



Politechnika
Wrocławska

VIII Śląskie Forum Drogownictwa
Wista, 26-28.04 2022

SYSTEMOWE ZARZĄDZANIE INFRASTRUKTURĄ MOSTOWĄ

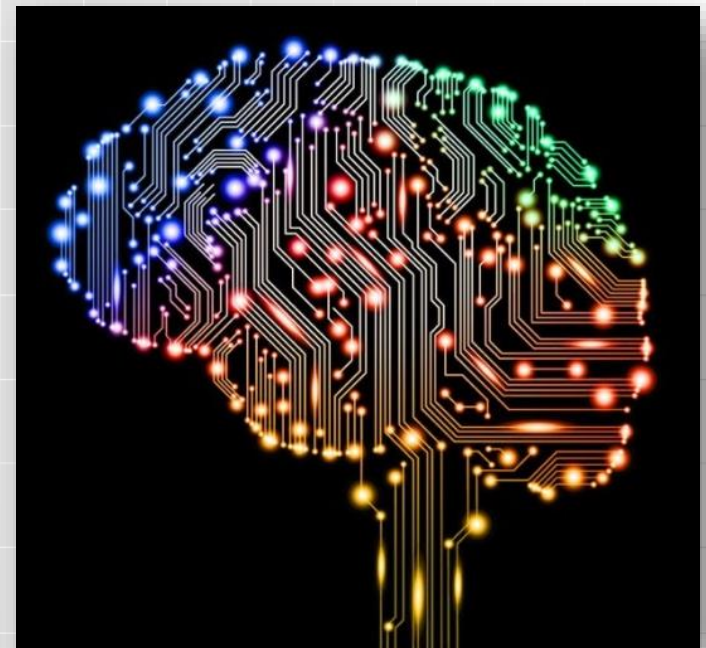
prof. dr hab. inż. Jan BIEN

Politechnika Wrocławska

jan.bien@pwr.edu.pl

Spis treści

1. Wprowadzenie
2. Historia
3. Architektura systemów wspomagających zarządzanie
4. Technologie diagnostyczne
5. Technologie informatyczne
6. Zagrożenia?
7. I co dalej?



Wprowadzenie

Projektowanie



Budowa



Zarządzanie



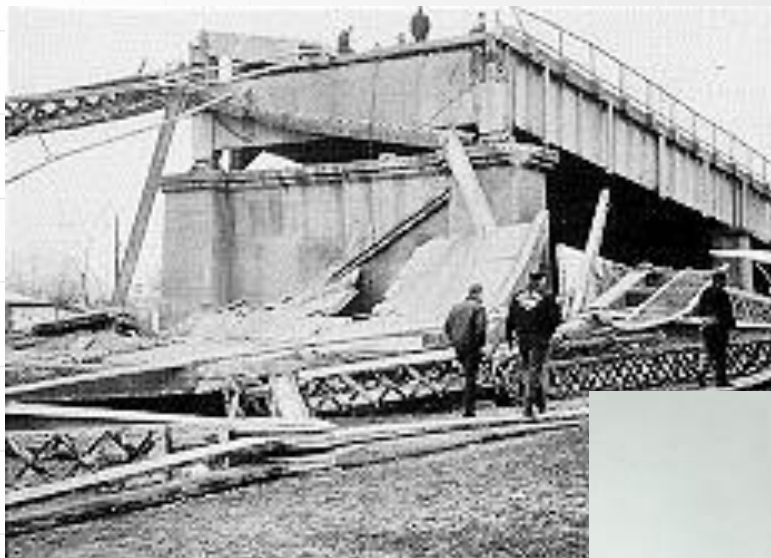
Historia

The Bridges Act, Henry VIII (1530)



Historia

Katastrofa Silver Bridge w USA (1967) - 46 ofiar

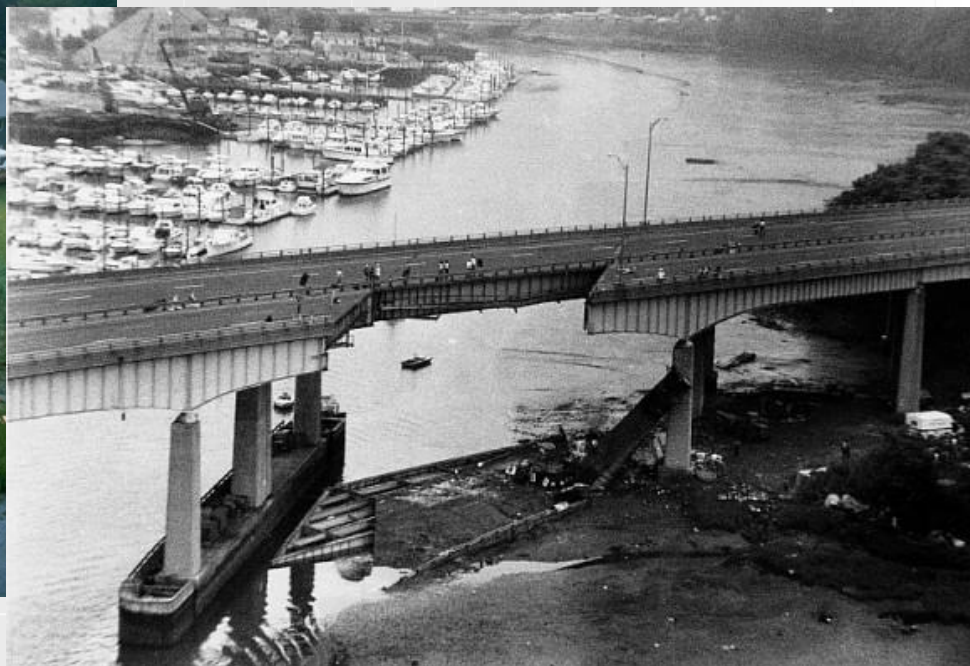


- Federal Highway Act of 1968
- National Bridge Inspection Standard (1971)



Historia

Katastrofa Mianus River Bridge (1983) - 3 osoby zginęły, 3 ranne



- Manual for Maintenance Inspection of Bridges, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., USA, 1983.

Historia

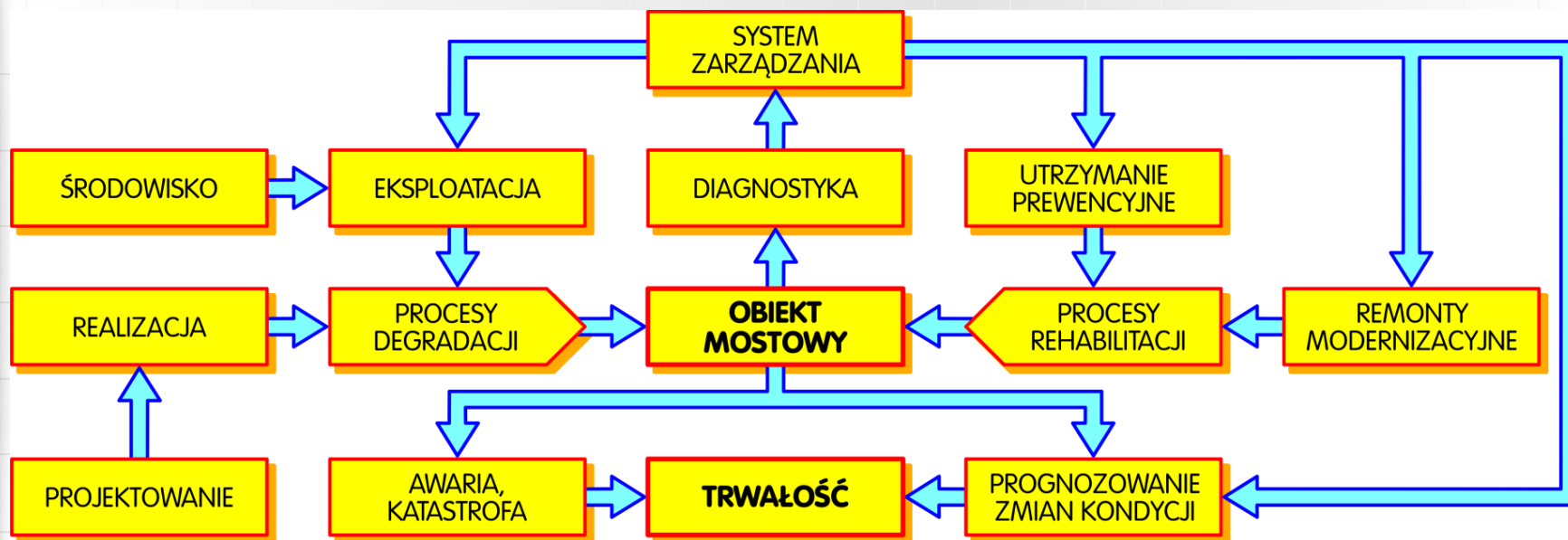
Katastrofa Schoharie Creek Bridge (1987) - 10 osób zabitych



- Bridge Inspector's Handbook, Overseas Road Note 7, Vol. 2, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, 1990.
- Bridge Inspector's Training Manual, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-PD-91-015, 1991.

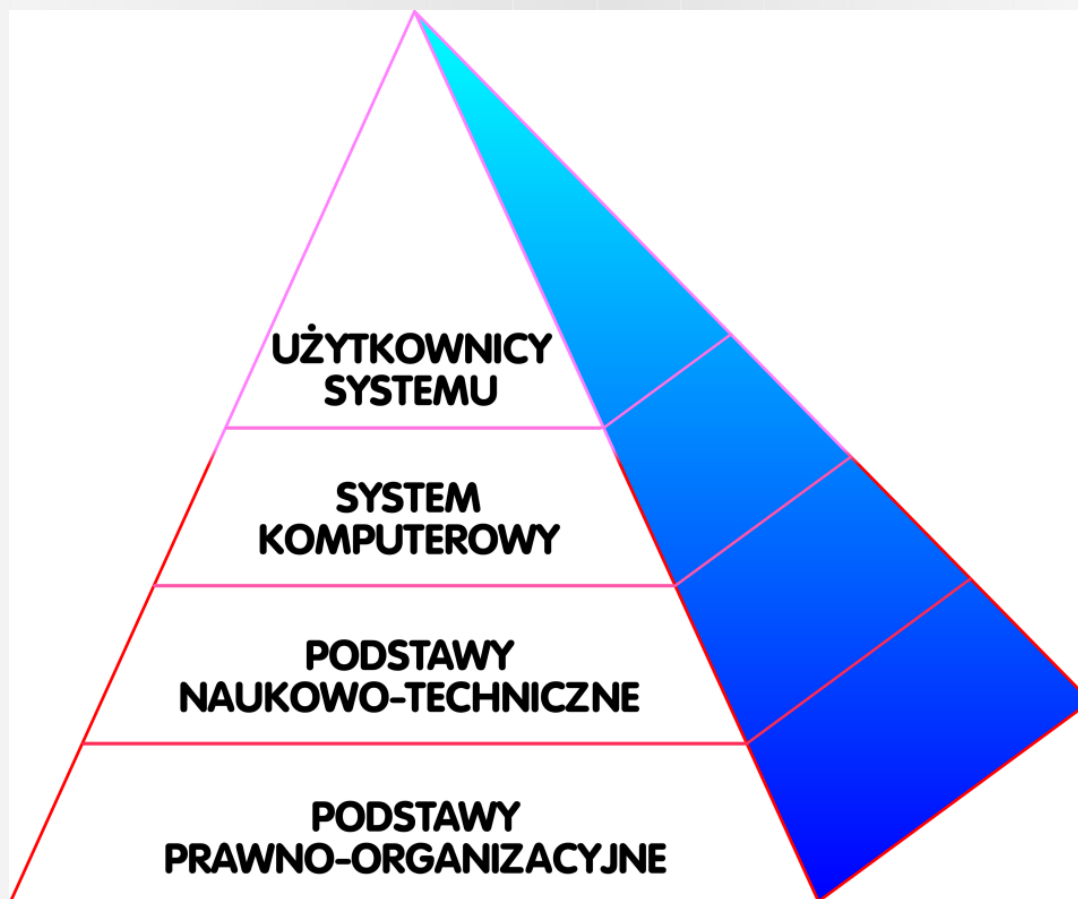
Architektura systemów wspomagających zarządzanie

Ogólny schemat procesu zarządzania infrastrukturą mostową



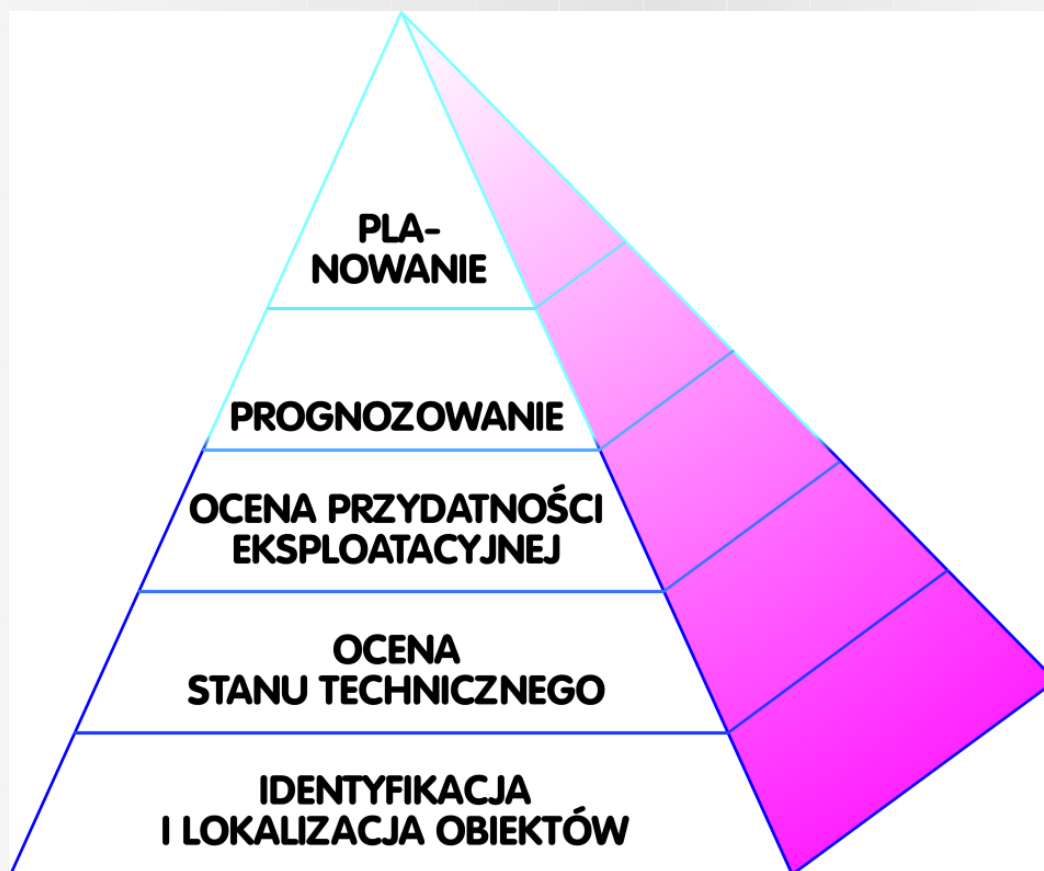
Architektura systemów wspomagających zarządzanie

Podstawowe części składowe systemu zarządzania

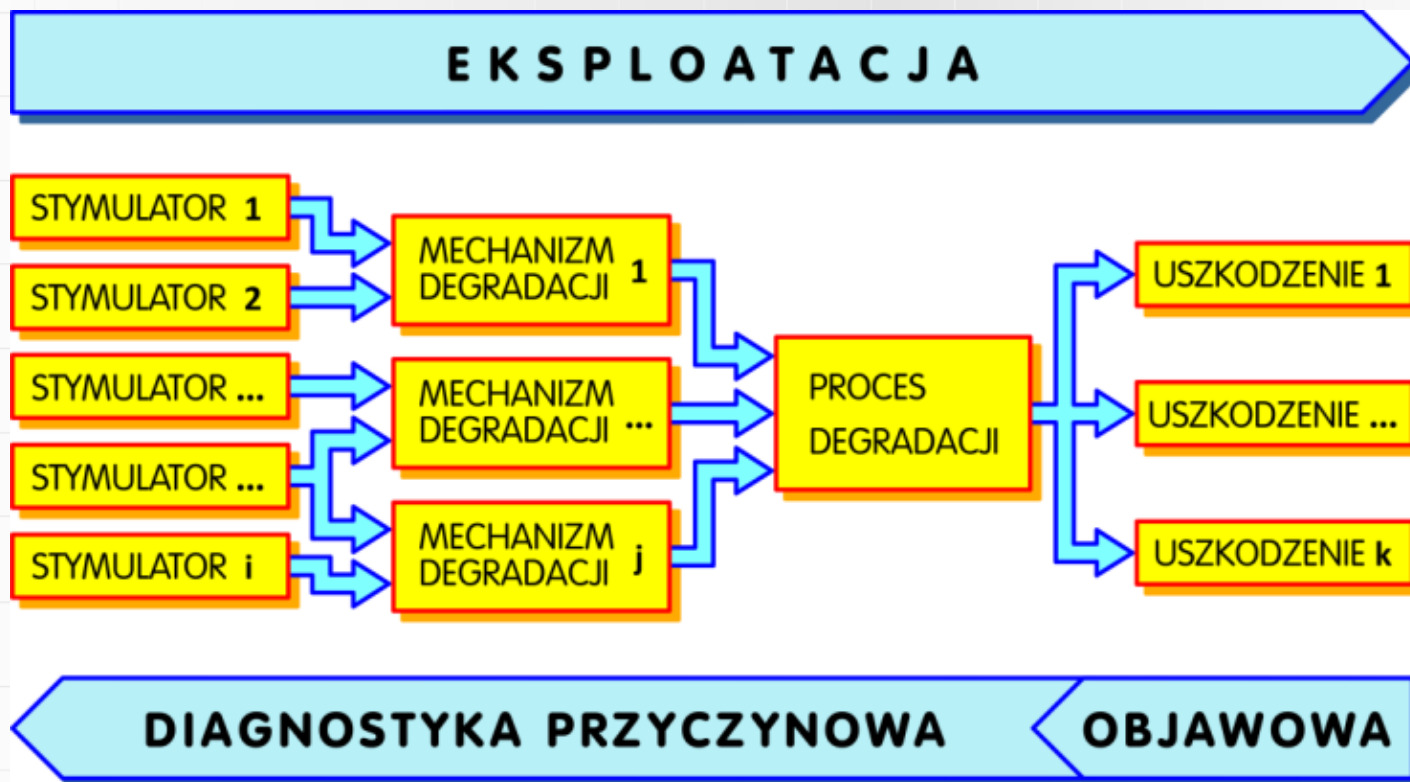


Architektura systemów wspomagających zarządzanie

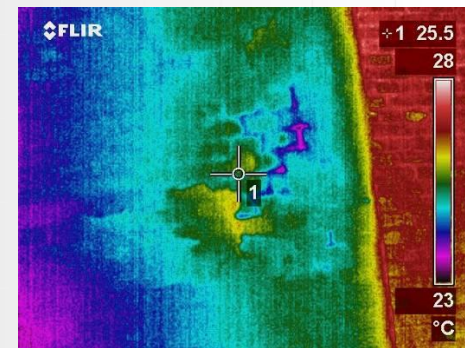
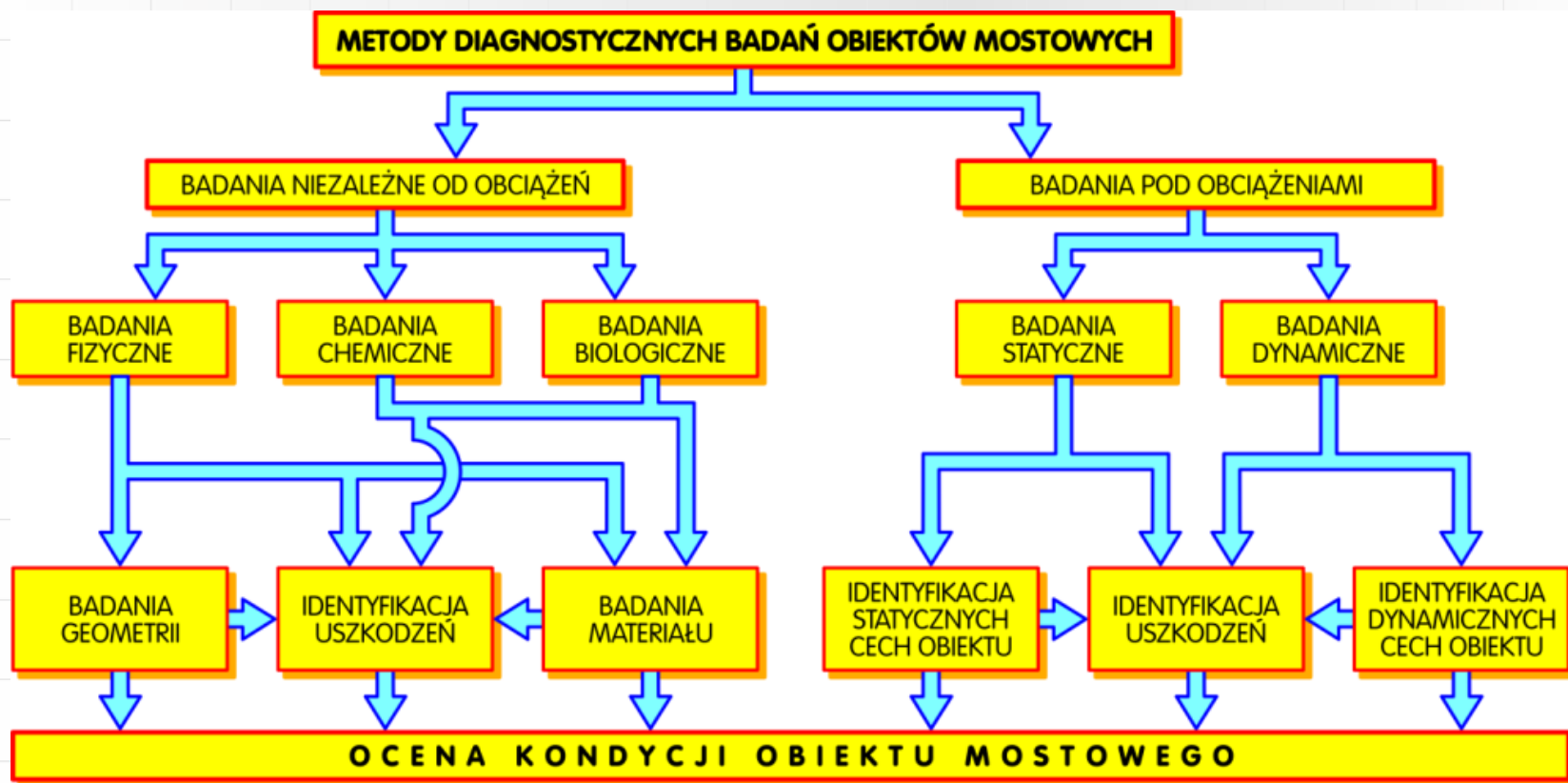
Podstawowe funkcje użytkowe systemu zarządzania



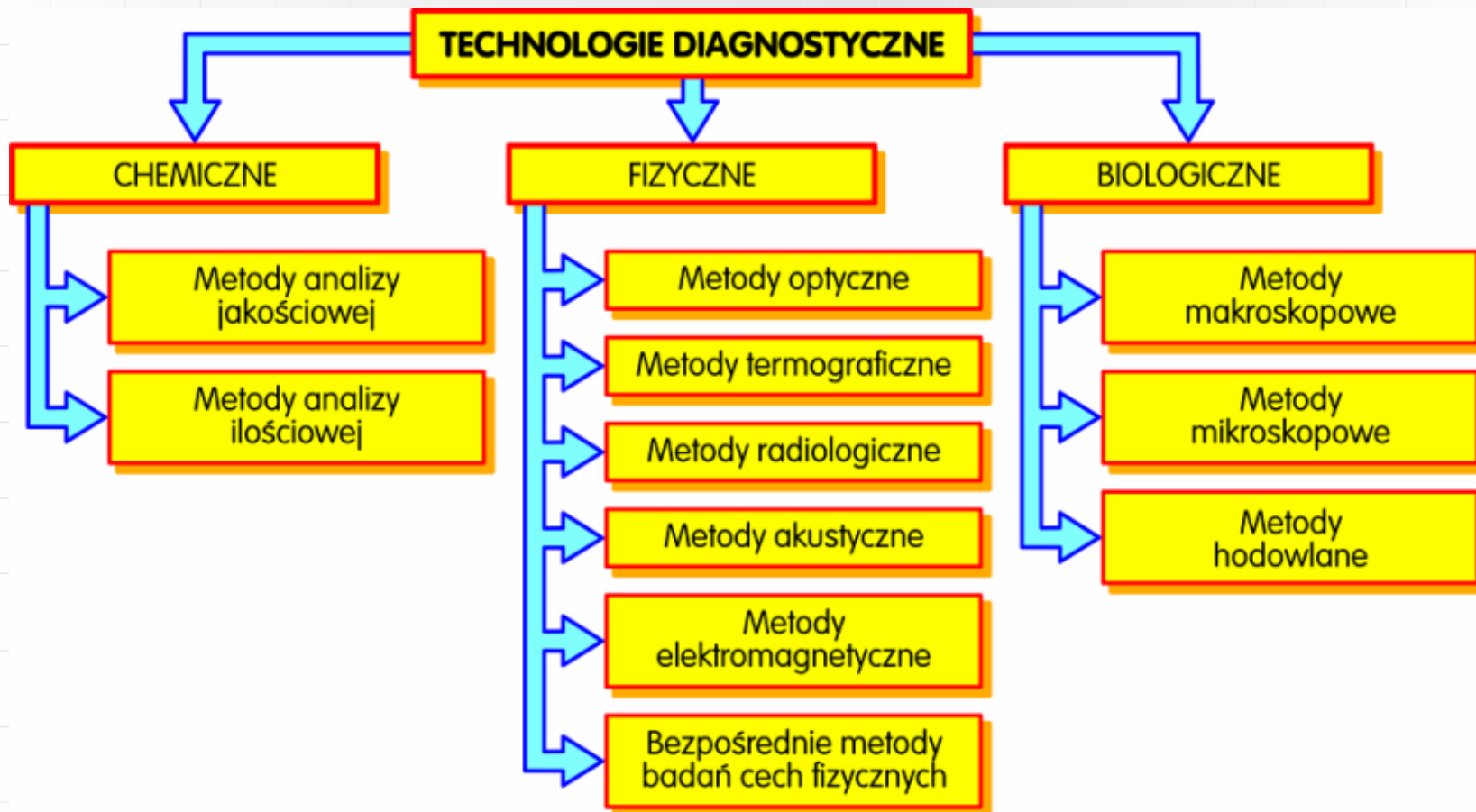
Technologie diagnostyczne



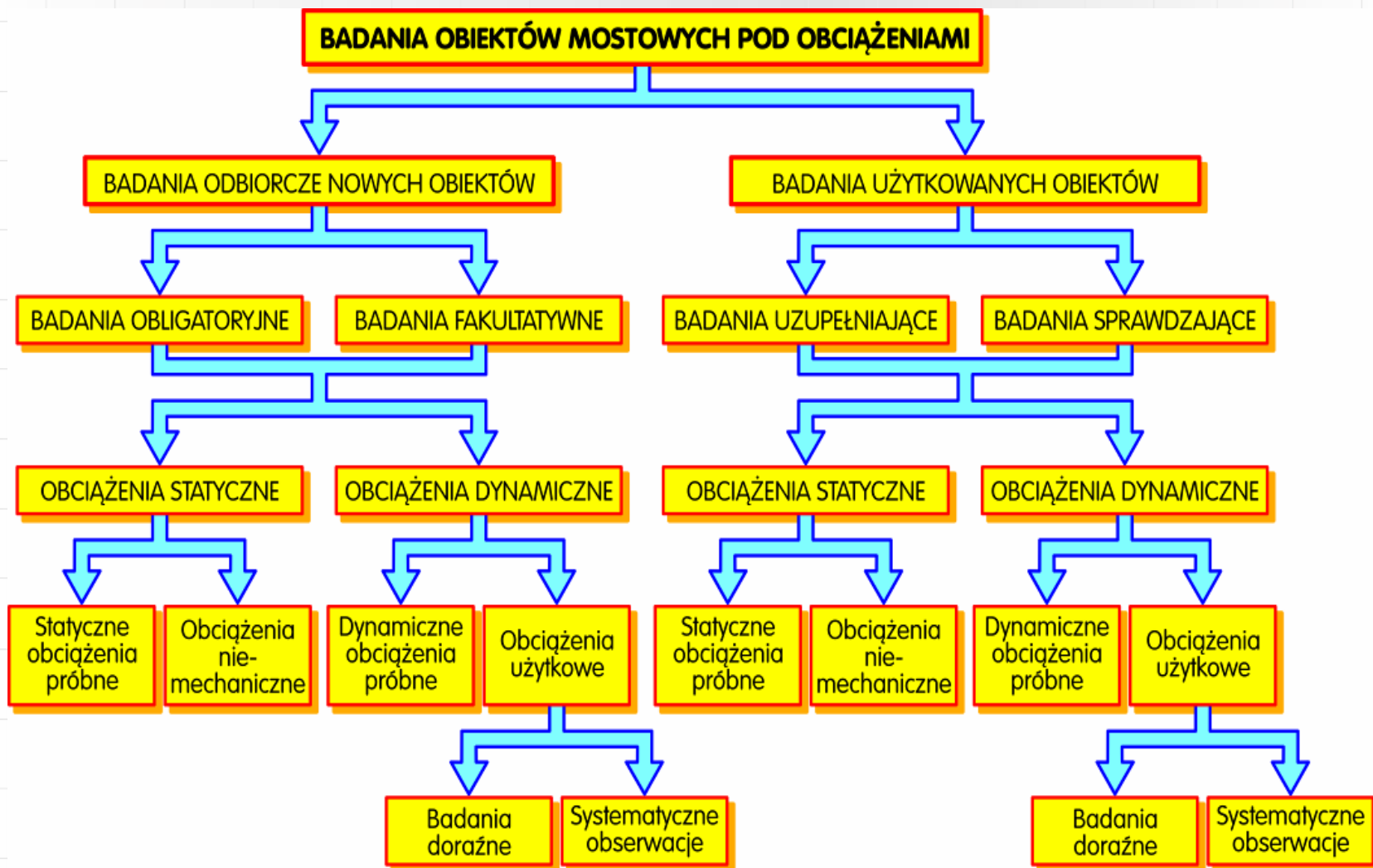
Technologie diagnostyczne



Technologie diagnostyczne

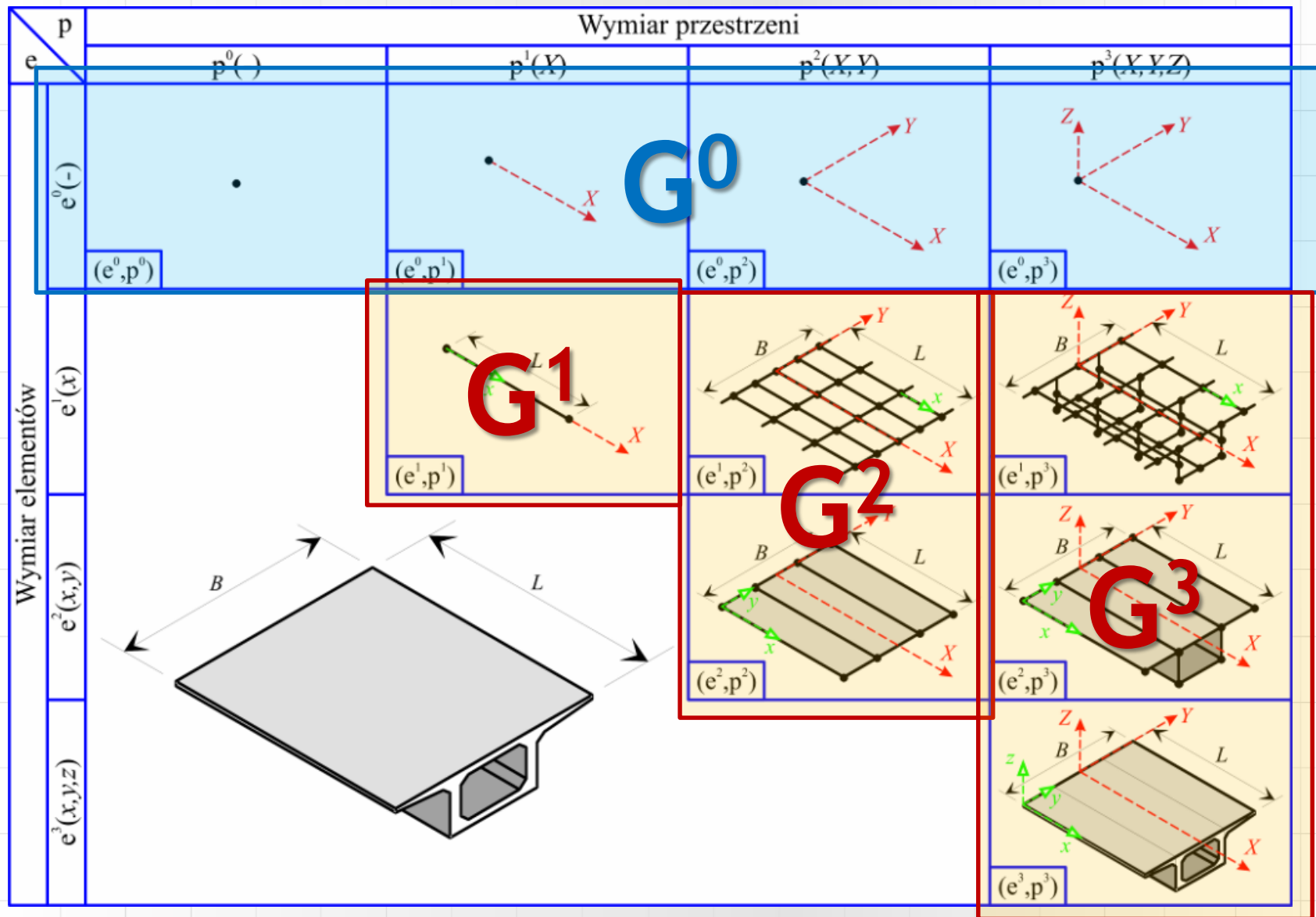


Technologie diagnostyczne



TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE

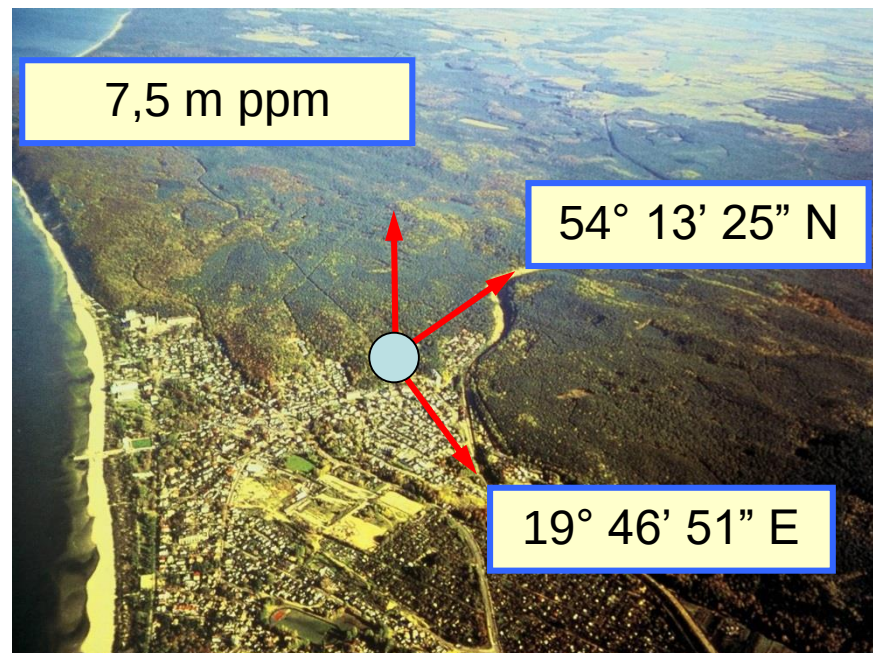
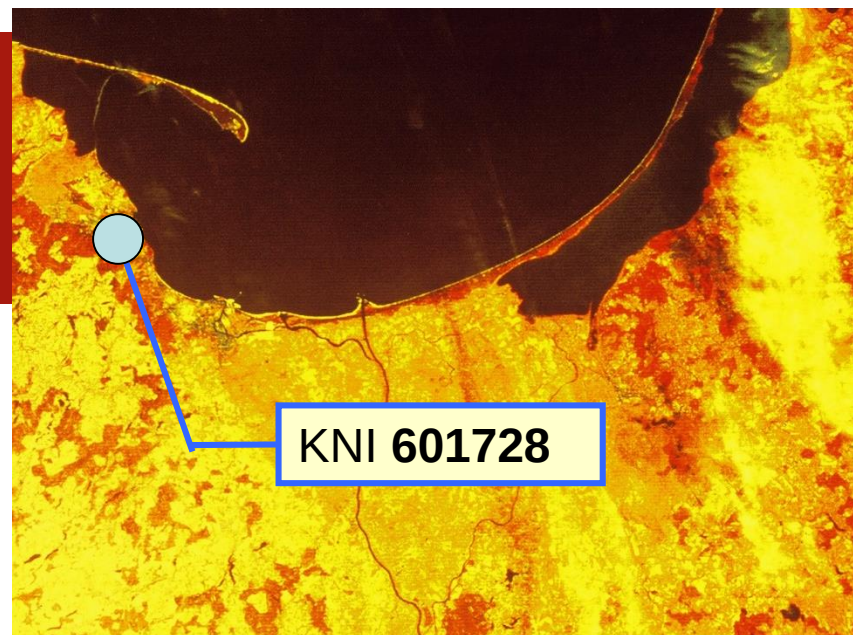
Modelowanie obiektów mostowych





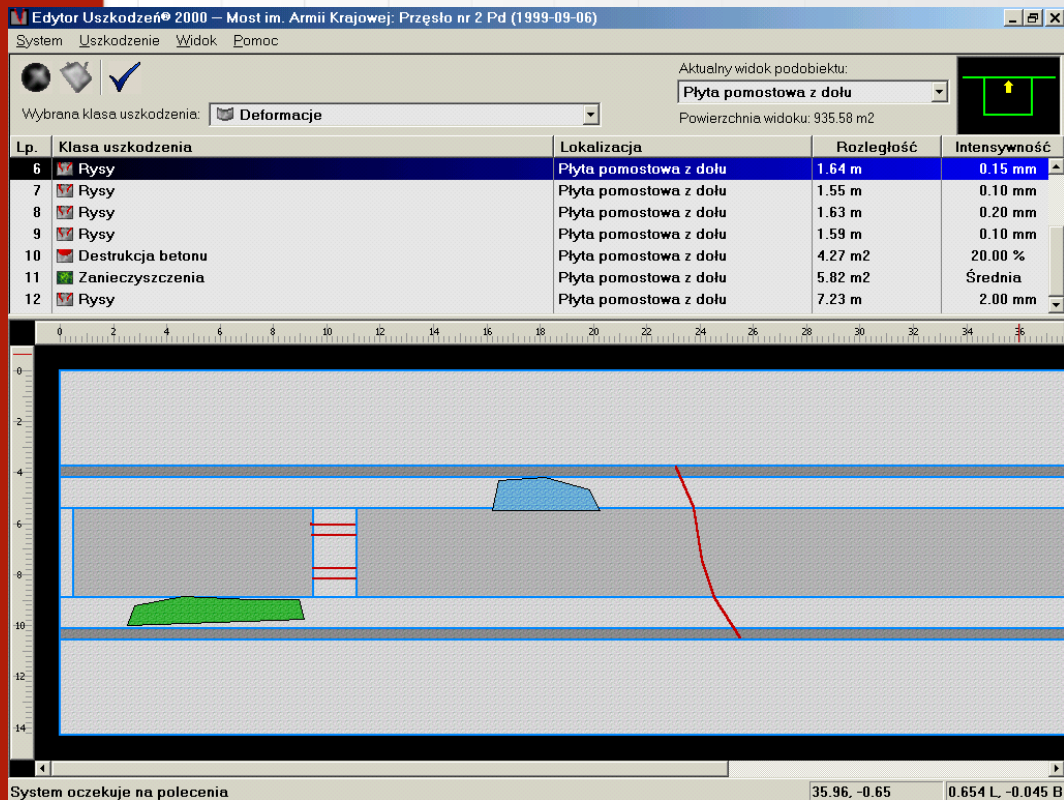
Wymiar elementów	Wymiar przestrzeni			
	$p(-)$	$p(\lambda)$	$p(X,Y)$	$p(X,Y,Z)$
	$e^0(-)$	$e^0(\lambda)$	$e^0(X,Y)$	$e^0(X,Y,Z)$
	$e^1(x)$	$e^1(\lambda)$	$e^1(X,Y)$	$e^1(X,Y,Z)$
	$e^2(x,y)$	$e^2(\lambda)$	$e^2(X,Y)$	$e^2(X,Y,Z)$

The table illustrates the relationship between spatial dimensions and element dimensions. The first row shows the spatial dimensions: $p(-)$, $p(\lambda)$, $p(X,Y)$, and $p(X,Y,Z)$. The subsequent rows show the corresponding element dimensions: $e^0(-)$, $e^0(\lambda)$, $e^0(X,Y)$, $e^0(X,Y,Z)$, $e^1(x)$, $e^1(\lambda)$, $e^1(X,Y)$, $e^1(X,Y,Z)$, $e^2(x,y)$, $e^2(\lambda)$, $e^2(X,Y)$, and $e^2(X,Y,Z)$. The diagram also includes a 3D coordinate system with axes X , Y , and Z , and a 2D grid with dimensions L and B . A large blue 'G0' is prominently displayed in the center of the table.

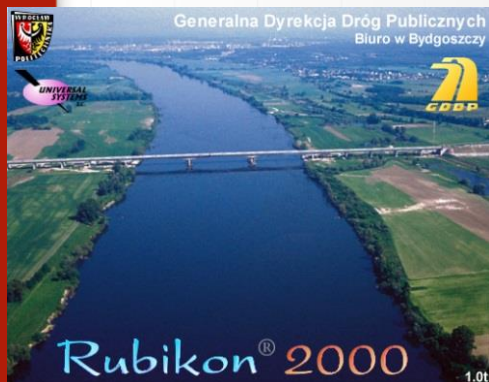
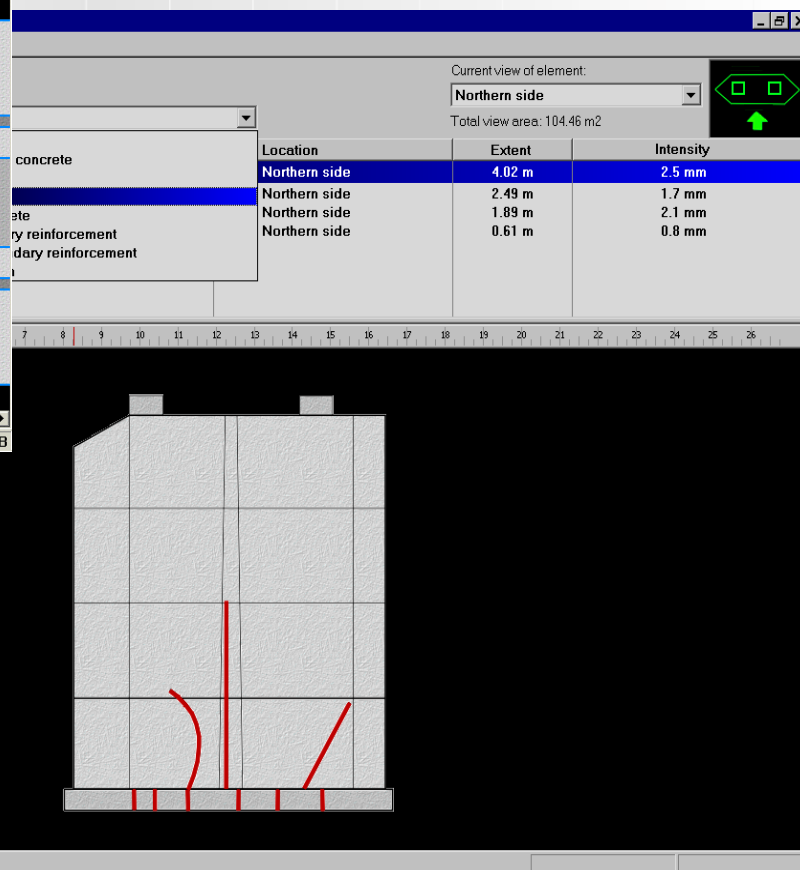


TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE

Modelowanie obiektów mostowych



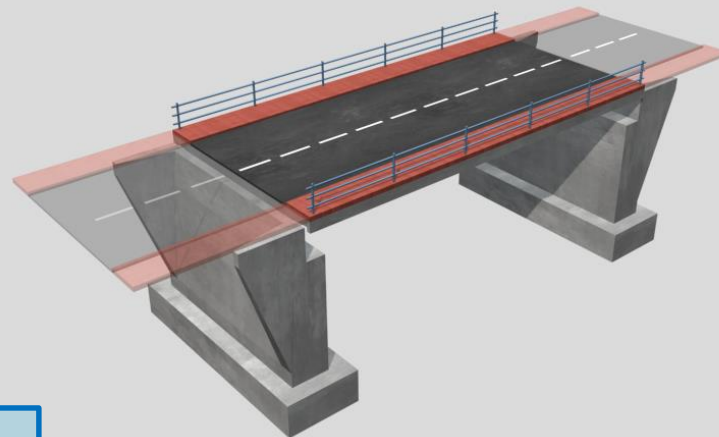
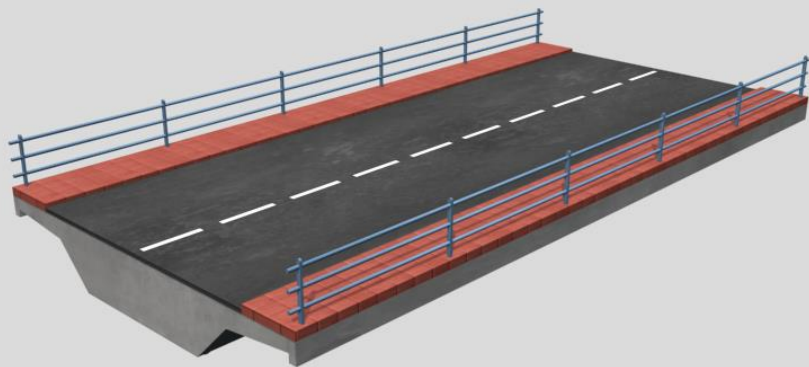
G²



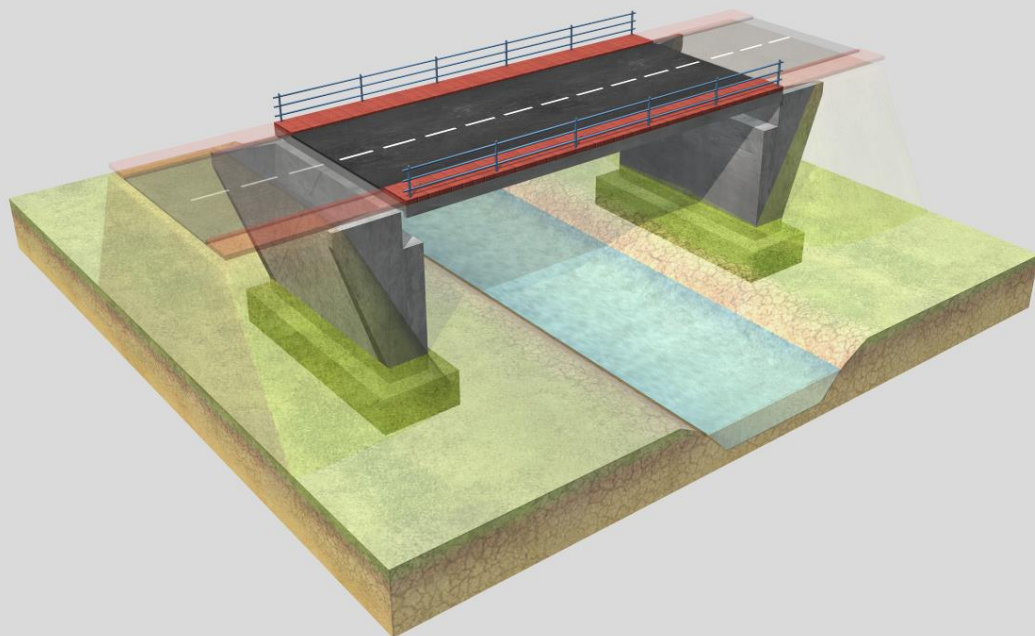


Politechnika

Technologie informatyczne w modelowaniu obiektów mostowych

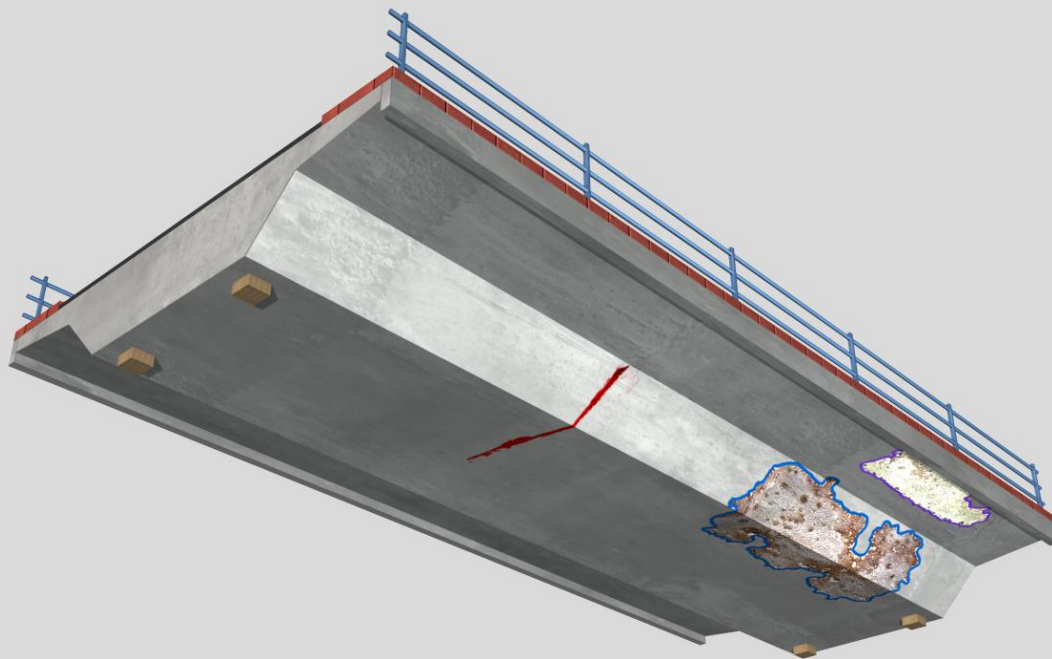


G³





Technologie informatyczne w modelowaniu obiektów mostowych



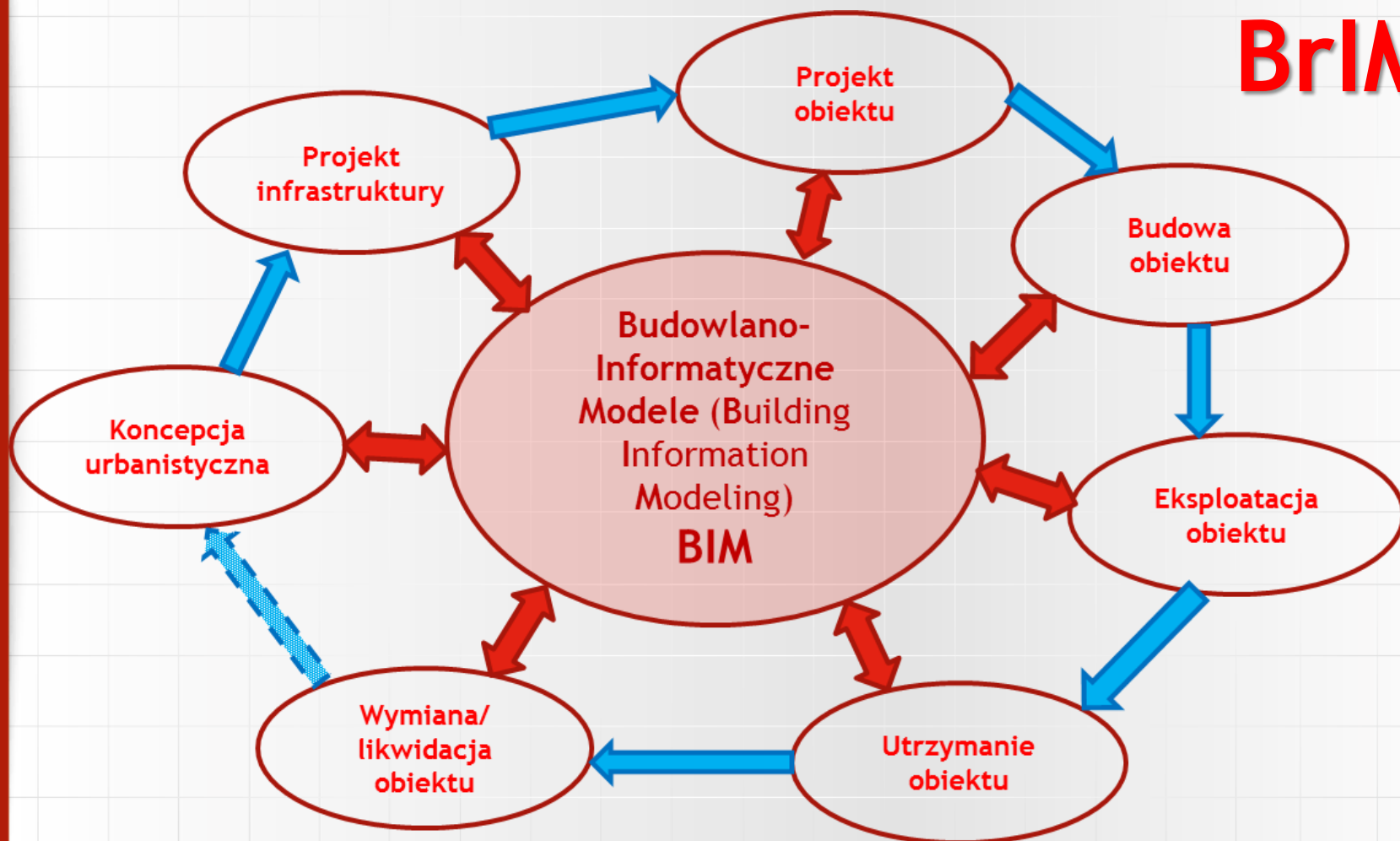
MODELE G³
=> BIM





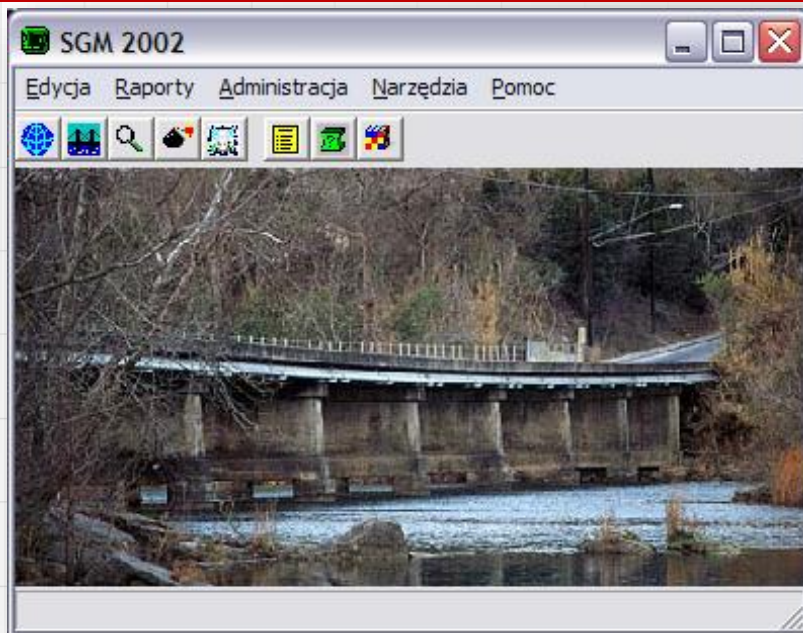
Zintegrowane technologie informatyczne w zarządzaniu obiektami mostowymi

BIM
BrIM

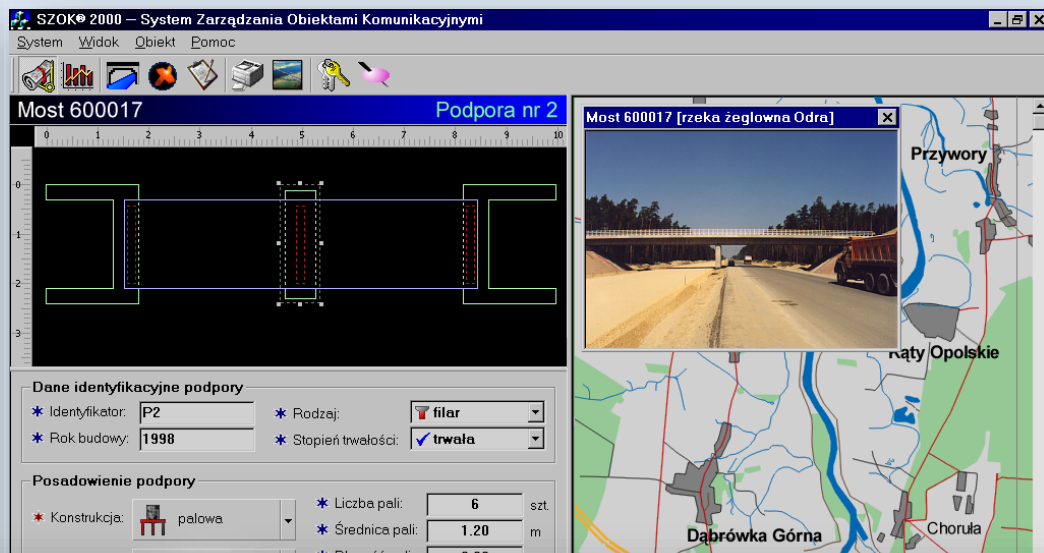




Systemy wspomagające zarządzanie drogowymi obiektami mostowymi w Polsce



System SZOK 2000 - 2022



Protokół przeglądów bieżących drogowych obiektów inżynierskich nr 312124

Droga nr 8 odcinek od km 565.012 do km 565.156

Data przeglądów: 2008-07-01

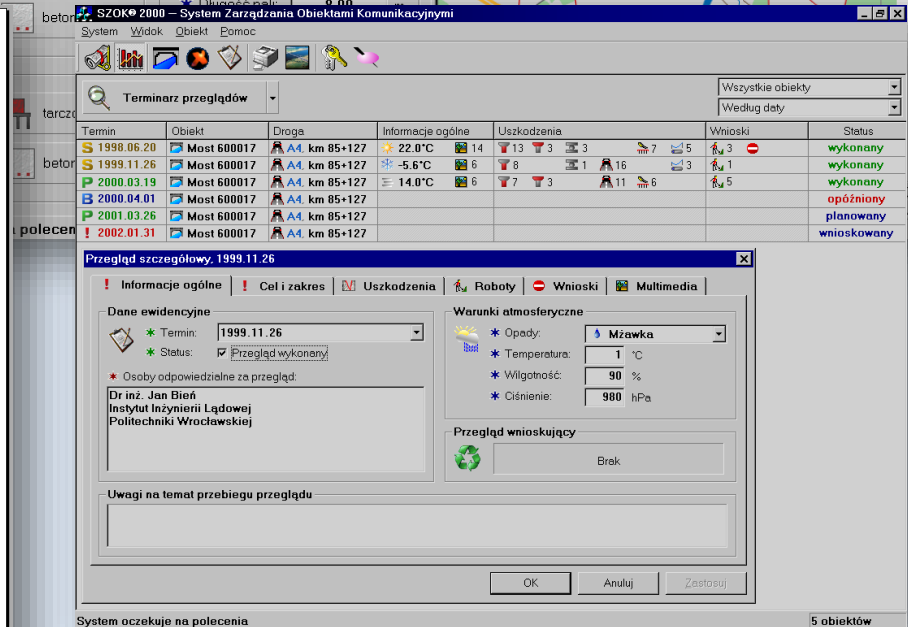
Uwaga: występowanie usterek oznacza się symbolem „+” lub „+ +”, brak usterek symbolem „-”

Pieczęć zarządcy drogi

Lp.	Lokalizacja (km, miejscowość) rodzaj obiektu inżynierskiego (most, wiadukt, estakada, klasa, tunel, przejście podziemne, przepust lub konstrukcja oporowa) i JN1	W obiekcie inżynierskim lub jego otoczeniu występują													Inne spostrzeżenia i uwagi dotyczące lokalizacji oraz zakresu uszkodzeń konstrukcji, urządzeń obcych, wyposażenia itp., iflub wniosek o przeprowadzenie przeglądu podstawowego lub rozszerzonego poza harmonogram przeglądów
		niezgodność wjazdu na obiekt / do obiektu	niezgodność parkingu / obiektów na obiekcie / w obiekcie	uszkodzenia		rozrywy krawędzi, osłony, podłoża lub korpusu drogi	ogólna konstrukcja widoczna na balustradzie, gzymsie, itp.	deformacje lub przesunięcia elementów konstrukcji	braki i nieprawidłowości w oznakowaniu	na jezdni, chodnikach lub konstrukcji			zanieczyszczenia lub śmieci	inne	
				balustrad, barier, osłon lub ekranów	urządzeń dyfuzyjnych					zabrudzenie znaków	zabrudzenie znaków	brak odpływu wody lub zaleganie			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Most (Most Grunwaldski)	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	
2	Most 23521545 (Wielkanów - most w ciągu drogi dojazdowej)	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	
3	Most 32354643 (Długopole - most w ciągu ul. Kolejowej)	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	
4	Tunel drogowy 46757477 (Tunel testowy)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	
5	Tunel drogowy (New Tunnel)	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	
6	Przejście podziemne 2323323 (Testowe przejście podziemne)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	
7	Przejście podziemne (New Underpass)	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	
8	Przepust A222222222 (Przepust testowy)	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	
9	Przepust Culvert (New Culvert)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	
10	Konstrukcja oporowa 63654744 (Ściana oporowa testowa)	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	

Uwagi i wnioski TIM: Zalecam użytkowanie obiektu na dotychczasowych warunkach.

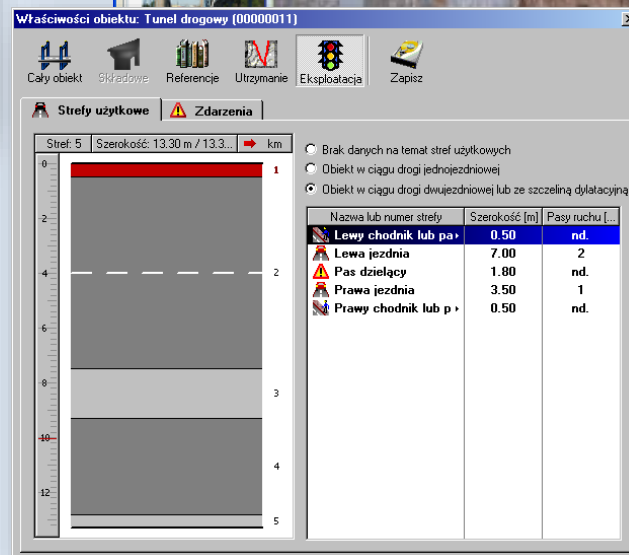
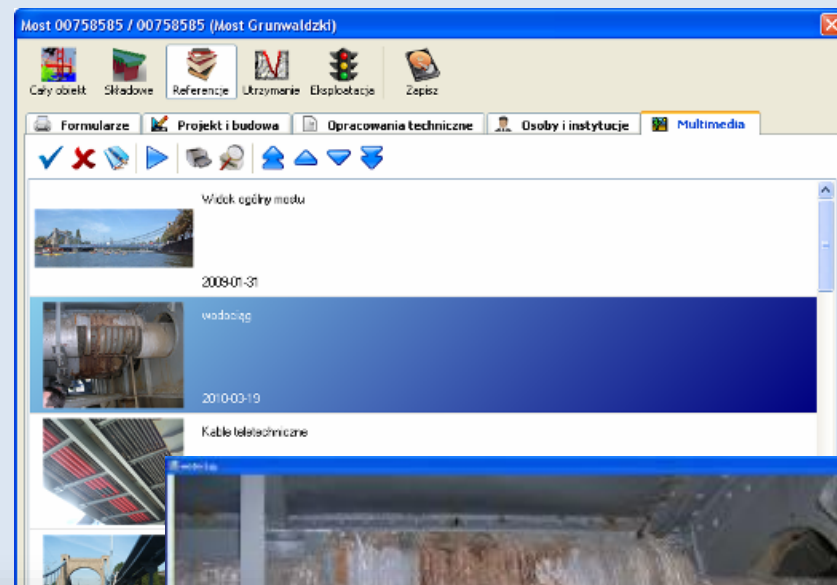
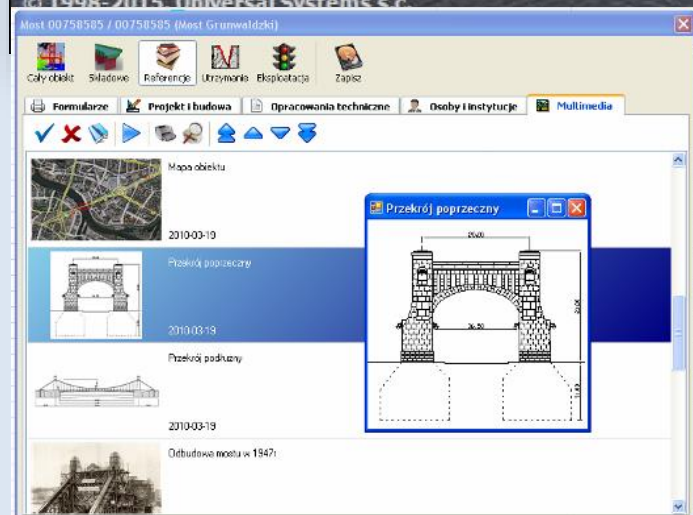
Przeglądy przeprowadził: Andrzej Kowalski	Decyzja A: na skutek usterek w kol. 3-9 wprowadzić doraźne ograniczenia ruchu na obiekcie i/lub oznakowanie: Nie ma podstaw do wprowadzenia ograniczenia ruchu lub zmiany oznakowania.	Decyzja B: usterek w kol. 10-14 zostaną usunięte w terminach do: 20.02.2009r	Decyzja A i B podjął: kierownik rejony dróg GDDKiA
data i podpis	Uwagi dotyczące zakresu rzeczowego robót, środków technicznych itp.:	brak	Jan Nowak
			2009-01-02
			data i podpis



System oczekuje na polecenia

5 obiektów

System URBI wspomagający zarządzanie obiektami miejskimi (2015)



System ROBIN 2021

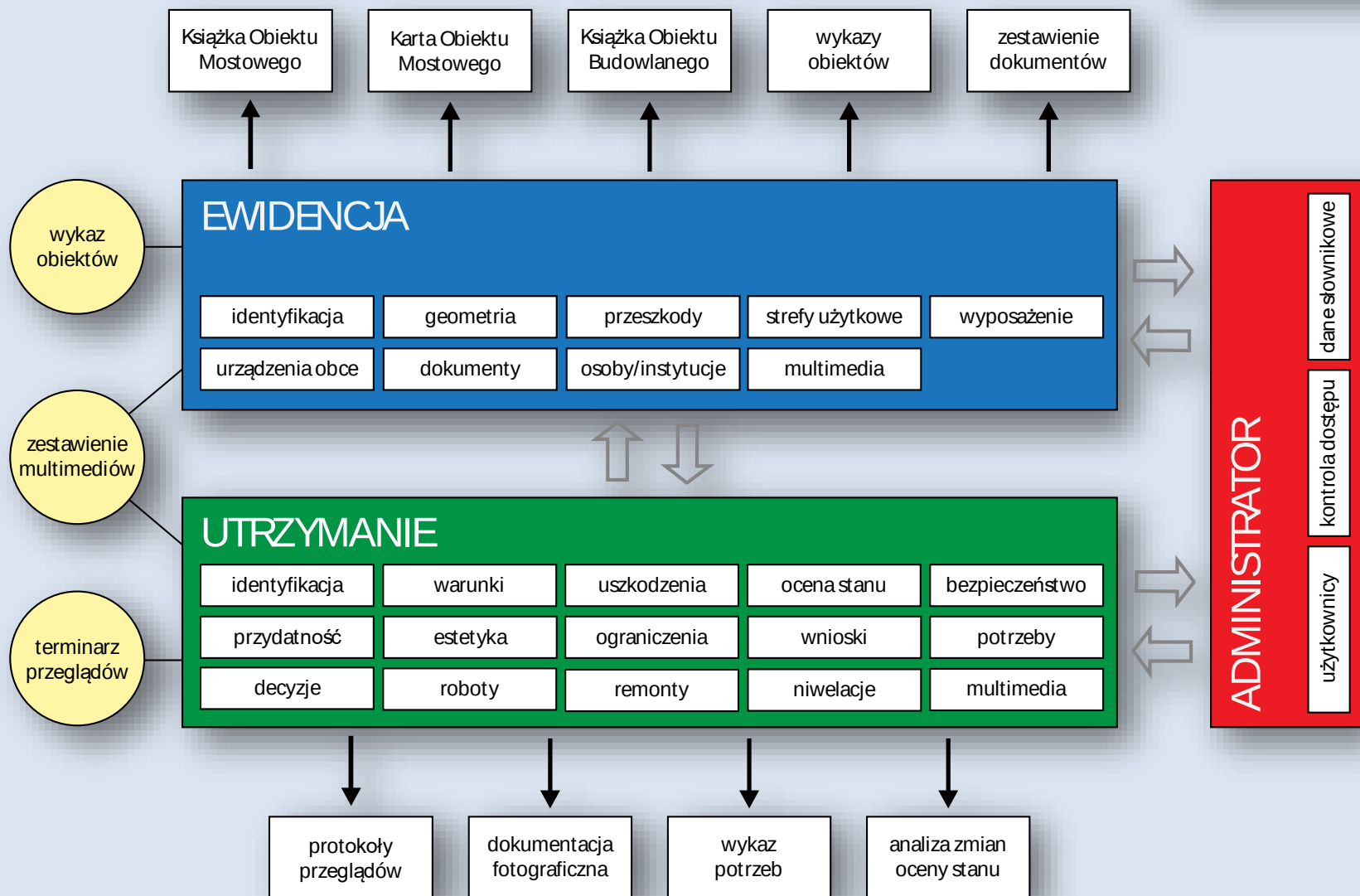
Zarządzanie obiektami inżynierskimi autostrady A2



System ROBIN 2021

Autostrada A2

Schemat funkcjonalny



System ROBIN 2021

Autostrada A2

Ewidencja

SZOK® - System Zarządzania Obiektami Komunikacyjnymi [WERSJA DEMONSTRACYJNA]

Mapa Obiekty Przegląd Wstaw Usuń Edytuj Kopiuj Drukuj Podgląd Okna Kontakty Admin Info

Wszystkie obiekty
Wszystkie obiekty
Drogi krajowe
Mosty

Numer drogi i kilometraż	JNI lub numer ewidencyjny	Nazwa	Miejscowość	Jednostka administracyjna
Wrocław, ul. Grunwaldzka 1011+662	4675477	Tunel testowy	Wrocław	pow. demonstracyjny, gm. Demonstra
Dojazdowa do bazy PKS 0+624	23521545	Wilkanów - most w ciągu drogi dojazdowej do ba	Wilkanów	pow. demonstracyjny, gm. Demonstra
235 517+666	A2222222222	Przeprawy testowy	Wrocław	pow. demonstracyjny, gm. Demonstra
235 316+545	A3333333333	Prom testowy	Swinoujście	pow. demonstracyjny, gm. Demonstra
33 324+233	63654744	Sciana oporowa testowa	Lipnica	pow. demonstracyjny, gm. Demonstra
33 145+035	32534643	Długopole - most w ciągu ul. Kolejowej	Długopole	pow. demonstracyjny, gm. Demonstra
565+012	00758585 / 00758585	Most Grunwaldzki	Wrocław	pow. demonstracyjny, gm. Demonstra
255+023	23323323			
	13920832			

Przeprawy A2222222222 (Przeprawy testowy)

Cały obiekt Składowe Referencje Utrzymanie Eksploatacja Zapis

Dane identyfikacyjne

Dane ogólne

Nazwa obiektu: Przeprawy testowy

Numer ewidencyjny: A2222222222

Rok budowy: 2000

Charakter zabudowy:

Stopień trwałości:

Funkcje użytkowe i współzrządcy obiektu

☐ Ruch drogowy ☐ Ciąg rowerowy

☐ Ruch drogowo-kolejowy ☐ Szlak wędrówek zwierząt

☒ Ruch drogowo-tramwajowy ☐ Handel

☒ Ciąg pieszy ☐ Usługi

Inne funkcje:

Współzrządcza części kolejowej

Współzrządcza części tramwajowej

ZDIUM we Wrocławiu
Długa 49
53-633 Wrocław

Informacje uzupełniające

Asortyment zlokalizowanych rezerw:
brak informacji

Uwagi:
brak informacji

☐ Dane do wyjaśnienia ☒ Dane kompletne

Cały obiekt Składowe Referencje Utrzymanie Eksploatacja Zapis

Strefy użytkowe Zdarzenia Sposób użytkowania

Rodzaj	Szerokość [m]	Pasy/tory [szt.]
chodnik	2.50	nd.
pas ruchu drogowego	2.90	2
torowisko tramwajowe	3.15	1
torowisko tramwajowe	3.15	1
pas ruchu drogowego	2.90	2
chodnik	2.50	nd.

System oczekuje na polecenia

1 / 13 51° 10' 52.70" N 17° 03' 43.00" E

System ROBIN 2021

Autostrada A2

Utrzymanie



SZOK® - System Zarządzania Obiektami Komunikacyjnymi [WERSJA DEMONSTRACYJNA]

Mapa Obiekty Przegląd Wstaw Usuń Edytuj Kopiuj Drukuj Podgląd Okna Kontakty Admin Info

Wszystkie przeglądy

Termin **Typ** **Status** **Obiekt**

Katalog uszkodzeń

Oznaczenie i rodzaj uszkodzenia

	Stal	Żelbetonowa	Guma	Asfalt	Grunt	Tworzywa sztuczne
B Zanieczyszczenia	NB	ND	NC	NK	NS	NP
W Wegetacja roślin	WB	WD	WC	WK	WS	WP
C Przecieki wody	CB	CD	CC	CK	CS	CP
O Osady lub wykwity	OB	OD	OC	OK	OS	OP
A Zniszczenie zabezpieczeń antykorozyjnych	AB	AD	AC	AK	AS	AP
K Korozja, gnicie, starzenie	KB	KD	KC	KK	KS	KP
R Zarysowania i pęknięcia	RB	RD	RC	RK	RS	RP
L Uszkodzenia łączników	LB	LD	LC	LK	LS	LP
D Deformacje	DB	DD	-	DS	DP	DZ
P Przemieszczenia, osiadanie	PB	PD	PC	PK	PS	PP
B Zablockowanie, ograniczenie ruchu	BB	BD	-	BS	BP	BG
U Ubytki, braki lub erozja materiału	UB	UD	UC	UK	US	UP
Z Zniszczenie struktury materiału	ZB	ZD	ZC	ZK	ZS	ZP

Isolacja pomostu - wykryte uszkodzenia:
stal konstrukcyjna - przecieki wody

3,60

ocena średnia obiektu

11 Łożyska KS US
12 Urządzenia dylatacyjne
13 Przyczółki
14 Filary CC CK RK
15 Koryto rzeki, przestrzeń podmostowa
16 Przeguby
17 Konstrukcje oporowe, skrzydełka
18 Urządzenia ochrony środowiska
19 Zakotwienia cięgien

Podsumowanie

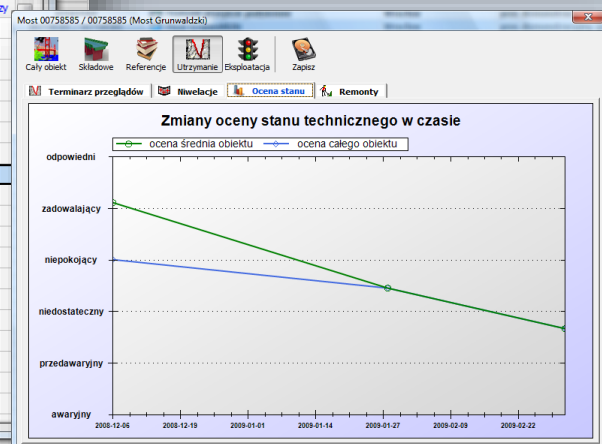
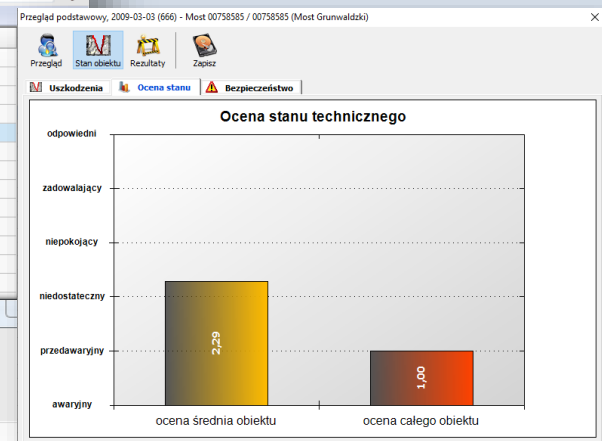
14 uszkodzeń, 1 zalecenie, 5 robót
3 uszkodzenia
20 uszkodzeń, 2 zalecenia, 4 roboty
23 uszkodzenia, 1 zalecenie, 4 roboty
34 uszkodzenia, 2 zalecenia, 5 robót

22 uszkodzenia, 4 zalecenia, 3 roboty
26 uszkodzeń, 4 zalecenia, 3 roboty
20 uszkodzeń, 4 zalecenia, 2 roboty
6 uszkodzeń, 5 zaleceń, 4 roboty
11 uszkodzeń, 1 zalecenie, 5 robót
10 uszkodzeń, brak zaleceń, 4 roboty
brak uszkodzeń, brak zaleceń, 4 roboty

758585 / 00758585 (Most Grunwaldzki)

Kod rodzaju uszkodzenia Stan Wskazana ekspertyza Tryb ekspertyzy

4 (zadowalający)
5 (odpowiedni)
4 (zadowalający)
4 (zadowalający)
4 (zadowalający)
5 (odpowiedni)
3 (niepokojący)
3 (niepokojący)
4 (zadowalający)
4 (zadowalający)
4 (zadowalający)
4 (zadowalający)
4 (zadowalający)
5 (odpowiedni)

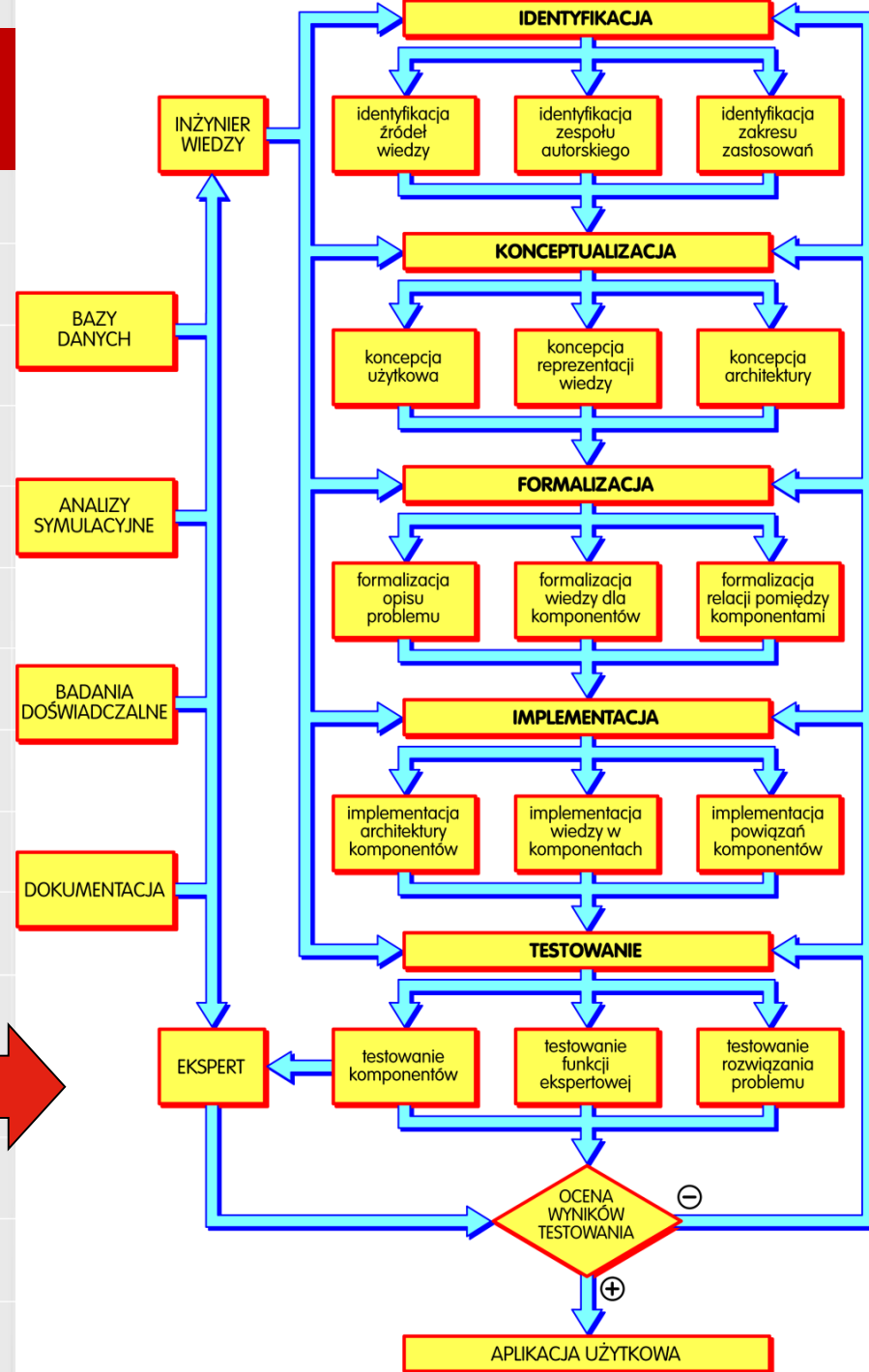


Technologie informatyczne w zarządzaniu obiektami mostowymi

System ekspertowy – program komputerowy wspomagający podejmowanie decyzji, w którym można wyróżnić bazę wiedzy, zawierającą wiedzę dziedzinową istotną dla podejmowanych decyzji, oraz system wnioskujący korzystający z bazy wiedzy dla wypracowania decyzji.

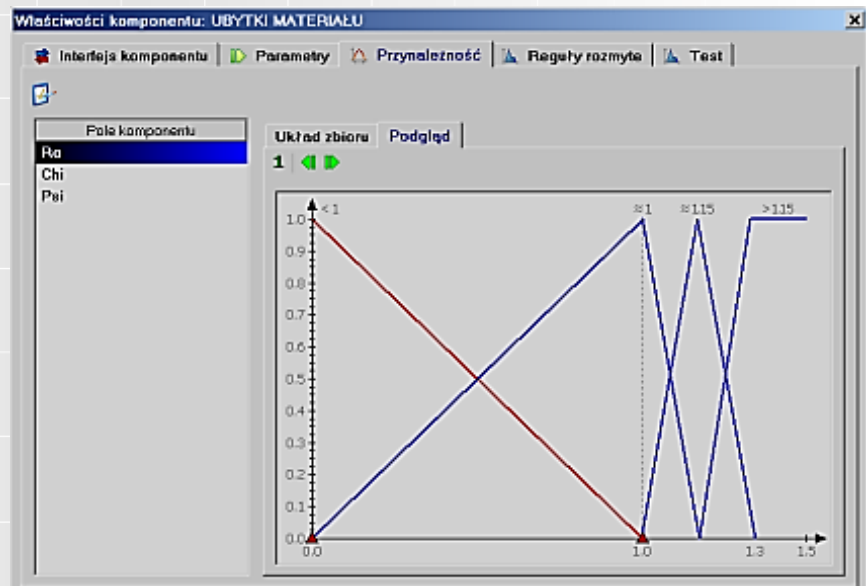
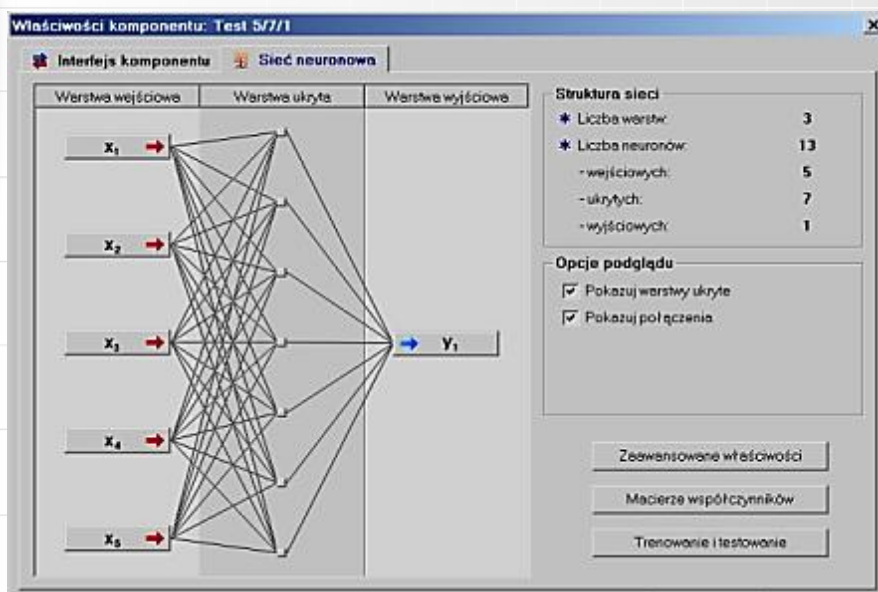
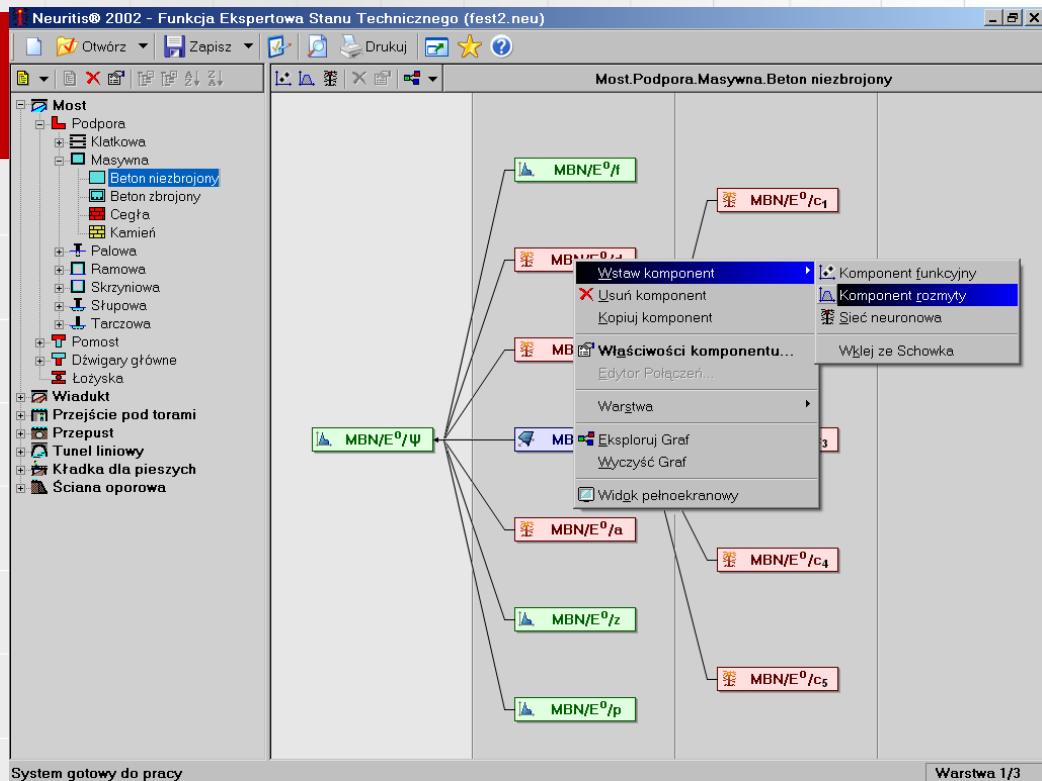
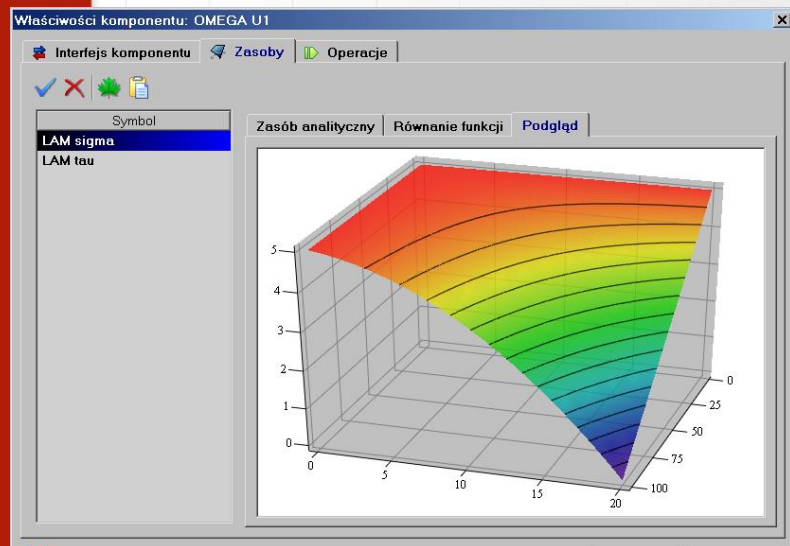
Narzędzie ekspertowe – komputerowy program konsultacyjny zastępujący eksperta, wspomagający korzystanie z wiedzy i podejmowanie decyzji.



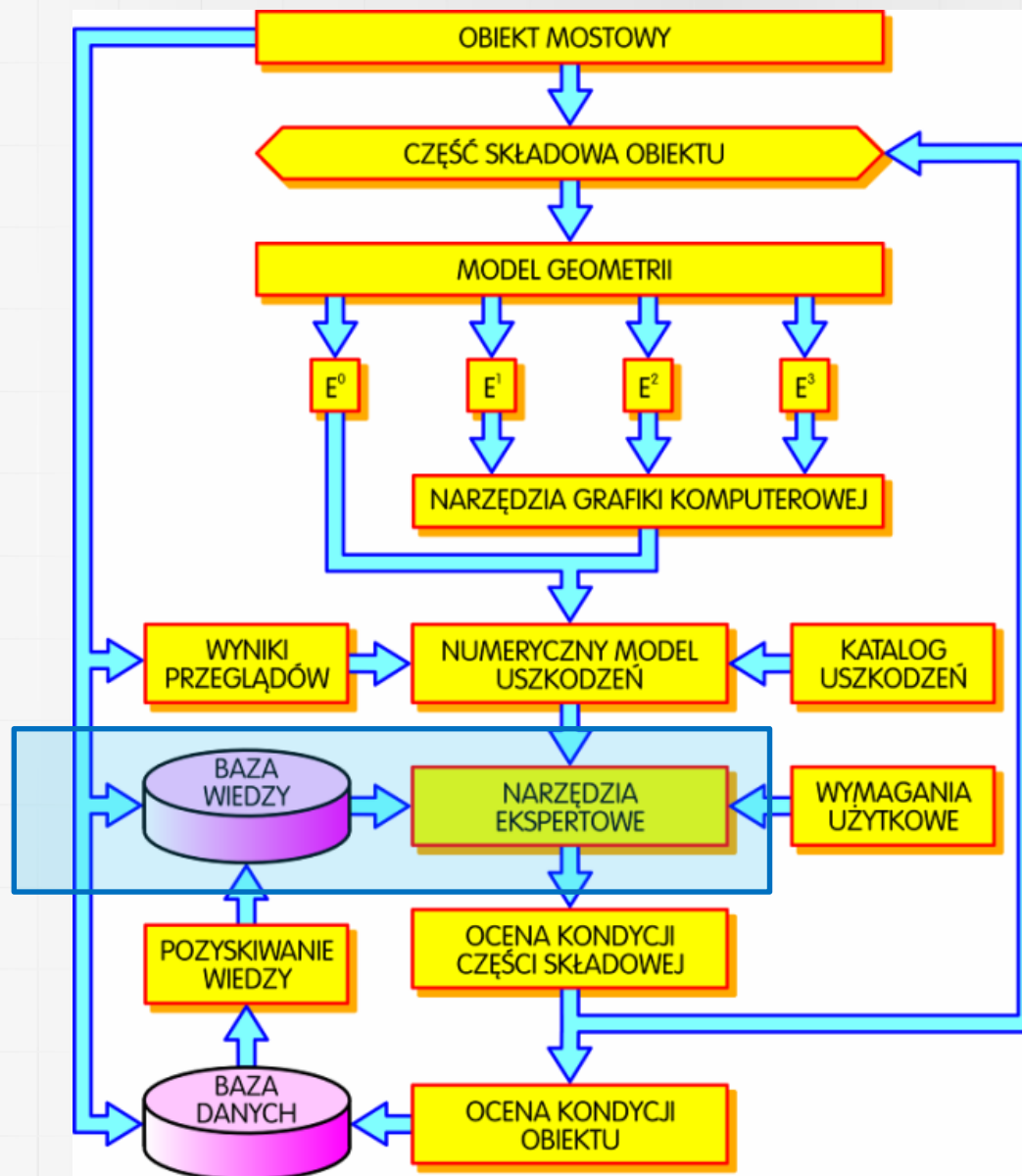


Technologie informatyczne w zarządzaniu mostami

Narzędzia ekspertowe



Technologie informatyczne w zarządzaniu obiektami mostowymi





Kształcenie uczestników systemu zarządzania

PODYPLOMOWE SZKOLENIA DROGOWYCH INSPEKTORÓW MOSTOWYCH

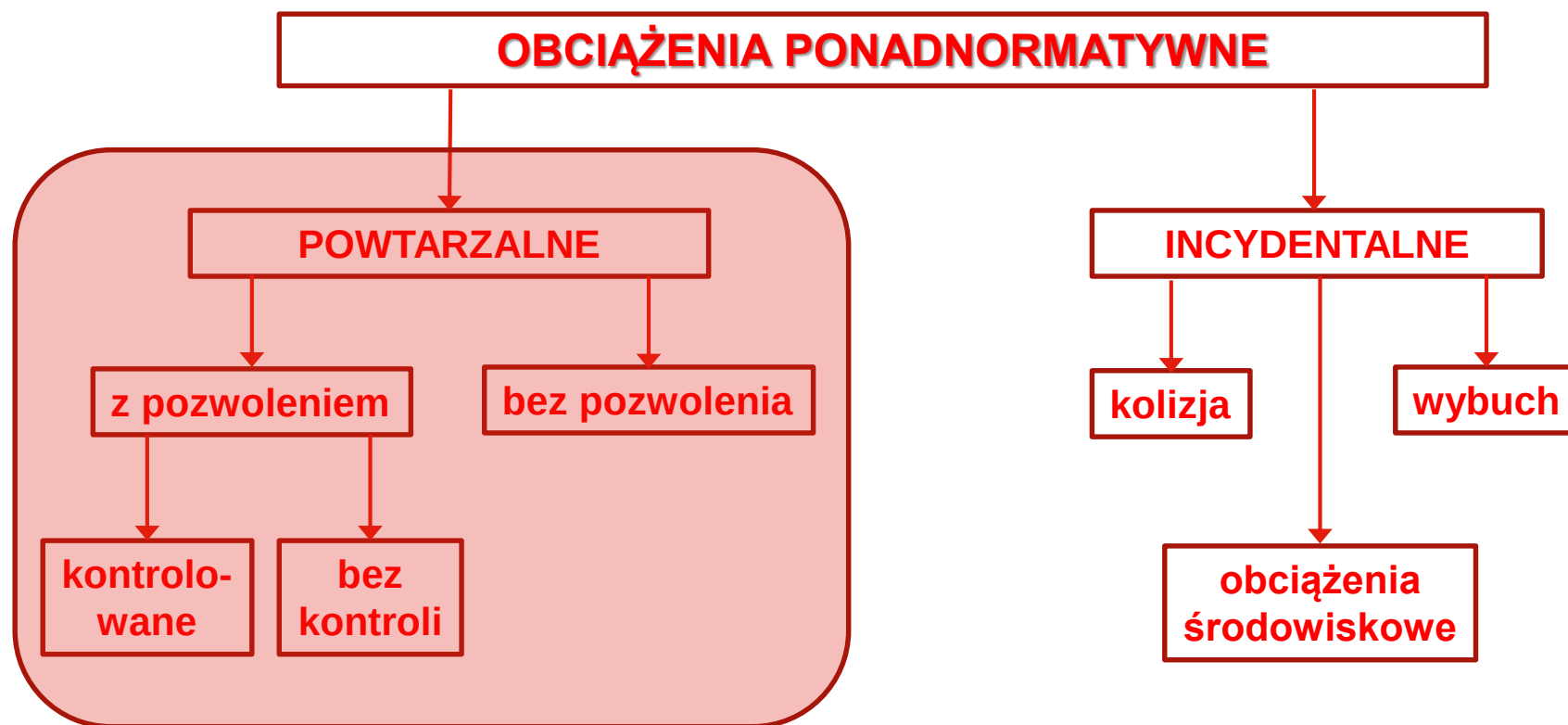
- **Poziom podstawowy:** 52 edycje (ok. 780 uczestników)
- **Poziom zaawansowany:** 8 edycji (ok. 120 uczestników)

KONFERENCJE, SEMINARIA, PUBLIKACJE



Zagrożenia ?

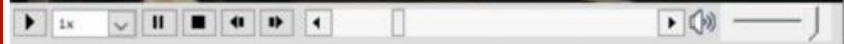
Obciążenia ponadnormatywne



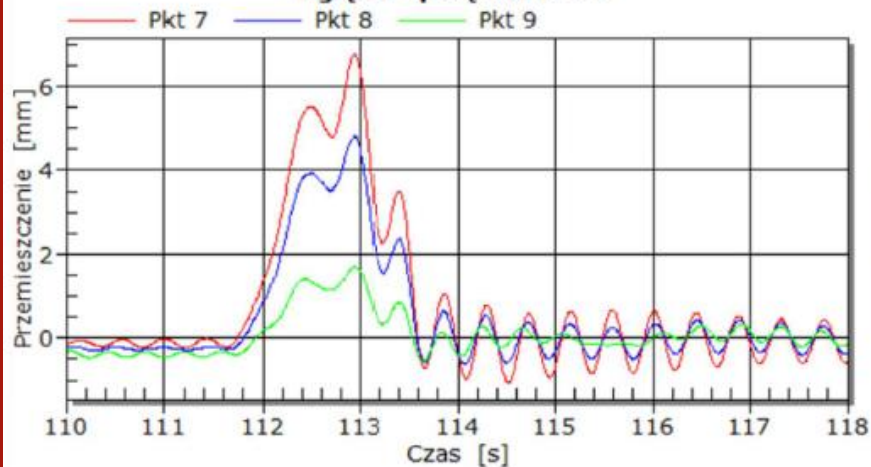
Zagrożenia ?

Obciążenia ponadnormatywne

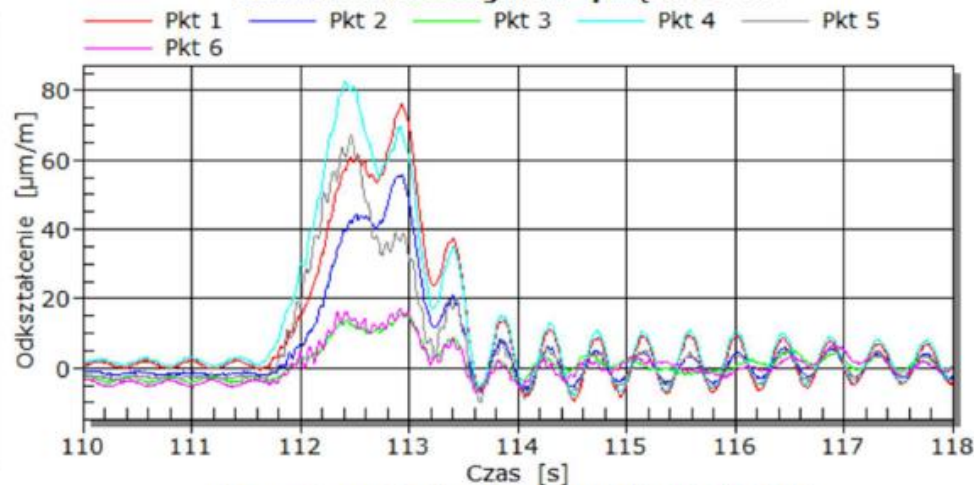
b23_2017_08_31_17_23_44_Camera_1.avi (00:10:00 - fps: 10,0 - 1280x720)



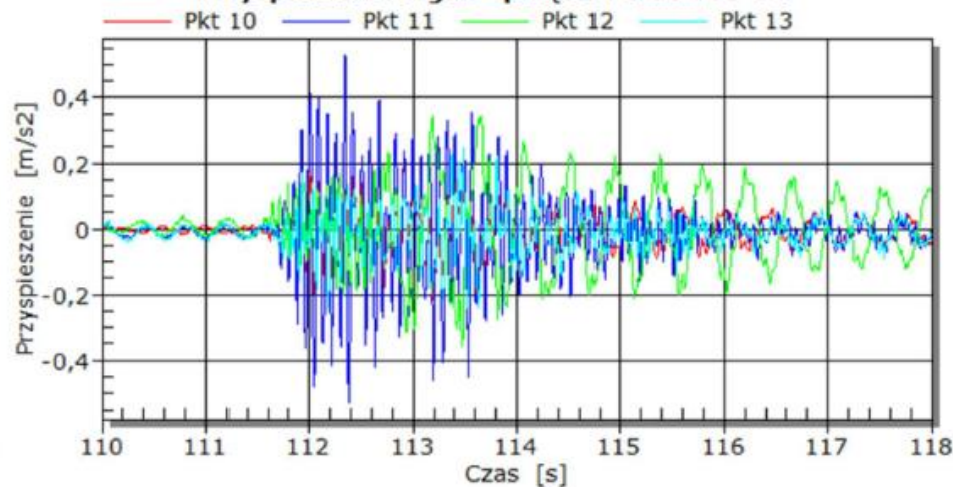
Ugięcia - prześło P7-P8



Odształcenia dźwigarów - prześło P7-P8



Przyspieszenia drgań - prześła P6-P7 i P7-P8



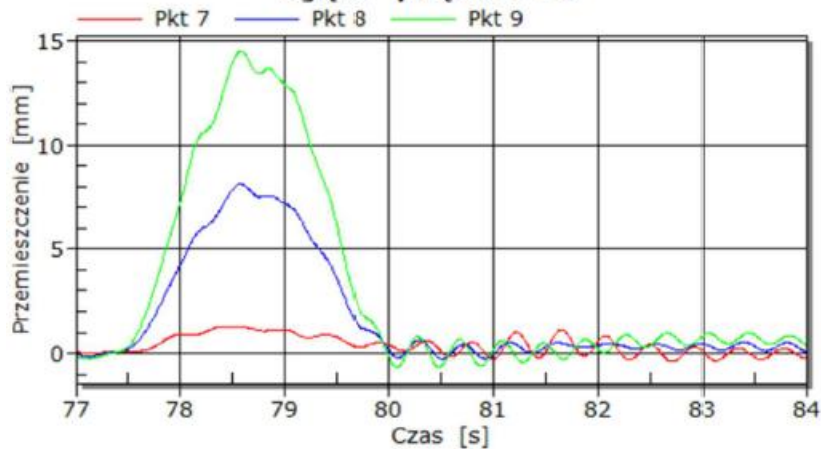
Zagrożenia ?

Obciążenia ponadnormatywne

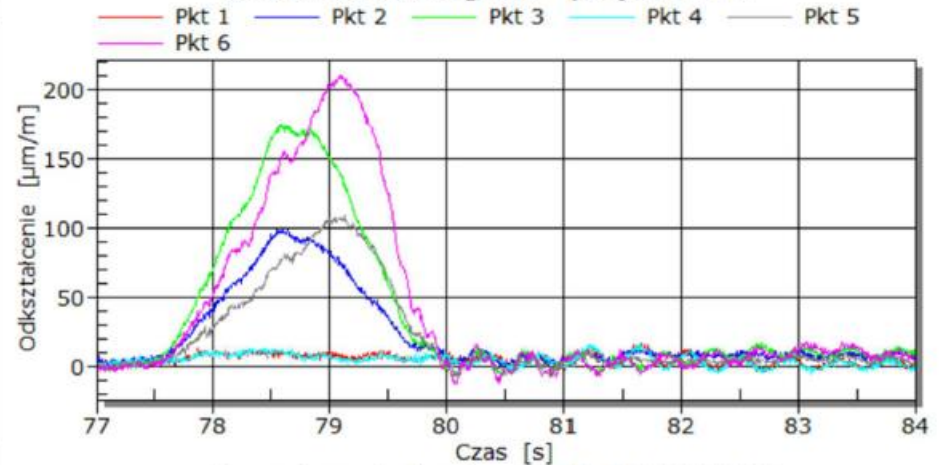
b24_2017_09_01_07_03_01_Camera_1.avi (00:10:00 - fps: 10,0 - 1280x720)



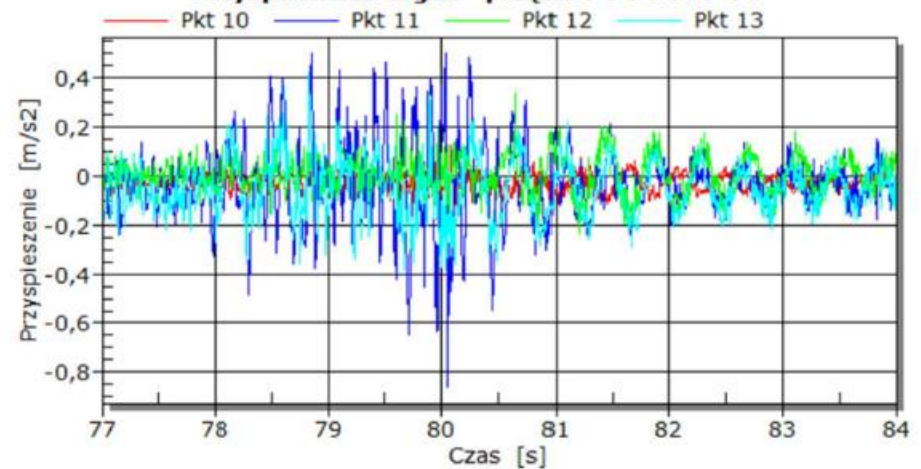
Ugięcia - przęsło P7-P8



Odkształcenia dźwigarów - przęsło P7-P8

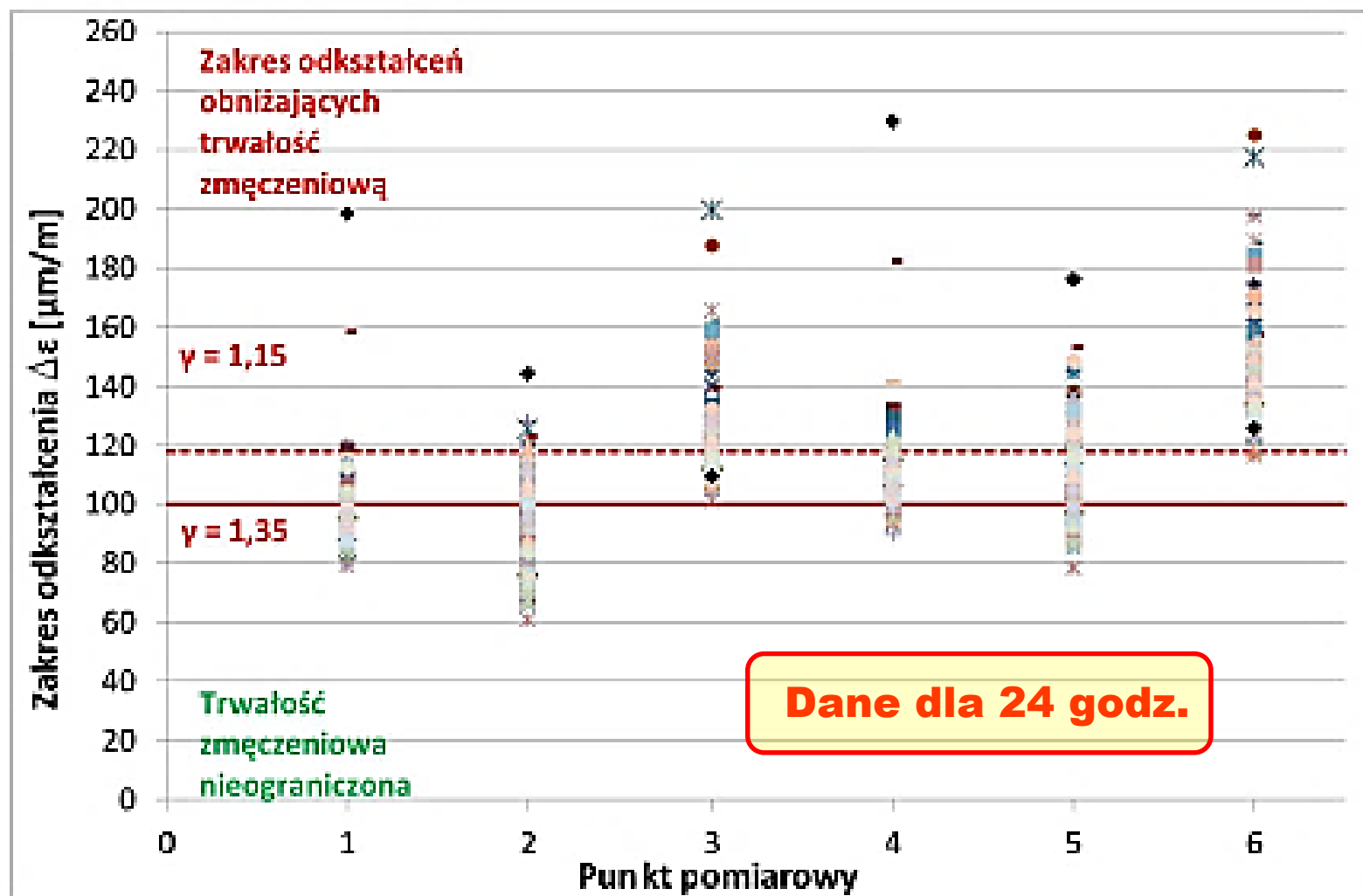


Przyspieszenia drgań - przęsła P6-P7 i P7-P8



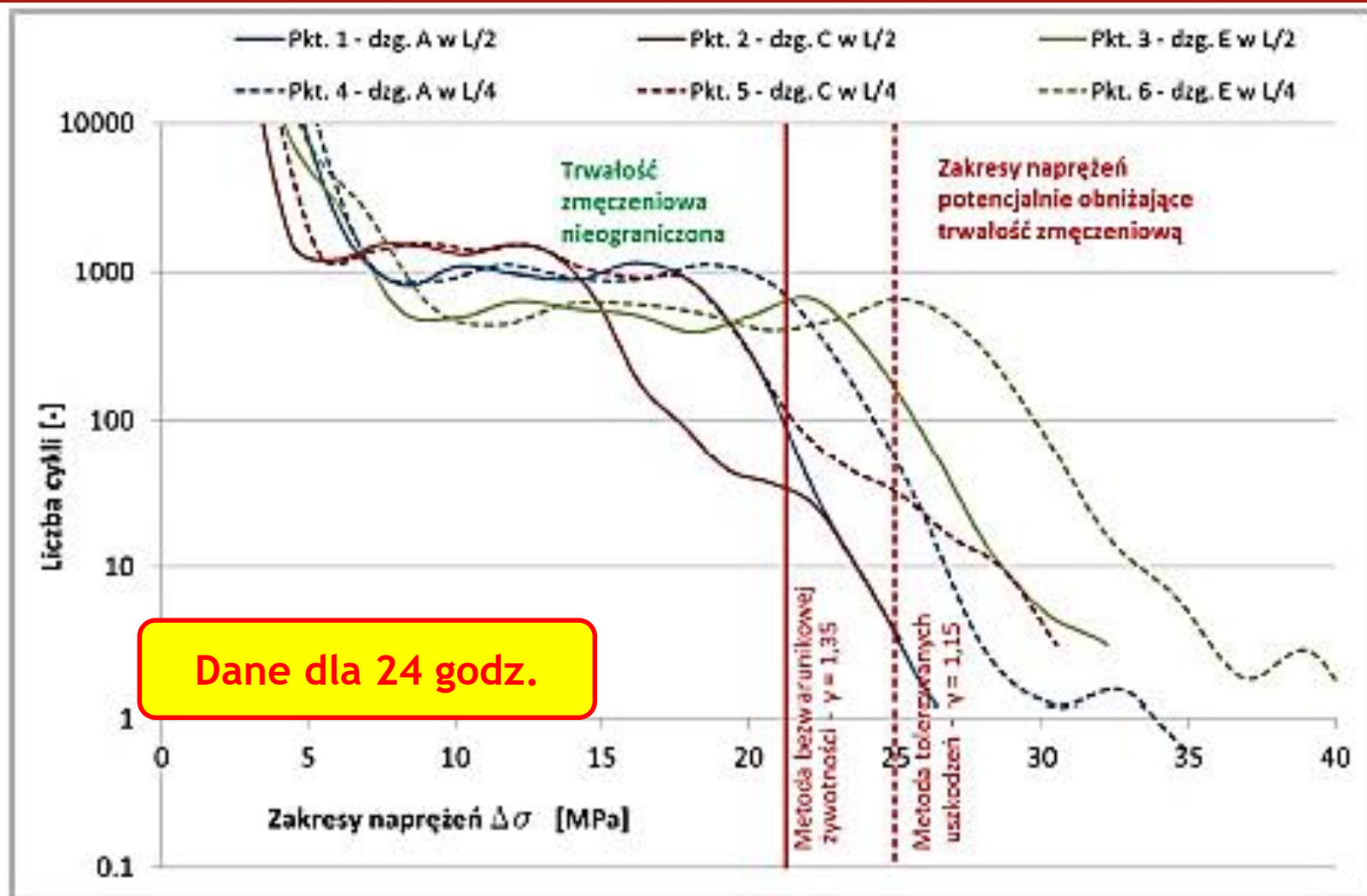
Zagrożenia ?

Obciążenia ponadnormatywne



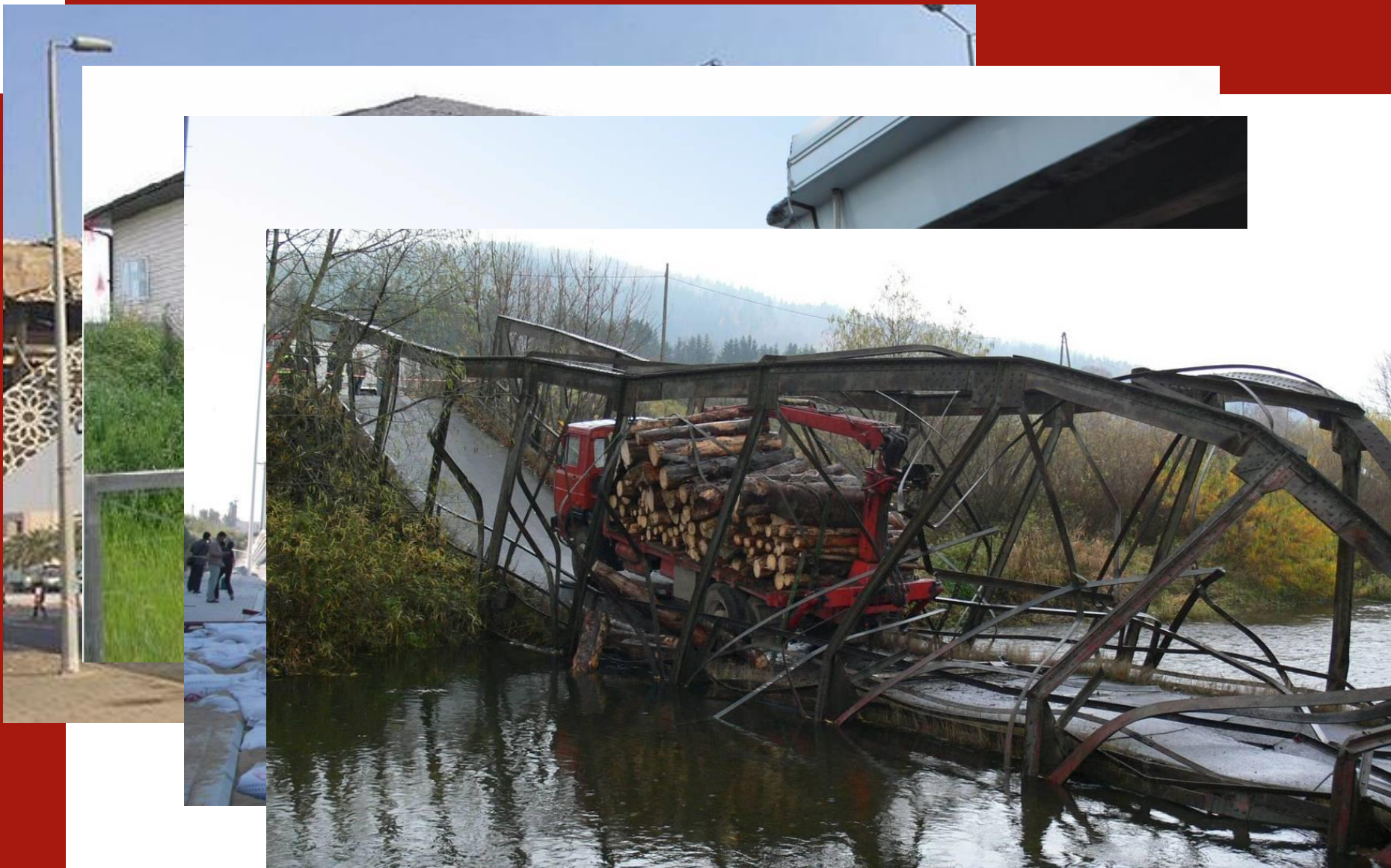
Zagrożenia ?

Obciążenia ponadnormatywne





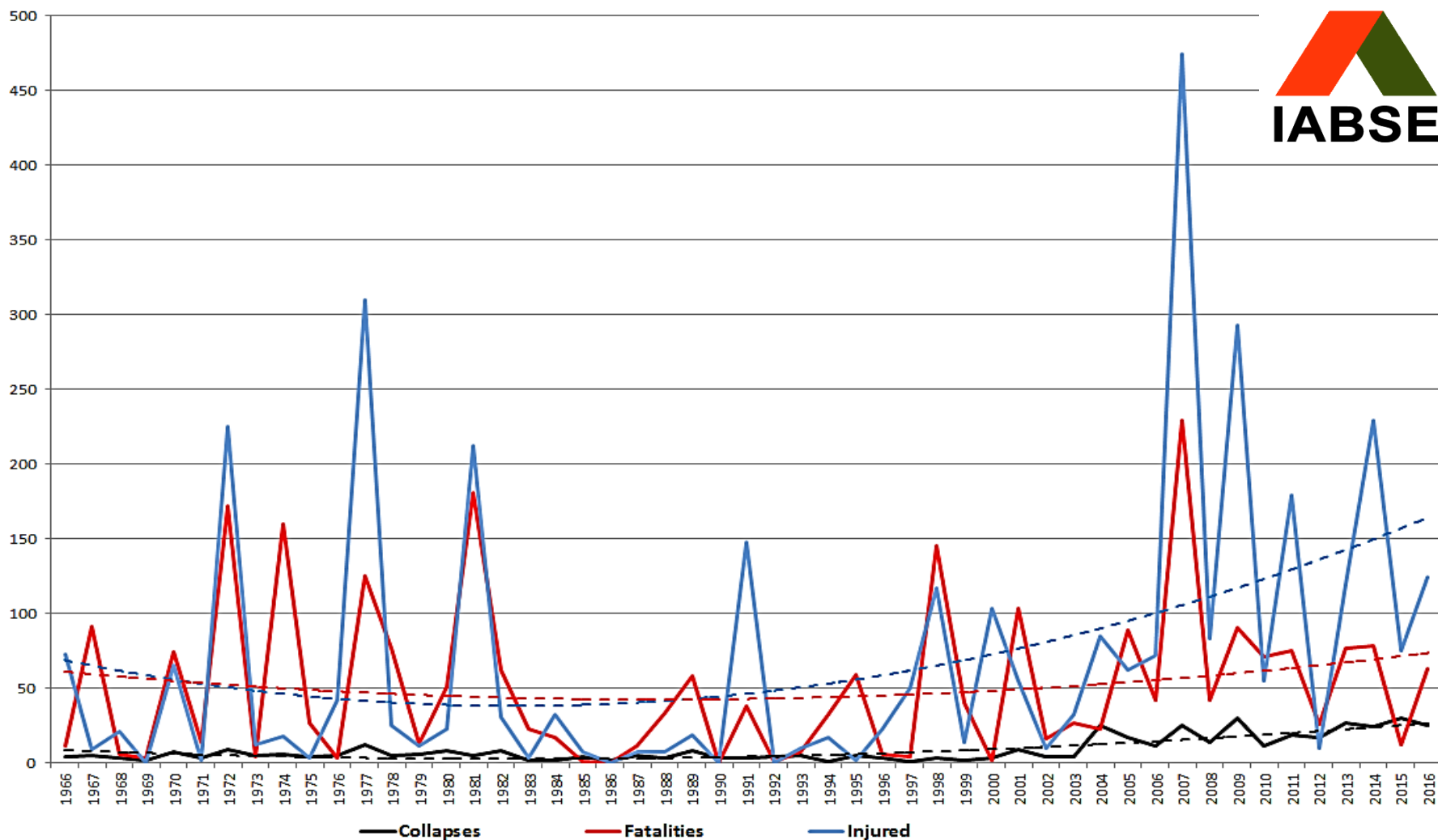
Zagrożenia ?





Globalna baza danych o awariach i katastrofach mostów

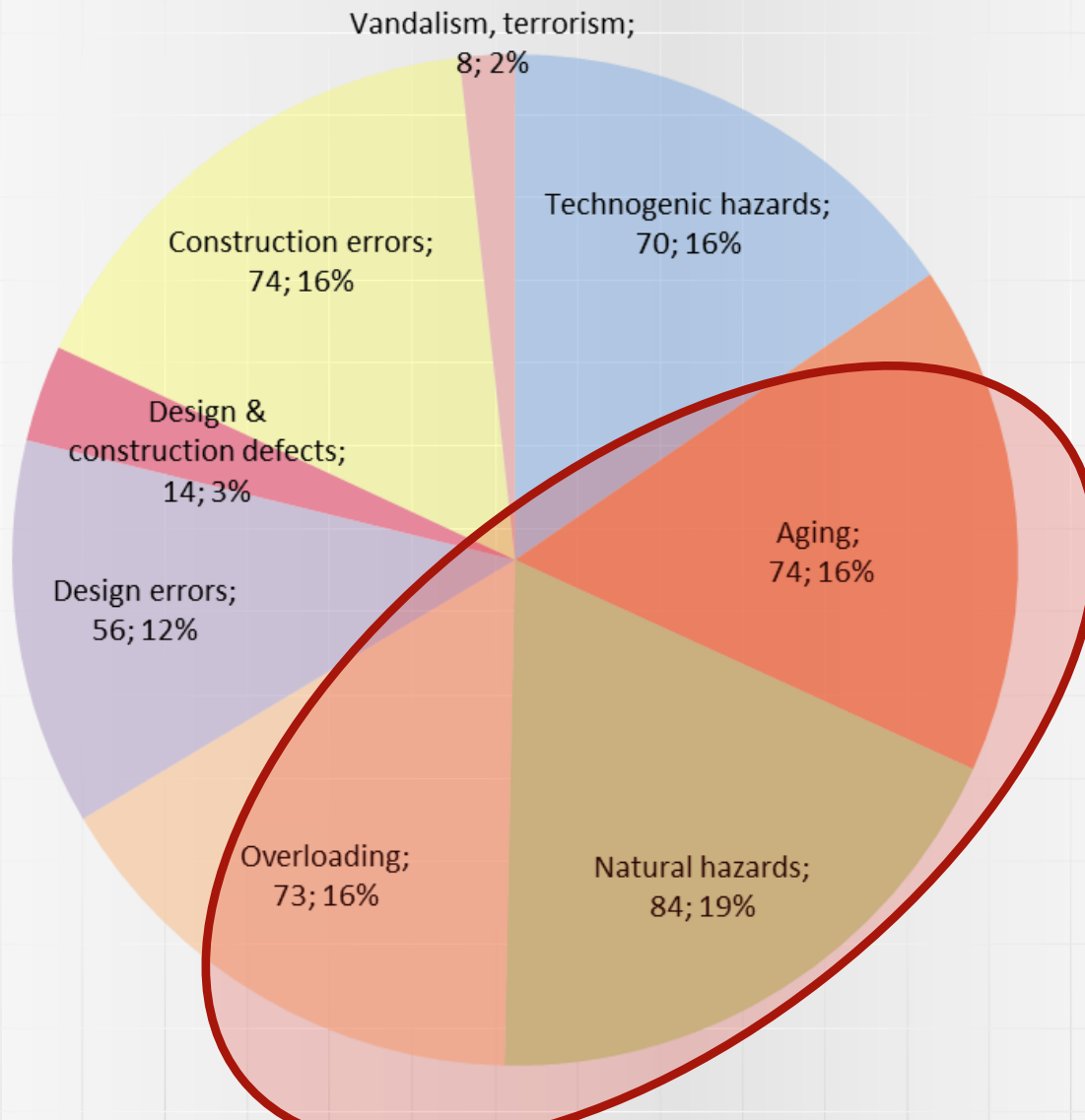
Liczba katastrof mostów drogowych oraz liczby osób
zabitych i rannych w latach **1966-2017**





Globalna baza danych o awariach i katastrofach mostów

Podstawowe czynniki wpływające na powstanie katastrof mostów i wiaduktów drogowych oraz kładek dla pieszych **1966-2017**



Globalna baza danych o awariach i katastrofach mostów

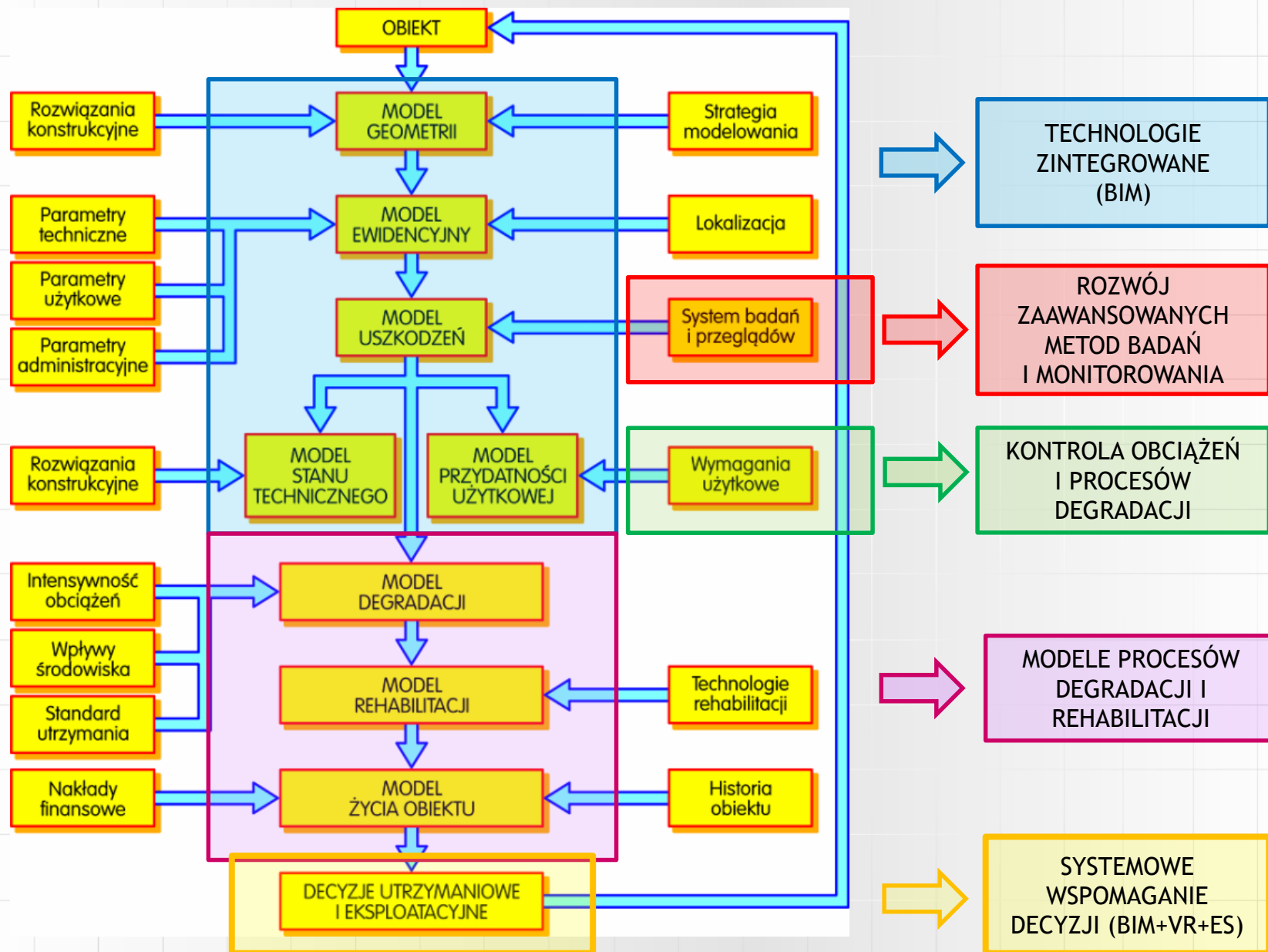
Globalna baza danych:

- okres: od **1966**
- **513** katastrof w 73 krajach
- łącznie ofiar śmiertelnych **2874**,
średnio **55** osób rocznie
- łączna liczba rannych **4283**,
średnio **88** osób rocznie
- największa roczna liczba ofiar śmiertelnych **245** (2007) i rannych **465** (2007)
- rocznie ok. **10** katastrof, średnio **5** osób zabitych i **8** rannych w katastrofie





Podsumowanie - i co dalej?



Podsumowanie - i co dalej?

Główne kierunki rozwoju wspomaganych komputerowo systemów zarządzania infrastrukturą mostową

1) Technologie informatyczne

- 3-wymiarowe modele obiektów => **BrIM** (Bridge Information Management)
- narzędzia ekspertowe wspomagające decyzje => **ES** (Expert Systems)
- rzeczywistość wirtualna => **VR** (Virtual Reality)

2) Zaawansowane metody diagnostyczne

- urządzenia mobilne + zaawansowane technologie diagnostyczne
- diagnostyka przyczynowa
- monitorowanie procesu eksploatacji i zmian stanu obiektów

3) Technologie utrzymaniowe

- modelowanie i prognozowanie procesów degradacji
- modelowanie procesów rehabilitacji
- zaawansowane materiały i techniki rehabilitacji

4) Kształcenie uczestników systemu zarządzania

- specjalistyczne szkolenia
- konferencje, publikacje, podręczniki



Podsumowanie - i co dalej?

Rozwój wspomaganych komputerowo systemów zarządzania infrastrukturą mostową

Generacja systemów	Wykorzystywane technologie				
	bazy danych, algorytmy ich przetwarzania	algorytmy wspomagania decyzji	bazy wiedzy i systemy ekspertowe	grafika kompute- rowa 3D	technologie zintegro- wane (BIM+VR+ES)
I	●				
II	●	●			
III	●	●	●		
IV	●	●	●	●	
V	●	●	●	●	●

**DZIĘKUJĘ
ZA UWAGĘ!**

