

Krajowe wytyczne oceny nośności użytkowej istniejących mostów drogowych

Prof. dr hab. inż. Tomasz SIWOWSKI
Prof. dr hab. inż. Jan BIENI
Dr hab. inż. Krzysztof ŻÓŁTOWSKI, prof. PG
Dr inż. Dawid Wiśniewski



Cele Ministerstwa Infrastruktury

- Uporządkowanie, ujednoczenie i **zwiększenie wiarygodności działań w zakresie ustalania nośności użytkowej** eksploatowanych obiektów mostowych, a przez to:
 - zwiększenie bezpieczeństwa mostów oraz
 - optymalizacja wydatkowania środków publicznych.
- Narzędzie **wspomagające proces decyzyjny** dla zarządców dróg oraz działających w ich imieniu ekspertów.
- **Ułatwienie wykonanie oceny** nośności przez ekspertów. Wytyczne (rekomendowane) nie będą jednak wyręczać eksperta z podejmowania decyzji i odpowiedzialności.
- Narzędzie **wspomagające projektowanie** remont / przebudowę / odbudowę istniejących drogowych obiektów mostowych.

Przegląd zagranicznych metod oceny nośności

- **CEN/TS 17440**: Assessment and retrofitting of existing structures. CEN, Brussels, 2021.
- Seria norm szwajcarskich **SIA 269:2011**: Existing structures. Swiss Society of Engineers and Architects, 2011.
- **ISO-13822**: Basis for Design of Structures – Assessment of Existing Structures. International Organization for Standardization, Geneva, 2010.
- **CS 454**: Design Manual of Roads and Bridges - Assessment of highway bridges and structures, Highways England, 2020.
- **AASHTO Manual** for Bridge Evaluation, 3-rd edition. American Association of State Highway and Transportation Officials, 2020.
- Canadian Highway Bridge Design Code **CAN/CSA-S6-19**, Section 14: Evaluation, 2019.

Together with Code SIA 269/1, replaces Guideline SIA 462, 1994 edition

Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken
 Bases pour la maintenance des structures porteuses
 Basi per la conservazione delle strutture portanti

Existing structures – Bases for examination and interventions

269

inNorm License by SIA ETH Zurich Institut für Baustatik und Konstruktion Pascolo Roberto | 30.11.2017

Reference number
 SN 505269:2011 en
 Valid from: 2011-01-01

Published by
 Swiss Society of Engineers
 and Architects
 P.O. Box, CH-8027 Zurich

Number of pages: 28

Copyright © 2011 by SIA Zurich

Price category: 24

Together with Code SIA 269, replaces Guideline SIA 462, 1994 edition

Erhaltung von Tragwerken – Einwirkungen
 Maintenance des structures porteuses – Actions
 Conservazione delle strutture portanti – Azioni

Existing structures – Actions

269/1

inNorm License by SIA ETH Zurich Institut für Baustatik und Konstruktion Pascolo Roberto | 30.11.2017

Reference number
 SN 505269/1:2011 en
 Valid from: 2011-01-01

Published by
 Swiss Society of Engineers
 and Architects
 P.O. Box, CH-8027 Zurich

Number of pages: 24

Copyright © 2011 by SIA Zurich

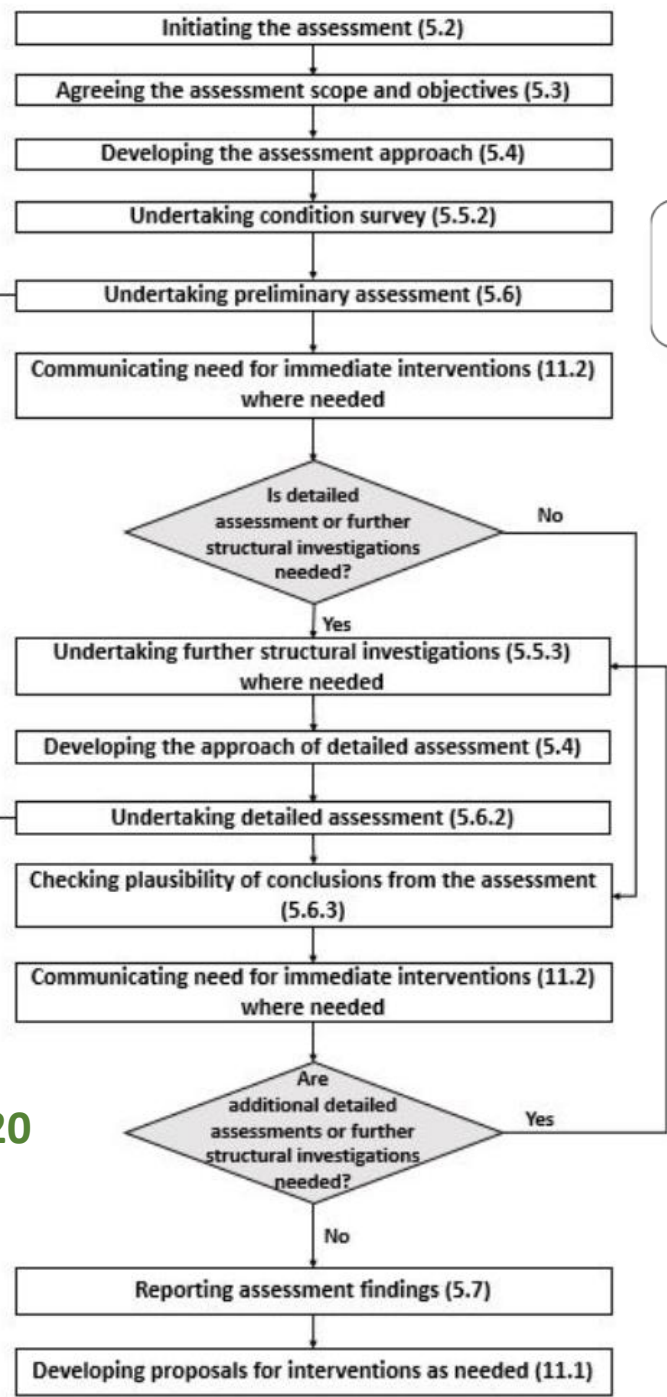
Price category: 24

Najważniejsze **wnioski** z przeglądu

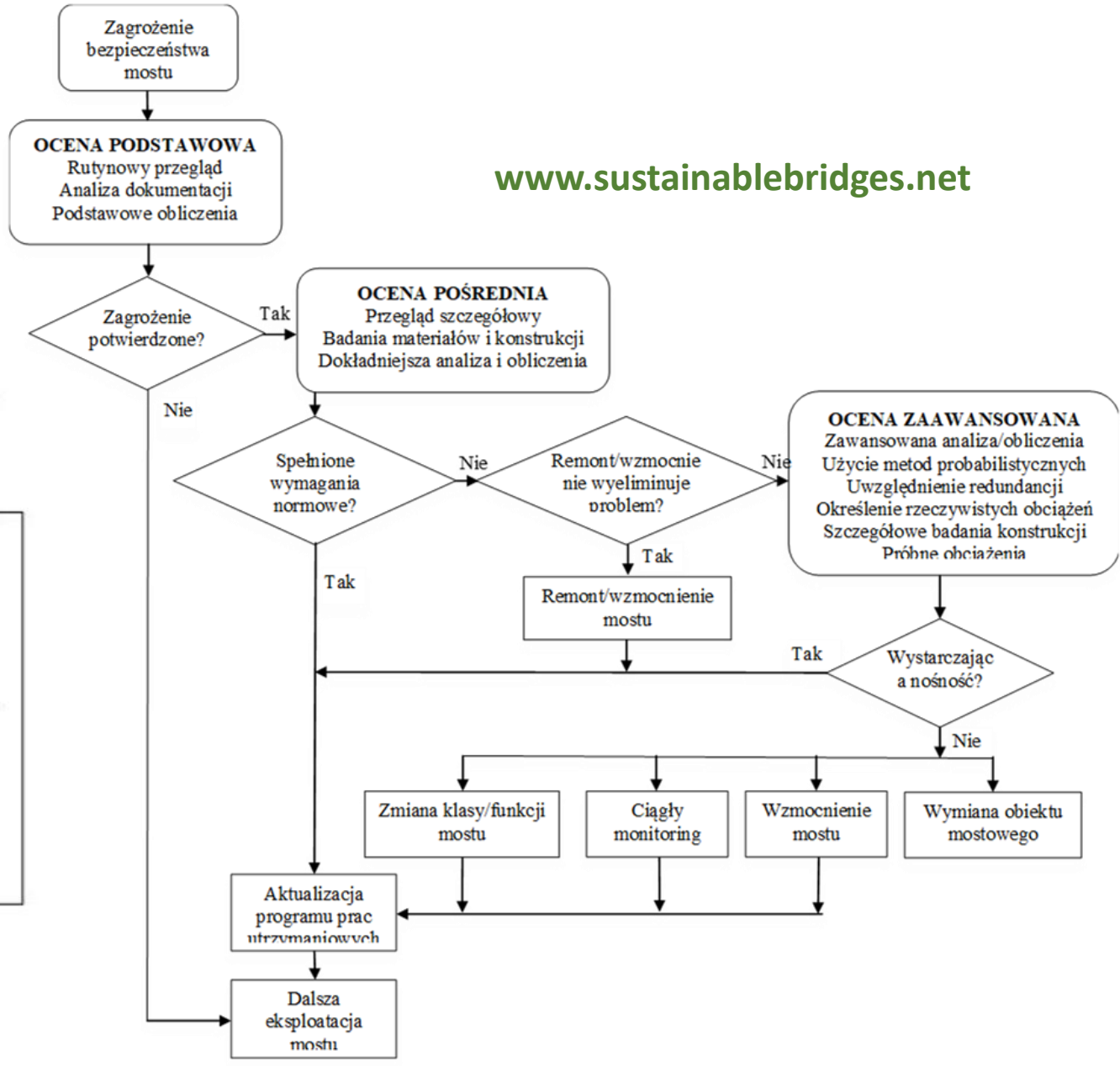
- Proces oceny nośności mostów jest **procesem wieloetapowym (min. 2-3 etapy)** zdefiniowanym zwykle za pomocą schematu blokowego – procedury.
- Procedura zakłada zwykle **redukcję współczynników bezpieczeństwa** w porównaniu do współczynników z norm do projektowania nowych mostów.
- Dopuszczane jest stosowanie **zredukowanych obciążeń użytkowych** (obciążeń pojazdami) w porównaniu do obciążeń projektowych.
- Redukcja współczynników bezpieczeństwa i obciążeń użytkowych jest **zależna od poziomu redundancji konstrukcji**, klasy „ważności” obiektu oraz rzeczywistych obciążeń użytkowych (natężenie i spektrum ruchu).
- Przedstawione są **tabele parametrów materiałowych** dla klas betonu i stali charakterystycznych dla starych norm.

- Key activities:**
- Identifying and reviewing relevant documentation
 - Reviewing findings of the condition survey
 - Identifying and updating basic variables as needed
 - Undertaking preliminary structural analysis and reviewing the findings
 - Undertaking verifications

- Key activities:**
- Considering conclusion of preliminary assessment
 - Undertaking detailed documentary search and review
 - Reviewing findings of condition survey and further structural investigations where needed
 - Updating basic variables
 - Updating structural analysis
 - Undertaking verifications



CEN/TS 17440:2020



Podstawowe założenia do oceny nośności (1)

- Założenia europejskiej (CEN/TS 17440:2020). **specyfikacji technicznej**
- Zalecenia i zasady niezawodności konstrukcji zawarte w drafcie **Eurokodu PN-EN 1990-2**.
- Ogólne zasady przyjmowania obciążeń i oddziaływań stosowanych w ocenie nośności mostu bazują na **Eurokodzie PN-EN 1991**.
- Zasady związane z wyznaczeniem nośności granicznej elementów bazują na postanowieniach **Eurokodów materiałowych** PN-EN 1992, PN-EN 1993, PN-EN 1994 i PN-EN 1995, stosowanych odpowiednio do rodzaju materiału, z którego jest wykonany obiekt mostowy.

TECHNICAL SPECIFICATION
SPÉCIFICATION TECHNIQUE
TECHNISCHE SPEZIFIKATION

FINAL DRAFT
FprCEN/TS 17440

January 2020

ICS 91.010.30

English Version

Assessment and retrofitting of existing structures

Evaluation et rénovation des structures existantes

Bewertung und Ertüchtigung von bestehenden Tragwerken

This draft Technical Specification is submitted to CEN members for Vote. It has been drawn up by the Technical Committee CEN/TC 250.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Republic of North Macedonia, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

Recipients of this draft are invited to submit, with their comments, notification of any relevant patent rights of which they are aware and to provide supporting documentation.

Warning: This document is not a Technical Specification. It is distributed for review and comments. It is subject to change without notice and shall not be referred to as a Technical Specification.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

© 2020 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. FprCEN/TS 17440:2020 E

Podstawowe założenia do oceny nośności (2)

- **Nośność użytkową** eksploatowanego obiektu mostowego uznaje się za wystarczającą, gdy jest utrzymany wymagany wg ww. norm europejskich poziom bezpieczeństwa konstrukcji, sprawdzony obliczeniowo przez ocenę właściwych stanów granicznych nośności za pomocą metody deterministycznej, tzn. metody częściowych współczynników bezpieczeństwa.
- Procedura pozwala na sprawdzenie, czy po eksploatowanym drogowym obiekcie mostowym mogą poruszać się bez ograniczeń masy i nacisku osi wszystkie pojazdy dopuszczone do ruchu po drogach publicznych w Polsce zgodnie z rozporządzeniem MI, bez zagrożenia obniżenia wymaganego poziomu bezpieczeństwa konstrukcji.

Zakres **stosowania** wytycznych

- **Zły stan techniczny** konstrukcji, potwierdzony wnioskami z inspekcji okresowych obiektu.
- Znaczne **uszkodzenia konstrukcji**.
- **Brak informacji** utrzymaniowych z okresu eksploatacji obiektu.
- Wątpliwości i/lub **nieprawidłowości w zachowaniu się konstrukcji**, wykryte podczas monitoringu obiektu.
- Zmiana (**wzrost**) **obciążenia użytkowego**, wynikająca ze zmiany klasy drogi, zwiększenia ciężaru dopuszczonych pojazdów itp.
- Zmiana **parametrów użytkowych** i/lub sposobu użytkowania obiektu.
- Wyznaczania **wojskowej klasyfikacji obciążenia** obiektów mostowych usytuowanych w ciągach dróg publicznych (MLC).



Wyłączenia ze stosowania wytycznych

- Drogowe obiekty mostowe **z elementami ciągnowymi**, tj. mosty podwieszane, wiszące, wstęgowe oraz łukowe zawierające ciężna podwieszające pomost.
- **Kamienne oraz ceglane** drogowe obiekty mostowe.
- **Gruntowo – powłokowe** drogowe obiekty mostowe.
- Drogowe obiekty mostowe o **przęsłach ruchomych**.
- Drogowo – **tramwajowe** i drogowo – **kolejowe** obiekty mostowe.
- Mosty / wiadukty **dla pieszych i rowerów**.
- **Przepusty**.

Definicja

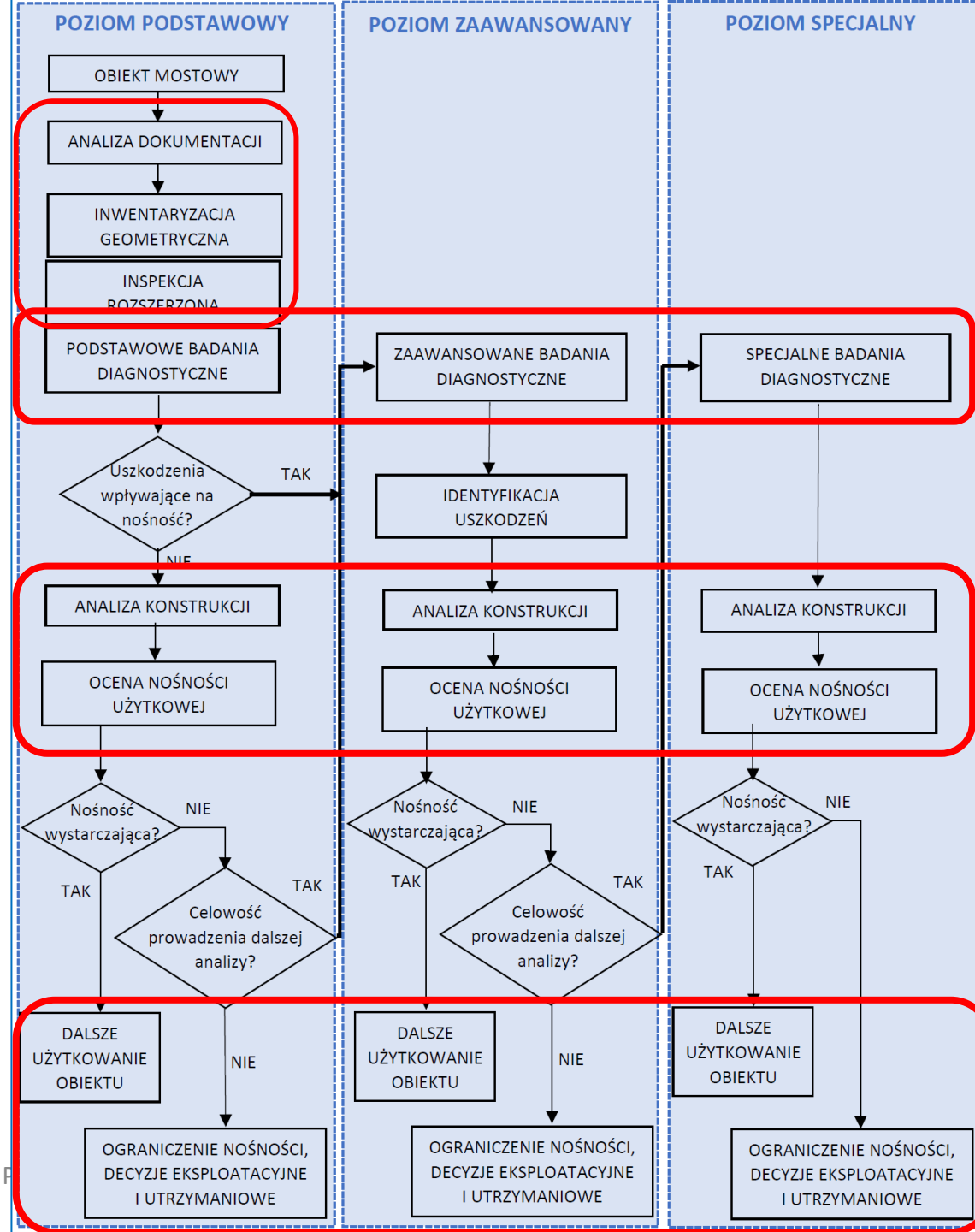
- **Nośność użytkowa** drogowego obiektu mostowego - zdolność obiektu do bezpiecznego przenoszenia **adekwatnych oddziaływań** w kontekście **spełnienia stanów granicznych nośności** w ujęciu Eurokodów, z uwzględnieniem **aktualnego stanu technicznego** obiektu, wynikająca ze spełnienia warunku:

$$n = \frac{E_a}{R_a} \leq 1$$

- gdzie:
 - E_a – ekstremalna wartość efektu oddziaływań na konstrukcję lub jej element krytyczny;
 - R_a – nośność graniczna konstrukcji lub jej elementu krytycznego odpowiadająca rodzajowi efektu oddziaływań.

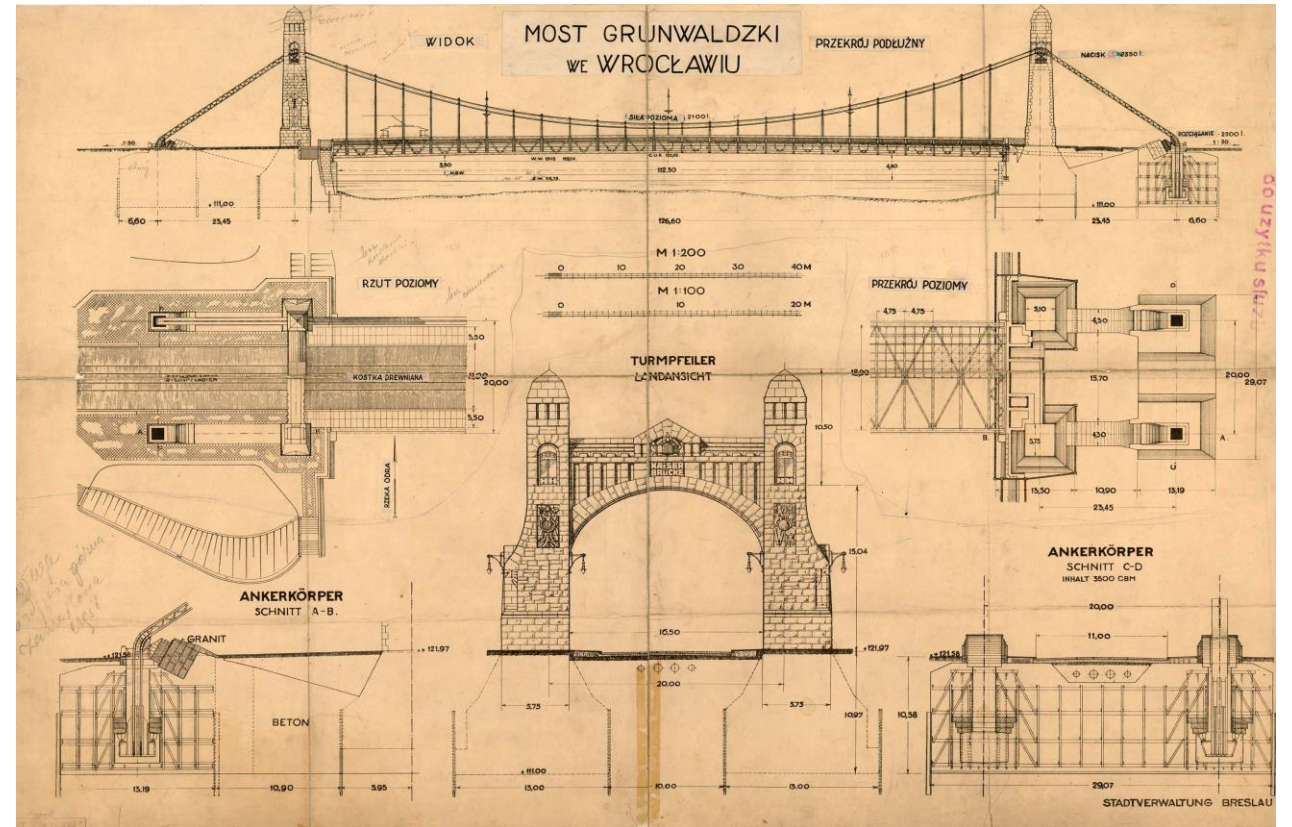
Procedura oceny nośności

- Procedura **3-etapowa**:
- **poziom podstawowy** – ocena nośności obiektów, w których **nie występują uszkodzenia** mogące wpływać na nośność użytkową;
- **poziom zaawansowany** – stosowany przy ocenie nośności obiektów, w których **występują uszkodzenia** mogące wpływać na nośność użytkową, zidentyfikowane za pomocą **zaawansowanych badań diagnostycznych**;
- **poziom specjalny** – znajdujący zastosowanie przy ocenie nośności obiektów, w których **występują uszkodzenia** mogące wpływać na nośność użytkową, a **ich identyfikacja wymaga zastosowania specjalnych metod badań diagnostycznych**, w tym badań pod obciążeniami.



Analiza dokumentacji archiwalnej obiektu

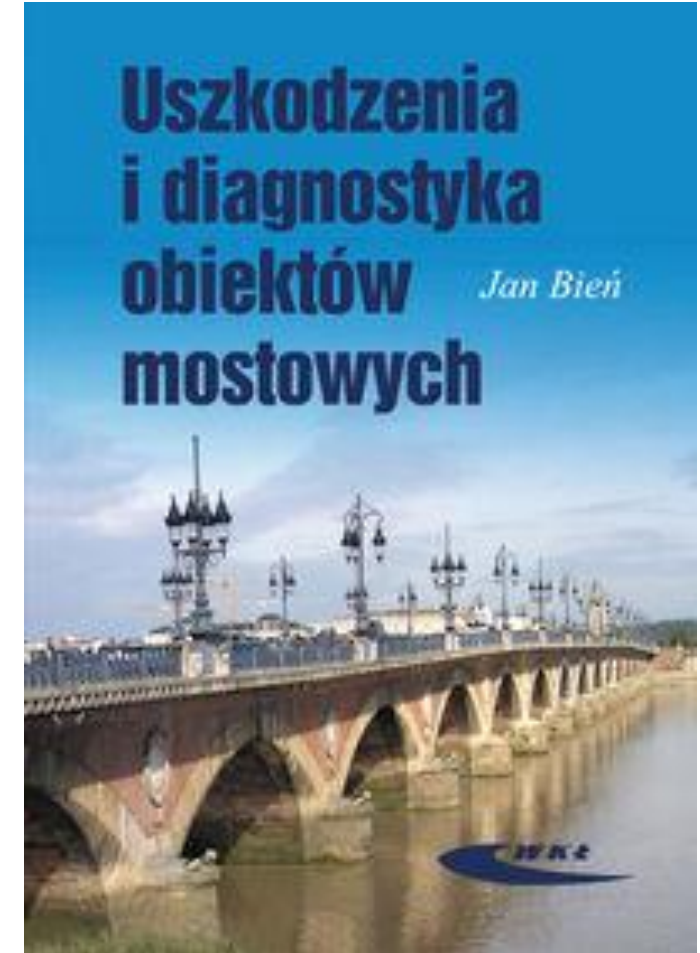
- Archiwalna **dokumentacja projektowa** (założenia do projektowania, normy itp.).
- Archiwalna **dokumentacja powykonawcza** (zmiany dokonane podczas budowy itp.).
- Archiwalna **dokumentacja utrzymania obiektu** (raporty z przeglądów, ekspertyzy itp.).
- Archiwalna **dokumentacja interwencji utrzymaniowych** (remonty, wzmocnienia, itp.).
- Dane z **monitoringu** mostu (SHM).



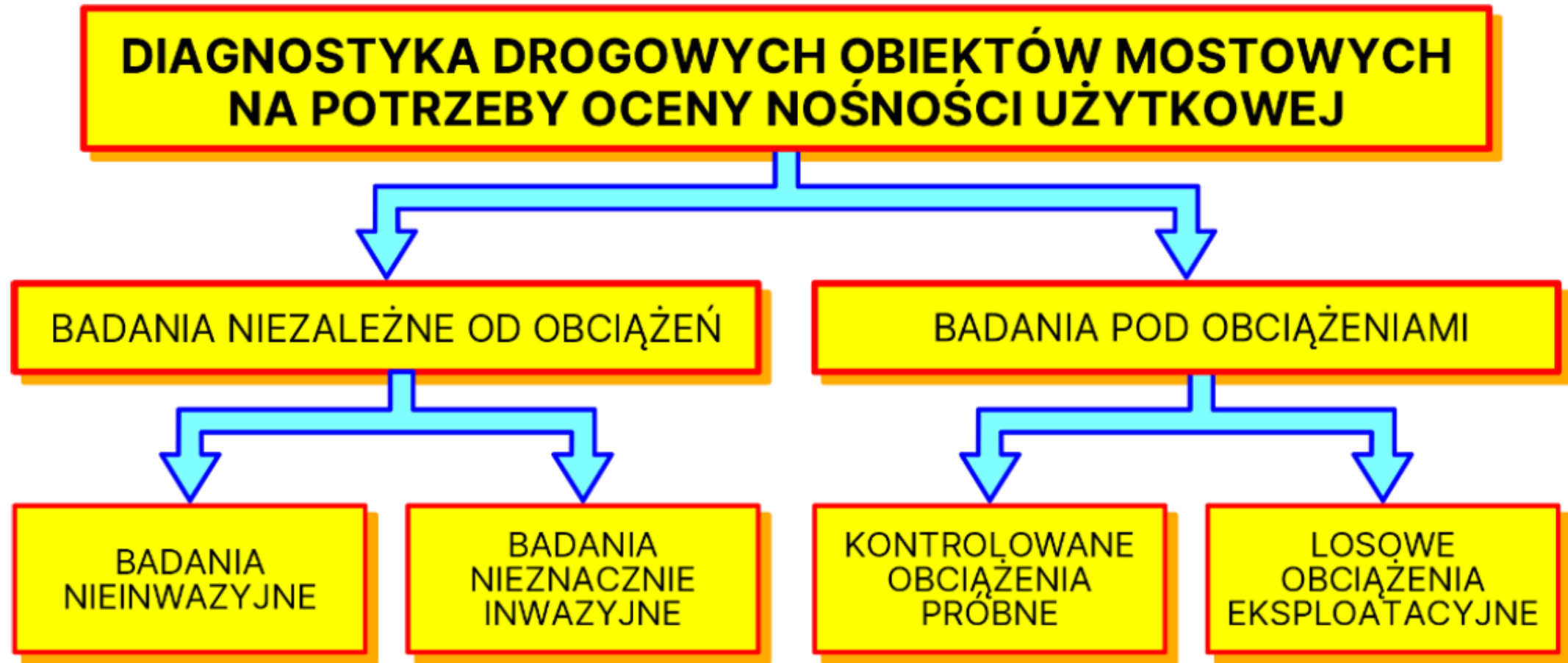
Diagnostyka obiektów mostowych

(na potrzeby wyznaczania nośności użytkowej)

- Stymulatory, mechanizmy i **procesy degradacji** drogowych obiektów mostowych wpływające na nośność.
- **Klasyfikacja uszkodzeń** wpływających na nośność użytkową obiektów oraz jej powiązanie z klasyfikacją używaną przy ocenie stanu technicznego (**WR-M-81**).
- **Klasyfikacja metod diagnostycznych** w zależności od materiału i rozwiązań konstrukcyjnych.
- **Rekomendowane metody i techniki diagnostyczne** na potrzeby oceny nośności użytkowej drogowych obiektów mostowych.

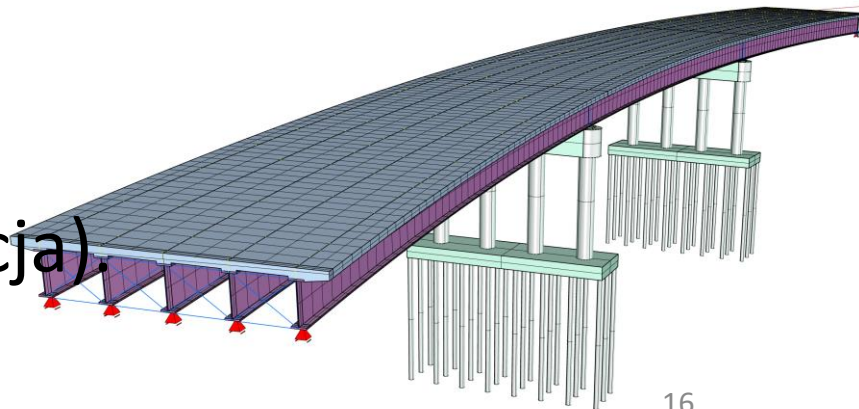


Klasyfikacja metod diagnostycznych



Analiza konstrukcji – główne założenia

- **Model** konstrukcji (zasady modelowania).
- Uwzględnienie **stanu technicznego** (uszkodzeń) w modelowaniu konstrukcji (**tylko poziom II**).
- Obciążenia użytkowe:
 - obciążenia ruchome pionowe wg PN-EN-1991-2: **model LM-1, współczynniki dostosowawcze 1,0**;
 - oddziaływania **środowiskowe** (wiatr, temperatura) wg PN-EN-1991 (**tylko poziom II**).
 - **współczynniki bezpieczeństwa γ_f** wg PN-EN-1991-2.
 - **współczynniki kombinacji ψ** dla oddziaływań zmiennych towarzyszących wg PN-EN-1990.
- Wybór **głównych wyników** analizy (efekty oddziaływań) do oceny nośności (redundancja).



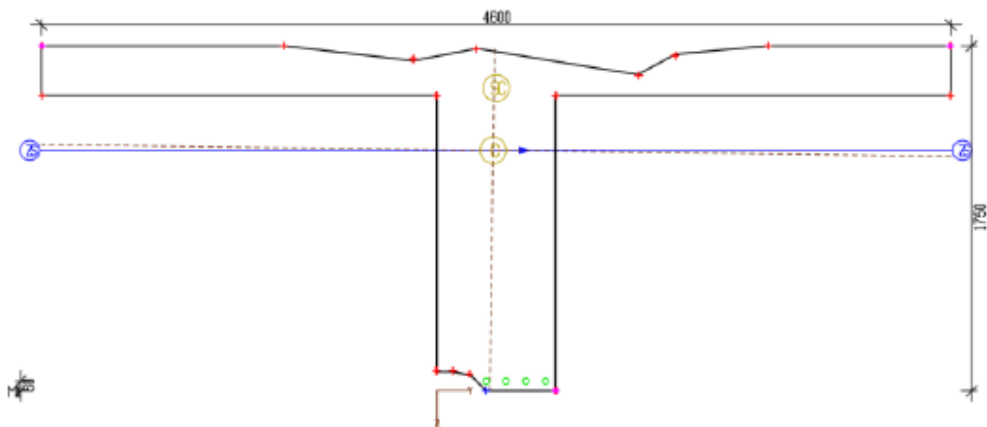
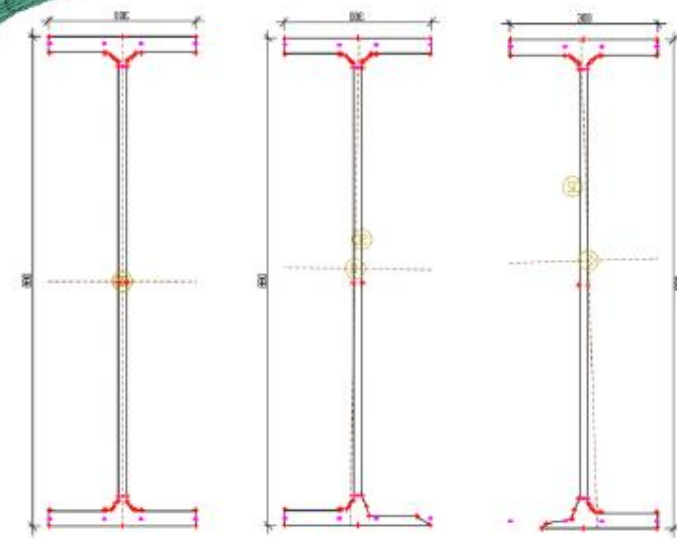
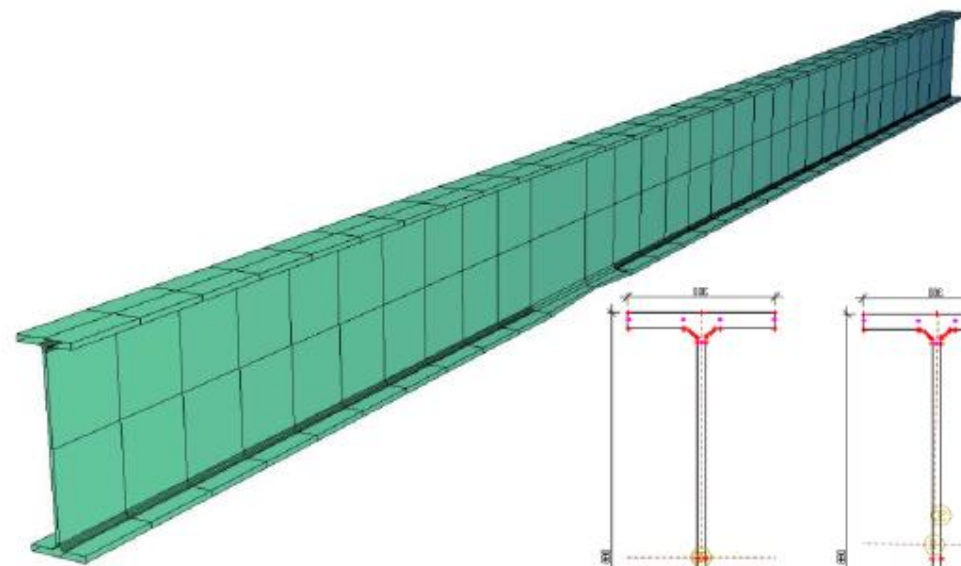
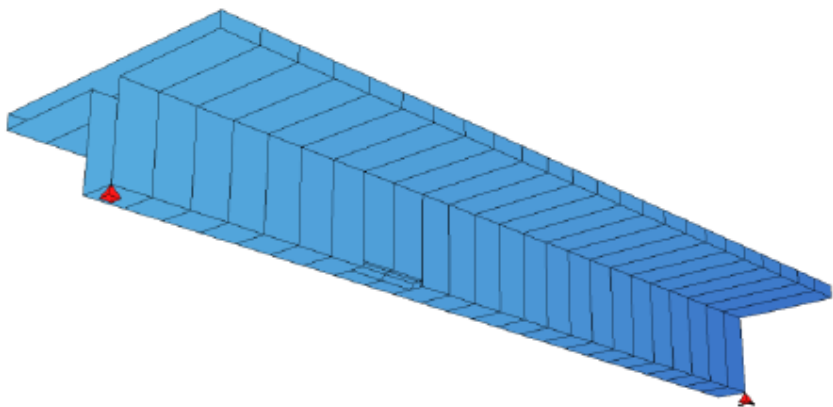
Podstawowa analiza statyczna (poziom I):

- **model geometrii:**
 - geometria wg dokumentacji archiwalnej, zweryfikowana na podstawie inwentaryzacji;
 - dyskretyzacja: adekwatna do poziomu oceny;
 - projektowe warunki brzegowe;
- **model materiałowy:**
 - model liniowo - sprężysty;
 - parametry materiałowe z dokumentacji archiwalnej, potwierdzone na podstawie wyników podstawowych badań NDT;
 - materiał bez uszkodzeń;
- **modele obciążeń:**
 - obciążenia ciężarem własnym wg PN-EN-1991-1;
 - obciążenia stałe nałożone wg PN-EN-1991-1;
 - obciążenia ruchome pionowe wg PN-EN-1991-2; model LM-1, współczynniki dostosowawcze 1,0;
- **wyznaczenie efektów obciążenia użytkowego (E_a):**
 - sytuacja obliczeniowa: trwała;
 - współczynniki obciążeń γ_F wg PN-EN-1991-2;
 - podstawowa kombinacja obciążeń wg PN-EN-1990, załącznik A-2 (stałe + zmienne wiodące);
 - wyznaczenie wybranych efektów obciążeń dla elementów / przekrojów krytycznych;

Zaawansowana analiza statyczna (poziom II):

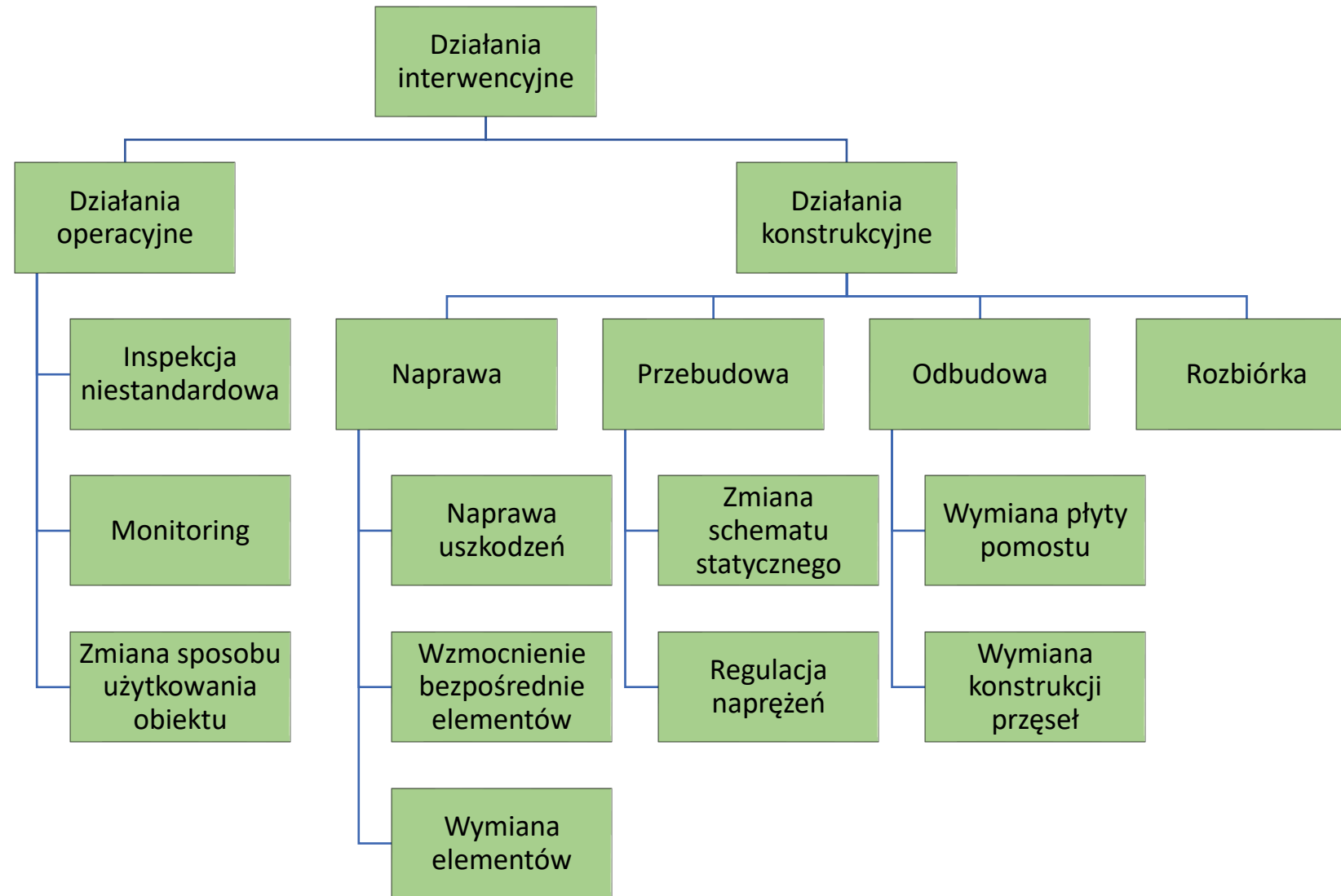
- **model geometrii:**
 - dyskretyzacja: adekwatna do poziomu oceny;
 - geometria na podstawie pomiarów w inwentaryzacji szczegółowej;
 - rzeczywiste warunki brzegowe;
 - uwzględnienie nieliniowości geometrycznej;
- **model materiałowy:**
 - model liniowo – sprężysty lub sprężysto - plastyczny;
 - rzeczywiste parametry materiałowe na podstawie zaawansowanych NDT;
 - **modelowanie ilościowe uszkodzeń;**
- **modele obciążeń:**
 - obciążenia ciężarem własnym wg PN-EN-1991-1, **zweryfikowanym** na podstawie badań materiałowych;
 - obciążenia stałe nałożone wg PN-EN-1991-1, **zweryfikowanym** na podstawie badań materiałowych;
 - obciążenia ruchome pionowe wg PN-EN-1991-2; model LM-1, współczynniki dostosowawcze 1,0;
 - **oddziaływania klimatyczne (wiatr, temperatura) wg PN-EN-1991, w przypadku wpływu na nośność obiektu;**
- **wyznaczenie efektów obciążenia użytkowego (E_a):**
 - sytuacja obliczeniowa: trwała;
 - współczynniki obciążeń γ_F wg PN-EN-1991-2;
 - kombinacja obciążeń i oddziaływań wg PN-EN-1990, załącznik A-2 (stałe + zmienne wiodące + zmienne towarzyszące / poziome / **środowiskowe**);
 - współczynniki kombinacji ψ dla oddziaływań zmiennych towarzyszących wg PN-EN-1990, załącznik A-2;
 - wyznaczenie wybranych efektów obciążeń dla elementów / przekrojów krytycznych;

Modelowanie uszkodzeń (MES)



| | |
|---|--|
| <p>Ocena nośności użytkowej (poziom I):</p> | <p>Ocena nośności użytkowej (poziom II):</p> |
| <p>Podstawowa nośność (wytrzymałość) doraźna (R_a) dla elementów / przekrojów krytycznych:</p> <ul style="list-style-type: none"> • geometria wg dokumentacji archiwalnej, zweryfikowana na podstawie inwentaryzacji; • parametry materiałowe z dokumentacji archiwalnej, potwierdzone na podstawie wyników podstawowych badań NDT; • materiał bez uszkodzeń; • współczynniki materiałowe γ_M wg Eurokodów; • obliczenie nośności doraźnej (R_a); | <p>Zaktualizowana nośność (wytrzymałość) doraźna (R_a) dla elementów / przekrojów krytycznych:</p> <ul style="list-style-type: none"> • geometria na podstawie pomiarów w inwentaryzacji szczegółowej; • rzeczywiste parametry materiałowe na podstawie zaawansowanych badań NDT; • uwzględnienie ilościowe uszkodzeń; • współczynniki materiałowe γ_M wg Eurokodów; • obliczenie nośności doraźnej (R_a); |
| <p>Ocena nośności użytkowej:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ocena nośności użytkowej dla wybranych elementów / przekrojów krytycznych wg formuły: $n = \frac{R_{d,act}}{E_{d,act}} \geq 1$ <ul style="list-style-type: none"> • ocena stopnia przeciążenia konstrukcji; • zaawansowana ocena nośności (poziom II) lub decyzja o konieczności interwencji. | <p>Ocena nośności użytkowej:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ocena nośności dla wybranych elementów / przekrojów krytycznych wg formuły: $n = \frac{R_{d,act}}{E_{d,act}} \geq 1$ <ul style="list-style-type: none"> • ocena stopnia przeciążenia konstrukcji; • ekspercka ocena nośności (poziom III) lub decyzja o konieczności interwencji. |
| <p>Wybór metody interwencji</p> | <p>Wybór metody interwencji</p> |

Wytyczne działań interwencyjnych



| Rodzaj działań interwencyjnych | Opis działania interwencyjnego | Orientacyjny poziom przekroczenia nośności użytkowej | Komentarz |
|--------------------------------|--|--|--|
| Działania operacyjne | Inspekcja niestandardowa | < 10% | inspekcja standardowa wg WR-M-81 [...] |
| | Monitoring konstrukcji | < 30% | do czasu wdrożenia działań konstrukcyjnych (max. 5 lat) |
| | Zmiana sposobu użytkowania obiektu | > 70% | np. most dla pieszych lub most pieszo-rowerowy |
| Działania konstrukcyjne | Remont: naprawa uszkodzeń | < 10% | wzmocnienie elementu przez ograniczenie negatywnego wpływu uszkodzeń na jego nośność |
| | Remont: wzmocnienie bezpośrednio elementów | < 50% | dotyczy elementów krytycznych i ich przekrojów |
| | Remont: wymiana elementów | > 50% | zalecane odciążenie konstrukcji przy wymianie |
| | Przebudowa: zmiana schematu statycznego | > 50% | budowa dodatkowych podpór lub uciążlenie przęseł |
| | Przebudowa: regulacja naprężeń | > 30% | głównie elementy ciągnowe |
| | Odbudowa: wymiana płyty pomostu | > 30% | mniejszy ciężar jednostkowy nowej płyty pomostu |
| | Odbudowa: wymiana konstrukcji przęseł | > 70% | należy sprawdzić nośność podpór |
| | Rozbiorka obiektu | > 100% | rozbiórka przęseł i podpór |

Przykłady **zastosowania** metody

- Ocena nośności użytkowej mostu stalowego
- Ocena nośności użytkowej mostu betonowego
- Ocena nośności użytkowej mostu zespolonego
- Wyznaczanie wojskowej klasyfikacji obciążenia obiektu (MLC).



Podsumowanie

- Nowe wytyczne będą kolejnym elementem zbioru **Wzorców i Standardów w drogownictwie (WiS)**, rekomendowanych do stosowania przez Ministra Infrastruktury.
- Wytyczne zostaną poddane **szerokiej konsultacji** m.in. u zarządców dróg publicznych, w organach administracji architektoniczno – budowlanej, organach nadzoru budowlanego, organizacjach zrzeszających projektantów i wykonawców, jednostkach naukowych.
- Termin wykonania wytycznych – **30.06.2022 r.**
- W świetle dyskusji prowadzonej w środowisku mostowym niezbędne wydaje się opracowanie:
 - Wytycznych rekomendowanych dla **monitoringu istniejących obiektów** mostowych
 - **Katalogu** działań interwencyjnych (katalog projektów)



Dziękuję za uwagę
(siwowski@prz.edu.pl)