

ISTOTA TRWAŁOŚCI I UTRZYMANIA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Jan ŚLUSAREK

Politechnika Śląska Wydział Budownictwa
ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, e-mail: jan.slusarek@polsl.pl

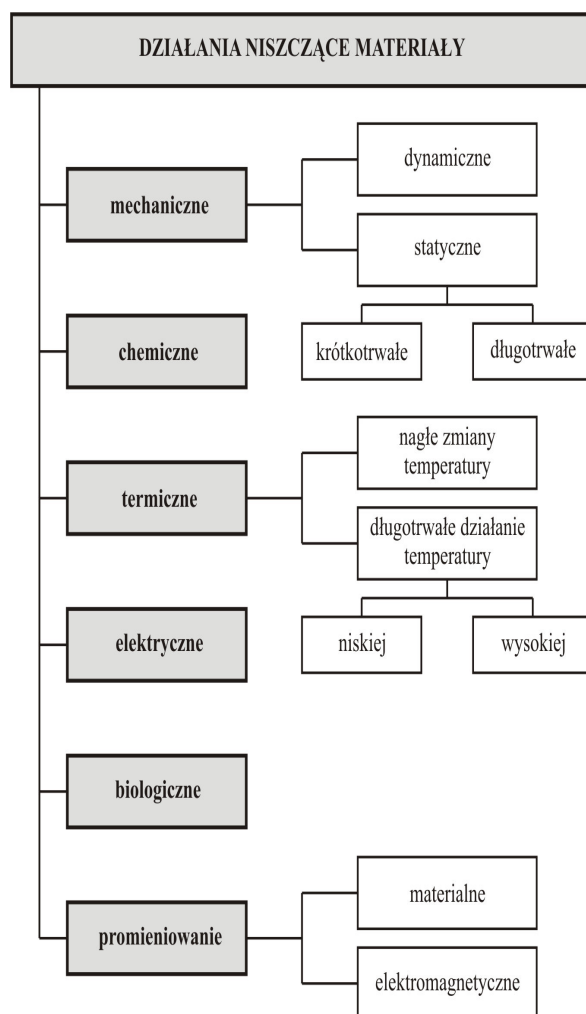
Streszczenie: Materiały budowlane powinny charakteryzować się takimi cechami, które zapewnią, że obiekty, w których zostaną wbudowane będą spełniały wymagania dotyczące właściwości użytkowych. Zdolność danego materiału do spełniania wymaganych funkcji przez określony przedział czasu, w warunkach oddziaływania określonych czynników, nazywana jest trwałością. W artykule przedstawiono zespół czynników niszczących materiały i obiekty budowlane. Wiele budowli z racji swego przeznaczenia narażonych jest na wpływy środowiskowe, często bardzo agresywne. Dlatego niektóre obiekty winny być chronione w sposób szczególny. W artykule przedstawiono problemy związane z utrzymaniem obiektów budowlanych, ze szczególnym uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju. Przedstawiono także ogólne wymagania w zakresie rozwiązań strukturalno-materiałowych obiektów budowlanych, podstawy diagnostyki, a także główne zasady ich rehabilitacji (przywracania do stanu właściwego). Opisano naprawy niekonstrukcyjne i konstrukcyjne. Przedstawiono także ogólne zasady stabilizacji i wzmacniania konstrukcji budowlanych.

Słowa kluczowe: Działania niszczące materiały, trwałość, zrównoważony rozwój, zrównoważone budownictwo, cykl życia technicznego obiektu, diagnostyka obiektu budowlanego, naprawa, stabilizacja i wzmocnienie budowli.

1. DEFINICJA TRWAŁOŚCI

Zgodnie z dyrektywą Unii Europejskiej [19] materiały budowlane powinny charakteryzować się takimi cechami, które zapewnią, że obiekty, w których zostaną wbudowane będą spełniały wymagania dotyczące właściwości użytkowych. Zdolność danego materiału do spełniania wymaganych funkcji przez określony przedział czasu, w warunkach oddziaływania określonych czynników, nazywana jest trwałością.

Wymaganie należytej trwałości konstrukcji jest spełnione, jeżeli konstrukcja, przez cały zamierzony okres użytkowania spełnia swoje zadania w zakresie użyteczności, nośności i stateczności, bez istotnego obniżenia swojej przydatności oraz bez nadmiernych, nieprzewidzianych kosztów utrzymania



Rys. 1. Schemat oddziaływań niszczących [18]
Fig. 1. Scheme of destructive impacts [18]

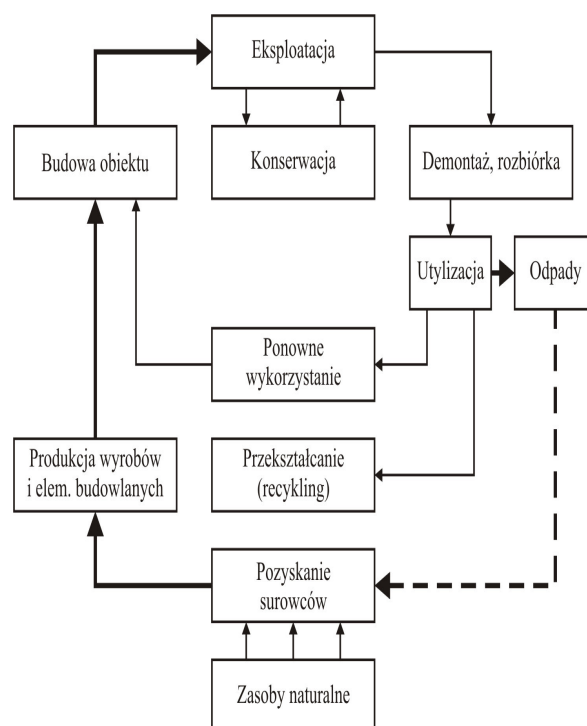
nia [1], [5], [8], [13], [14], [17]. Właściwości użytkowe nie odnoszą się bezpośrednio do materiałów. Materiały jednak powinny spełniać określone funkcje w ramach obiektu budowlanego.

Wiele elementów budowlanych, z racji swego przeznaczenia, jest narażonych na oddziaływanie środowiska zewnętrznego, często bardzo agresywnego. Z tego też powodu takie elementy budowlane powinny być w sposób szczególnie chronione. Materiały budowlane, z których wykonane są obiekty budowlane, pracują w złożonych warunkach różnorodnych oddziaływań niszczących. Do głównych z nich zaliczamy oddziaływania mechaniczne, chemiczne, termiczne, elektryczne, biologiczne oraz promieniowanie-rys. 1 [18].

2. ZASADY ZRÓWNOWAŻONEGO BUDOWNICTWA

Zaspokojenie potrzeb społeczeństwa jest możliwe dzięki takiemu kształtowaniu budynków aby były przyjazne dla użytkowników. Jednocześnie nie mogą one w znaczący sposób ingerować w otaczające środowisko przyrodnicze oraz muszą być akceptowalne z punktu widzenia ponoszonych nakładów [4]. Takie spojrzenie jest zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju (sustainable development) a w szczególności z zasadami budownictwa zrównoważonego (sustainable housing). Ponadto zasady takie powinny obowiązywać nie tylko w procesie wznoszenia nowych obiektów budowlanych, a także w procesie utrzymania obiektów istniejących [4]. Z zadowoleniem należy odnotować fakt, że takiemu podejściu sprzyjają zapisy rozdziału 6 pt.: „Utrzymanie obiektów budowlanych” ustawy z dnia 7.07.1994 *Prawo Budowlane* – Dz. U nr 207/2003 z późniejszymi zmianami [20].

Oddziaływanie procesu budowlanego na środowisko rozpoczyna się w momencie rozpoczęcia robót budowlanych, a kończy się w momencie rozbiórki obiektu i utylizacji tego co po nim pozostało. Tak rozumiany proces przyjęto nazywać cyklem życia technicznego obiektu, a ocenę tego przedziału czasu na środowisko naturalne-oceną okresu jego użytkowania (tzw. Life Cycle Assessment) [12]. W większości przypadków przebieg życia technicznego obiektu budowlanego pokrywa się z trwałością i uzasadnionym (technicznie i ekonomicznie) okresem jego użytkowania [12]. Każdemu z etapów cyklu życia technicznego obiektu towarzyszy zużycie surowców takich jak np. woda czy nośniki energii. Dlatego nie jest obojętny dla środowiska naturalnego sposób eksploatacji i utrzymania obiektu budowlanego. Biorąc to wszystko pod uwagę, słusznym wydaje się stwierdzenie autorki pracy [12], że ocena cyklu życia technicznego wyrobu lub obiektu budowlanego może stanowić kryterium jego wpływu na środowisko naturalne. Cykl życia technicznego obiektu i wyrobu budowlanego przedstawia rys. 2 [12].



Rys. 2 Cykl życia technicznego obiektu i wyrobu budowlanego [12]

Fig. 2. Life Cycle of building material and structure [12]

3. OGÓLNE WYMAGANIA W ZAKRESIE ROZWIĄZAŃ STRUKTURALNO-MATERIAŁOWYCH OBIEKTÓW BUDOWLANYCH

Zgodnie z obowiązującymi przepisami [20], nawiązującymi zresztą do *Dyrektywy Europejskiej* [19], obiekt budowlany należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając przede wszystkim, spełnienie wymagań podstawowych dotyczących [20]:

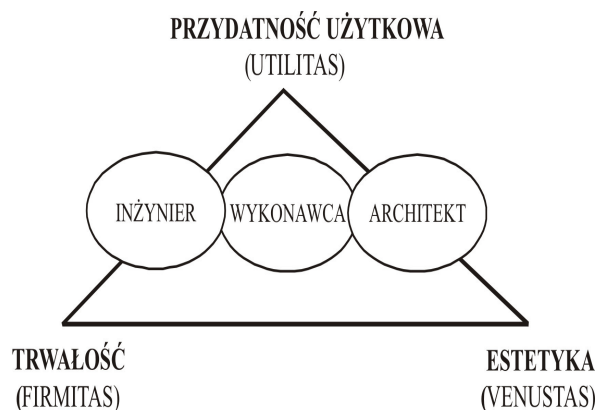
- bezpieczeństwa konstrukcji,
- bezpieczeństwa pożarowego,
- bezpieczeństwa użytkowania,
- odpowiednich warunków higienicznych i zdrowotnych oraz ochrony środowiska,
- ochrony przed hałasem i drganiami,
- oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród.

Nawiązanie do przepisów *Prawa Budowlanego* [20] znaleźć można także w *Warunkach Technicznych* [21], w których w działach V-X znajdują się szczegółowe zasady dotyczące spełnienia wyżej wymienionych wymagań. Obiekt budowlany należy użytkować w sposób zgodny z jego przeznaczeniem i wymaganiami ochrony środowiska oraz utrzymywać w należyłym stanie technicznym i estetycznym, nie dopuszczając do nadmiernego pogorszenia jego właściwości użytkowych i sprawności technicznej [20].

Wymienione wcześniej wymagania ogólne w zakresie trwałości mają obecnie znaczenie kluczowe, proekologiczne. Wydawać by się mogło, że są to doświadczenia z ostatnich lat, które znalazły się w odpowiednich aktach prawnych [20], [21]. Tak jednak nie jest. Do takich wniosków doszedł już Witruwiusz w I w. p.n.e. Jego poglądy w tym zakresie dobrze ilustruje schemat na rys. 3. Przedstawia on istotę projektowania w aspekcie wspólnie rozumianych funkcji inżyniera, architekta oraz wykonawcy, dających gwarancję uzyskania pożądanych efektów, określonych przez Witruwiusza jako: *firmitas*, *venustas*, *utilitas*. Przyjmując jako punkt wyjścia wymagania należytej trwałości wydaje się, że istota projektowania, przedstawiona na schemacie (rys. 3) może być wykorzystana w procesie kształtowania struktury analizowanych obiektów budowlanych [16]. Oczywiście nie można pominąć w realizacji tego procesu odpowiednich przepisów techniczno-budowlanych [20], [21] oraz, powszechnie rozumianych zasad wiedzy technicznej. Opisane wcześniej zagadnienia, dotyczące zapewnienia trwałości obiektom budowlanym, zostały wyraźnie zaakcentowane między innymi, w zakresie konstrukcji z betonu. Norma [22], wprowadza nowe podejście do projektowania składu i produkcji betonu oraz oceny jego parametrów technicznych. Nadzrędnym celem spełnienia wymagań zawartych w normie jest trwałość betonu pracującego w określonych warunkach środowiskowych (tzw. Klasach ekspozycji) [22], [23].

4. PODSTAWY BADAŃ DIAGNOSTYCZNYCH

Zużycie obiektu budowlanego wiąże się z utratą wartości ekonomicznej w czasie. Zużycie to może być techniczne, innymi słowy fizyczne, odnoszące się do stanu technicznego obiektu, jak również funkcjonalne, wiążące się z rozwiązaniami użytkowymi aktualnie preferowanymi, czy też środowiskowe, na które wpływa otoczenie nieruchomości. Na stopień zużycia technicznego wpływa zespół czynników. W większej liczbie przypadków wynika on z wieku konstrukcji. Jednakże wysoki stopień zużycia technicznego może warunkować również mała trwałość zastosowanych materiałów, niska jakość wykonawstwa budowlanego, nieodpowiedni sposób użytkowania, złe warunki eksploatacji, czy też wady projektowe



Rys. 3. Istota projektowania obiektów budowlanych według Witruwiusza (rysunek opracowany na podstawie [9])

Fig. 3. Essence of structure design according to Vitruvius (drawing worked out on basis of [9])

konstrukcji, jak i nieodpowiednio prowadzona gospodarka remontowa. Agresywne czynniki środowiska, które przyczyniają się do degradacji konstrukcji powodują wzrost stopnia zużycia technicznego.

Ogólne zasady postępowania dotyczące oceny stanu istniejących konstrukcji przedstawiono w normie [24]. Schemat oceny stanu istniejących konstrukcji, opracowany na podstawie tejże właśnie normy przedstawiono na rys. 4 [24]. Szczegółowa analiza procedur zawartych na tym schemacie upoważnia do wniosku, że przedstawione przeze mnie, w materiałach WPPK Ustroń 1999 [15], ogólne zasady diagnozowania obiektów budowlanych, nie są z nim sprzeczne. Zasady te [15], mogą zatem być przydatne, jako materiał pomocniczy dla eksperta-diagnosty. W ostatnim czasie wiele uwagi poświęca się zagadnieniom trwałości obiektów budowlanych. Rozważania na temat zasad projektowania na okres użytkowania (service life design) zaprezentował ostatnio autor pracy [2]. Projektowany okres użytkowania jest przyjętym przedziałem czasu, w którym konstrukcja albo jej część ma być użytkowana w zamierzony sposób, z przewidywanym zakresem konserwacji, ale bez koniecznych napraw.

Projektowany okres użytkowania jest określony przez [2]:

- zdefiniowanie odpowiedniego stanu granicznego,
- liczbę lat użytkowania,
- poziom niezawodności odniesiony do nieprzekroczenia przyjętego stanu granicznego w ustalonym przedziale czasu.

Przedstawione w pracy [2] problemy projektowania na okres użytkowania dotyczą zarówno obiektów nowo-projektowanych, jak i oceny obiektów istniejących – ze szczególnym uwzględnieniem pozostałego czasu ich użytkowania. Jest to wielkie wyzwanie, jak zauważa autor pracy [2], dla polskich projektantów.

Wymagane będą analizy dotyczące prawdopodobieństwa zniszczenia konstrukcji w aspekcie projektowanego okresu ich użytkowania. Konieczne zatem będzie rozwijanie koncepcji analiz niezawodności i bezpieczeństwa konstrukcji. Zagadnienia te przedstawione były na przykład w pracy [11] – czyli już prawie 40 lat temu.

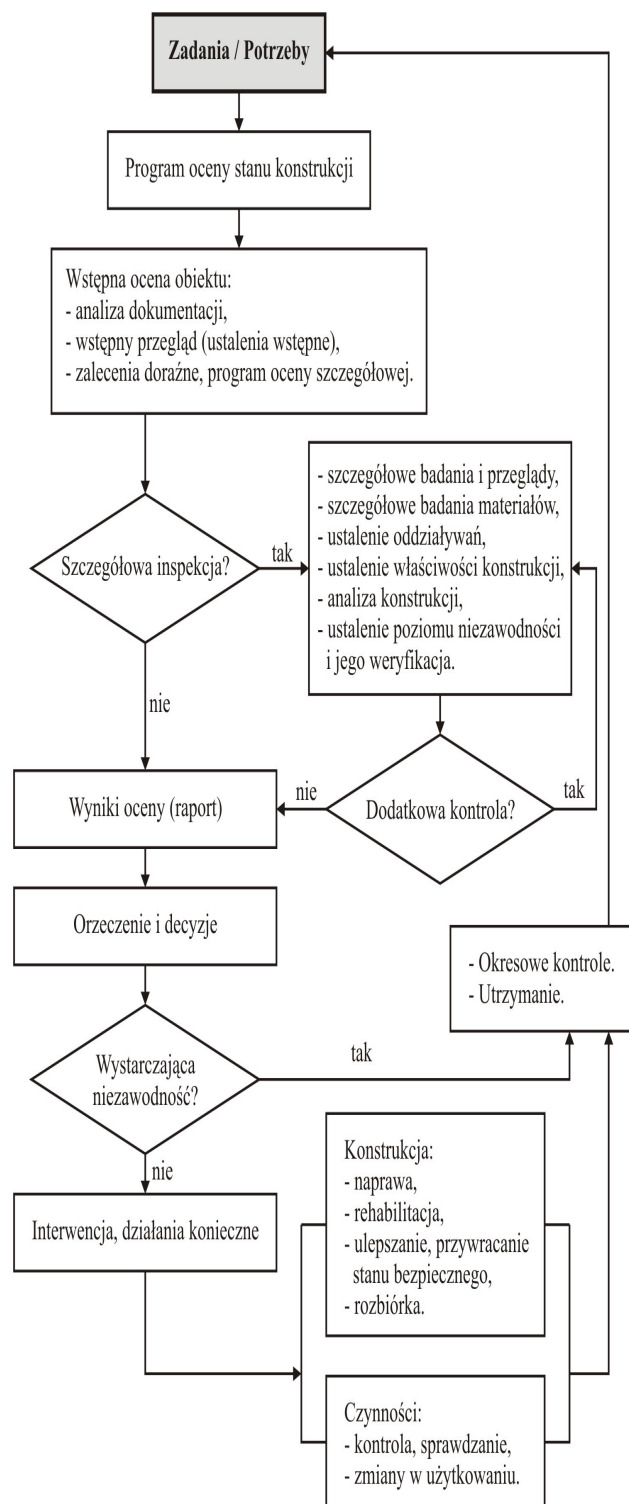
5. ISTOTA NAPRAWY I WZMOCNIENIA OBIEKTU BUDOWLANEGO

Naprawa budowli ma na celu całkowite lub częściowe przywrócenie jej stanu użytkowania, zakłóconego na skutek niewłaściwego wykonania lub uszkodzenia podczas eksploatacji. Zgodnie z normą EN 1504-3 wyróżnia się [7]:

- naprawy niekonstrukcyjne, nieingerujące w pracę statyczną budowli,
- naprawy konstrukcyjne, obejmujące elementy nośne obiektu, związane z ingerencją w jego pracę statyczną.

W pracy [6] wyróżnia się następujące prace związane z rehabilitacją (przywracaniem do stanu właściwego) obiektu: naprawę, wzmocnienie, stabilizację.

Naprawa według autora pracy [3] to przywracanie pierwotnej nośności konstrukcji. Wzmocnienie zaś to zwiększenie nośności obiektu poza stan projektowany. Przez stabilizację rozumie się natomiast zespół czynności mających na celu powstrzymanie rozwoju niepożądanego stanu [6]. Wzmacnianie może być bierne lub czynne. Ze wzmacnianiem biernym mamy do czynienia wtedy kiedy użyty materiał wypełnia przewidywaną przestrzeń jednakże nie włącza się samoczynnie do współpracy. Zwiększa się także przez to nośność lub sztywność wzmacnianego elementu. Wzmocniona konstrukcja „czeka” na pojawienie się sił od dodawanych obciążeń [3]. Wzmacnianie metodą czynną polega na zmianie schematu statycznego lub wprowadzeniu do ustroju sił sprężających. Wzmocnienie czynne „uczestniczy” w przekazywaniu obciążeń „od początku” [3]. Przykłady wzmacniania różnorodnych konstrukcji przedstawiono, między innymi, w monografii [10]. W naprawach powinna obowiązywać bezwzględnie zasada kompatybilności wprowadzona na Międzynarodowym Kolokwium - Material Engineering and Restoration. Zasada ta szczegółowo została opisana w pracy [6]. Należy naprawiać „podobne – podobnym” zarówno w sensie materiałowym jak i cech technicznych. Materiały „nowy” i „stary” powinny spełniać warunki kompatybilności w zakresie [6]: sprężystości, pełzania, rozszerzalności cieplnej oraz skurczu w czasie procesu twardnienia. Na rysunkach poniżej przedstawiono przykładowe naprawy i zabezpieczenia doraźne „starej” Katedry Sanktuarium Matki Bożej z Guadalupe w Meksyku.



Rys. 4. Schemat oceny stanu istniejących konstrukcji na podstawie normy ISO/CD 13822 [24]
Fig. 4. Scheme of existing structures assessments according to standard ISO/CD 13822 [24]



Rys. 5. Ślady napraw uszkodzeń murów elewacji „starej” Katedry [25]
 Fig. 5. Trace of repair of facade masonry of „old” Cathedral [25]



Rys.7. Doraźne zabezpieczenie sklepień łukowych [25]
 Fig.7. Temporary protection of arch vault [25]



Rys. 6. Doraźne zabezpieczenie sklepień łukowych [25]
 Fig. 6. Temporary protection of arch vault [25]



Rys.8. Doraźne zabezpieczenie filarów za pomocą ściągnięć stalowych [25]
 Fig.8. Steel ties temporary protection of pillars[25]

6. PODSUMOWANIE

Zapewnienie trwałości materiałów i obiektów budowlanych powinno stanowić zasadniczy cel, nie tylko w zakresie projektowania, ale także w zakresie ich utrzymania. Jest to obecnie wymóg w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Właściwe utrzymanie obiektu budowlanego jest nie tylko obowiązkiem zarządcy, może być także procesem, który w przyszłości może przyczynić się do uzyskania konkretnych efektów, nawet finansowych. Może bowiem przyczynić się do uniknięcia kosztownych napraw i wzmocnień obiektów budowlanych.

ESSENCE OF DURABILITY AND MAINTENANCE OF BUILDING STRUCTURES

Summary: Building materials should have such properties that buildings, in which they are used, would have needed utility properties. The ability of building materials to fulfil required functions for a certain duration of time under action of definite factors, is called as durability. Requirements for necessary durability of structure are fulfilled when all tasks performance, strength and stability are satisfied, during the whole life-time without substantial reduction of its utility and excessive unforeseen costs of maintenance. In the article principles of diagnostic of buildings in environment submitted to different destructive influences are presented. The outline of problems connected with maintaining structures, taking into consideration the principles of sustainable development was discussed as well. The influence of building process on the environment begins on the moment of starting building works, and it ceases on the moment of demolition of the structure and utilization of what is left of it. General requirements of structural-material solutions of structure, basis of diagnostic and repair and rehabilitation methods of building structures, were presented as well.

Literatura

- [1] Ajdukiewicz A., Mames J.: *Konstrukcje z betonu sprężonego*. Polski Cement, Kraków 2004
- [2] Ajdukiewicz A.: *Projektowanie konstrukcji betonowych z uwzględnieniem okresu użytkowania*. XX Konferencja Naukowo-Techniczna „Beton i Prefabrykacja - Jadwisin 2006”, Serock; s. 11-22
- [3] Ajdukiewicz A.: *Nowoczesne metody wzmocnienia konstrukcji żelbetowych i sprężonych*. XX Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane. Szczecin-Międzydroje, 20012, s. 185-204
- [4] Bryx M.: *Wdrażanie zasad zrównoważonego rozwoju w polskim budownictwie*. Materiały XLIX Konferencji KIL i W PAN. Krynica, wrzesień 2003
- [5] Czarnecki L. i inni: *Chemia w budownictwie*. Arkady, Warszawa 1994
- [6] Czarnecki L., Emmons P. H.: *Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych*. Wyd. Polski Cement, Kraków, 2002
- [7] Czarnecki L., Łukowski P.: *Naprawa konstrukcji betonowych według norm europejskich*. 20. Konferencja Naukowo-Techniczna JADWISIN 2006. Serock k. Warszawy, 17-19 maja 2006
- [8] Fagerlund G.: *Trwałość konstrukcji betonowych*. Arkady, Warszawa 1997
- [9] Keller T.: *Towers for Cable – Stayed Bridges: An Introduction* SEI V.8, No4, November 1998 p. 248
- [10] Masłowski E., Spiżewska D.: *Wzmocnianie konstrukcji budowlanych*. Arkady, Warszawa 2002
- [11] Murzewski J.: *Bezpieczeństwo konstrukcji budowlanych*. Arkady, Warszawa 1970
- [12] Stawicka-Wałkowska M.: *Procesy wdrażania zrównoważonego rozwoju w budownictwie*. Wyd. ITB. Warszawa, 2001
- [13] Ściślewski Z.: *Trwałość konstrukcji żelbetowych*. Wyd. ITB, Warszawa, 1995
- [14] Ściślewski Z.: *Ochrona konstrukcji żelbetowych*. Arkady, Warszawa 1999
- [15] Ślusarek J.: *Ocena stanu materiałów konstrukcji i izolacji tarasów i balkonów*. Materiały XIV Konferencji WPPK Ustroń 1999, tom I cz.2 s. 337 -366
- [16] Ślusarek J.: *Rozwiązania strukturalno-materiałowe balkonów, tarasów i dachów zielonych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006
- [17] Ślusarek J.: *The durability model of selected building structures*. Archives of Civil Engineering, LII.3.2006
- [18] Święcki Z.: *Trwałość materiałów – refleksje materiałoznawcy*. Księga referatów XI konferencji „KONTRA`98”. Trwałość budowli i ochrona przed korozją. Warszawa – Zakopane 1998
- Normy i dokumenty związane oraz materiały wykorzystane**
- [19] Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich z 21.12.1988r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych (89/106/EEC)
- [20] Ustawa z dn. 7.07.1994 Prawo Budowlane. Dz. U. nr 207/2003 z późniejszymi zmianami
- [21] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz. U. z dnia 15 czerwca 2002 r. z późniejszymi zmianami
- [22] PN-EN 206-1:2003 „Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”
- [23] PN-B-06265:2004 „Krajowe uzupełnienia PN-EN-1:2003”
- [24] ISO/CD 13822 Bases for design of structures - Assessment of existing structures
- [25] Dokumentacja fotograficzna autora