Uwarunkowania użytkowania podłóg przemysłowych
Błędy projektowe

dr hab. inż. **Maciej Niedostatkiewicz**[1], prof. PG
Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

mgr inż. **Tomasz Majewski**[2]
Pracownia Projektowo-Inżynierska Tomasz Majewski

Nieuwzględnienie w projekcie podłogi sposobu użytkowania danego obiektu powoduje liczne trudności eksploatacyjne.

STRESZCZENIE
Celem artykułu jest wskazanie błędów popełnianych najczęściej przy projektowaniu podłóg przemysłowych. Opisane błędy mają wpływ na powstanie usterek i uszkodzeń zarówno przed, jak i w okresie ich eksploatacji. Przedstawiono przypadek uszkodzonej podłogi i sposób jej naprawy. Artykuł ma charakter studium przypadku i został ograniczony do wybranej z praktyki inżynierskiej sytuacji.

ABSTRACT
The aim of this article is to indicate the most common mistakes when designing industrial floors. Described flaws cause defects and damage that can occur both before and during their maintenance. Based on the case of damaged floor, the repair method has been presented. The article is a case study and has been limited to selected case based on engineering practice.

Powszechną praktyką jest, że w umowach o wykonanie robót budowlanych wymiennie stosowane są określenia podłogi i posadzki. Z technicznego punktu widzenia posadzka jest integralną częścią podłogi, jej wierzchnią warstwą eksploatacyjną narażoną na kontakt ze środowiskiem. Zamienne stosowanie obu określeń skutkuje często sporami.

Najbardziej ogólną definicję podłogi zawiera [13] – definiuje ją jako warstwowy element wykończeniowy poziomej przegrody budynku, nadający jej odpowiednie, wymagane przez użytkownika cechy eksploatacyjne i walory estetyczne. Natomiast posadzka jest to wierzchnia warstwa podłogi stanowiąca jej zewnętrzne wykończenie.

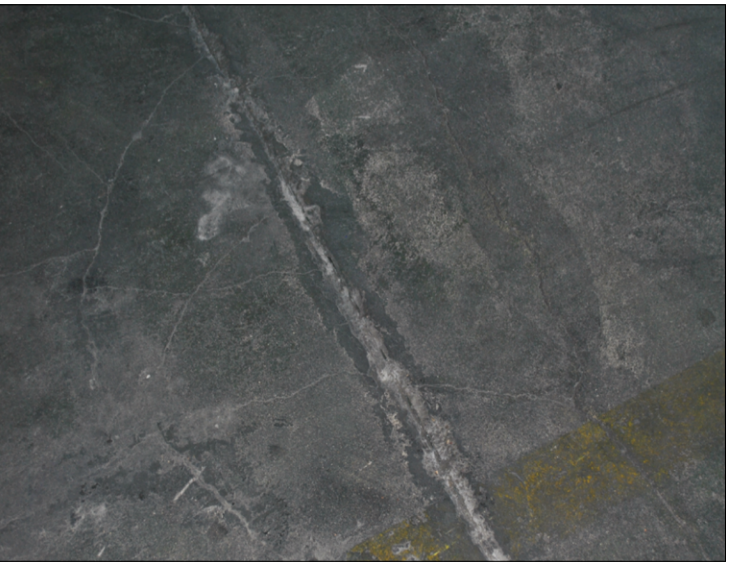
Podłogi przemysłowe są wykonywane i eksploatowane w obiektach charakteryzujących się dużą intensywnością użytkowania powierzchni płaskich, a ich cechy/właściwości dopasowane są do sposobu eksploatacji obiektu [1], [6], [12]. Usterki i uszkodzenia tych podłóg mogą być następstwem błędów i niedociągnięć popełnionych na etapie uzgodnień zapisów umownych, na etapie projektowania, wykonawstwa, mogą też być konsekwencją niewłaściwego sposobu użytkowania już zrealizowanych podłóg [7], [9], [10].

Wymagania stawiane podłogom przemysłowym

Ze względu na mnogość rodzaju **podłóg przemysłowych** pod względem ich konstrukcji, przeznaczenia oraz sposobu eksploatacji w artykule ograniczono się do najczęściej spotykanych w przemyśle podłóg wielowarstwowych wykonanych bezpośrednio na gruncie. Z reguły są to betonowe lub żelbetowe płyty wykończone na górnej powierzchni różnego rodzaju posadzkami: np. typu DST (Dry Shake Topping), tzn. metaliczną, suchą posypką nawierzchniową, z tworzywa sztucznego (żywicy epoksydowej, polimerowej lub innej), okładziną ceramiczną lub podłogą drewnianą (sale sportowe, kina, teatry) [5], [6].

Do głównych i najczęściej stawianych przez użytkowników wymagań [2], [12], [15], które powinny spełniać **podłogi przemysłowe,** należą: **odpowiednia nośność** – rozumiana jako zdolność do bezpiecznego trwałego przenoszenia obciążeń eksploatacyjnych i wyjątkowych; **równość powierzchni** – wymagane wypoziomowanie, wyprofilowanie spadków, niewielkie dopuszczalne lokalne odchyłki mierzone na łacie o długości 2 m; **odkształcalność** – zdolność do bezpiecznej i trwałej kompensacji odkształceń wywołanych: skurczem i/lub pełzaniem betonu oraz działaniem jednorodnego i/lub niejednorodnego pola temperatury, zmianami wilgotności; **odporność na ścieranie; odporność na pylenie; szorstkość powierzchni** – odporność na poślizg; **odporność chemiczna; mrozoodporność; nasiąkliwość, izolacyjność:** termiczna, przeciwwodna, gazowa, elektryczna (elektrostatyczna); **odporność na starzenie,** w tym niezmienność barwy; **trwałość barwy i estetyki; łatwość konserwacji i mycia.** Szczegółowy opis przedstawionych wymagań podany został w wielu pozycjach literatury, m.in. w [1–2], [5–6], [12], [15].

[1] mniedost@pg.edu.pl
[2] ppi.tomimaj@gmail.com



Fot. 1. Uszkodzona dylatacja – przeciążona płyta podłogi

Fot. 2. Uszkodzona podłoga – przeciążona płyta podłogi

Usterki i uszkodzenia jako następstwo błędów projektowych oraz propozycja ich naprawy

Do najczęstszych błędów projektowych popełnionych zarówno podczas wstępnych, jak również zasadniczych prac nad rozwiązaniami podłóg przemysłowych z posadzkami wykonanymi z suchej posypki nawierzchniowej typu DST (Dry Shake Topping) należą:

- Brak uwzględnienia rzeczywistych warunków gruntowych występujących na miejscu budowy, co skutkuje np. nierównomiernym osiadaniem sąsiednich płyt podłogi, rozdzielonych dylatacjami, tzw. klawiszowaniem podłogi, uszkodzeniem dylatacji, wykruszeniem betonu na ich krawędziach oraz powstawaniem pustek powietrznych (kawern) pod podłogą. O ile wzmocnienie podłoża pod podłogą jest stosunkowo proste na etapie realizacji przed jej wykonaniem, o tyle po jej wykonaniu, tj. zabetonowaniu płyty nośnej (podkładu betonowego/żelbetowego), jest już trudne i zdecydowanie bardziej kosztowne [3], [4]. Przykładowym sposobem usunięcia tego typu wady jest np. wykonanie wzmocnienia podłogi w postaci mikropali, uszlachetnienie gruntu metodą jet grouting lub zwiększenie grubości warstwy konstrukcyjnej podłogi (podkładu pod posadzkę). Jako rozwiązanie ostateczne można proponować dogęszczenie, stabilizację lub wymianę podbudowy pod podłogą po wcześniejszym usunięciu wszystkich warstw podłogowych.
- Przyjęcie niewłaściwych wartości obciążenia, nieodpowiadających przewidywanym obciążeniom eksploatacyjnym podłogi (np. wózka o za małym udźwigu do rzeczywiście eksploatowanego), wózka na kołach pneumatycznych (a nie pełnych lub metalowych), niewłaściwych schematów obciążenia [16], [21].
- Pominięcie oddziaływania obciążeń pozastatycznych, takich jak skurcz i pełzanie betonu, zmian temperatury i wilgotności środowiska, w których podłoga jest użytkowana [20] i [21].

Fot. 3. Posadzka w narożnikach płyt – nieprawidłowa lokalizacja dylatacji

Fot. 4. Uszkodzona powierzchnia podłogi – nierówna i wytarta powierzchnia posadzki/zasypki

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

- Błędy rachunkowe, stosowanie nieaktualnych, wycofanych z użytkowania norm projektowania oraz nieaktualnych przepisów szczegółowych.
- Pominięcie oddziaływania czynników środowiskowych i agresywności środków chemicznych [1–2], [4], [11–14], [18–21].
- Nieprawidłowe przyjęcie projektowanego układu warstw podłogi niedopasowanego do warunków środowiskowych, i przewidywanego sposobu jej użytkowania [14].
- Nieprawidłowe lub brak specyfikacji technicznych dotyczących materiałów stosowanych do budowy podłóg [22].
- Nieprawidłowe lub brak specyfikacji technicznych dotyczących wymagań technologicznych, jakie należy stosować w trakcie realizacji podłogi [22, 23].
- Nieprawidłowa lokalizacja lub brak szczegółowego opisu i lokalizacji, rozmieszczenia szczelin dylatacyjnych, w szczególności ich sposobu wykonania w miejscach koncentracji naprężeń.
- Brak lub niedostateczne sprecyzowanie wymagań estetycznych rozumianych jako końcowy wygląd posadzki.
- Brak lub niedostateczne sprecyzowanie wymagań eksploatacyjnych, m.in. brak instrukcji mycia i konserwacji posadzki.

Jako przykład błędów i niedociągnięć projektowych można wskazać przypadek usterek i uszkodzeń podłogi wykonanej w hali magazynowo-produkcyjnej zrealizowanej na podstawie indywidualnie opracowanej dokumentacji projektowej. Podłoga znajdowała się w parterowej hali o wymiarach w rzucie 18,0×50 m o konstrukcji stalowej, jednonawowej z wypełnieniem przestrzeni między słupami murem z bloczków z betonu komórkowego. Hala użytkowana była jako magazyn, w którym składowane były elementy do produkcji okien i gotowe okna. W hali odbywał się ruch pojazdów na kołach pneumatycznych: samochodów o masie do 15 t i ciężkich wózków widłowych o masie ponad 6 t.
Archiwalna dokumentacja projektowa była bardzo ogólna i nie zawierała opisu rozwiązań materiałowych zastosowanych w analizowanej podłodze, dotyczących szczególnie:

- dopuszczalnych obciążeń, na jakie była projektowana (brak obliczeń i założeń do tych obliczeń),
- rodzaju wbudowanych materiałów,
- rodzaju i stanu podbudowy (uziarnienia i stopnia zagęszczenia),
- klasy wytrzymałości betonu podkładowego,
- ilości i rodzaju izolacji międzywarstwowych (warstw folii i sposobu łączenia sąsiednich arkuszy),
- średnicy i rozstawu prętów zbrojenia,
- sposobu wykonania dylatacji (dyblowane, niedyblowane),
- rozstawu szczelin dylatacyjnych (brak regularności w rozstawie i przebiegu),
- stanu wykończenia wierzchniej warstwy.

W dokumentacji zamieszczono jeden rysunek z układem warstw podłogi przemysłowej, projektowanej bezpośrednio na gruncie (tab. 1). Występujące uszkodzenia, ich rodzaj, zakres i intensywność świadczyły o tym, że podłoga została wielokrotnie przeciążona, tzn. była bardzo intensywnie eksploatowana (ruch ciężkich wózków i pojazdów samochodowych). Na powierzchni betonu występowały liczne rysy i pęknięcia oraz ubytki betonu w miejscach dylatacji i w narożnikach płyt. Rysy (pęknięcia) przebiegały na całej grubości podłogi przez wszystkie jej warstwy. Szerokość rys była zróżnicowana w zależności od miejsca ich lokalizacji i wynosiła od 0,3 do 1 mm w środku szerokości pola między dylatacjami i 0,5–3 mm w narożnikach oraz przy dylatacjach (w miejscach silnie obciążonych kołami pojazdów). Na powierzchni posadzki widoczne były liczne przełamania betonu z wzajemnym przesunięciem krawędzi.

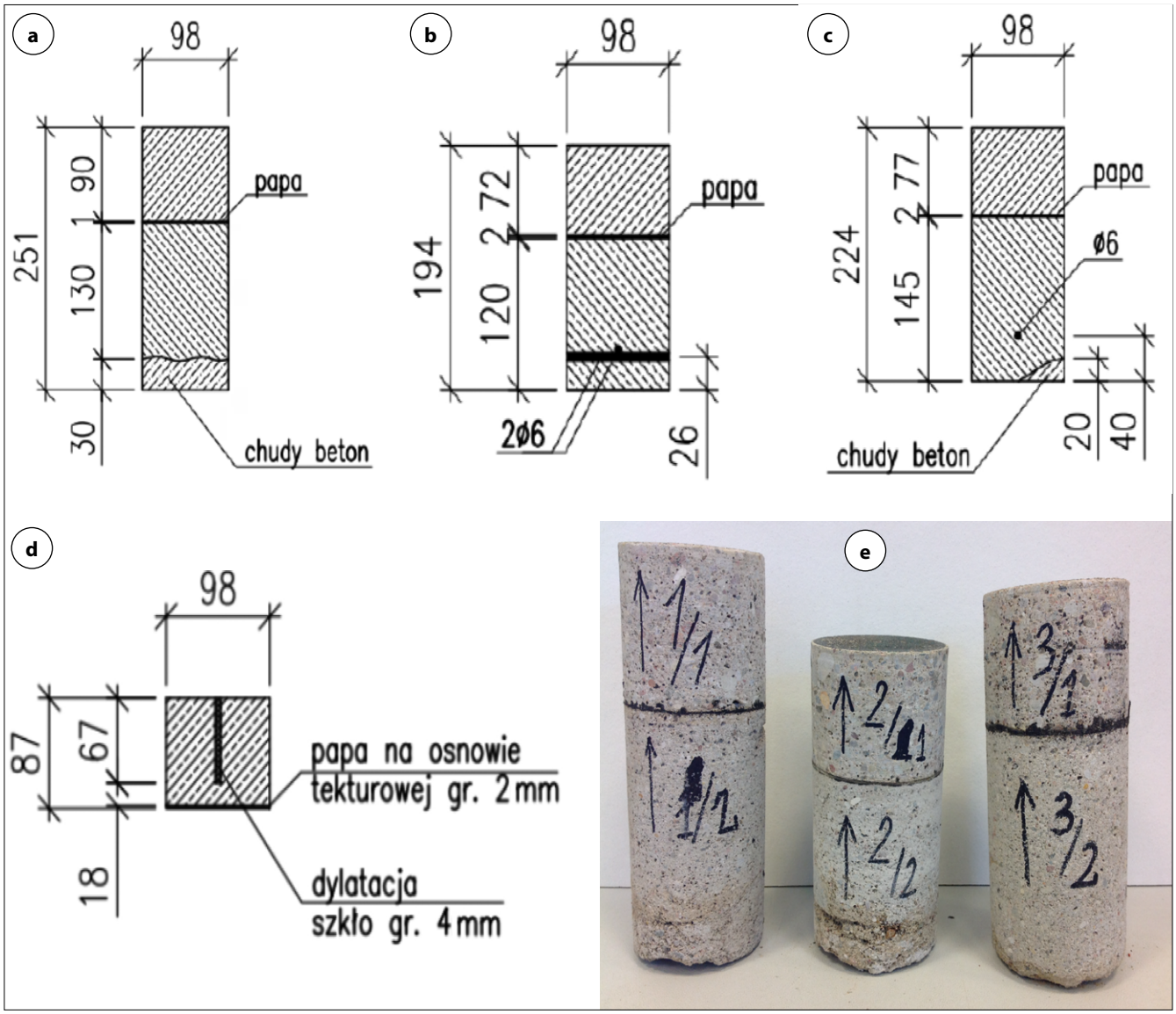
W celu określenia rzeczywistego układu warstw podłogi i oznaczenia parametrów wytrzymałościowych wbudowanych materiałów wykonano odwierty rdzeniowe i pobrano próbki materiałów do badań laboratoryjnych. Pomierzona w wykonanych odkrywkach grubość betonu warstwy przypowierzchniowej wynosiła 72–90 mm. Warstwa ta ułożona została na betonowej podbudowie zbrojonej prętami ze stali gładkiej, średnicy 6 mm, zlokalizowanymi tylko przy dolnej powierzchni płyty, grubość ich otulenia wynosiła ok. 20 mm. Między warstwami betonu zastosowano izolację z papy na osnowie tekturowej. Grubość betonowej podbudowy w wykonanych odkrywkach wynosiła 120–130 mm. Pod warstwą podbudowy nie stwierdzono izolacji przeciwwilgociowej. W dwóch z trzech wykonanych odkrywkach stwierdzono cienką warstwę chudego betonu, natomiast w jednej odkrywce beton podbudowy ułożony został bezpośrednio na gruncie. Pod podłogą stwierdzono piasek drobny (Pd) w stanie średnio zagęszczonym o grubości minimum 30 cm (rys.).
Na podstawie oględzin podłogi in situ oraz wyników badań dokonano oceny stanu poszczególnych warstw podłogi. W wykonanych odkrywkach stwierdzono, że konstrukcja podłogi jako całości nie jest zgodna z projektem, co w połączeniu z niskimi parametrami wytrzymałościowymi wbudowanych materiałów, nieprawidłową konstrukcją dylatacji i ich lokalizacją istotnie obniżało nośność i trwałość podłogi. Wyniki badań wytrzymałości betonu na ściskanie, wykonane na pobranych z konstrukcji próbkach, wykazały, że obie warstwy podłogi (warstwa przypowierzchniowa oraz podbudowa) wykonane zostały z betonu klasy C12/15 (B17,5).

Otrzymane wyniki badań pobranych próbek materiałów wykorzystane zostały do wykonania obliczeń sprawdzających wytężenie posadzki dla dwóch przypadków obciążenia: I – podłoga obciążona kołem wózka widłowego, II – podłoga obciążona kołem samochodu ciężarowego o masie całkowitej do 15 t.
Obliczenia wykonano dla charakterystycznych miejsc położenia obciążenia na powierzchni płyty: a) w środku płyty, b) przy krawędzi oraz c) w narożniku.

Tab. 1. Układ warstw podłogi (od góry)

Stan projektowany	Stan istniejący
— żywica o grubości 0,5 cm — beton B10 o grubości 8,0 cm — keramzyt 700 o grubości 10 cm — folia polietylenowa PE — zagęszczony piasek o grubości 30 cm	— płyta betonowa o grubości 7,2 cm — papa na osnowie tekturowej o grubości 2 mm — podkład betonowy o grubości 12 cm — chudy beton o grubości 3,0 cm

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rys. Pobrane z podłogi przemysłowej odwierty rdzeniowe – schemat układu warstw rdzenia: a) nr 1, b) nr 2, c) nr 3, d) nr 4 (w miejscu dylatacji), e) zdjęcie rdzeni nr 1, nr 2 i nr 3

Do obliczeń wykorzystano powszechnie stosowaną metodę Westergarda-Eisenmana [5], [6], [8] przy założeniu jednorodnego podłoża gruntowego. Parametry do obliczeń przyjęto na podstawie rzeczywistej klasy betonu otrzymanej z badań laboratoryjnych i na odstawie informacji dotyczących gruntu zyskanych z wykonanych dodatkowych adań geotechnicznych (rodzaj gruntu, ąt tarcia wewnętrznego oraz moduły dkształcenia pierwotnego i wtórnego runtu). Wyniki obliczeń (tab. 2) wykaza-, że niemal we wszystkich przypadkach bciążenia kołem wózka widłowego stawionego przy krawędzi płyty, naprę-enia w betonie płyty nośnej warstwy onstrukcyjnej były większe od średniej wytrzymałości betonu na rozciąganie f_{ctm} = 1,6 MPa. Fakt przekroczenia naprężeń dopuszczalnych (f_{ctm}) potwierdzały stwierdzone na obiekcie uszkodzenia płyt. Uszkodzenia betonu były szczególnie intensywne w narożnikach płyt, gdzie obliczone wartości były ponad 12-krotnie większe od wytrzymałości betonu na rozciąganie.

Ze względu na zakres występujących uszkodzeń, niedostateczną nośność podłogi związaną z niskimi parametrami wytrzymałościowymi betonu i wysokimi kosztami związanymi z ewentualną naprawą i wzmocnieniem podłogi (niska opłacalność remontu) zarekomendowano wymianę podłogi na nową. W tym celu opracowano szczegółową dokumentację projektową zawierającą dokładny opis stosowanych materiałów i rozwiązań wraz z podaniem:

- parametrów wytrzymałościowych podłoża (stopień zagęszczenia oraz

Tab. 2. Wyniki obliczeń sprawdzających metodą Westergarda-Eisenmana

Przypadek obciążenia	Naprężenia s [MPa] w punkcie		
	środkowym	przy krawędzi	w narożniku
Wózek widłowy (I)	4,41 (a)	0,19 (b)	18,87 (c)
Samochód ciężarowy (II)	2,51 (a)	2,72 (b)	19,51 (c)

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

obliczeniowe wartości modułów pierwotnego i wtórnego) [5], [6];
- parametrów wytrzymałościowych i użytkowych zaproponowanych materiałów [15–21];
- rodzaju, grubości oraz liczby poszczególnych warstw podłogi [1], [5–6], [15];
- szczegółowej lokalizacji, średnicy, rozstawu oraz kształtu prętów zbrojenia;
- szczegółowych sposobów wykonania dylatacji konstrukcyjnych (dyblowanych) i niekonstrukcyjnych (pozornych) [5–6];
- ściśle określonego rozstawu szczelin dylatacyjnych;
- stanu wykończenia wierzchniej warstwy (równa, szorstka i matowa) [15], [17], [22];
- szczegółowej technologii wykonania podłogi z uwzględnieniem warunków środowiskowych i technologicznych narzuconych przez użytkownika hali [12], [22];
- szczegółowej specyfikacji wykonania i odbioru robót podłogowych [12], [22];
- instrukcji użytkowania i konserwacji podłogi.

Wnioski

Usterki i uszkodzenia mają negatywny wpływ na komfort eksploatacji całych obiektów przemysłowych. W okresie eksploatacji obiektu wielokrotnie następują zmiany w sposobie użytkowania obiektu, polegające np. na zwiększeniu wartości i/lub rozkładzie działających obciążeń w wyniku zakupu nowych, cięższych pojazdów, wprowadzeniu nowych maszyn i urządzeń, zmianie warunków cieplno-wilgotnościowych np. w wyniku zamontowania klimatyzacji. Brak uwzględnienia w projekcie podłogi planowanych zmian powoduje liczne trudności eksploatacyjne dla użytkowników podłogi. Podłogi ze względu na różnorodność obciążeń i warunków eksploatacji są elementami trudnymi zarówno w projektowaniu, jak i wykonaniu, wymagają również szczególnych zabiegów pielęgnacyjnych w celu bezawaryjnej, długotrwałej eksploatacji.
Prawidłowo zaprojektowana podłoga powinna spełniać wymagania eksploatacyjne obecne oraz przyszłe, planowane w niedalekiej przyszłości krótszej od założonej trwałości podłogi. Rozwiązania przyjęte przez projektanta powinny spełniać wiele wymagań technicznych oraz być ekonomicznie uzasadnione. Podstawowe informacje konieczne do prawidłowego zaprojektowania podłogi przemysłowej to wartości obciążeń eksploatacyjnych (statycznych i pozastatycznych) oraz środowiskowych (określają klasy ekspozycji środowiska), jak również wymagania dotyczące środków używanych do czyszczenia, dezynfekcji czy konserwacji, sposobu eksploatacji i konserwacji, estetyki.

Uwaga: **Błędy i niedociągnięcia wykonawcze stanowić będą temat kolejnego artykułu.**

Bibliografia

1. B. Chmielewska, *Wymagania dotyczące posadzek przemysłowych w wybranych normach europejskich*, II Seminarium Naukowo-Techniczne „Podłogi przemysłowe”, Warszawa 2011.
2. B. Chmielewska, L. Czarnecki, *Materiały i wymagania dotyczące posadzek,* XXVI Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2011, Szczyrk 2011.
3. G. Fegerlund, *Trwałość konstrukcji betonowych,* Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1997.
4. M. Fiertak, *Ochrona materiałowo-strukturalna betonu,* XXV Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2010, Szczyrk 2010.
5. P. Hajduk, *Projektowanie i ocena techniczna betonowych podłóg przemysłowych,* wyd. II, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2018.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

6. P. Hajduk, *Projektowanie podłóg przemysłowych,* Wydawnictwo PWN, Warszawa 2013.
7. A. Małasiewicz, I. Boukerou, *Typowe uszkodzenia posadzek przemysłowych,* II Konferencja Techniczna „Technologie i materiały budowlane XXI w.", Gdańsk 1999.
8. J. Mierzwa, *Kształtowanie i obliczanie posadzek przemysłowych na gruncie,* XXIII Ogólnopolska Konferencja WPPK, Szczyrk 2008.
9. M. Niedostatkiewicz, T. Majewski, *Wpływ błędów projektowych, wykonawczych oraz sposobu eksploatacji na trwałość podłóg przemysłowych,* XXXV Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2020, Szczyrk 2020.
10. Z. Pająk, Ł. Drobiec, *Uszkodzenia i naprawy betonowych podkładów posadzek przemysłowych,* XXIII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2008, Szczyrk 2008.
11. Praca zbiorowa, *Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych,* Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2007.
12. Praca zbiorowa, *Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych, Część B Roboty wykończeniowe, zeszyt 8, Posadzki betonowe utwardzane powierzchniowo preparatami proszkowymi,* Wydawnictwo ITB, Warszawa 2014.
13. Praca zbiorowa pod red. W. Baranowskiego, *Mały słownik terminów budowlanych,* Warszawskie Centrum Postępu Techniczno-Organizacyjnego Budownictwa, Ośrodek Szkolenia WACETOB Sp. z o.o., Warszawa 1997.
14. J. Ślusarek, *Wybrane rozwiązania strukturalno-materiałowe betonowych nawierzchni przemysłowych,* XIX Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2004, Szczyrk 2004.
15. Technical Report Nr 34, *Concrete industrial ground floors. A guide to design and constructions. Concrete Society,* Third edition 2003.
16. PN-EN 1991-1-1 Eurokod 1 Oddziaływanie na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne, Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
17. PN-EN 13813:2003 Podkłady podłogowe oraz materiały do ich wykonania. Materiały. Właściwości i wymagania.
18. PN-EN 206-1:2003 + A1:2016-12 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
19. PN-B-06250:2004 Krajowe uzupełnienia normy PN EN 206-1:2003.
20. PN-EN 1991-1-5:2005 Eurokod 1 Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-5: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania termiczne.
21. PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
22. PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji z betonu.
23. Zestaw norm PN-EN 1504 Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. ◄

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl