audytu;
- b) badania poprawności doboru zaczynu iniekcyjnego (patrz PN-EN 446:2009) [2];
- c) inspekcję w czasie wytwarzania zaczynu iniekcyjnego (patrz PN-EN 446:2009).

Metody badania są podane w PN-EN 445:2009 [3].

Komponenty zaczynu iniekcyjnego to:

Cement – CEM I (rodzaj cementu powinien być deklarowany);

Woda – powinna być zgodna z wymaganiami PN-EN 1008:2004;

Domieszki – powinny być zgodne z wymaganiami PN-EN 934-2:2010 [4] lub PN-EN 934-4:2010;

Dodatki – powinny być zgodne z wymaganiami PN-EN 13263:2009 [5] lub PN-EN 450-1:2009.

Dozowanie i mieszanie komponentów może odbywać się na placu budowy. Dokładność dozowania powinna wynosić:

- ± 2% cementu, domieszek proszkowych i dodatków;
- ± 1% wody i domieszek ciekłych.

Woda zawarta w ciekłych domieszkach powinna być uwzględniona przy obliczaniu współczynnika $W/C < 0,4$.

Zaczyn iniekcyjny nie powinien zawierać w stosunku do masy cementu:

- chlorków (Cl^-) $\leq 0,10\%$;
- siarczanów (SO_3^{2-}) $\leq 4,5\%$;
- jonów siarczkowych (S^{2-}) $\leq 0,01\%$.

BADANIE ZACZYNU

Badanie zaczynu należy przeprowadzać zgodnie z PN-EN 447:2009:

- **na sicie** nie powinny zostawać grudki;
- **płynność zaczynu iniekcyjnego** w czasie iniekcji należy mierzyć jedną z metod podanych w PN-EN 445:2009, przy czym powinny być uzyskiwane wartości podane w tabeli.

Tabela. Wymagania dotyczące płynności

Metoda badania	Cecha	Bezpośrednio po wymieszaniu	30 min po wymieszaniu ^{*)} lub po czasie określonym przez producenta zaczynu
Lejek wypływowy	Czas (w sek)	$t_0 \leq 25$	$1,2 t_0 \geq t_{30} \geq 0,8 t_0$ i $t_{30} \leq 25$
Rozpływ zaczynu	a (w mm)	$a_0 \geq 140$	$1,2 a_0 \geq a_{30} \geq 0,8 a_0$ i $a_{30} \geq 140$

^{*)} Czas mieszania należy mierzyć od chwili, gdy wszystkie komponenty znajdują się w mieszarce.

Pomiary płynności bezpośrednio po wymieszaniu oznacza się jako t_0 (metoda lejka wyływowego) i a_0 (metoda rozptywu zaczynu średnio); pomiary płynności po 30 min od wymieszania (tj. 30 min po pierwszym pomiarze), oznacza się jako t_{30} i a_{30} . Zaczyn iniekcyjny należy utrzymać w stałym ruchu aż do pobrania próbki do pomiaru t_{30} i a_{30} .

Wydzielanie się wody z zaczynu powinno być wystarczająco małe, aby zapobiec nadmiernej segregacji i sedymentacji komponentów zaczynu (nie powinno po 3 h przekraczać 0,3% objętości początkowej zaczynu).

Zmiana objętości może wykazywać zwiększanie lub zmniejszanie po 24 h w stanie spoczynku – powinna zawierać się od -1% do +5%.

Wytrzymałość na ściskanie zaczynu nie powinna być mniejsza niż 30 MPa w 28. dniu lub 27 MPa w 7. dniu.

Czas wiązania zaczynu: początek ≥ 3 h; koniec wiązania ≤ 24 h.

METODY INIEKCJI

Iniekcję konstrukcji kablobetonowej powinno przeprowadzać przedsiębiorstwo (wykonawca) wyspecjalizowane w tym zakresie.

Procedury stosowane przy iniekcji zaczynów kanałów kablowych w konstrukcji kablobetonowej są opisane w PN-EN 446:2009 [2].

Podstawową zasadą iniekcji jest ciągłe wypełnianie kanałów kablowych zaczynem. Przed rozpoczęciem prac iniekcyjnych należy dysponować specyfikacją wykonawczą, która powinna powoływać się na: aktualne normy, z tego zakresu, zestawu sprzężającego i rysunki oraz dokumenty techniczne potrzebne do wykonania prac.

Wyspecjalizowany wykonawca powinien dysponować na placu budowy pisemnymi instrukcjami dotyczącymi materiałów, wyposażenia, wykonywania iniekcji i kontroli, dostosowanymi do zakresu i złożoności przedsięwzięcia. Należy określić postanowienia na wypadek występowania nadzwyczajnie niskiej lub wysokiej temperatury albo opóźnienia iniekcji, jeśli istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia takich sytuacji w czasie realizacji przedsięwzięcia.

Poszczególne komponenty oraz zaczyn iniekcyjny powinny być zgodne z danymi z PN-EN 447:2009 [1].

Wyposażenie do iniekcji powinno składać się z mieszanki i pompy ze wszystkimi niezbędnymi przewodami łączącymi, zaworami, urządzeniami dozującymi wodę, cement, domieszki i dodatki oraz przyrządów wymaganych do przeprowadzenia danej iniekcji.

Wyposażenie do iniekcji powinno obejmować zasobnik, jeśli jest niezbędny do ciągłego wypełniania kanałów kablowych. Zasobnik powinien być wyposażony w mieszadło utrzymujące zaczyn iniekcyjny w ciągłym ruchu przed wtłoczeniem do kanałów kablowych.

Przed przystąpieniem do iniekcji należy dysponować danymi o zaprojektowanym zaczynie: wyposażenie, znajomość przebiegu kolejności prac przez personel wykonujący iniekcję, oznakowanie identyfikacyjne otworów wlotowych, wylotowych i zakotwiczeń, szczelność kanałów, sprawdzanie dostępności osłon kabli dla iniekcji, a także temperatury elementów konstrukcji przylegających do kanałów kablowych. Mogą również być inne elementy (np. zaprawa do wypełniania wgłębień zakotwień itp.).

Nie należy wypełniać kanałów zaczynem iniekcyjnym, jeśli temperatura przylegających elementów konstrukcji jest niższa niż 3°C lub jest prawdopodobne, że w ciągu następnych 48 h spadnie poniżej 3°C lub wyższej temperatury granicznej określonej przez producenta. Chyba że elementy konstrukcji przylegające do kanałów kablowych są ogrzewane tak, że przez co najmniej 48 h temperatura wprowadzonego zaczynu iniekcyjnego utrzymuje się powyżej temperatury określonej przez producenta od 2°C do 5°C.

Nie należy wypełniać kanałów kablowych zaczynem iniekcyjnym, jeśli temperatura zaczynu lub elementów konstrukcji przylegających do kanałów przekracza 35°C lub przekracza temperaturę, określoną przez producenta.

ŚRODKI OSTROŻNOŚCI PODEJMOWANE PRZED INIEKCJĄ WG PN-EN 446:2009

„Przed iniekcją należy odpowiednio zabezpieczyć ciągną przed wnikaniem wody.

Należy sprawdzić szczelność kanałów kablowych w prefabrykowanych konstrukcjach segmentowych, aby uniknąć przenikania zaczynu iniekcyjnego do przylegających kanałów.

Należy sprawdzić, zgodnie z instrukcją wyspecjalizowanego wykonawcy lub wymaganiami zawartymi w specyfikacji wykonawczej, czy w kanałach nie znajduje się gruz, woda i blokady, które mogłyby uniemożliwić lub utrudnić iniekcję. Można to wykonać, przedmuchując kanały kablowe suchym powietrzem. Sprawdzanie przez przepuszczanie wody przez kanały kablowe powinno być zabronione.

Jeżeli prawdopodobne jest przekroczenie czasu budowy, należy podjąć działania, aby tymczasowo zabezpieczyć stal sprężającą i zakotwienia zestawu sprężania.

UWAGA 1 Szczelność kanałów w prefabrykowanych konstrukcjach segmentowych można sprawdzać sprężonym powietrzem. Wszystkie znaczące nieszczelności należy naprawić przed iniekcją.

UWAGA 2 W przypadku niektórych rodzajów cięgien o stosunku wypełnienia większym niż 0,45, np. cięgien prętowych, może jednak wystąpić konieczność przepłukania kanałów wodą przed iniekcją”.

Wyposażenie do iniekcji powinno być kompatybilne z przewidzianym do stosowania zestawem do sprężania.

MIESZARKA

Mieszarka powinna umożliwiać wytwarzanie zaczynu iniekcyjnego z równomiernym rozprowadzeniem cementu, domieszek, dodatków, jeśli występują, oraz wody. Wymieszany zaczyn iniekcyjny nie powinien zawierać grudek cementu, co potwierdza się przez badanie na sicie opisane w PN-EN 445:2009. Wymieszany zaczyn iniekcyjny powinien być zgodny z wymaganiami PN-EN 447:2009.

POMPA

Pompa powinna umożliwiać ciągły przepływ zaczynu i utrzymywać przewidziane ciśnienie iniekcji. Pompa powinna być wyposażona w manometr i środki zapobiegające niebezpiecznemu wzrostowi ciśnienia podczas iniekcji.

Pompa powinna być zbudowana w taki sposób, aby zapobiec wprowadzaniu powietrza, oleju lub innych obcych substancji do zaczynu iniekcyjnego.

UWAGA 1 Ograniczenie ciśnienia zaczynu iniekcyjnego ma na celu (a) zapobieganie rozsadzaniu przewodów oraz otworów wlotowych i wylotowych; (b) zapobieganie uszkodzeniom konstrukcji betonowej; (c) ochronę wyposażenia i zaworów przed uszkodzeniem; (d) ochronę operatora.

UWAGA 2 Użytkowanie pompy ze zmiennymi otworami wylotowymi umożliwia jej dostosowanie do wymagań iniektowania kanałów kablowych o różnych średnicach.

PRZEWODY

Średnica przewodów iniekcyjnych i wielkość ciśnienia powinny być zgodne z wydajnością pompy, przyjętym ciśnieniem maksymalnym i potrzebną długością przewodów.

POŁĄCZENIE PRZY OTWORACH WLOTOWYCH

Przewody iniekcyjne powinny być szczelnie połączone z otworami wlotowymi kanałów kablowych.

UWAGA 1 Zaleca się unikać wąskich otworów w łącznikach przewodów lub połączeniach otworów wlotowych, przez które przepływa zaczyn iniekcyjny, ponieważ wynikający z tego wzrost ciśnienia może zwiększyć ryzyko wydzielania się wody, co z kolei może prowadzić do zablokowania.

UWAGA 2 Jeśli długość przewodu przekracza 30 m, zaleca się, aby przy otworze wlotowym był zamontowany manometr. Przy ciągłym lub nadzwyczajnym wzroście ciśnienia dodatkowy manometr znajdujący się przy wlocie zaczynu iniekcyjnego wskazuje, czy przyczyna wzrostu ciśnienia leży wewnątrz kanału kablowego czy przewodu.

INIEKCJA

„Zaczyn iniekcyjny (wg PN-EN 447:2009) należy zużyć w ciągu 30 minut od wymieszania lub w czasie, dla którego, w danej temperaturze, producent potwierdził zachowanie przydatności (płynności).

Iniekcję należy prowadzić do chwili, w której, w zakresie wartości granicznych, płynność zaczynu iniekcyjnego wypływającego otworami wylotowymi jest taka sama jak zaczynu wprowadzanego. Otwory wylotowe należy kolejno zamykać w miarę postępu wypełniania kanału. Gęstość zaczynu pobranego z otworu wylotowego na końcu ciągu nie powinna różnić się o więcej niż 3% od gęstości zaczynu pobranego z mieszarki.

Po zamknięciu wszystkich otworów wylotowych ciśnienie zaczynu iniekcyjnego powinno się utrzymywać przez około jedną minutę, aby potwierdzić brak niezamierzonych strat zaczynu na skutek nieszczelności. Jeśli bez pompowania zaczynu iniekcyjnego ciśnienie nie utrzymuje się, to należy zlokalizować i naprawić nieszczelność, po czym powtórzyć procedurę.

Krótko po iniekcji, w okresie, w którym udokumentowano zachowanie ciekłości, należy sprawdzić, czy osiągnięto całkowite wypełnienie wszystkich otworów wlotowych, wylotowych i przykryć zakotwień, np. przez usunięcie nadmiaru zaczynu. Jeśli którykolwiek z otworów wlotowych, wylotowych i przykryć zakotwień nie jest wypełniony, zaleca się rozważyć działanie korekcyjne.

Po związaniu zaczynu iniekcyjnego wszystkie otwory wlotowe, wylotowe i przekrycia zakotwień należy sprawdzić w celu potwierdzenia odpowiedniego wypełnienia zaczynem. Jeśli którykolwiek z otworów wlotowych, wylotowych i przykryć zakotwień nie jest odpowiednio wypełniony, należy wypełnić te pustki świeżo przygotowanym zaczynem.

Wszystkie otwory wlotowe i wylotowe zaczynu powinny być odpowiednio uszczelnione, aby zapobiec wnikaniu wody do kanału kablowego.

Zakotwienia, otwory wlotowe i wylotowe zaczynu powinny być na stałe zabezpieczone odpowiednimi metodami określonymi w instrukcji wyspecjalizowanego wykonawcy lub wymaganymi w specyfikacji wykonawczej”.

Kontrolę powinien przeprowadzać wyspecjalizowany wykonawca, zapisując jej przebieg. Kontrola w czasie iniekcji dotyczy:

- temperatury elementów konstrukcji przylegających do kanałów kablowych i zaczynu iniekcyjnego;
- ilości komponentów do przygotowania zaczynu;

- badanie zaczynu podczas iniekcji: wykonanie próbek do badania wytrzymałości na ściskanie, wydzielanie się wody, zmiana objętości, płynność, gęstość;
- utrzymanie ciśnienia przy zamkniętych otworach wylotowych;
- sprawdzania wszystkich otworów wlotowych, wylotowych i przykryć zakotwień.

Po zakończeniu iniekcji wymagany jest: zapis kontroli zawierający kontrolę wszystkich otworów wlotowych, wylotowych i przykryć zakotwień oraz uszczelnienie i ochrona stalowych części zakotwień ww. otworów.

Abstract

The content of the paper consists of two parts.

Part one concerns the basic requirements of quality of injection mixture. So they respond to the norm: PN-EN 447:2009.

Part two contains the method of the injection procedure as described in PN-EN 446:2009.

Streszczenie

Treść referatu składa się z dwóch części.

Część pierwsza dotyczy wymagań podstawowych jakości zaczynu iniekcyjnego. Wymagania muszą odpowiadać normie PN-EN 447:2009.

Część druga zawiera opis metody iniekcji. Postępowanie przy tej czynności obowiązujące w konstrukcji kablobetonowej opisano w PN-EN 446:2009.

Literatura:

- [1] PN-EN 447:2009. Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Wymagania podstawowe
- [2] PN-EN 446:2009. Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Metody iniekcji
- [3] PN-EN 445:2009. Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych. Metody badań

- [4] PN-EN 934-2:2012. (oryg). Domieszki do betonu, zaprawy, i zaczynu. Definicja, wymagania, zgodność oznakowania i etykietowania
- [5] PN-EN 13263-1+A1:2010. Pył krzemionkowy do betonu. Definicja, wymagania i kryteria zgodności

Jarosław WASILCZUK
Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania
Roman OSTROWSKI
Wojskowa Akademia Techniczna

PROBLEMY EKSPLOATACYJNE WYSTĘPUJĄCE W NOWYM BUDYNKU MIESZKALNYM

1. WPROWADZENIE

Dążenie do maksymalnego obniżania kosztów wykonawstwa budowlanego, a później także do obniżania kosztów eksploatacyjnych w zakresie wentylacji mieszkań prowadzi często do nieprzewidzianych efektów ubocznych charakterystycznych dla tzw. chorych budynków.

W budynku o szczelnej konstrukcji okien i zewnętrznych przegród budowlanych sprawne funkcjonowanie wentylacji grawitacyjnej mieszkań jest możliwe przy zapewnieniu zorganizowanego dopływu świeżego powietrza oraz odprowadzania zużytego. Intensywność wentylacji grawitacyjnej zależy od stopnia rozszczelnienia czy uchylecia okien oraz stopnia otwarcia kratki wywiewnych i zapewnienia przepływu powietrza pomiędzy pomieszczeniami. Przy temperaturze powietrza zewnętrznego nie wyższej niż $+12^{\circ}\text{C}$ wentylacja grawitacyjna powinna zapewniać dopływ $70\text{ m}^3/\text{h}$ powietrza do pomieszczenia kuchni wyposażonej w kuchenkę gazową (przy kuchni indukcyjnej elektrycznej $50\text{ m}^3/\text{h}$), $50\text{ m}^3/\text{h}$ powietrza do łazienki i $30\text{ m}^3/\text{h}$ do oddzielnego WC.

W przypadku niezapewnienia dopływu świeżego powietrza przez celowo rozszczelnione lub uchylone okna oraz jego usuwania przez otwarte kratki wywiewne, następuje samoczynne (zgodne z prawami fizyki) odwrócenie kierunku przepływu powietrza w części kratki wywiewnych, o mniejszym ciągu. W celu zabezpieczenia się przed napływem przez kratki wywiewne mieszaniny wyziewów i zużytego powietrza z nad dachu można stosować klapy zwrotne. Klapy zwrotne stanowiące część niektórych typów kratki wywiewnych lub dodatkowy element umieszczony za kratką wywiewną (w poziomym odcinku kanału) umożliwiają tylko przepływ usuwanego z mieszkania powietrza. Należy wyraźnie podkreślić, że klapy zwrotne zabezpieczają tylko przed odwróceniem przepływu powietrza w kratkach wywiewnych. Poprawienie jakości powietrza wewnętrznego oraz obniżenie jego wilgotności mo-

zna osiągnąć jedynie poprzez zapewnienie dopływu do mieszkania świeżego powietrza wentylacyjnego.

2. WYNIKI POMIARÓW I BADAŃ TERMOWIZYJNYCH

Budynek mieszkalny zlokalizowany w Mińsku Mazowieckim nie jest wyposażony w instalację gazową. Posiada instalację centralnej ciepłej wody oraz kuchnie elektryczne indukcyjne. Głównym zadaniem wentylacji grawitacyjnej nie jest zatem doprowadzenie powietrza do spalania gazu i rozcieńczania spalin, a tylko zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza wewnętrznego (zawartość tlenu i dwutlenku węgla oraz wilgotność względna).

Dopływ mniejszej ilości powietrza sprzyja pogorszeniu mikroklimatu w mieszkaniu, nie stanowi jednak zagrożenia dla życia z uwagi na brak urządzeń gazowych. Powietrze do mieszkań jest wprowadzane za pośrednictwem rozszczelnionych lub uchylonych okien, a usuwane przez kratki wentylacyjne wywiewne usytuowane m.in. w kuchniach i łazienkach. Do każdego kanału wentylacyjnego jest włączona tylko jedna kratka wywiewna.

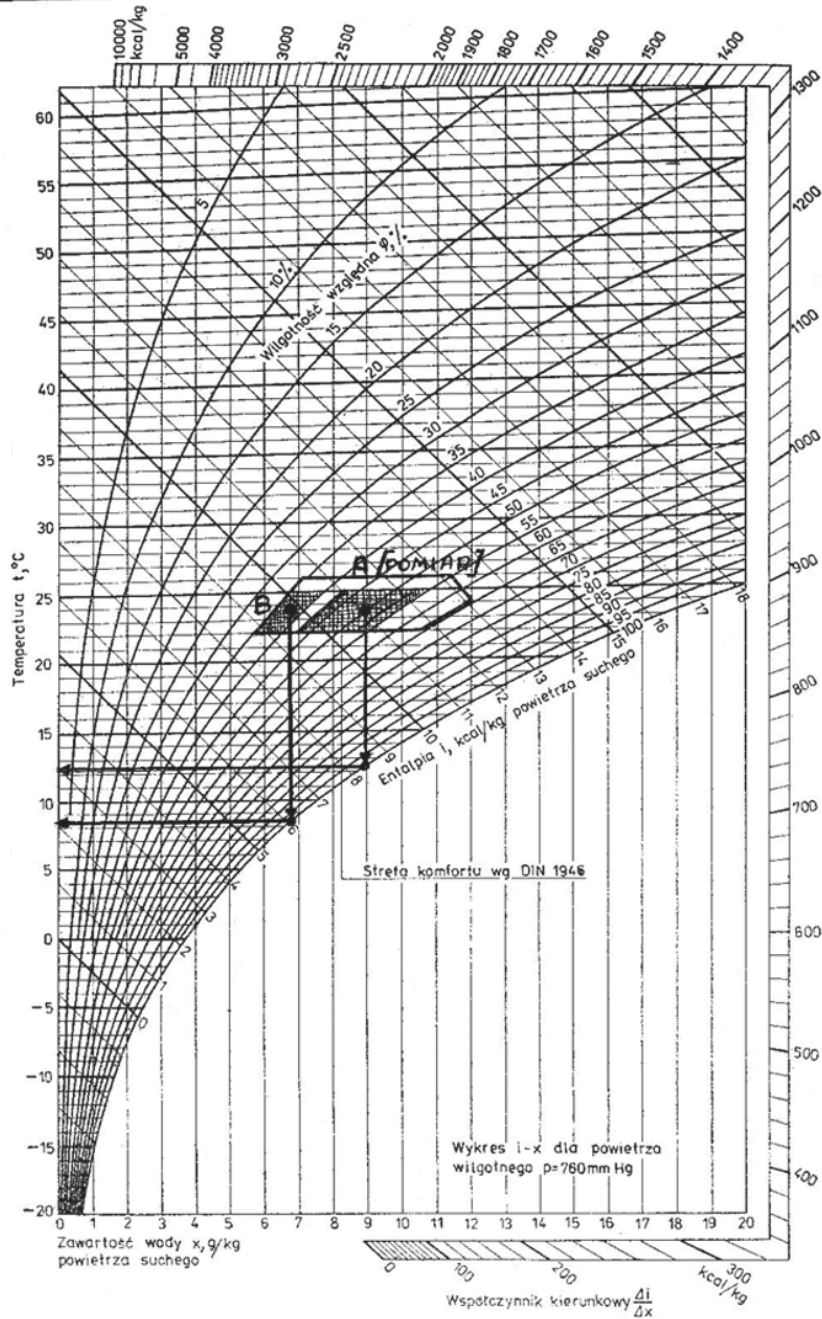
Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, że wszystkie wywiewne kratki wentylacyjne w badanych mieszkaniach są drożne. Nie znaczy to, że ciągle są czynne. W przypadku szczelnego zamknięcia okien ustaje w nich przepływ powietrza lub następuje odwrócenie przepływu w części krątek danego mieszkania. Odwracanie kierunku przepływu powietrza przy uszczelnionych oknach zaobserwowano m.in. w niektórych mieszkaniach.

W części mieszkań w kratkach wywiewnych zamontowano wentylator-ki osiowe, skutecznie blokujące grawitacyjny przepływ powietrza, w przypadku ich wyłączenia. Wydatek kratki z wentylatorem w porównaniu z kratką grawitacyjną byłby równoważny pod warunkiem łącznej cyklicznej pracy wentylatora przez około 8 godzin na dobę. Wentylatory blokujące przepływ powietrza w grawitacyjnych kratkach wywiewnych powinny być zdemonstrowane.

Na podstawie pomiarów wilgotności względnej powietrza wewnętrznego (w uzgodnionych terminach) okazało się, że w wielu mieszkaniach przekraczała ona 50%, a w pozostałych oscylowała w granicach 40–50%. Po naniesieniu pomierzonych wartości temperatury i wilgotności powietrza wewnętrznego na wykres *i-x* Moliera (rys. 1) z zaznaczoną strefą komfortu okazało się, że są one typowe dla lata (środek i prawa strona wykresu), a nie zimy (lewa strona). Średnia temperatura punktu rosy dla pomierzonych parametrów powietrza wewnętrznego podstrefy A wynosi $+12,5^{\circ}\text{C}$, podczas gdy prawidłowo wentylowanych mieszkań $+8,5^{\circ}\text{C}$ (podstrefa B).

PROBLEMY WSPÓŁCZESNEJ ARCHITEKTURY I BUDOWNICTWA

Wymagania w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi



Rys. 1. Strefa komfortu na wykresie $i-x$ Moliera [1] z zaznaczonymi wynikami pomiarów w badanych mieszkaniach

W badanym budynku o projektowanej wartości współczynnika przenikania ciepła ścian $U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ występuje zjawisko wykraplania wilgoci, głównie w miejscach tzw. mostków termicznych.

Głównymi przyczynami wykraplania wilgoci z powietrza na chłodnych fragmentach zewnętrznych przegród budowlanych mieszkań mogą być:

- niewłaściwe funkcjonowanie wentylacji grawitacyjnej oraz niewłaściwe rozmieszczenie wyposażenia uniemożliwiający wymianę ciepła pomiędzy powietrzem wewnętrznym a chłodnymi fragmentami przegród zewnętrznych w miejscach mostków termicznych,
- niedokładności i błędy wykonawcze przegród budowlanych,
- błędy projektowe.

W budynku występują naturalne mostki termiczne w narożach, przy ościeżnicach okiennych i zewnętrznych drzwiowych oraz w miejscach zamocowania płyt balkonowych. Obniżenie temperatury na powierzchni wewnętrznej jest następstwem mniejszego przekroju wymieniającego ciepło w stosunku do zewnętrznego, przy ustalonej wymianie ciepła. Wykroplenie wilgoci z powietrza wewnętrznego występuje przy jego schłodzeniu do temperatury „punktu rosy”. W zimie przy prawidłowo funkcjonującej wentylacji i przeciętnych zyskach wilgoci w mieszkaniach wilgotność względna powietrza oscyluje w granicach 30%. W części mieszkań pomierzona wilgotność powietrza oscylowała w granicach 50%. Z wykresu $i-x$ Moliera (rys. 1) wynika, że przy temperaturze wewnętrznej np. $+22^\circ \text{C}$ i wilgotności powietrza 30% i 50% różnica w wartościach „punktu rosy” wynosi aż 8 K.

W celu dokładnego zlokalizowania fragmentów powierzchni przegród zewnętrznych z obniżoną temperaturą powierzchni wewnętrznej mierzono pola temperatur przy wykorzystaniu kamery termowizyjnej. Badania prowadzono w końcu dłuższego okresu występowania ujemnych ustabilizowanych temperatur powietrza wewnętrznego. Załączone termogramy obrazują pola i wykresy temperatur na powierzchniach ścian zewnętrznych oraz w mostkach termicznych.

3. WNIOSKI I ZALECENIA

Konkretne błędy oraz niedokładności wykonawcze oraz uchybienia projektowe będzie można definitywnie udokumentować po usunięciu przez użytkowników niżej wymienionych zaniedbań eksploatacyjnych, tj.:

- udrożnienie grawitacyjnych kratak wywiewnych poprzez usunięcie zamontowanych w nich wentylatorów osiowych, blokujących przepływ po-

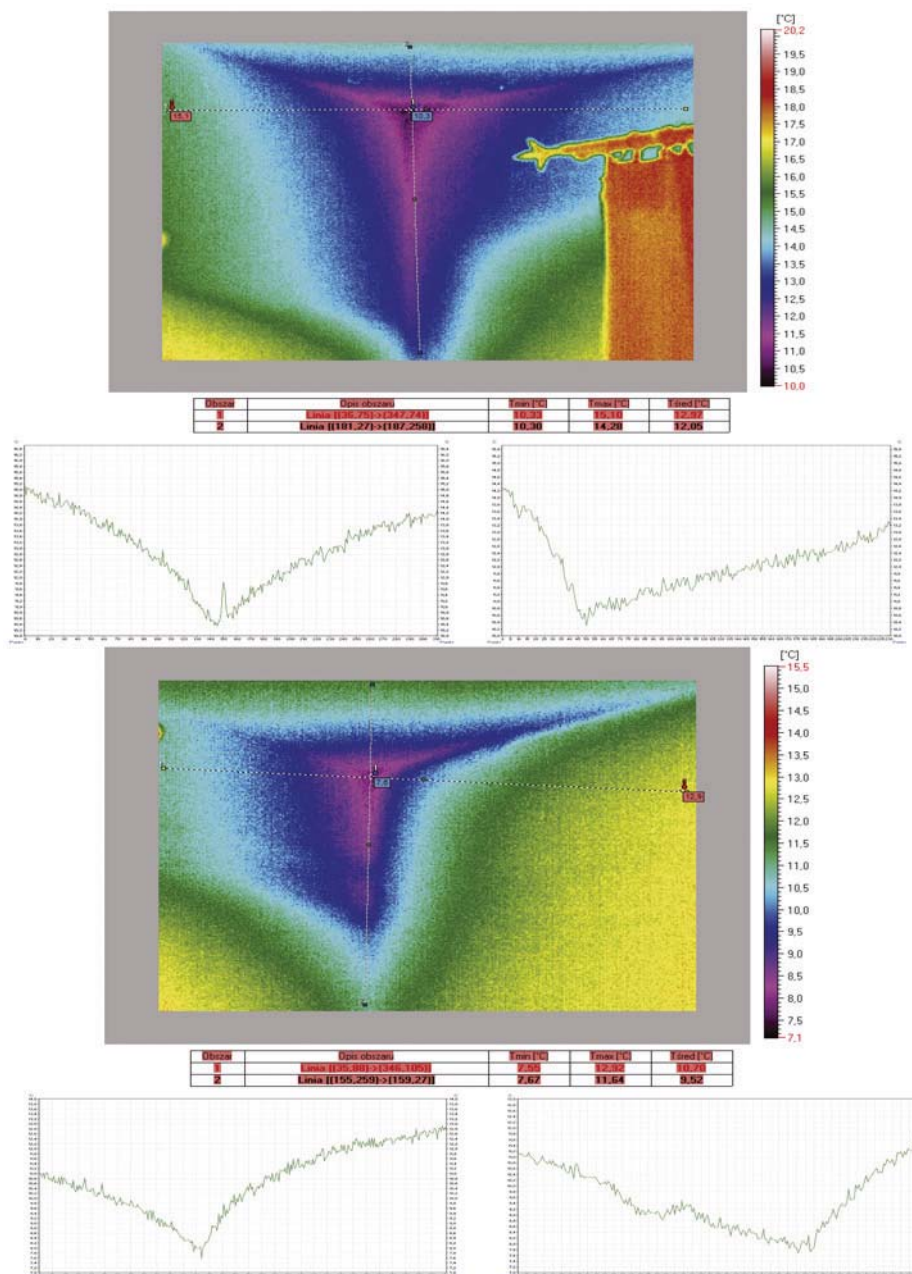
wietrza. Pracujący wentylator ma średnio 3-krotnie wyższą chwilową wydajność niż kratka grawitacyjna, ale w ciągu doby – około 5-krotnie niższy wydatek powietrza niż kratka grawitacyjna,

- założenie klap zwrotnych w wywiewnych kratkach grawitacyjnych w mieszkaniach narażonych na uciążliwości związane z odwracaniem kierunku przepływu powietrza,
- umożliwienie opływania ciepłym wewnętrznym powietrzem miejsc o obniżonej temperaturze na zewnętrznych przegrodach, np. poprzez nieustawianie szaf i innych wysokich mebli przy narożach ścian zewnętrznych lub usunięcie (na zimę) rolet ściśle przylegających do zimnych szyb, uniemożliwiających ich ogrzewanie,
- dbanie o właściwy przepływ powietrza wentylacyjnego tak aby jego wilgotność względna nie przekraczała 35%, tj. mieściła się w zakresie komfortu dla temperatury i wilgotności powietrza w mieszkaniu oraz nie sprzyjała wykraplaniu wilgoci w miejscach naturalnych mostków termicznych.

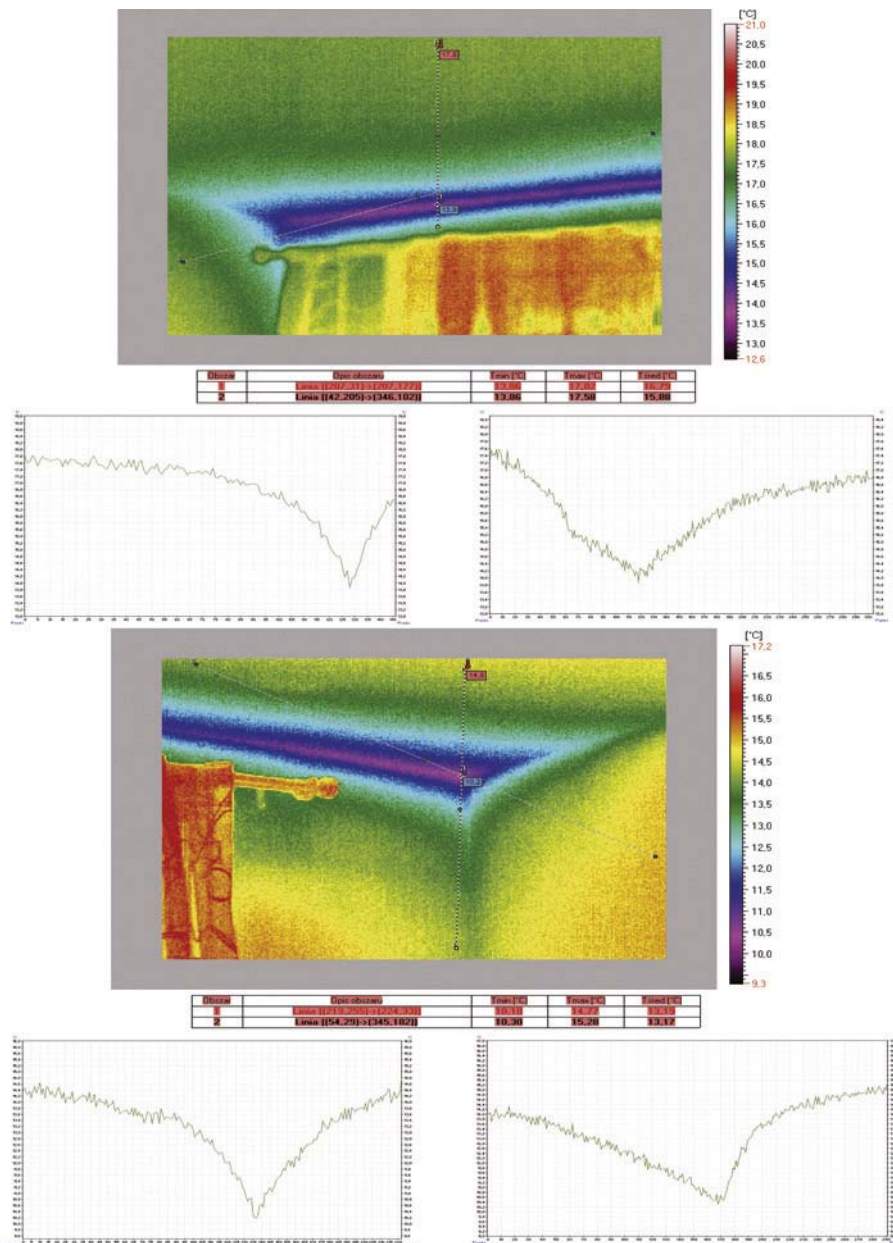
Po usunięciu przez użytkowników mieszkań ww. zaniedbań eksploatacyjnych będzie można przystąpić do niwelowania skutków niedokładności wykonawczych oraz uchybień projektowych.

W miejscach występowania powierzchniowego wykraplania wilgoci można przeprowadzić lokalną renowację polegającą na usunięciu zabrudzonego i nasiąkniętego tynku oraz zastąpieniu go tynkiem ciepłochronnym. Po dokonaniu zaokrągleń (o większym promieniu) w narożach można zwiększyć lokalny opór cieplny o około 10%, co przyczyni się do podwyższenia minimalnej temperatury powierzchni wewnętrznej o 2–3 K.

Trudniejsza sytuacja występuje w mieszkaniach z rozległymi mostkami termicznymi na suficie (rys. 3 i 4) lub ścianach. Optymalnym rozwiązaniem jest docieplenie od wewnątrz płytą ze styropianu lub styroduru o grubości ~5 cm. Szczelnie przymocowana płyta musi być osłonięta np. folią i tapecią nieprzepuszczającą pary wodnej, a jej brzeg estetycznie wykończony. Bezwzględnie jest wskazane, aby docieplenia ścian i sufitów od wewnętrznej strony wykonywała tylko załoga wyspecjalizowana w zakresie usuwania wad budowlanych z obszaru fizyki cieplnej budowli. Jeżeli nie będzie zgody na takie rozwiązanie konieczna będzie rozbiórka części tarasu należącego do mieszkania na wyższym piętrze.



Rys. 2. Termogramy i wykresy temperatur w wybranych dwóch mostkach termicznych w narożach wewnętrznych nowego budynku [5]



Rys. 4. Przekrój i termogramy stropu z wadą wykonawczą izolacji cieplnej tarasu w sąsiedztwie ściany zewnętrznej poddanego badaniom cieplnym mieszkania na niższej kondygnacji

W podsumowaniu jednoznacznie należy stwierdzić, że przyczynami występowania objawów charakterystycznych dla tzw. chorych budynków są błędy popełnione solidarnie przez ich użytkowników w zakresie eksploatacji oraz wady ukryte wynikające z niedostatecznego inwestorskiego nadzoru technicznego nad wykonawstwem budowlanym. Do użytkowników mieszkań należy dbanie o właściwą wentylację mieszkań zgodnie z wymogami normowymi, tj.:

- zapewnienie dopływu świeżego powietrza poprzez rozszczelnienie lub uchylanie okien,
- zapewnienie przepływu powietrza pomiędzy pomieszczeniami,
- otwarcie lub odstąpienie kratki wywiewnych oraz usunięcie z nich wentylatorów osiowych blokujących grawitacyjny przepływ powietrza (i ewentualne wmontowanie klapy wywiewnych uniemożliwiających zwrotny przepływ powietrza),
- w narożach i innych naturalnych mostkach termicznych, w których występowało nieznaczne powierzchniowe wykraplanie wilgoci z powietrza spowodowane jego niewłaściwą wymianą w mieszkaniu, można wymienić tynk na ciepłochronny.

Inwestor, w trosce o własną techniczną reputację i ewentualne późniejsze poważniejsze koszty naprawcze powinien przywrócić zgodność wykonania izolacji cieplnych z rozwiązaniami projektowymi.

Abstract

The desire to reduce the cost of heating of new buildings very often lead to neglects regarding the correct ventilation of apartments. Insufficient air exchange is conducive to damp in places of so-called thermal bridges.

Streszczenie

Dążenie do obniżania kosztów ogrzewania nowych budynków często prowadzi do zaniedbań w zakresie prawidłowej wentylacji mieszkań. Niedostateczna wymiana powietrza sprzyja pogorszeniu mikroklimatu w pomieszczeniach oraz wykraplaniu wilgoci w miejscach tzw. mostków termicznych.

Literatura:

- [1] Lampe G., Pfeil A., Schmittlutz R., Tokarz M.: *Projekt klimatyzacji a projekt budynku*, Arkady, Warszawa, 1981
- [2] Makowiecki J., Rosiński M.: *Wentylacja i klimatyzacja w budownictwie*. Monografia: *Nowoczesne technologie dla budownictwa*, praca zbiorowa pod redakcją Z. Mierczyka, WAT, Warszawa 2007
- [3] Wasilczuk J., Ostrowski R.: *Możliwości techniczne zmniejszenia zużycia ciepła na ogrzewanie istniejących budynków*. III Konferencja Naukowa pt. *Problemy współczesnej architektury i budownictwa*, ARCHBUD 2010, WSEiZ, Zakopane 2010
- [4] Wasilczuk J., Ostrowski R.: *Problemy techniczne występujące w nowych budynkach mieszkalnych*. IV Konferencja Naukowa pt. *Problemy współczesnej architektury i budownictwa*, ARCHBUD 2011, WSEiZ, Zakopane 2011
- [5] Wasilczuk J., Ostrowski R.: *Ekspertyza techniczna wybranych mieszkań w nowym budynku zlokalizowanym w Mińsku Mazowieckim pod kątem prawidłowości funkcjonowania wentylacji grawitacyjnej oraz miejscowego przemarzania przegród budowlanych*. Warszawa 2013

Witold A. WERNER

Wyższa Szkoła Ekologii i Zarządzania

EKONOMIKA W PROJEKTOWANIU ARCHITEKTONICZNYM BUDYNKI „SZYTE NA MIARĘ”

1. WPROWADZENIE

Nieprzerwany exodus ludności do aglomeracji ogranicza „pojemność” przestrzeni w dotychczasowych granicach miast, powoduje „rozlewanie się” miast, likwidację niezabudowanych terenów zielonych i wymusza, choć uzasadnioną ekonomicznie, jednak często brutalną ingerencję w historyczne układy urbanistyczne.

Pojawia się powszechny kryzys planowania przestrzennego, uchwalone już studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego w większości gmin miejskich wymagają okresowych zmian, a uchwalone na ich podstawie miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, choć obejmują zaledwie około 30% powierzchni terenów budowlanych, sprzyjają coraz częściej negatywnemu wpływowi na spekulacje gruntami, a także postępującemu zadłużeniu miast.

Obserwuje się zjawisko „wciskania” budynków pomiędzy istniejące, a także wcześniej planowane przestrzenie rekreacyjne, mini-parki, a nawet pomiędzy większe dziedziczne osiedlowe. Trendy te występujące w całym świecie potęgują chaos przestrzenny, pogarszanie się warunków zdrowotnych ludności, komunikacyjnych i estetycznych.

Żyjemy w kraju o największym w Europie stopniu rozproszenia zabudowy, a jedną z przyczyn jest bezsilność administracyjna państwa przy ograniczonych możliwościach ingerowania w decyzje przestrzenne samorządów terytorialnych.

2. URBANISTYKA A URBANIZACJA

Urbanistyka jako samodzielna dyscyplina może wskazywać podstawowe reguły, standardy, a nawet procedury przy budowie nowych miast oraz modelowaniu warunków przestrzennych wyodrębnionych zespołów funkcjonalnych, korzystając z doświadczeń historycznych.

Urbanizacja jako proces społeczno-ekonomiczny nie poddaje się praktycznie żadnym regułom ani kontroli, jest bowiem wynikiem postępujących zmian demograficznych, migracyjnych i kulturowych. Trendy urbanizacyjne są zjawiskiem ponadczasowym, ponadregionalnym, niepoddającym się skutecznej kontroli ani też ingerencji żadnej organizacji [2]. Aglomeracje w Polsce, podobnie jak w całym świecie przyciągają obywateli dostępnością rynków pracy, perspektywami wyższych dochodów, możliwościami kształcenia i poprawy jakości życia, natomiast migracje takie prowadzą w rezultacie do rozprzestrzeniania się zabudowy na tereny podmiejskie o tańszych gruntach i możliwościach realizacji tańszego budownictwa, w znacznej części o niskiej jakości.

Jak wynika m.in. z badań Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN uchwalone dotychczas miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego zapewniają teoretyczne potrzeby budownictwa mieszkaniowego na ponad 50 lat, pod budowę wielu milionów mieszkań. Konsekwencją uchwalonych planów jest jednak wysoki wzrost ich cen, w związku z czym inwestorzy poszukują tańszych terenów, które uzyskują zwłaszcza po odrolnieniu gruntów rolnych.

Budowanie na odrolnionych terenach oznacza wyraźną „oszczędność” dla inwestorów, natomiast powoduje wzrost kosztów dla miast, które poniosły już koszty przygotowania niewykorzystywanych planów, wykupu terenów pod drogi i budowy infrastruktury, a zmuszane są do tworzenia nowej infrastruktury dla nowych odrolnionych terenów. Zadłużenie miast z tego tytułu prowadzić może wręcz do ich bankructwa [1].

Jednym z podstawowych powodów zapaści finansowej miast oraz wysokiego rozproszenia zabudowy są nadmierne uprawnienia samorządów terytorialnych, przy braku możliwości skutecznej ingerencji państwa w błędne decyzje gmin w odniesieniu do planowania przestrzennego, braku szacowania i odpowiedzialności za skutki finansowe planów, powodujące realne koszty społeczne w wyniku uchwalanych planów oraz wydawanych decyzji o warunkach zabudowy.

Nie można tu jednak pominąć błędów ustawowych zarówno w ułatwieniach w odrolnianiu gruntów na cele budowlane, jak też w zapisach dotyczących kryteriów pozwalających na wydawanie decyzji o warunkach zabudowy, niejako „obok” terenów z uchwalonymi już planami miejscowymi. Aktualizowane gminne studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, choć zazwyczaj wymagają uzasadnionych jednak korekt w związku z planowanymi zmianami planów o znaczeniu krajowym (autostrady, obwodnice, lotniska, obiekty energetyczne i wodne), w szeregu przypadkach sankcjonują występujące szkodliwe trendy urbanistyczne.

3. EKONOMICZNE PRZESŁANKI PROJEKTOWANIA

Na tle powszechnych trendów urbanistycznych trudna i odpowiedzialna rola przypada architektom bezpośrednio uczestniczącym w procesie inwestycyjnym, zarówno jako projektanci obiektów budowlanych, jak też doradczących inwestorom, zwłaszcza deweloperom.

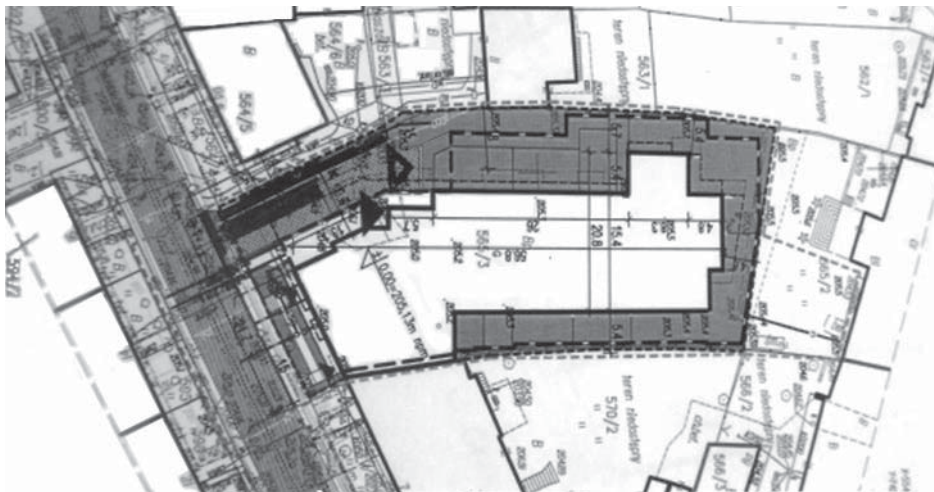
Teorie urbanistyczne muszą współistnieć, czy dosadniej mówiąc, być interpretowane w kierunku ich „adaptacji” do wymogów rynkowych. W działalności inwestycyjno-budowlanej zaobserwować bowiem można m.in. dwie niezależne formy zagospodarowywania dostępnej przestrzeni, które ilustrują „szycie budynków na miarę” (projektowanie pod określone możliwości gabarytowo-przestrzenne).

Pierwszą z nich można określić jako wypełnianie „nieużytków urbanistycznych”, co bezpośrednio polega na dogęszczaniu zabudowy miejskiej, inspirowanej bądź uchwalonymi miejscowymi planami, bądź indywidualnymi pomysłami inwestorów szukających terenów dla klientów preferujących mieszkanie w zabudowie miejskiej już ukształtowanej, z wszystkimi konsekwencjami otoczenia społecznego i infrastrukturalnego.



Rys. 1. Przykład lokalizacji budynku w Warszawie

Przedstawione dwa przykłady pokazują „wciskanie” budynku o standardzie apartamentowym pomiędzy istniejące budynki mieszkalne. W obu przypadkach niezbędne było występowanie o klasyfikację zabudowy jako „śródmiejskiej uzupełniającej”, co pozwala wówczas na ograniczenie wymagań technicznych, jednak z niezbędnym wówczas wystąpieniem o zgodę na odstąpienia od części warunków dot. przesłaniania i zacielenia.



Rys. 2. Przykład lokalizacji budynku w Krakowie

Kolejny przykład pokazuje dążenie do maksymalnego wykorzystania terenu na podstawie uchwalonego już miejscowego planu, jednak i w takim przypadku, zgodnym z ustaleniami planu, występuje czasem konieczność wnioskowania o odstępstwa od przepisów technicznych.



Rys. 3. Przykład intensywnego wykorzystania planu we Wrocławiu

Przedstawione przykłady rozwiązań urbanistycznych są dość typowe w różnych regionach i wynikają z wymagań rynkowych zmuszających projektantów do ekonomicznego myślenia.

Proces podejmowania decyzji inwestycyjnej opiera się na prostym rachunku, jak na przykład: dotyczącym możliwości zakupu działki budowlanej o powierzchni 3000 m², z zadecydowaną możliwością wybudowania na niej budynku mieszkalnego 5-kondygnacyjnego, z podziemnym garażem, lecz z wymogiem pozostawienia 20% niezabudowanego terenu.

Możliwą do uzyskania powierzchnię użytkową (sprzedażną) na tej działce obliczyć można następująco:

$$3000 \text{ m}^2 \times 0,8 \text{ p.z.} \times 5 \text{ kond.} \times 0,85 \text{ kom. i konstr.} = 10\,200 \text{ m}^2 \text{ p.uż.}$$

Koszt wybudowania budynku mieszkalnego na tej działce:

$$10\,200 \text{ m}^2 \times 4200 \text{ zł/m}^2 + \text{koszt garażu } 2 \text{ kond. } 4080 \text{ m}^2 \times 2100 \text{ zł/m}^2 \\ = 51\,408\,000 \text{ zł} + 10\% \text{ kredytu} = 56\,548\,800 \text{ zł.}$$

Dodając koszty projektu, opłat, reklamy itd., koszty inwestycji (bez gruntu), oszacować można w zaokrągleniu na **60 000 000 zł.**

Potencjalny przychód ze sprzedaży:

$$10\,200 \text{ m}^2 \times 6500 \text{ zł/m}^2 + 150 \text{ m.p.} \times 30\,000 \text{ zł/m.p.} = \mathbf{70\,800\,000 \text{ zł.}}$$

Różnica pomiędzy przychodem i kosztami wyniesie 10 800 000 zł.

Gdyby przyjąć, że inwestor zakłada **10% stopę zysku = 7 080 000 zł**, to za działkę „opłaca mu się” zapłacić różnicę pomiędzy dochodem brutto i założonym zyskiem: 10 800 000 zł – 7 080 000 zł = 3 720 000 zł (daje to wskaźnik kontrolny 1240 zł/m², realny na rynkach wielu miast).

Można też przeprowadzić inny rachunek, poczynając od oferowanej ceny działki i założonego zysku inwestora, a następnie określić minimalną powierzchnię, którą trzeba wybudować, aby uzyskać pożądane efekty.

Przykład ten, sprawdzony na konkretnej inwestycji, wskazuje na potrzebę ekonomicznego myślenia architektów, jeśli chcą być aktywnymi uczestnikami procesu inwestycyjnego – partnerami inwestorów.

Obserwuje się bowiem powierzenie koncepcji architektonicznych równolegle kilku zespołom projektowym, wybierając takie zespoły i takie rozwiązania, które proponują nie tylko największe „sprzedażne” powierzchnie, ale również minimalizują koszty związane z naruszaniem interesów osób trzecich, jak na przykład w wyniku zacieniania mieszkań w sąsiednich budynkach i konieczności usatysfakcjonowania finansowego – rekompensaty dla poszkodowanych osób.

4. ZAKOŃCZENIE

Dwa ogólnościowe, współzawodniczące ze sobą modele ekonomiczno-filozoficzne: interwencjonizmu państwowego wg J. Keynesa i neoliberali-

zmu wg A. Smitha – w coraz bardziej widocznym wymiarze znajdują odzwierciedlenie w gospodarowaniu przestrzenią.

W uproszczeniu rozbieżności ideowe tych modeli sprowadzić można do określenia granic decentralizacji decyzji lokalizacyjnych inwestycji, problemu rozdziału prawa własności gruntów od prawa ich zabudowy, form dyscyplinowania samorządów terytorialnych w gospodarowaniu przestrzenią i egzekwowania skutków błędnych decyzji. Hamowanie skutków chaosu przestrzennego, związane ze zjawiskiem suburbanizacji, wymaga radykalnego ograniczenia uprawnień samorządów terytorialnych w tolerowaniu rozproszonego budownictwa, które powodują przyszłe koszty infrastrukturalne, komunikacyjne i społeczne, ponoszone nie tylko przez same samorzady, lecz również ze znacznym udziałem środków centralnych, w tym ostatnio unijnych.

Miasta mają kluczowe znaczenie dla zrównoważonego rozwoju Unii Europejskiej, stąd też w wielu państwach, w tym w Polsce, prowadzone są prace badawcze i administracyjno-prawne nad perspektywiczną polityką miejską, w której wizje miasta przyszłości stanowią przesłanki wykorzystania przestrzeni. Miasta przyszłości, charakteryzujące się zwartą zabudową, muszą dbać zarówno o ekonomiczne wykorzystanie przestrzeni, jak też o zachowanie atrakcyjnych przestrzeni publicznych i rewitalizację przyrodniczą oraz przewidywać i radzić sobie ze skutkami postępujących zmian demograficznych.

Abstract

This paper is dedicated to the economic criteria dominating, in the construction investment process, over urban planning and sustainable development criteria.

Streszczenie

W referacie wskazano na dominację bezwzględnych przesłanek ekonomicznych w procesie inwestycyjnym nad kryteriami kreowania przestrzeni urbanistycznej sprzyjającej idei zrównoważonego rozwoju.

Literatura:

- [1] List otwarty Zarządu Oddziału Warszawskiego Towarzystwa Urbanistów Polskich: *Czy miasta w Polsce zbankrutują?*. Luty 2013
- [2] OECD: *Urban Policy Reviews: Poland 2011*, OECD Publishing
- [3] Werner W.A.: *Cele mieszkalnictwa a demografia*. Problemy Rozwoju Miast. Nr 1/2012, s. 7–15