

RANGIRANJE PRIORITETA U POPRAVKU CESTOVNIH MOSTOVA NA TEMELJU OCJENE KLJUČNIH POKAZATELJA UČINKOVITOSTI - KPI



Ana Mandić Ivanković

Sadržaj

❑ Metodologija ocjenjivanja

- Oštećenja povezana s elementima
- Razina elementa (komponente)
- Prijelaz s razine elementa na razinu sustava
- Razina sustava
- Razina mreže

❑ Primjena na stvarne mostove

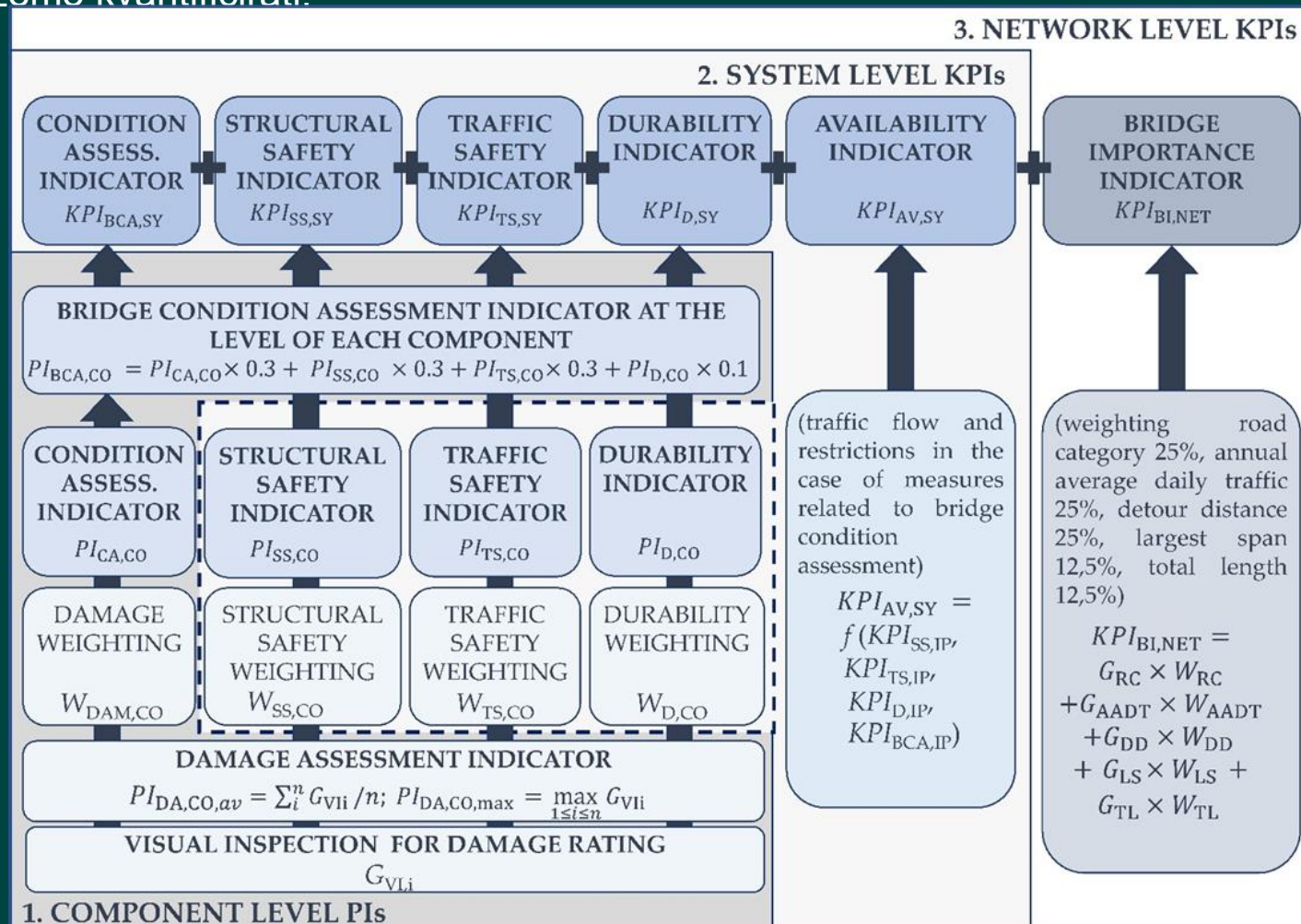
- Case study grupa mostova
- Podaci o mostovima i značajnim oštećenjima
- Analiza rezultata za odluke o rangiranju prioriteta

❑ Daljnje preporuke za procjenu KPI u vremenu

❑ Zaključci

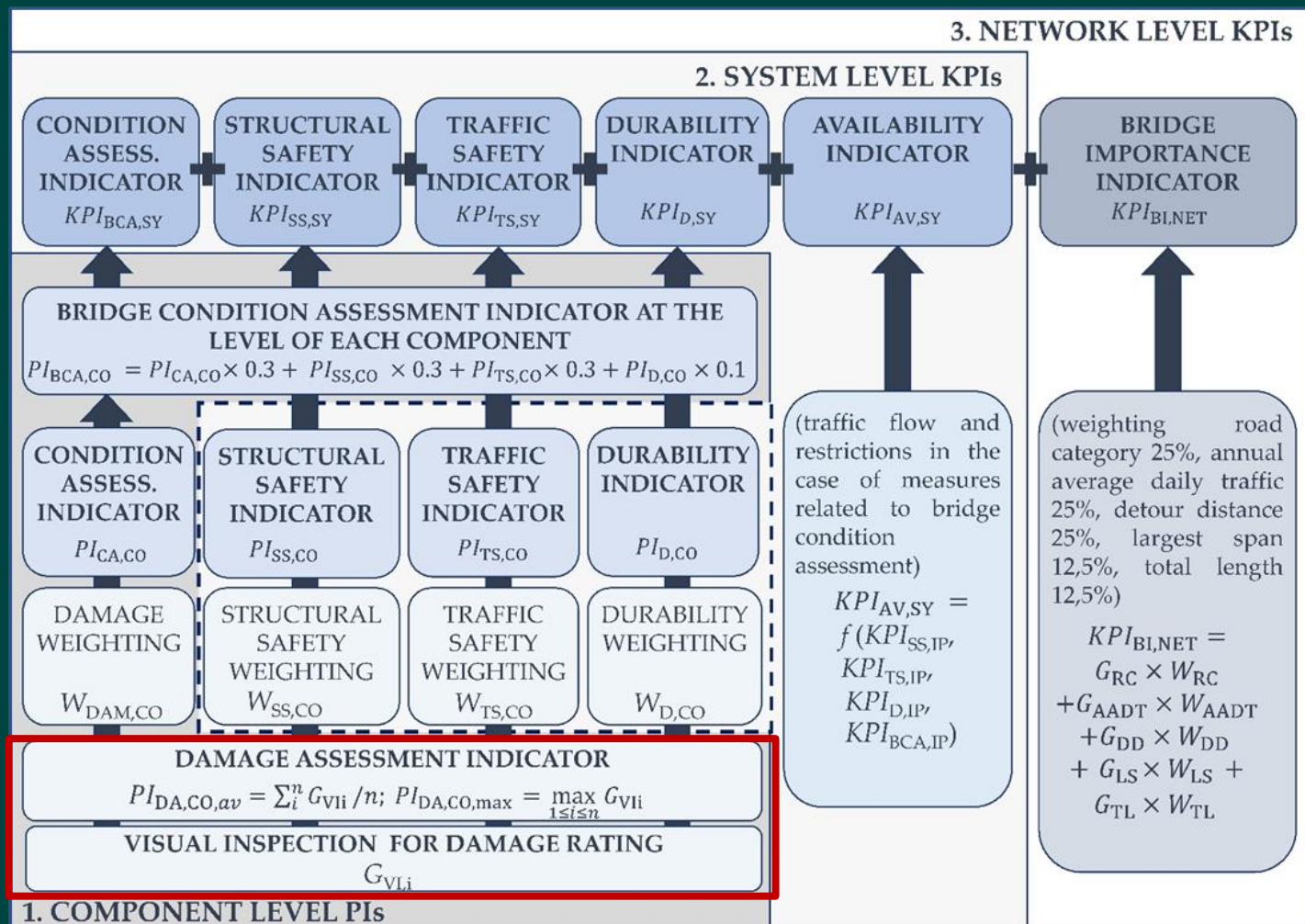
METODOLOGIJA OCJENJIVANJA

- Vrednovanje indikatora učinkovitosti od razine komponente (element) preko razine sustava (cjelokupni most) pa sve do razine mreže (svi mostovi u sklopu promatrane cestovne mreže).
- Temelji se na vizualnom pregledu i subjektivnoj ocjeni inženjera - kvalitativan pristup, ipak ga donekle možemo kvantificirati.



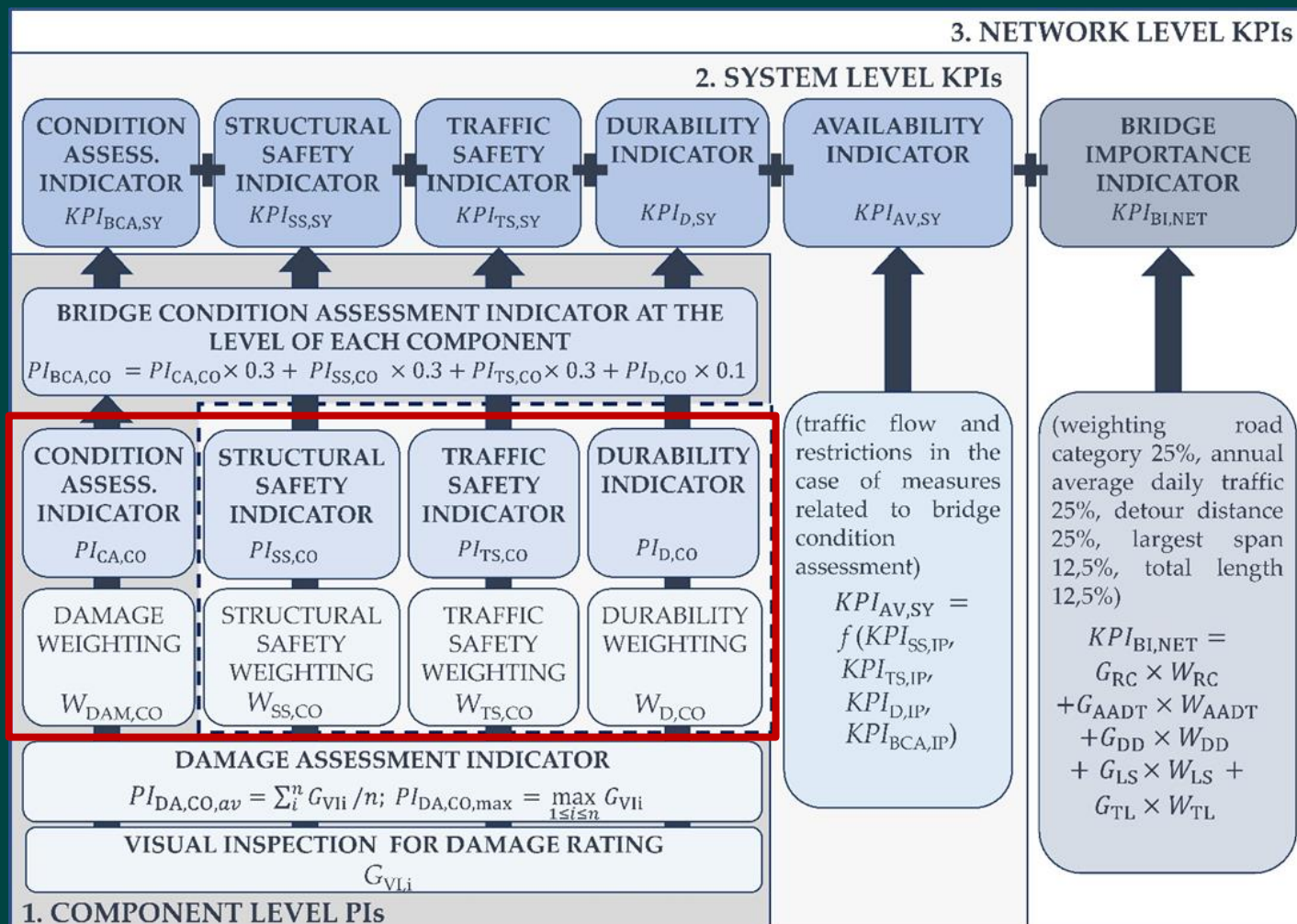
METODOLOGIJA OCJENJIVANJA

- Započinje ocjenjivanjem oštećenja pojedinog elementa, što podrazumijeva otkrivanje oštećenje, ali i identificiranje uslijed čega je nastalo te kakav mu je utjecaj na stanje odgovarajućeg elementa mosta.



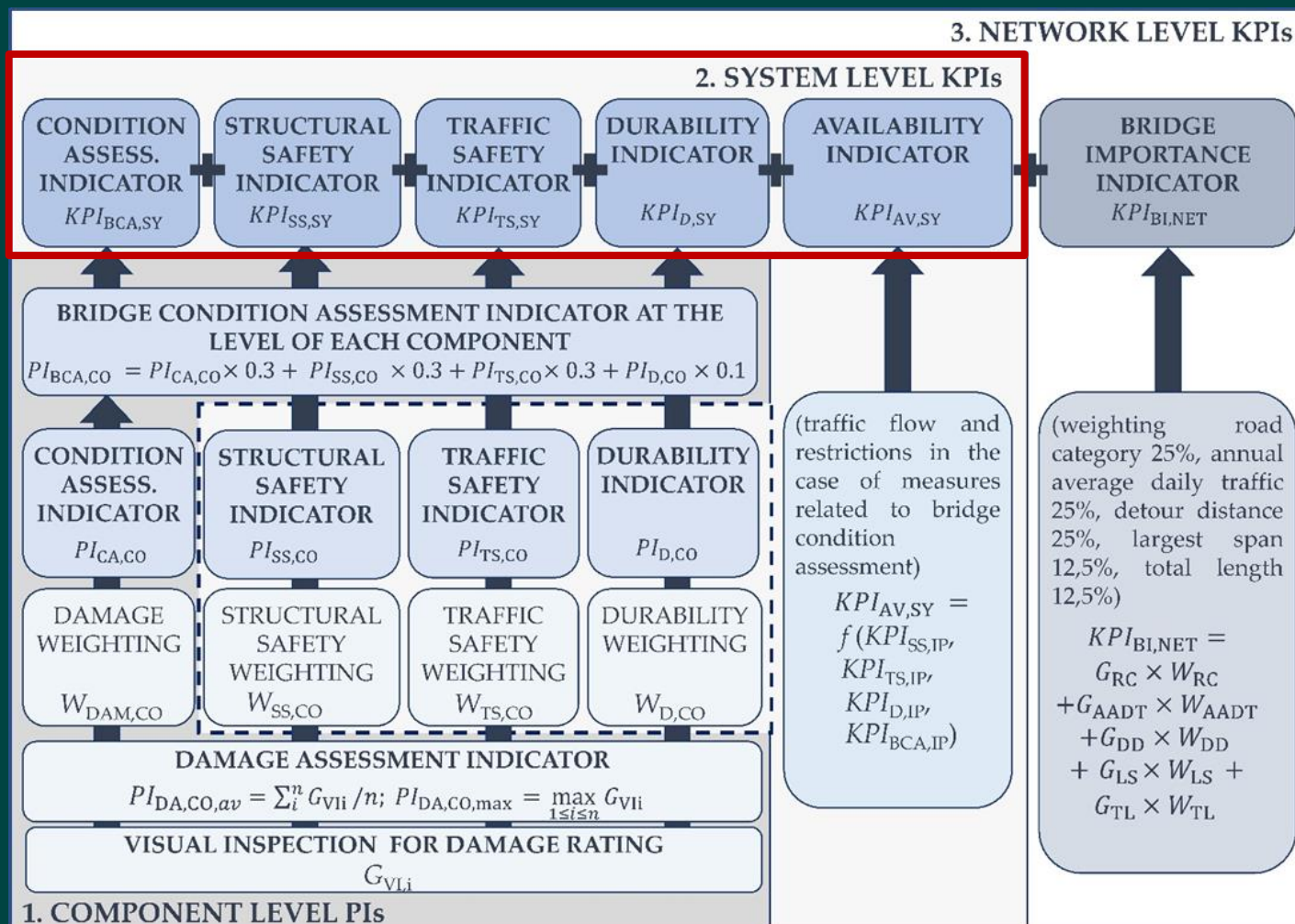
METODOLOGIJA OCJENJIVANJA

- Kako bi se, uz ocjenu stanja na razini komponente, utvrdio utjecaj oštećenja pojedinog elementa na stanje cjelokupnog mosta, valja ocijeniti i učinak svakog oštećenja na sigurnost konstrukcije, prometnu sigurnosti i trajnosti.



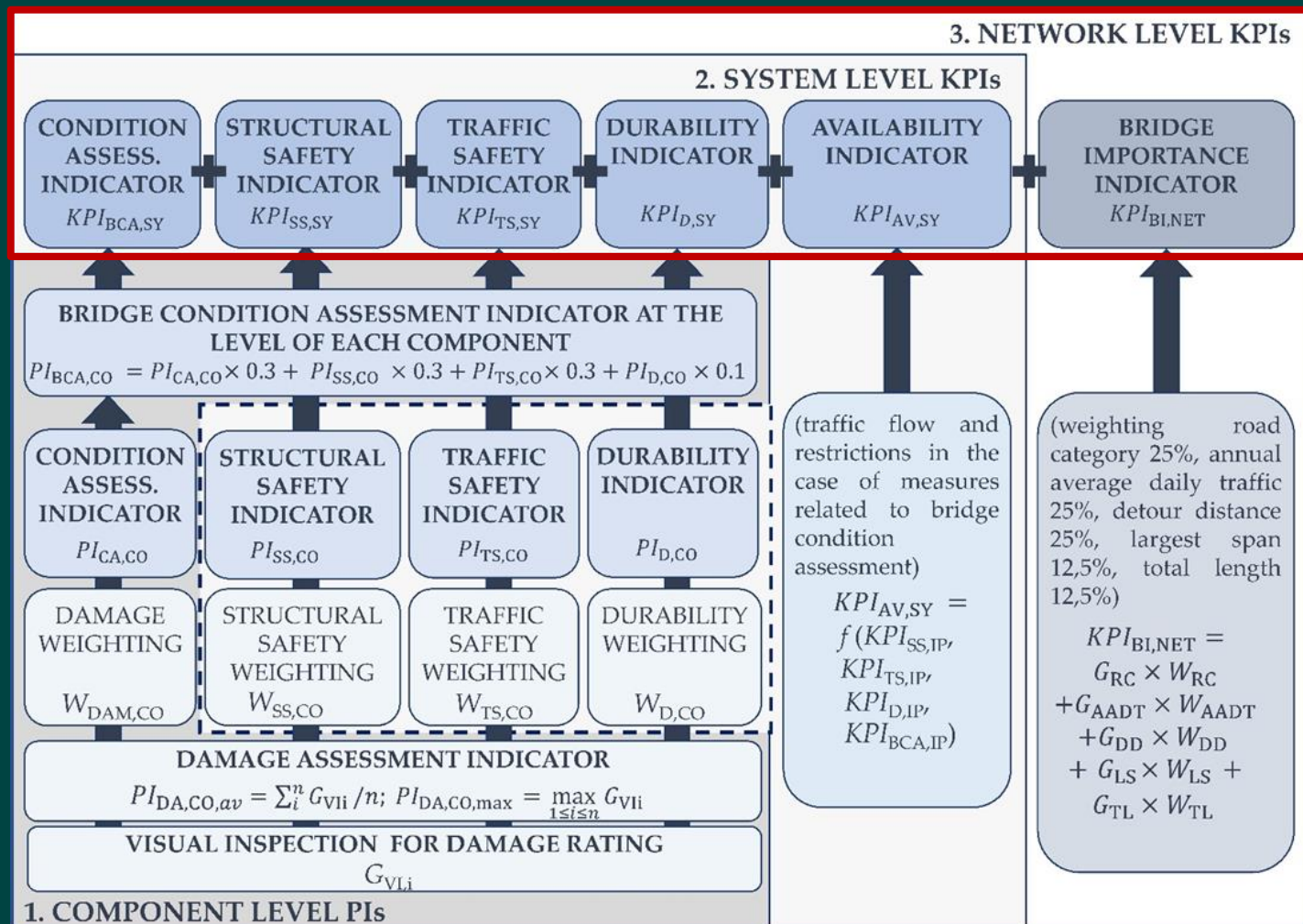
METODOLOGIJA OCJENJIVANJA

- Na razini sustava, KPI-ovi cjelokupnog mosta otkrivaju se kao maksimalne vrijednosti među PI-ovim komponenti. Dodatni KPI opisuje dostupnost mosta tijekom eventualnih popravaka uslijed njegovog stanja



METODOLOGIJA OCJENJIVANJA

- Na razini mreže, most se procjenjuje kako bi se odredila njegova važnost u cjelokupnoj cestovnoj mreži. Ocjena na ovoj razini, uz podatke s prethodne razine pojedinog mosta, omogućuje konačni cilj – rangiranje prioriteta u održavanju između promatranih mostova mreže.



OŠTEĆENJA POVEZANA S KOMPONENTAMA

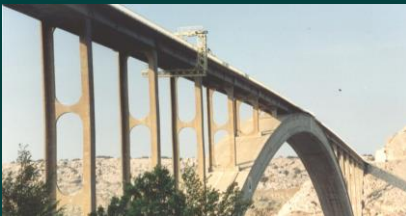
- ❑ Pregledi mostova općenito se provode na razini komponenata (elemenata) mostova koji formiraju tri glavna podsustava mostova:

KOLNIČKA POVRŠINA I OPREMA



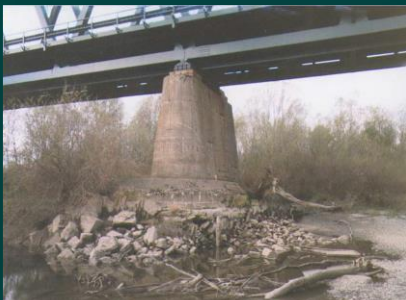
Postoji veliki popis oštećenja koja se moraju promatrati tijekom vizualnih pregleda.

RASPONSKA KONSTRUKCIJA



Reduciran popis pojmova vezanih uz pokazatelje učinkovitosti, koji je uspostavljen tijekom analiziranja baze podataka različitih europskih upravitelja mostovima kroz rad radne grupe 1 europske COST Akcije TU 1406 poslužio je kao dobar temelj za izdvajanje ključnih pokazatelja oštećenja.

DONJI USTROJ



OŠTEĆENJA POVEZANA S KOMPONENTAMA

- ❑ Po prikupljanju stanja područja u ocjenjivanju mostova,
 - **ukupno 100 indikatora oštećenja**
 - ❑ npr. pukotine, odlamanje betonskog sloja, deformacija...
 - **povezanih uz odgovarajući element mosta**
 - ❑ npr. kolnik kao dio prometne površine, glavni nosač i ploča kao dio nosive konstrukcije mosta te stup i upornjak kao dio donjeg ustroja mosta, itd.
- utvrđeni su kao najvažniji pokazatelji koji se mogu dobiti vizualnim pregledima



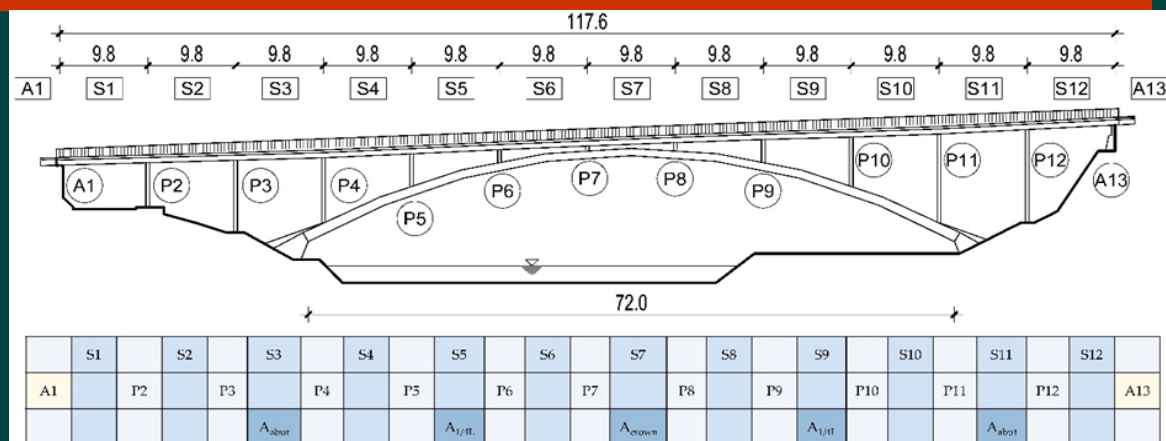
BRIDGE SUBSYSTEM	INDIVIDUAL PART	COMPONENT	DAMAGE	I _{DAM,CO,max}
TRAFFIC-RESERVED AREAS AND EQUIPMENT	SIDEWALK	PEDESTRIAN FENCE	weld crack	3
			degradation of corrosion protection coating	2
		BUFFER FENCE	concrete cover fracture	3
			weld crack	3
		SIDEWALK	degradation of corrosion protection coating	2
			block cracking	2
			cracks due to temperature change or shrinkage	2
			mix rutting	3
			asphalt cracks	3
			concrete cover fracture	4
			concrete wetting & efflorescence	3
		CORNICE	concrete cover fracture	4
			rock pocket	2
	PAVEMENT	CARRIAGEWAY STRUC.	mix rutting	3
			asphalt cracks	3
		EXPANSION JOINT	accumulation of dirt	4
			leakage	3
DRAINAGE	SURFACE DRAINAGE	CURB	mechanical damage	3
			concrete erosion	3
		WATER INLET	clogged drains	4

BRIDGE SUBSYSTEM	INDIVIDUAL PART	COMPONENT	DAMAGE	I _{DAM,CO,max}	
BRIDGE SUPERSTRUCTURE	GIRDER STRUCTURE	ROADWAY SLAB	vibration	4	
			deflection	4	
			concrete wetting & efflorescence	3	
			unclassified cracks	3	
			concrete cover fracture	4	
			reinforcing steel corrosion	4	
			reinforcement bar collapse	4	
			corrosion of cables for longitudinal prestressing	4	
			leakage through concrete and cracks	2	
		CANTILEVER	vibration	4	
			deflection	4	
			concrete wetting & efflorescence	3	
			unclassified cracks	3	
			concrete cover fracture	4	
			reinforcement steel corrosion	4	
			reinforcement bar collapse	4	
		MAIN (LONGITUDINAL) GIRDERS	vibration	4	
			deflection	4	
			concrete wetting & efflorescence	3	
			unclassified cracks	3	
			concrete cover fracture	4	
			reinforcement steel corrosion	4	
			reinforcement bar collapse	4	
			corrosion of anchors for longitudinal prestressing	4	
		CROSS GIRDER	vibration	4	
			deflection	4	
			concrete wetting & efflorescence	3	
			unclassified cracks	3	
			concrete cover fracture	4	
			reinforcement steel corrosion	4	
			reinforcement bar collapse	4	
			corrosion of anchors for longitudinal prestressing	4	
	ARCH STRUCTURE	ARCH	vibration	4	
			deflection	4	
			concrete wetting & efflorescence	3	
			unclassified cracks	3	
			concrete cover fracture	4	
			reinforcing steel corrosion	4	
			reinforcement bar collapse	4	

BRIDGE SUBSYSTEM	INDIVIDUAL PART	COMPONENT	DAMAGE	I _{DAM,CO,max}
SUBSTRUCTURE	ABUTMENT	BEARING	fall out possibility due to displacement	3
			overdrawn allowed displacement	4
			missing bolt or bolt rapture	4
		BEARING PAD	block cracking	2
			constructive joint	4
			concrete cover fracture	4
			reinforcing steel corrosion	4
			rock pocket	2
		ABUTMENT WALL	leakage through concrete and cracks	2
			concrete cover fracture	4
			reinforcing steel corrosion	4
			graffiti	1
			concrete efflorescence	3
		FOUNDATION	rotation	4
			foundation undermining	4
			unclassified cracks	3
			concrete erosion	3
		EMBANKMENT CONE	sliding	3
			settlement of soil	3
			soil erosion	3
	PILLAR	BEARING	fall out possibility due to displacement	3
			overdrawn allowed displacement	4
			missing bolt or bolt rapture	4
		BEARING PAD	block cracking	2
			constructive joint	4
			concrete cover fracture	4
			reinforcing steel corrosion	4
		HEAD BEAM	rock pocket	2
			leakage through concrete and cracks	2
			concrete cover fracture	4
			unclassified cracks	3
			reinforcing steel corrosion	4
		PILLAR, PIER	buckling	4
			concrete cover fracture	4
			reinforcing steel corrosion	4
			graffiti	1
			unclassified cracks	3
		FOUNDATION	rotation	4
			foundation undermining	4
			unclassified cracks	3
			concrete erosion	3

RAZINA ELEMENTA

- Stupanj i rasprostranjenost oštećenja potrebno je promatrati i ocijeniti duž cijele uzdužne dispozicije mosta i to prateći pojedine kritične presjeka mosta
- Raspored kritičnih presjeka valja prilagoditi uzdužnom rasporedu mostova.
- Svako oštećenje potrebno je zabilježiti s pripadnom ocjenom prateći sustav ocjenjivanja prikazan u tablici



Ocjena / Grade G_{VI}	Damage description	Measures required
1	Nikakva ili vrlo mala oštećenja, normalno starosno trošenje i habanje, estetska oštećenja. Nema smanjenja nosivosti, uporabljivosti i predviđenog vijeka trajanja.	Nisu potrebne mjere popravka.
2	Manja oštećenja, nedostaci u izgradnji i bez znakova daljnjeg pogoršanja. Nema smanjenja nosivosti i uporabljivosti.	Ako se ne poduzmu odgovarajuće mjere, predviđeni vijek trajanja će se smanjiti. Mjere popravaka potrebne su tijekom sljedećeg postupka održavanja.
3	Umjerena do ozbiljnija oštećenja bez smanjenja nosivosti i uporabljivosti. Znakovi pogoršanja u pogledu nosivosti i uporabljivosti.	Srednjoročna akcija održavanja i popravaka potrebna je kako bi se održala uporabljivost i previđeni vijek trajanja mosta.
4	Teška oštećenja, bez smanjenja nosivosti. Već se može opaziti pogoršanje uporabljivosti i ugroženost previđenog vijeka trajanja.	Mjere održavanja trebaju se započeti što je prije moguće kako bi se zaštitila uporabljivost i predviđeni vijek trajanja. Takve mjere mogu se zamijeniti dodatnim posebnim detaljnijim ispitivanjima unutar definiranog vremenskog okvira.
5	Iznimna oštećenja utječu na nosivost konstrukcije.	Mjere za popravak i održavanje moraju se izvršiti odmah.

RAZINA ELEMENTA

- ❑ Prosječna ocjena oštećenja koja obuhvaća sve kritične lokacije $1 < i < n$, temeljena na vizualnom pregledu ($G_{VI,i}$), postavljena je kao pokazatelj ocjene oštećenja **na razini svake komponente** (*average damage assessment indicator at the component level*).
- ❑ Srednja vrijednost za pojedinu komponentu mosta uključuje oštećenja svih elemenata istog tipa (npr. svi stupovi, oba upornjaka ili obje pješačke ograde).

$$PI_{DA,CO,av} = \frac{\sum_i^n G_{VI,i}}{n}$$
- ❑ Druga mogućnost je korištenje **maksimalne ocjene oštećenja** kao pokazatelja ocjene oštećenja **na razini komponente** (*maximum damage assessment indicator at the component level*).
- ❑ Ovime bi se otkrila najproblematičnija lokacija na mostu koja je važna za statički određene sustave bez rezervi (robusnosti) ili gdje lokacija i ozbiljnost oštećenja ugrožava sigurnost konstrukcije.
- ❑ Uvođenjem ove jednadžbe izbjegavamo umanjene ozbiljnog ili kritičnog oštećenje koje bi se dobilo gornjom srednjom vrijednošću.

$$PI_{DA,CO,max} = \max_{1 \leq i \leq n} G_{VI,i}$$

RAZINA ELEMENTA

- ❑ Nakon ocjene pokazatelja oštećenja na razini komponente, $PI_{DA,CO}$, **pokazatelj ocjene stanja oštećene komponente** (*damaged component condition assessment indicator*) $PI_{CA,CO}$ se procjenjuje primjenom težine oštećenja za odgovarajuću komponentu $W_{DAM,CO}$.

$$PI_{CA,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{DAM,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{DAM,CO}}{I_{DAM,CO,max}}$$

- ❑ Težina oštećenja $W_{DAM,CO}$ (*damage weighting*) proračunava se kao omjer važnosti promatranog oštećenja $I_{DAM,CO}$ i maksimalne važnosti svih oštećenja $I_{DAM,CO,max} = 4$.
- ❑ Važnost oštećenja $I_{DAM,CO}$ (*damage importance*) odnosi se na maksimalnu razinu oštećenja koja se može uočiti na određenoj komponenti i utjecati na njenu funkcionalnost.
 - $I_{DAM,CO}=1$ znači da oštećena komponenta i dalje ima najbolju funkcionalnost.
 - $I_{DAM,CO}=2$ se odnosi na početno oštećenu komponentu s još uvijek neupitnom funkcijom.
 - $I_{DAM,CO}=3$ označava umjereno oštećenu komponentu s funkcijom koja i dalje nije ugrožena.
 - $I_{DAM,CO}=4$ znači da je visoko oštećena komponenta izvan funkcije ili ima upitnu funkciju.
- ❑ Prva tablica prikazuje razinu važnosti oštećenja za svako ključno oštećenje u odnosu na sve ispitane komponente, a temelji se na smjernicama za vrednovanje oštećenja Hrvatskih autocesta.

BRIDGE SUBSYSTEM	INDIVIDUAL PART	COMPONENT	DAMAGE	$I_{DAM,CO,max}$
---------------------	--------------------	-----------	--------	------------------

RAZINA ELEMENTA

- ❑ Kako bi se utvrdio utjecaj oštećene komponente na cijelu konstrukciju, važnost komponente mosta moguće je ocijeniti prema 3 kriterija.
- ❑ Nakon određivanja **pokazatelja ocjene oštećenja na razini komponente**, $PI_{DA,CO}$,
- ❑ pokazatelji **sigurnosti konstrukcije**, **prometne sigurnosti** i **trajnosti** na razini pojedine komponente (*component structural safety, traffic safety, and durability indicators*) $PI_{SS,CO}$, $PI_{TS,CO}$, $PI_{D,CO}$
- ❑ procjenjuju se primjenom odgovarajuće težine za pojedinu komponentu kako slijedi: $W_{SS,CO}$, $W_{TS,CO}$, $W_{D,CO}$.

$$\begin{aligned} PI_{SS,CO} &= PI_{DA,CO} \times W_{SS,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{SS,CO}}{I_{SS,CO,max}} \\ PI_{TS,CO} &= PI_{DA,CO} \times W_{TS,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{TS,CO}}{I_{TS,CO,max}} \\ PI_{D,CO} &= PI_{DA,CO} \times W_{D,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{D,CO}}{I_{D,CO,max}} \end{aligned}$$

RAZINA ELEMENTA

- **Težina učinka na sigurnost konstrukcije** $W_{SS,CO}$ izračunava se kao omjer važnosti pojedine komponente u pogledu sigurnosti konstrukcije $I_{SS,CO}$ i najviše moguće razine važnosti sigurnosti konstrukcije $I_{SS,CO,max}=3$. Naime, na temelju kriterija sigurnosti konstrukcije može se zaključiti da
- otkazivanje određene komponente neće imati bilo kakav utjecaj na sigurnost i uporabljivost mosta (razina važnosti 1),
 - da će imati učinak samo na dio konstrukcije mosta (razina važnosti 2) ili
 - da će utjecati na cjelokupnu konstrukciju mosta (razina važnosti 3).

$$PI_{SS,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{SS,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{SS,CO}}{I_{SS,CO,max}}$$

$$PI_{TS,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{TS,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{TS,CO}}{I_{TS,CO,max}}$$

$$PI_{D,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{D,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{D,CO}}{I_{D,CO,max}}$$

RAZINA ELEMENTA

- **Težina učinka na prometnu sigurnost $W_{TS,CO}$** izračunava se kao omjer važnosti pojedine oštećene komponente u prometnoj sigurnosti $I_{TS,CO}$ i najviše razine prometne sigurnosti $I_{TS,CO,max}=4$. Kriterij prometne sigurnosti je u odnosu na ograničenja prometa i zakrčenosti uzrokovanih oštećenjem određene komponente:
- otkazivanje određenog elementa nema utjecaj na protok prometa (razina važnosti 1),
 - uzrokuje ograničenje brzine (razina važnosti 2),
 - uzrokuje preusmjeravanje lokalnog prometa (razina važnosti 3) ili
 - uzrokuje potpuno obustavljanje prometa (razina važnosti 4).

$$PI_{SS,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{SS,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{SS,CO}}{I_{SS,CO,max}}$$

$$PI_{TS,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{TS,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{TS,CO}}{I_{TS,CO,max}}$$

$$PI_{D,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{D,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{D,CO}}{I_{D,CO,max}}$$

RAZINA ELEMENTA

- Težina učinka na trajnost $W_{D,CO}$ izračunava se kao omjer važnosti pojedinog oštećenog elementa na trajnost $I_{D,CO}$ i najviše razine važnosti trajnosti $I_{D,CO,max}=2$. Na osnovi kriterija trajnosti može se zaključiti da
 - otkazivanje određene komponente neće imati utjecaj na druge komponente (razina važnosti 1) ili
 - suprotno tome da će otkazivanje određenog elementa uzrokovat smanjenu trajnost drugih komponenti (razina važnosti 2).

$$PI_{SS,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{SS,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{SS,CO}}{I_{SS,CO,max}}$$

$$PI_{TS,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{TS,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{TS,CO}}{I_{TS,CO,max}}$$

$$PI_{D,CO} = PI_{DA,CO} \times W_{D,CO} = PI_{DA,CO} \frac{I_{D,CO}}{I_{D,CO,max}}$$

važnost sastavnih komponenti mosta za sigurnost konstrukcije, prometnu sigurnost i trajnosne aspekte temelji se na smjernicama za vrednovanje oštećenja Hrvatskih autocesta



BRIDGE SUBSYSTEM	INDIVIDUAL PART	COMPONENT	I _{SS,CO}	I _{TS,CO}	I _{D,CO}
TRAFFIC-RESERVED AREAS AND EQUIPMENT	SIDEWALK	PEDESTRIAN FENCE	1	4	1
		BUFFER FENCE	1	4	1
		PROTECTIVE NET	1	3	1
		WINDBREAK	1	3	1
		LIGHTING	1	3	1
		NOISE BARRIER (WALL)	1	1	1
		SIDEWALK	2	3	2
		CORNICE	2	1	2
	PAVEMENT	CARRIAGEWAY STRUCTURE	1	4	2
		EXPANSION JOINT	1	4	2
BRIDGE SUPERSTRUCTURE	GIRDER STRUCTURE	OVERBURDEN	1	3	1
		ROADWAY SLAB	3	4	1
		CANTILEVER	2	4	1
		MAIN (LONGITUDINAL) GIRDERS	3	1	1
		SECONDARY (LONGITUDINAL) GIRDERS	2	1	1
		CROSS GIRDER	2	1	1
	ARCH STRUCTURE	ARCH	3	1	1
		FRONTAL WALL	2	4	1
		CROWN WALL	2	4	1
SUBSTRUCTURE	ABUTMENT	BEARING	2	1	1
		BEARING PAD	2	1	1
		HEAD BEAM	3	1	1
		PILLAR, PIER	3	1	1
		ABUTMENT WALL	2	4	1
		FOUNDATION	3	1	1
		EMBANKMENT CONE	1	3	2
	PILLAR	BEARING	2	1	1
		BEARING PAD	2	1	1
		HEAD BEAM	3	1	1
		PILLAR, PIER	3	1	1
		LINING	2	1	2
		FOUNDATION	3	1	1
		BARRIER	1	1	2
DRAINAGE	SURFACE DRAINAGE	CURB	1	3	2
		WATER INLET (DRAIN)	1	3	2
		INTERCEPTING PIPE	1	3	2
	SEWERAGE	MAIN SEWER	1	3	1
		SHAFT	1	3	1

PRIJELAZ S RAZINE ELEMENTA NA RAZINU SUSTAVA

- ❑ Prije prijelaza na razinu sustava potrebno je uspostaviti pokazatelje općeg stanja mosta na razini svake komponente.
 - ❑ Na temelju praktičnog iskustva u upravljanju mostovima, težine četiriju kriterija koji ukazuju na opće stanje mosta, obuhvaćaju se kako slijedi:
 - ❑ opće stanje mosta (*general bridge condition*): **30% ($W_{CA,SY}$)**
 - ❑ sigurnost mosta (*structural safety of the bridge*): **30% ($W_{SS,SY}$)**
 - ❑ prometna sigurnost (*safety of the traffic*): **30% ($W_{TS,SY}$)**
 - ❑ kriterij trajnost (*durability criteria*): **10% ($W_{D,SY}$)**
- Ova tri kriterija smatraju se jednakovrijednim za odluku o stanju mosta
- Vezan uz napredovanje oštećenja do sljedećeg pregleda, važan dovoljno da doprinose sa 10%
- ❑ Stoga je pokazatelj općeg stanja mosta na razini svake komponente (*bridge condition assessment indicator at the level of each component*) prikazan sljedećom jednačbom:

$$PI_{BCA,CO} = PI_{CA,CO} \times W_{CA,SY} + PI_{SS,CO} \times W_{SS,SY} + PI_{TS,CO} \times W_{TS,SY} + PI_{D,CO} \times W_{D,SY}$$

RAZINA SUSTAVA

- ❑ Nakon otkrivanja pokazatelja na razini svake komponente, ključni pokazatelji učinkovitosti cjelokupnog mosta kao sustava identificiraju se kao maksimalne vrijednosti među pojedinim pokazateljima komponenti.
- ❑ Ključni pokazatelj sigurnost konstrukcije mosta (*KPI of bridge structural safety*):
$$KPI_{SS,sY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{SS,CO}$$
- ❑ Ključni pokazatelj prometne sigurnosti mosta (*KPI of bridge traffic safety*):
$$KPI_{TS,sY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{TS,CO}$$
- ❑ Ključni pokazatelj trajnosnih svojstava mosta (*KPI of bridge durability*):
$$KPI_{D,sY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{D,CO}$$
- ❑ Ključni pokazatelj cjelokupne ocjene stanja mosta (*KPI of bridge condition assessment*):
$$KPI_{BCA,sY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{BCA,CO}$$

RAZINA SUSTAVA

- ❑ Dodatni ključni pokazatelj učinkovitosti otkriva dostupnost mosta $KPI_{AV,SY}$ u slučaju mjera koje će biti potrebne s obzirom na ocjenjeno stanje mosta.
- ❑ Vrednovanje ključnog pokazatelja dostupnosti $KPI_{AV,SY}$ (*bridge availability*) ovisno o vrsti prometa i očekivanim prometnim ograničenjima.

Cestovni promet / ROAD TRAFFIC	$KPI_{AV,SY,road}$
Tijek prometa na mostu teče glatko, bez potrebe za usporavanjem	1
Tijek prometa je usporen i zakrčen uslijed stanja na prometnoj površini (oštećenog asfalta itd.), oba su prometna traka u funkciji	2
Promet iz oba smjera je preusmjeren u jedan prometni trak; uz ograničenja brzine	3
Ograničenja prometa za teška vozila, kamione itd.	4
Most je zatvoren za promet	5
Željeznički promet (vlak, tramvaj) / RAILWAY (TRAIN, TRAMS) TRAFFIC	$KPI_{AV,SY,rail}$
Željeznički promet teče glatko	1
Promet se usporava zbog stanja tračnica	2
Promet teče samo na jednoj tračnoj pruzi - odvojeno za oba smjera	3
Ograničenje prometa za tramvaje / vlakove	4
Most je zatvoren na tračnicama (za željeznički promet)	5

- U slučaju kombiniranog cestovnog i željezničkog prometa: $W_{SY,road}=0.5$ i $W_{SY,rail}=0.5$
- ako nema tračnica na mostu: $W_{SY,road}=1$ i $W_{SY,rail}=0$
- ako nije predviđen cestovni promet s vrijednostima: $W_{SY,road}=0$ i $W_{SY,rail}=1$

RAZINA SUSTAVA

- Kada je među prethodnim KPI-ovima onaj koji se odnosi na prometnu sigurnost $KPI_{TS,SY}$ vodeći (najveća vrijednost)



$$KPI_{SS,SY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{SS,CO}$$

Ocjena $KPI_{AV,SY}$ će biti povezana s mjerama koje se očekuju na prometnim površinama mosta (i ne može se odabrati s vrijednošću 1).

$$KPI_{TS,SY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{TS,CO}$$

$$KPI_{D,SY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{D,CO}$$

$$KPI_{BCA,SY} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{BCA,CO}$$

RAZINA SUSTAVA

- Ako drugi KPI-ovi najviše utječu na mjere održavanja ili popravaka



$KPI_{AV,SY}$ treba odabrati promišljeno s obzirom na očekivana i potrebna ograničenja prometa

U tom smislu, može biti korisna ocjena zasebnih maksimalnih pokazatelja po svakom pojedinom dijelu mosta.

Upotrebljavaju se iste jednačbe ali ne za kompletnu konstrukciju mosta nego za komponente koje sačinjavaju pojedine dijelove mostova, (*Individual Parts IP*).

Npr. za konstrukciju nosača razmotrit će se kolnička ploča, konzole, glavni uzdužni nosači, sekundarni uzdužni nosači te poprečni nosači.

$$KPI_{SS,IP} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{SS,CO}$$

$$KPI_{TS,IP} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{TS,CO}$$

$$KPI_{D,IP} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{D,CO}$$

$$KPI_{BCA,IP} = \max_{1 \leq CO \leq n} PI_{BCA,CO}$$

RAZINA MREŽE

- Važnost mostova na razini mreže ukazuje na vrijednost mostova i temelji se na pet kriterija:

- cestovna kategorija: **25% (W_{RC})**
- godišnji prosječni dnevni promet: **25% (W_{AADT})**
- zaobilazna udaljenost: **25% (W_{DD})**

međusobno su neovisni i jednako važni
za odlučivanje o važnosti mosta

- najveći raspon: **12,5% (W_{LS})**
- ukupna duljina: **12,5% (W_{TL})**

obuhvaćaju zajednički zahtjevnost
izgradnje i vrijednost investicije →
njihova ukupna važnost može se
smatrati jednakoj ostalim kriterijima

- Stoga se pokazatelj važnosti mosta na razini mreže može prikazati sljedećom jednadžbom

$$KPI_{BI,NET} = G_{RC} \times W_{RC} + G_{AADT} \times W_{AADT} + G_{DD} \times W_{DD} + G_{LS} \times W_{LS} + G_{TL} \times W_{TL}$$

- gdje su G_{RC} , G_{AADT} , G_{DD} , G_{LS} , G_{TL} ocjene za kategoriju ceste, godišnji prosječni dnevni promet, zaobilaznu udaljenost, najveći raspon i ukupnu duljinu prema vrednovanju prikazanom u tablici



KATEGORIJA CESTE / ROAD CATEGORY ¹⁾	G _{RC}	GODIŠNJI PROSJEČNI DNEVNI PROMET / ANNUAL AVERAGE DAILY TRAFFIC ²⁾ (N vehicles)	G _{AADT}	ZAIBILAZNA UDALJENOST / DETOUR DISTANCE ³⁾ (km)	G _{DD}	NAJVEĆI RASPON / LONGEST SPAN ⁴⁾ (m)	G _{LS}	UKUPNA DULJINA / TOTAL LENGTH ⁵⁾ (m)	G _{TL}
Nepoznata cesta / unknown road	1	< 500	1	Susjedna prometna traka / adjacent traffic lane	1	<5	1	<20	1
Lokalna cesta / local road	2	500 -15000	2	< 5km	2	5-20	2	20-80	2
Međudržavna cesta / inter- state road	3	15000-50000	3	5km-20km	3	20-50	3	80-200	3
Državna cesta / state road	4	50000-500000	4	20km-60km	4	50-100	4	200-500	4
Autocesta / highway	5	>500000	5	> 60 km	5	>100	5	>500	5

- 1,2,3) Treba napomenuti da se kategorija ceste, godišnji prosječni dnevni promet i zaobilazna udaljenost trebaju prilagoditi veličini promatrane cestovne mreže.
- 2) Na primjer, u Hrvatskoj bi se moglo očekivati više od 50 000 vozila samo na glavnom zaobilaznom putu. Gledajući ukupni Hrvatski prometni intenzitet 1 do 5 stupnjeva može se koristiti za AADT <500; 500-3000; 3000-10000; 10000-30000 i 30000-50000.
- 3) Ocjenjivanje zaobilazne udaljenosti temelji se na (i) gubitku vremena uzrokovanom usporavanjem u susjednoj prometnoj traci, (ii) gubitku vremena do 10 minuta, (iii) do pola sata, (iv) do jednog sata i (v) više od jednog sata.

KATEGORIJA CESTE / ROAD CATEGORY ¹⁾	G _{RC}	GODIŠNJI PROSJEČNI DNEVNI PROMET / ANNUAL AVERAGE DAILY TRAFFIC ²⁾ (N vehicles)	G _{AADT}	ZAOBILAZNA UDALJENOST / DETOUR DISTANCE ³⁾ (km)	G _{DD}	NAJVEĆI RASPON / LONGEST SPAN ⁴⁾ (m)	G _{LS}	UKUPNA DULJINA / TOTAL LENGTH ⁵⁾ (m)	G _{TL}
Nepoznata cesta / unknown road	1	< 500	1	Susjedna prometna traka / adjacent traffic lane	1	<5	1	<20	1
Lokalna cesta / local road	2	500 -15000	2	< 5km	2	5-20	2	20-80	2
Međudržavna cesta / inter- state road	3	15000-50000	3	5km-20km	3	20-50	3	80-200	3
Državna cesta / state road	4	50000-500000	4	20km-60km	4	50-100	4	200-500	4
Autocesta / highway	5	>500000	5	> 60 km	5	>100	5	>500	5

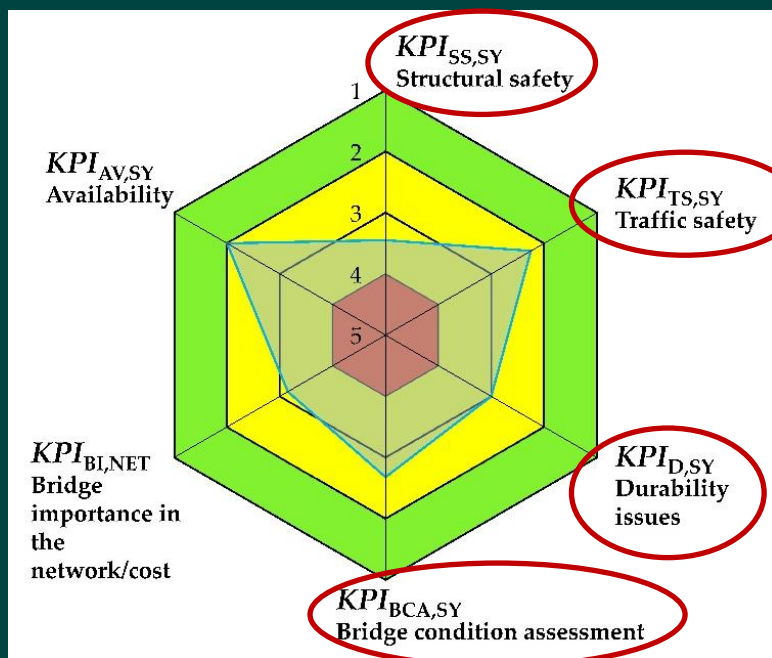
- 4) Ocjenjivanje najvećeg raspona je povezano je sa nosivom konstrukcijom mosta, materijalom koji se koristi, složenosti gradnje.
 - Mostovi raspona do 5 m su obično mali prolazi od armiranog betona.
 - Rasponi do 20 m obično se svladavaju jednostavnim armiranobetonskim nosačima ili pločama.
 - Mostovi na rasponima od 20 do 50 m mogu se smatrati mostovima srednjih raspona koji se izvode od prednapetog betona ili kao spregnute konstrukcije, ali još uvijek se grade manje zahtjevnim metodama izvedbe.
 - Za raspone iznad 50 m primjenjuju se složeniji konstrukcijski tipovi (npr. lučni most), složeniji poprečni presjeci (grede promjenjive visine, sandučasti poprečni presjeci) i zahtjevnije metode građenja (uzdužno potiskivanje, konzolna gradnja).
 - Iznad raspona od 100 m opravdano je smatrati most vrlo važnom konstrukcijom.

KATEGORIJA CESTE / ROAD CATEGORY ¹⁾	G_{RC}	GODIŠNJI PROSJEČNI DNEVNI PROMET / ANNUAL AVERAGE DAILY TRAFFIC ²⁾ (N vehicles)	G_{AADT}	ZAobilazna UDALJENOST / DETOUR DISTANCE ³⁾ (km)	G_{DD}	NAJVEĆI RASPON / LONGEST SPAN ⁴⁾ (m)	G_{LS}	UKUPNA DULJINA / TOTAL LENGTH ⁵⁾ (m)	G_{TL}
Nepoznata cesta / unknown road	1	< 500	1	Susjedna prometna traka / adjacent traffic lane	1	<5	1	<20	1
Lokalna cesta / local road	2	500 -15000	2	< 5km	2	5-20	2	20-80	2
Međudržavna cesta / inter- state road	3	15000-50000	3	5km-20km	3	20-50	3	80-200	3
Državna cesta / state road	4	50000-500000	4	20km-60km	4	50-100	4	200-500	4
Autocesta / highway	5	>500000	5	> 60 km	5	>100	5	>500	5

- ⁵⁾ Ukupna duljina mosta utječe na troškove održavanja i upravljanja. Stoga se predlaže odgovarajuće ocjenjivanje u odnosu na veličinu raspona i najčešći raspored mosta u okvirima te duljine.
- Prva skupina predstavlja male mostove s jednim ili dva raspona
 - Druga skupina pokriti će nadvožnjake preko lokalne, državne ili autoceste.
 - Kontinuirani mostovi srednje veličine ulaze u treću skupinu.
 - Četvrta skupina obuhvaća s jedne strane složenije konstrukcijske tipove glavnog raspona mosta s nekoliko prilaznih raspona ili s druge strane duge mostove s više sličnih raspona.
 - Petoj skupini pripadaju mostovi s velikim glavnim rasponom i prilaznim rasponima ili iznimno dugi mostovi.

CJELOKUPNA OCJENA ZA RANGIRANJE PRIORITETA

- Na temelju ocjene iz vizualnog pregleda i vrednovanja od razine komponente, preko razine sustava pa do razine mreže, preporučuje se skup od šest najvažnijih ključnih pokazatelja učinkovitosti mosta prikazanih na obojenom radar tipu dijagrama – tzv. pauk (*spider*) dijagram:

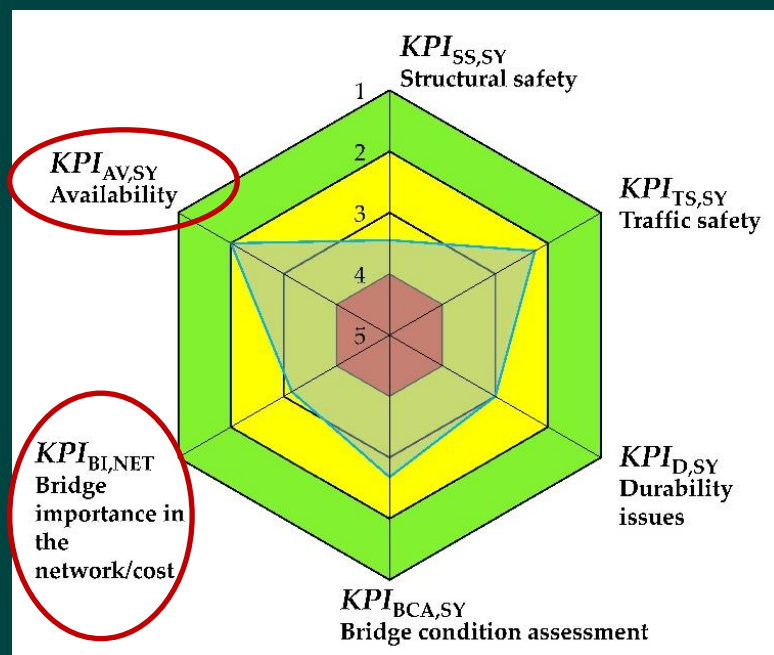


- ključni pokazatelj sigurnosti konstrukcije ($KPI_{SS,SY}$)
- ključni pokazatelj prometne sigurnosti ($KPI_{TS,SY}$)
- ključni pokazatelj trajnosnih aspekata ($KPI_{D,SY}$)
- ključni pokazatelj općeg stanja mosta ($KPI_{BCA,SY}$)
- KP važnosti mosta u prometnoj mreži ($KPI_{BI,NET}$)
- KP dostupnosti mosta tijekom radova na mostu ($KPI_{AV,SY}$)

- Zelena područja vezana uz konstrukcijsku i prometnu sigurnost trajnost i opće stanje mosta predstavljaju najpovoljniju ocjenu dok crvena boja u ovim slučajevima alarmira upravitelja i traži hitnu intervenciju.

CJELOKUPNA OCJENA ZA RANGIRANJE PRIORITETA

- Na temelju ocjene iz vizualnog pregleda i vrednovanja od razine komponente, preko razine sustava pa do razine mreže, preporučuje se skup od šest najvažnijih ključnih pokazatelja učinkovitosti mosta prikazanih na obojenom radar tipu dijagrama – tzv. pauk (*spider*) dijagram:

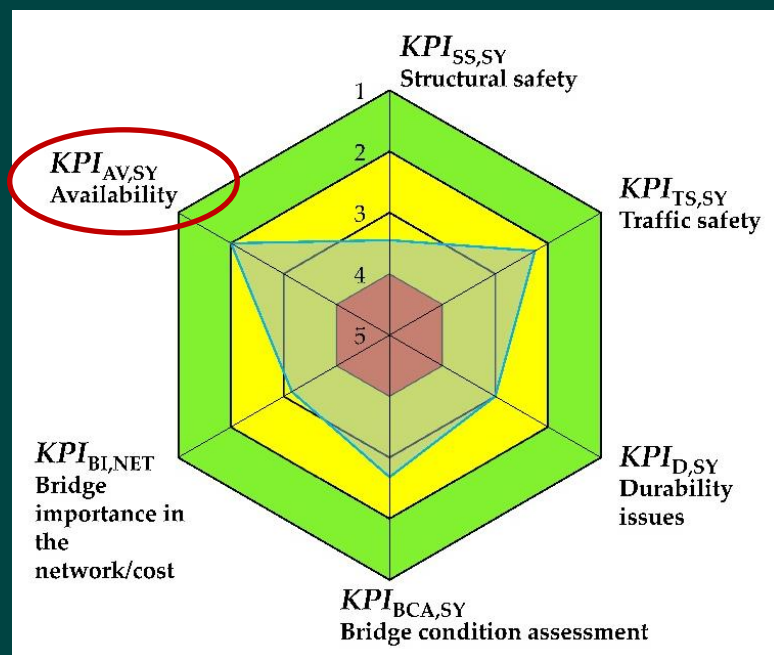


- ključni pokazatelj sigurnosti konstrukcije ($KPI_{SS,SY}$)
- ključni pokazatelj prometne sigurnosti ($KPI_{TS,SY}$)
- ključni pokazatelj trajnosnih aspekata ($KPI_{D,SY}$)
- ključni pokazatelj općeg stanja mosta ($KPI_{BCA,SY}$)
- KP važnosti mosta u prometnoj mreži ($KPI_{BI,NET}$)
- KP dostupnosti mosta tijekom radova na mostu ($KPI_{AV,SY}$)

- Zelena** ili **crvena** područja vezana uz pokazatelje dostupnosti i važnosti mosta postaju važna onda kada most zahtijeva radove održavanja.

CJELOKUPNA OCJENA ZA RANGIRANJE PRIORITETA

- Na temelju ocjene iz vizualnog pregleda i vrednovanja od razine komponente, preko razine sustava pa do razine mreže, preporučuje se skup od šest najvažnijih ključnih pokazatelja učinkovitosti mosta prikazanih na obojenom radar tipu dijagrama – tzv. pauk (*spider*) dijagram:

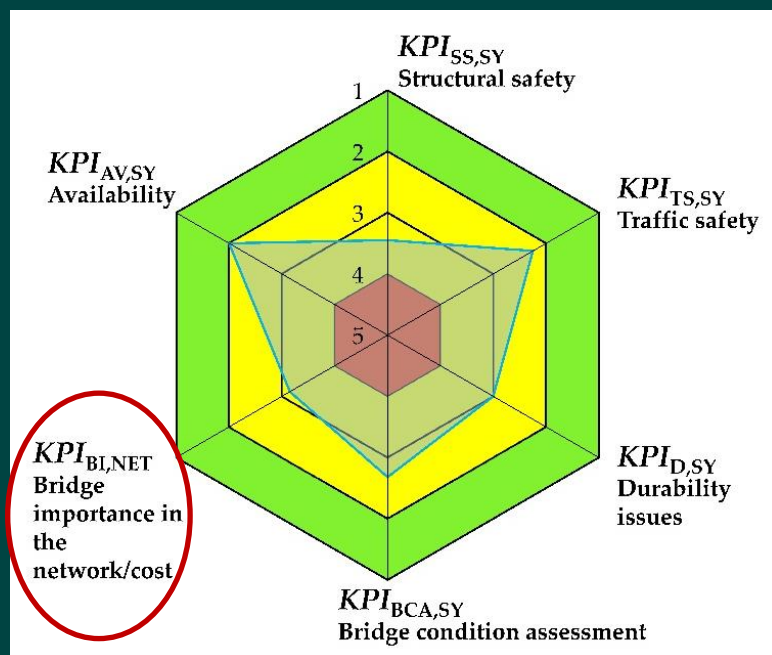


- ključni pokazatelj sigurnosti konstrukcije ($KPI_{SS,SY}$)
- ključni pokazatelj prometne sigurnosti ($KPI_{TS,SY}$)
- ključni pokazatelj trajnosnih aspekata ($KPI_{D,SY}$)
- ključni pokazatelj općeg stanja mosta ($KPI_{BCA,SY}$)
- KP važnosti mosta u prometnoj mreži ($KPI_{BI,NET}$)
- KP dostupnosti mosta tijekom radova na mostu ($KPI_{AV,SY}$)

- Zelena boja** pokazatelja dostupnosti $KPI_{AV,SY}$ znači ‘ne očekuje se problem’ ili ‘dobra učinkovitost se očekuje tijekom radova održavanja’ dok **crvene boja** ovog indikatora ukazuje da će se pojaviti određene redukcije dostupnosti mosta tijekom radova na njegovom održavanju.

CJELOKUPNA OCJENA ZA RANGIRANJE PRIORITETA

- Na temelju ocjene iz vizualnog pregleda i vrednovanja od razine komponente, preko razine sustava pa do razine mreže, preporučuje se skup od šest najvažnijih ključnih pokazatelja učinkovitosti mosta prikazanih na obojenom radar tipu dijagrama – tzv. pauk (*spider*) dijagram:

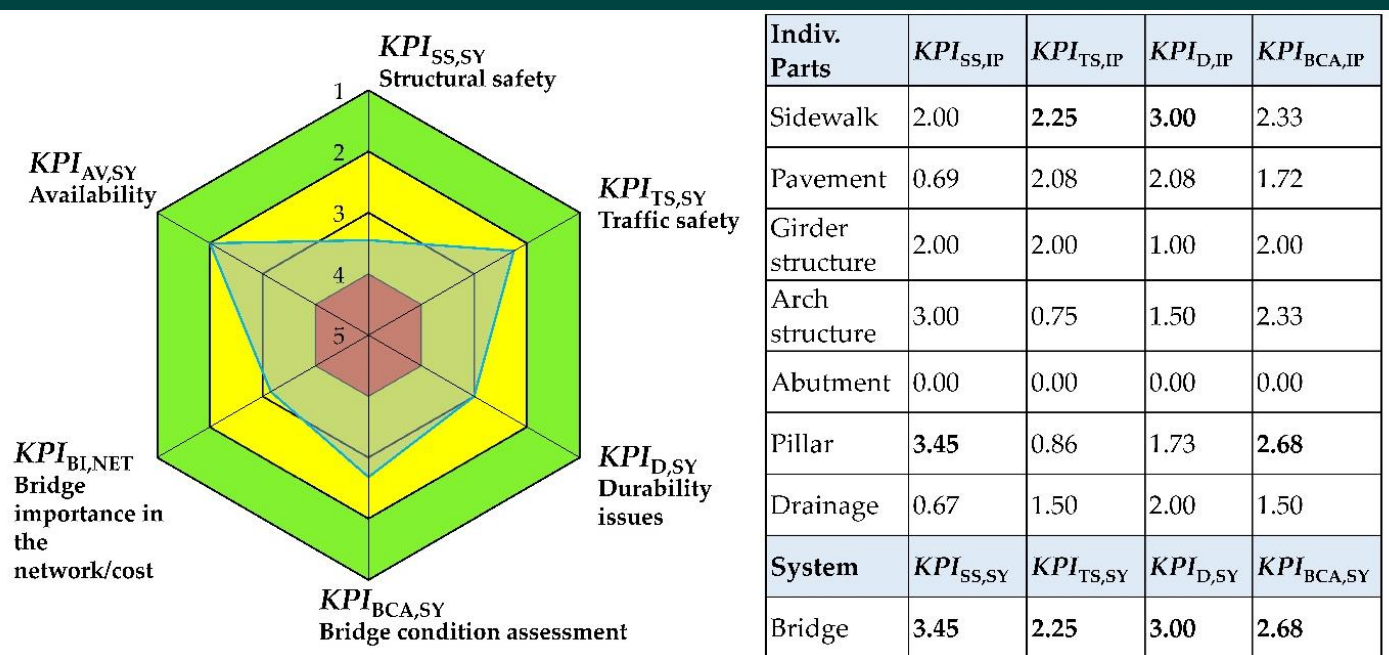


- ključni pokazatelj sigurnosti konstrukcije ($KPI_{SS,SY}$)
- ključni pokazatelj prometne sigurnosti ($KPI_{TS,SY}$)
- ključni pokazatelj trajnosnih aspekata ($KPI_{D,SY}$)
- ključni pokazatelj općeg stanja mosta ($KPI_{BCA,SY}$)
- KP važnosti mosta u prometnoj mreži ($KPI_{BI,NET}$)
- KP dostupnosti mosta tijekom radova na mostu ($KPI_{AV,SY}$)

- Boje pokazatelja važnosti mosta $KPI_{BI,NET}$ nisu bitne za pojedinačni most, ali kasnije, kada se uspoređuju s pokazateljima važnosti drugih mostova u mreži, mogu utjecati na odluku o prioritetu popravka.

CJELOKUPNA OCJENA ZA RANGIRANJE PRIORITETA

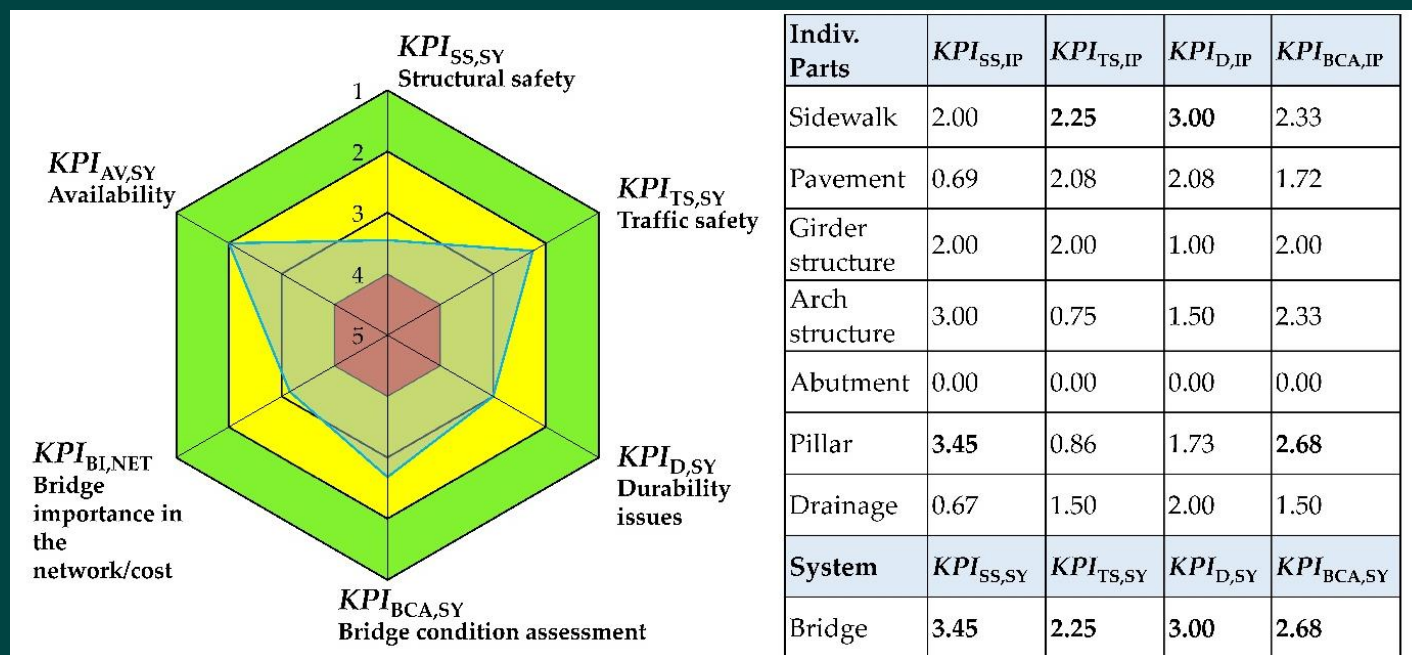
- Uz radar tip dijagrama gdje su prikazani KPI-ovi za cjelokupni most, dodaje se i tablični prikaz najvećeg utjecaja pojedinačnih dijelova mosta KPI_{IP} : hodnik, kolnik, gredna konstrukcija, lučna konstrukcija (ili odgovarajuća nosiva konstrukcija mosta), upornjak, stup, odvodnja:



- Procjena učinkovitosti primjera mosta pokazuje da je najlošiji pokazatelj sigurnost konstrukcije (najveća vrijednost $KPI_{SS,SY}=3,45$) čiji je izvor oštećenost stupova. Ovaj bi dio mosta zahtijevao najranije poduzimanje odgovarajućih mjera. Umjeren do teški poremećaj trajnosti ($KPI_{D,SY}=3,0$) proizlazi iz stanja hodnika, što, uz oštećenja gredne konstrukcije, također ima lagani do umjereni utjecaj na prometnu sigurnost ($KPI_{TS,SY}=2,25$). Ocjena ukupnog stanja mosta ($KPI_{BCA,SY}=2,68$) je dobra, što ukazuje na umjeren poremećaj učinkovitosti mosta.

CJELOKUPNA OCJENA ZA RANGIRANJE PRIORITETA

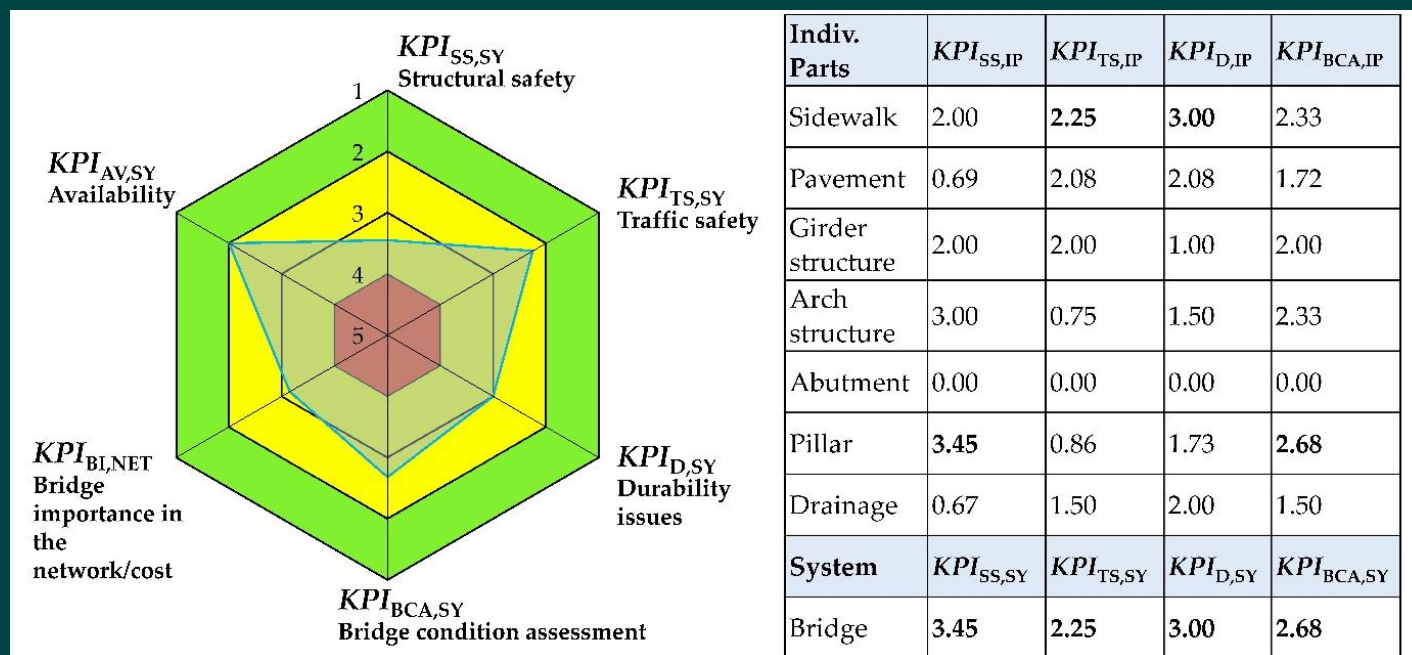
- Uz radar tip dijagrama gdje su prikazani KPI-ovi za cjelokupni most, dodaje se i tablični prikaz najvećeg utjecaja pojedinačnih dijelova mosta KPI_{IP} : hodnik, kolnik, gredna konstrukcija, lučna konstrukcija (ili odgovarajuća nosiva konstrukcija mosta), upornjak, stup, odvodnja:



- Pokazatelj **dostupnosti mosta** $KPI_{AV,SY}$ treba biti promišljeno odabran s obzirom na potrebne i očekivane mjere popravka.
- U ovome se slučaju mogu predvidjeti samo mala ograničenja prometa tijekom popravljanja hodnika i stupova (usporen tok prometa, ali još uvijek s prometom u oba smjera, $KPI_{AV,SY}=2,00$) pa odgovarajuća dostupnost mosta ukazuje na vrlo dobru učinkovitost mosta tijekom predviđenih radova održavanja.

CJELOKUPNA OCJENA ZA RANGIRANJE PRIORITETA

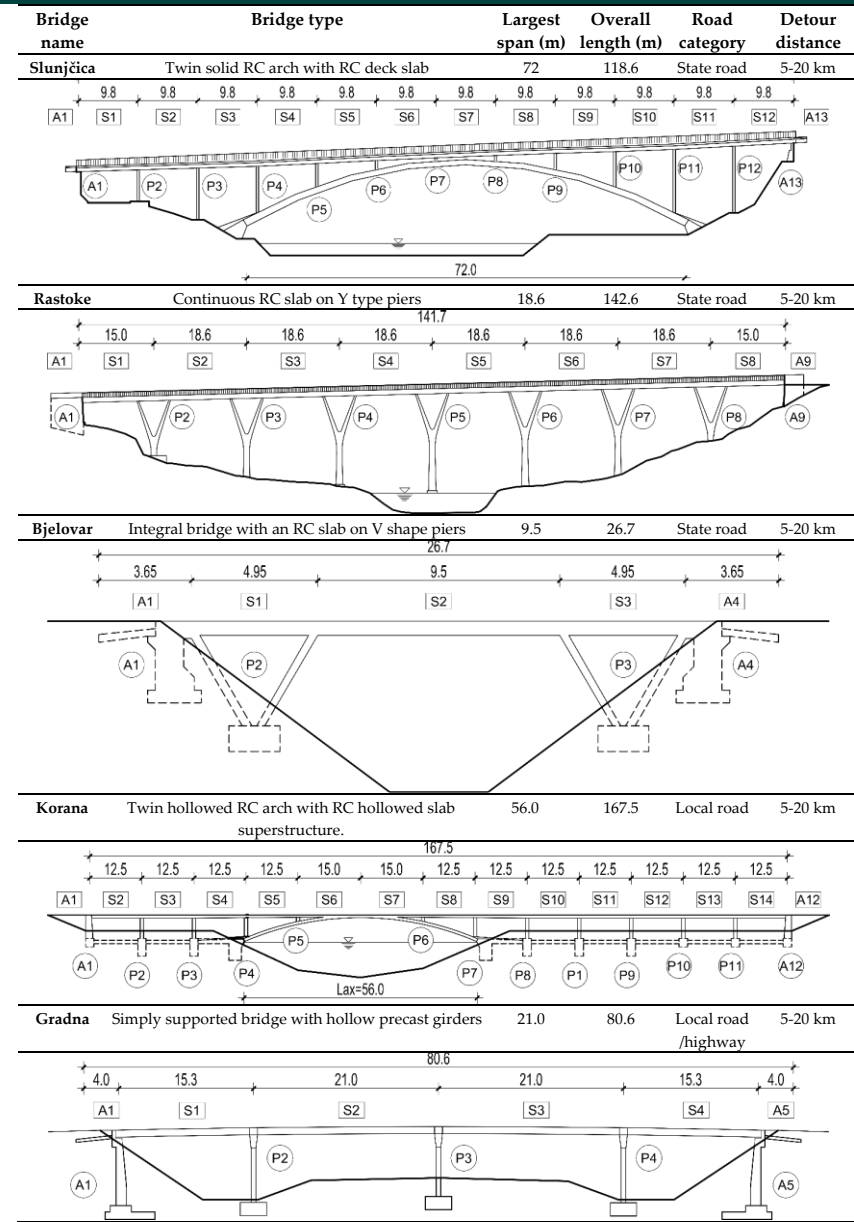
- Uz radar tip dijagrama gdje su prikazani KPI-ovi za cjelokupni most, dodaje se i tablični prikaz najvećeg utjecaja pojedinačnih dijelova mosta KPI_{IP} : hodnik, kolnik, gredna konstrukcija, lučna konstrukcija (ili odgovarajuća nosiva konstrukcija mosta), upornjak, stup, odvodnja:



- Konačno, važnost mosta na razini mreže (za ovaj primjer $KPI_{BI,NET}$ s vrijednosti manjoj od 3) naznačit će prioritetne mjere koje treba poduzeti na tom mostu.
- Ali pravilna i optimalna odluka može se donijeti tek onda kada se ovaj most usporedi s drugim mostovima u mreži.
- Ovakve se odluke donose u sklopu cjelokupnih sredstava raspoloživih do sljedećeg pregleda odnosno ocjenjivanja mosta.

PRIMJENA NA STVARNE MOSTOVE

- ❑ Uzorak od 5 postojećih mostova predstavlja mrežu raznolikih mostova u malom.
- ❑ Mostovi građeni od 1958. do 2001. projektirani su na temelju raznolikih povijesnih propisa
- ❑ Imaju raznolike rasponske konstrukcije:
 - ab luk s punim poprečnim presjekom
 - kontinuirani most s netipičnim Y stupovima
 - jedan integralni most s V stupovima
 - ab luk sa šupljim poprečnim presjekom,
 - nadvožnjak sa slobodno oslonjenim predgotovljenim nosačima na klasičnim vertikalnim stupovima,
- ❑ Dakle pokriveni su raznoliki tipovi rasponske konstrukcije:
 - luk, okvir, slobodno oslonjene grede i kontinuirac te
 - raznolike metode gradnje predgotovljenim elementima ili na licu mjesta prikladne za mostove raspona od 9,5 do 72 m
- ❑ Dodatno, neki su mostovi
 - na državnim, neki na lokalnim cestama,
 - a ukupne duljine od 22 pa do 120 m.



PRIMJENA NA STVARNE MOSTOVE

- 10 studenata diplomskog studija sa sličnim prethodnim znanjem
 - o mostovima,
 - učinku prometnog opterećenja,
 - konstrukcijskim sustavima,
 - dotraivanju materijala i
 - problematici trajnostibilo je uključeno u ovaj projekt.
- Studenti nisu imali prethodnog znanja o pregledima mostova, ali su prije provedbe samog vizualnog pregleda
 - detaljno upućeni u smjernice i strogi protokol pregleda (TK=HC+HAC+KM)
- Vizualni pregled uvijek predstavlja potencijalno subjektivno ocjenjivanje određenog inženjera,
 - no ova subjektivnost svedena je na minimum upravo uključujući u projekt studente sa sličnim prethodnim znanjem
 - kojima je na isti način, korak po korak, objašnjen protokol pregleda kojim se uočavaju vrste i raširenost oštećenja te prikladno ocjenjivanje.



Slunjića bridge: concrete cover fraction and reinforcing steel corrosion at the pier; and at the slab bottom; sidewalk block cracking, mix rutting and asphalt crack at the pavement



Rastoke bridge: corrosion protection decline of the pedestrian fence; concrete cover fracture and reinforcing steel corrosion of the cornice; concrete cover delamination and efflorescence at the slab bottom; segregation and reinforcing steel corrosion at the bottom slab next to the abutment



Bjelovar bridge: repaired asphalt pavement cracks; concrete cover fraction and reinforcing steel corrosion at the superstructure slab bottom; soil erosion at the embankment cone



Korana bridge: mechanical damage and corrosion of pedestrian fence; asphalt pavement cracks and dilatation related to expansion joint; dilatation, concrete wetting and efflorescence at the main slab girders; cornice delamination



Gradna bridge: corrosion of pedestrian fence; side walk mix routing and curb erosion; cornice wetting; wetting and delamination of concrete of the pier; leaking, wetting and delamination at the abutment

PODACI O MOSTOVIMA I ZNAČAJNIM OŠTEĆENJIMA

- ❑ Temelji stupova i upornjaka skriveni su u tlu odnosno nasipu te nisu dostupni za vizualne preglede,
 - ali ako su pojedini dijelovi izloženi njihovo oštećenje je zabilježeno i uzeto u obzir.
- ❑ Oštećenja hidroizolacije ispod kolnika rijetko su uočljiva,
 - ali procjeđivanje, vlažnost i iscvjetavanje na podgledu rasponske konstrukcije može ukazati na ovakvo oštećenje.



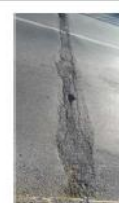
Slunjčica bridge: concrete cover fraction and reinforcing steel corrosion at the pier; and at the slab bottom; sidewalk block cracking, mix rutting and asphalt crack at the pavement



Rastoke bridge: corrosion protection decline of the pedestrian fence; concrete cover fracture and reinforcing steel corrosion of the cornice; concrete cover delamination and efflorescence at the slab bottom; segregation and reinforcing steel corrosion at the bottom slab next to the abutment



Bjelovar bridge: repaired asphalt pavement cracks; concrete cover fraction and reinforcing steel corrosion at the superstructure slab bottom; soil erosion at the embankment cone



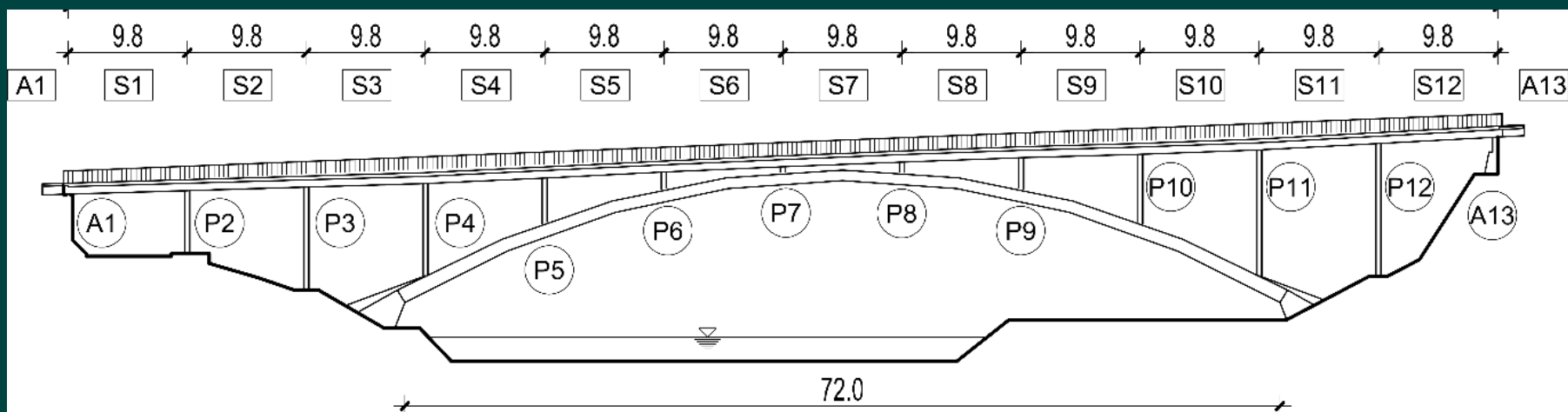
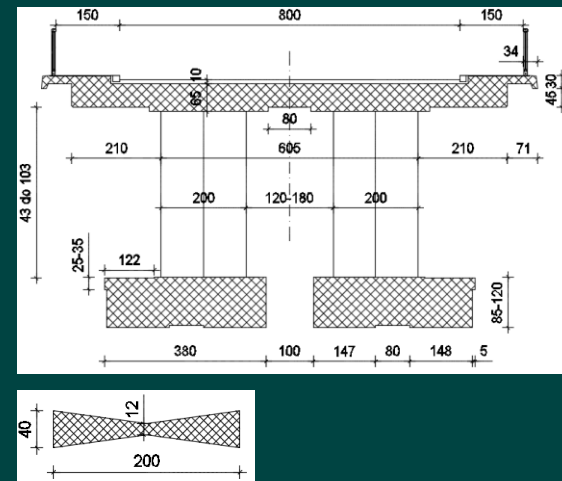
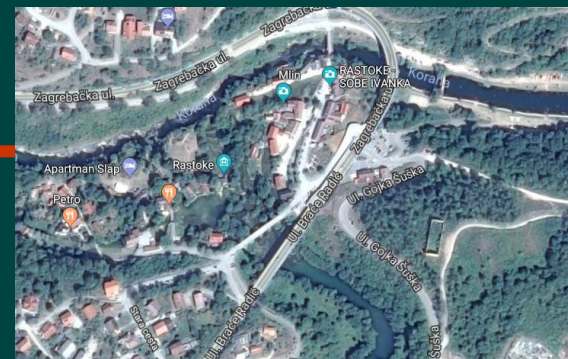
Korana bridge: mechanical damage and corrosion of pedestrian fence; asphalt pavement cracks and dilatation related to expansion joint; dilatation, concrete wetting and efflorescence at the main slab girders; cornice delamination



Gradna bridge: corrosion of pedestrian fence; side walk mix routing and curb erosion; cornice wetting; wetting and delamination of concrete of the pier; leaking, wetting and delamination at the abutment

Most Slunjčica - opis

- Ab lučni most na D1, sagrađen 1961. i projektiran u skladu s propisima koji su bili na snazi.
- Dvostruki ab lukovi $L=72$ m, $f=10$ m, s masivnim poprečnim presjecima debljine 1,2 m na petama luka i 0,85 m u tjemenu.
- Rasponska konstrukcija je uobičajena ab ploča konstantne debljine 65 cm u središnjem 6,05 m širokom dijelu poprečnog presjeka a stanjuje se prema rubovima poprečnog presjeka.
- Ploču podupiru dva vertikalna stupa u poprečnom smjeru, širine 200 cm, u obliku lastinog repa. Stupišta su na razmaku 9,8 m u uzdužnom smjeru.
- Za pregled nisu bili dostupni: desni upornjak mosta, pete luka, donji dijelovi zadnjeg stupa zbog raslinja, stupovi P7, P8, P9.



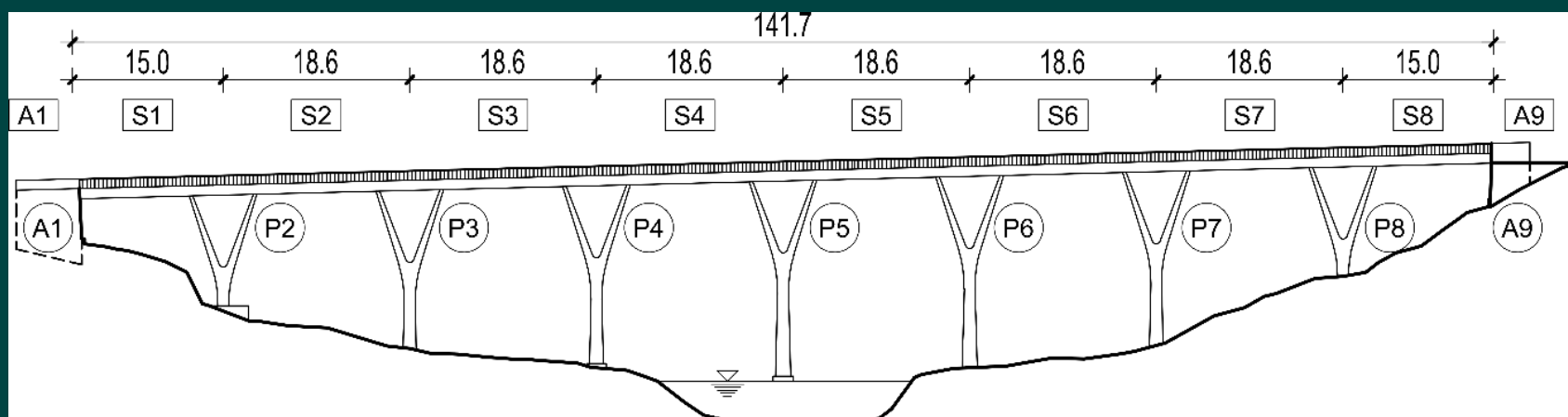
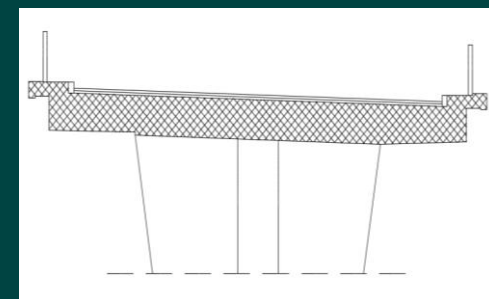
Most Slunjčica – najznačajnija oštećenja

- a) Odlamanje zaštitnog sloja betona te korozija armaturnog čelika na stupu zbog nedovoljne debljine zaštitnog sloja i loše izgradnje.
- b) Pukotine u asfaltu hodnika i oštećenja rubnjaka najvjerojatnije zbog vibracija i loše izvedbe
- c) Odlamanje zaštitnog sloja i korozija armaturnog čelika u podgledu ploče zbog nedovoljnog zaštitnog sloja te pojava iscjetavanja zbog vlaženja i vjerojatnog oštećenja hidroizolacije.



Most Rastoke - opis

- Smješten je na D1, sagrađen 1958. a saniran poslije ratnih oštećenja.
- Kontinuirana gredna konstrukcija preko raspona 15 i 18,6 m, u horizontalnoj krivini radijusa 71 m
- Rasponska konstrukcija je uobičajena ab ploča konstantne debljine 85 cm
- Stupovi su specijalno rašljasto oblikovani.
- Za pregled nisu bili dostupni: temelji stupova u vodi i prijelazne naprave.
 - Preporučuje se dodatni pregled temelja stupova kako bi se utvrdilo stanje i eventualni znakovi podlokavanja. Prijelazne naprave skrivene ispod asfalta valja pregledati i tijekom promjene kolničkog zastora po potrebi zamijeniti



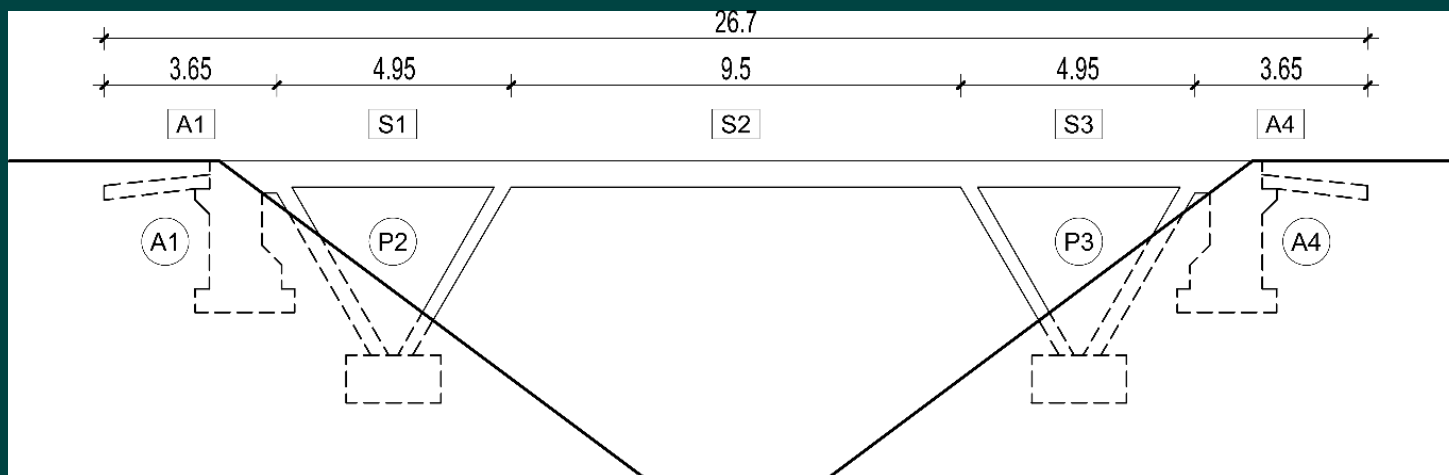
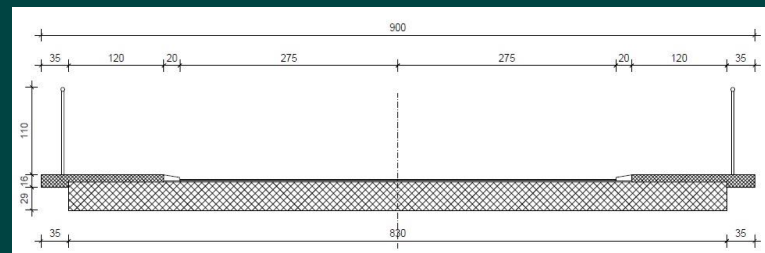
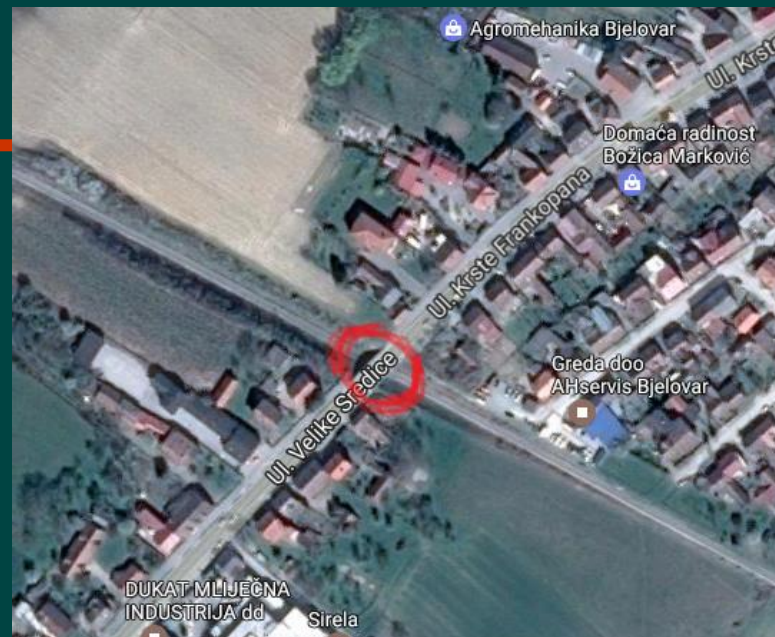
Most Rastoke – najznačajnija oštećenja

- a) Oštećenje antikorozivne zaštite pješačke ograde uslijed slabe zaštite i nedostatka održavanja.
- b) Raspucavanje zaštitnog sloja betona i korozija armaturnog čelika vijenca zb og smrzavanja i odmrzavanja
- c) Segregacija uslijed lošeg betoniranja I korozija armaturnog čelika koje su dovele do odlamanja betona na donjoj plohi ploče uz upornjak
- d) Odlamanje zaštitnog sloja betona i iscvjetavanje na donjoj plohi ploče zbog vlaženja i vjerojatnog oštećenja hidroizolacije.



Most Bjelovar – opis

- Na državnoj cesti D43, povezuje sjeverni i južni dio grada.
- Sagrađen 1960-ih kao integralni betonski most s V stupovima koji omogućava prijelaz željezničke pruge.
- Rasponska konstrukcija je masivna ab ploča preko rubnih raspona od 4,4 m i srednjeg od 9,7 m.
- V stupovi su stupovi stijene prema rasponu debljine 30 cm, pravokutnog poprečnog presjeka prema nasipu.
- Dovoljna dostupnost svih dijelova mosta tijekom pregleda.



Most Bjelovar – najznačajnija oštećenja

- a) Sanirane pukotine u asfaltnom kolniku na prijelazu s mosta ni prilaznu cestu
- b) Raspucavanje zaštitnog sloja betona
- c) Korozija armaturnog čelika s donje strane rasponske ploče blizu spoja s stražnjim "nogama" V oblikovanih stupova
- d) Erozija tla nasipa



a)



b)



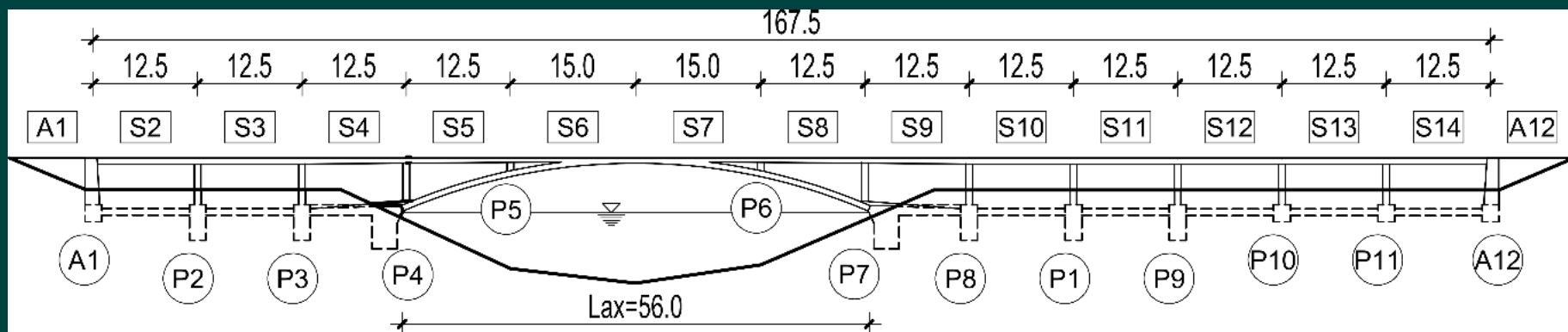
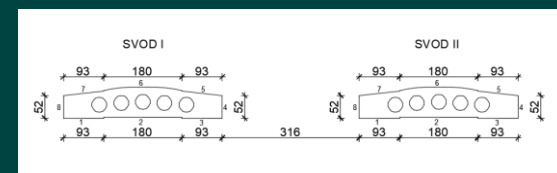
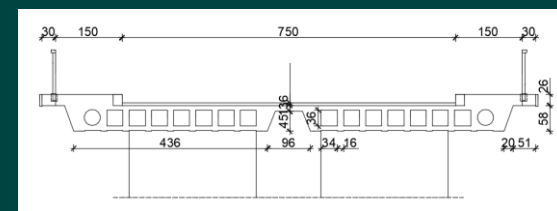
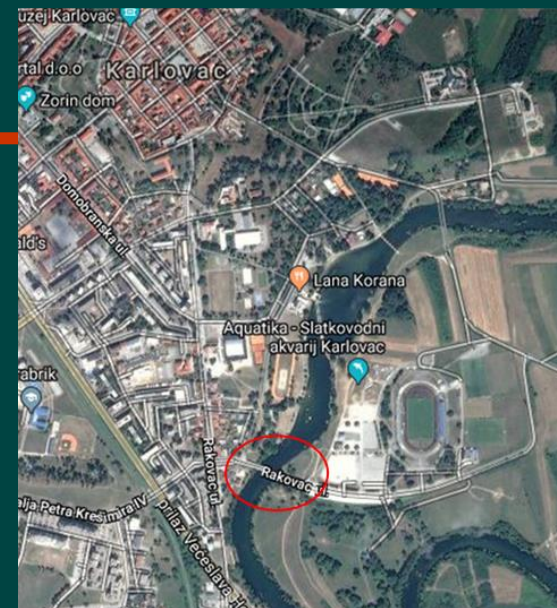
c)



d)

Most Korana – opis

- Most na lokalnoj cesti prema gradu Karlovcu sagrađen 1960-ih
- Dvostruki ab luk s kružnim ošupljenjima raspona 55 m i strelice 9 m.
- Pločasta rasponska ab konstrukcija na rasponima 12,5 i 15 m sastoji se od dvije ploče širine 436 cm i debljine 58 cm s kvadratnim ošupljenjima.
- Oslanja se na vertikalne stupove s dva trapezoidna poprečna presjeka.
- Za pregled nisu bili dostupni: središnji dijelovi mosta (luk i rasponska konstrukcija) s donje strane no pregledani su prilazni dijelovi i pete luka.



Most Korana – najznačajnija oštećenja

- a) Mehaničko oštećenje i korozija pješačke ograde uslijed slabe zaštite i nedostatnog održavanja
- b) Oštećenja dilatacije, vlaženje betona i iscvjetavanje na glavnom nosaču s donje strane, na istom mjestu kao pod c)
- c) Pukotine u asfaltnom zastoru i dilatacija na mjestu konstrukcijskog spoja u osmom polju rasponske konstrukcije blizu stupa
- d) Odlamanje obloge vijenca



a)



b)



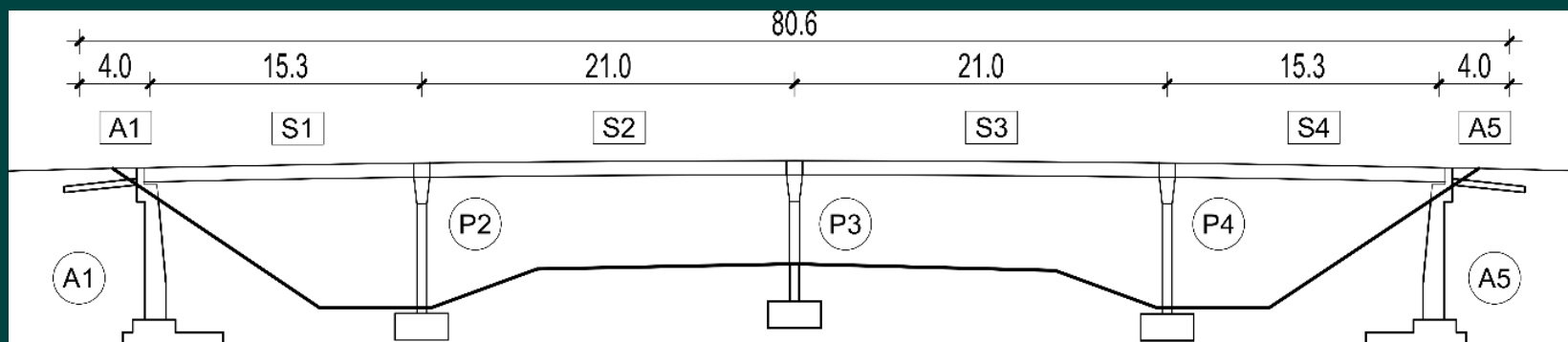
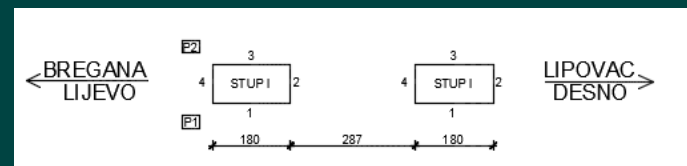
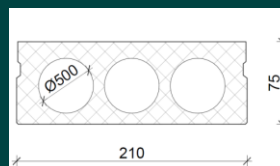
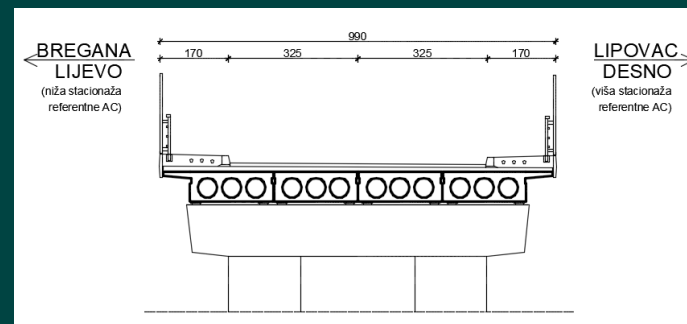
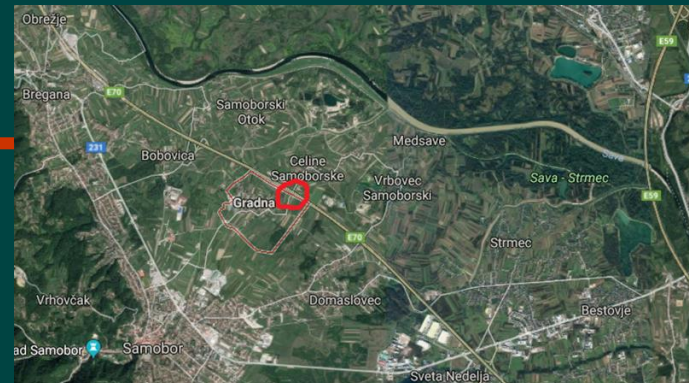
c)



d)

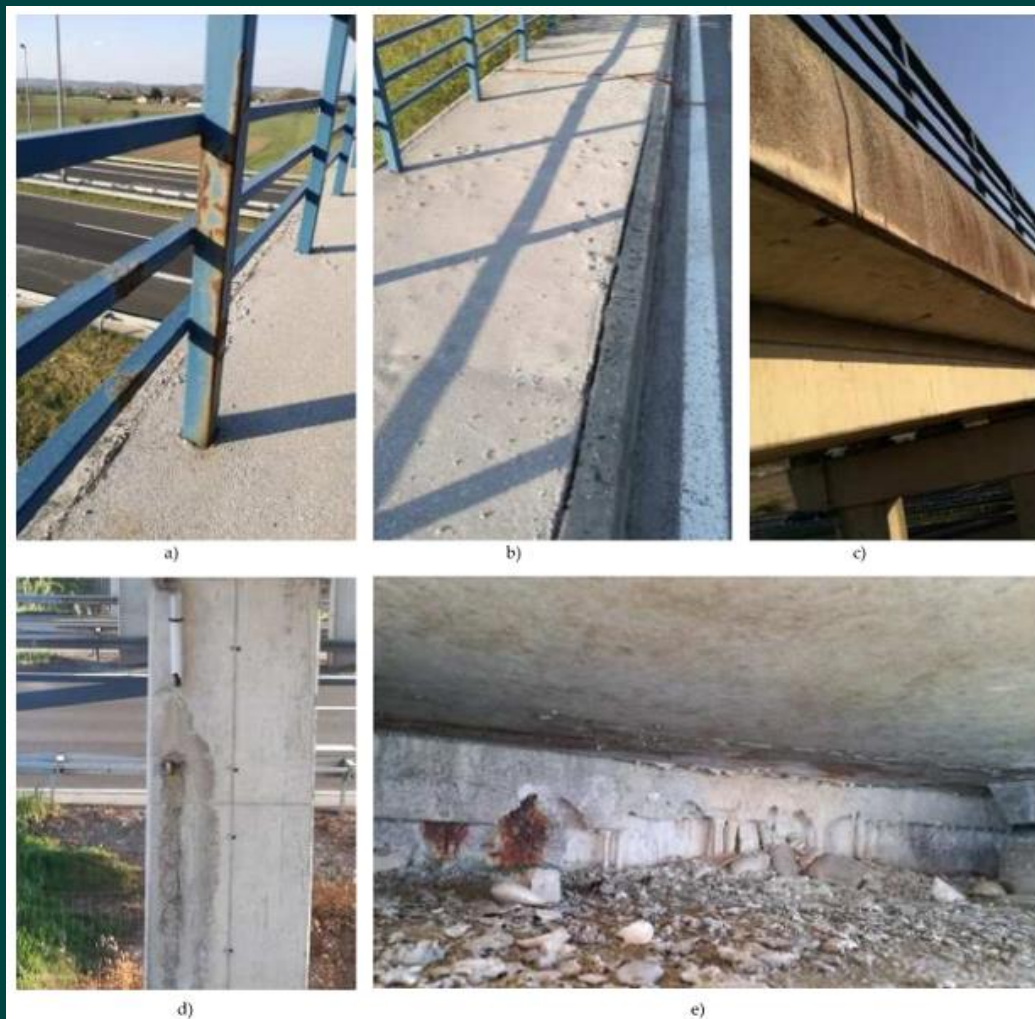
Most Gradna – opis

- ❑ Nadvožnjak sagrađen 2001 na lokalnoj cesti između Gradne i Celine preko autoceste A3 rubnih raspona 15,3 m a srednjih 21 m.
- ❑ Rasponsku konstrukciju čine u uzdužnom smjeru četiri slobodno oslonjene grede koje se u poprečnom presjeku sastoje od četiri predgotovljena ošupljena nosača debljine 75 cm .
- ❑ Za pregled nisu bili direktno dostupni: nosači srednjih raspona i stup u razdijelonom pojasu



Most Gradna – najznačajnija oštećenja

- a) Korozija pješačke ograde
- b) Klobučenje hodnika uslijed neprikladne mješavine asfalta i odlamanje rubnjaka uzduž mosta zbog loše izvedbe i vibracija.
- c) Vlaženje predgotovljenog vijenca
- d) Vlaženje i odlamanje betona na stupu uslijed neprikladno izvedene i neučinkovite odvodnje
- e) Procjeđivanje, vlaženje i odlamanje na upornjaku uslijed procjeđivanja vode na prijelaznoj napravi

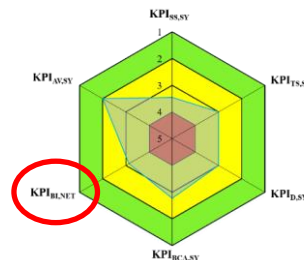


ANALIZA REZULTATA - RANGIRANJE PRIORITETA

- Vizualni pregled → ocjena oštećenja → procedura ocjenjivanja → grafički prikaz KPI za svaki most + tablični prikaz najutjecajnijih pojedinih dijelova na indikatore se → usporedba rezultata pojedinih mostova
- Svi mostovi imaju sličnu vrijednost pokazatelja važnosti $KPI_{BI,NET}$ između 3 i 2, ukazujući na prosječnu važnost mreže, ali što je još važnije svi mostovi unutar grupe imaju gotovo istu važnost
- Iznimka je most Slunjičica s vrijednošću $KPI_{BI,NET} = 3,13$ zbog većeg raspona i lokacije što mu daje prednost u rangiranju prioriteta popravka u odnosu na mostove sa sličnim ili višim vrijednostima ostalih KPI
- U ovome slučaju, uzimajući u obzir i naredna razmatranja, popravak mosta Slunjičica trebao bi se predvidjeti prije popravka mosta Gradna koji ima bitno manje ostale KPI.

Slunjičica Bridge

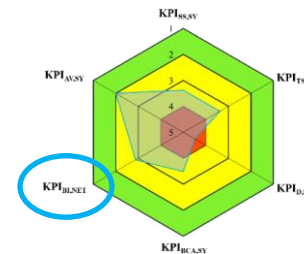
Priority ranking: 4th



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	2.00	2.25	3.00	2.33
Pavement	0.69	2.08	2.08	1.72
Girder structure	3.00	3.00	1.50	2.78
Arch structure	3.00	0.75	1.50	2.33
Abutment	0.00	0.00	0.00	0.00
Pillar	3.45	0.86	1.73	2.78
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.50
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.45	3.00	3.00	2.78

Rastoke Bridge

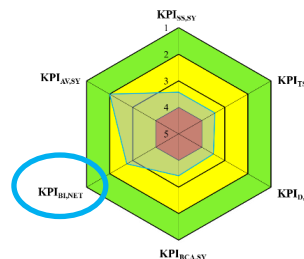
Priority ranking: 2nd



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	3.00	2.91	4.50	3.49
Pavement	0.77	2.30	2.30	1.90
Girder structure	3.38	3.38	1.69	3.38
Pillar	2.43	0.61	1.21	1.34
Drainage	0.58	1.31	1.75	1.44
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.38	3.38	4.50	3.49

Bjelovar Bridge

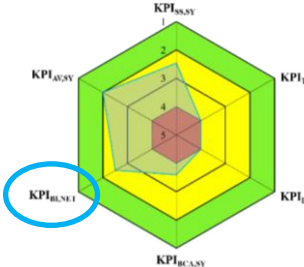
Priority ranking: 3rd



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	1.33	1.50	2.00	1.70
Pavement	1.00	3.00	3.00	2.48
Girder structure	3.43	3.43	1.71	3.43
Abutment	2.00	3.00	3.50	2.63
Pillar	3.00	0.75	1.50	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.43	3.43	3.50	3.43

Korana Bridge

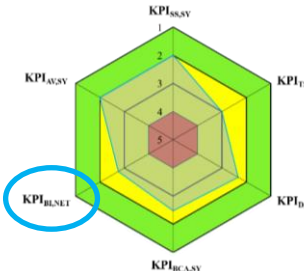
Priority ranking: 1st



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	2.10	2.36	3.14	2.67
Pavement	1.33	4.00	4.00	3.60
Girder structure	2.46	0.62	1.23	1.91
Arch structure	2.00	0.50	1.00	1.55
Abutment	2.00	3.00	1.50	2.70
Pillar	2.27	0.57	1.14	1.55
Drainage	1.17	2.63	3.50	2.89
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	2.46	4.00	4.00	3.60

Gradna Bridge

Priority ranking: 5th



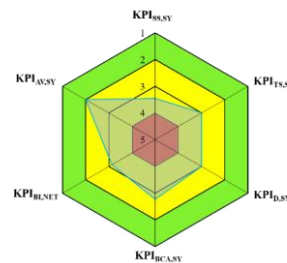
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	1.33	2.50	2.00	1.85
Pavement	0.78	2.33	2.33	1.93
Girder structure	1.50	0.38	0.75	1.05
Abutment	2.00	3.00	2.00	2.70
Pillar	2.00	0.50	1.00	1.55
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	2.00	3.00	2.33	2.70

ANALIZA REZULTATA - RANGIRANJE PRIORITETA

- ❑ Najgori pokazatelj cjelokupnog stanja mosta $KPI_{BCA,SY} = 3.60$ dobiven je za most Korana.
- ❑ Iako je indikator sigurnosti konstrukcije $KPI_{SS,SY} = 2.46$ bolje ocjenjen (manja vrijednost) u odnosu na prethodna tri mosta (3.38 - 3.45),
- ❑ prometna sigurnost i problemi trajnosti ovog mosta su blizu alarmantne crvene zone.
- ❑ Stoga je upravo **most Korana** onaj kod kojega bi prvo trebalo pristupiti mjerama održavanja, a koje zahtijevaju zamjenu obaju prijelaznih naprava i ispravno polaganje hidroizolacije.

Slunjića Bridge

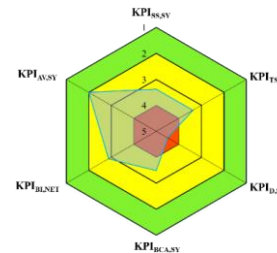
Priority ranking: 4th



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{BCA,IP}
Sidewalk	2.00	2.25	3.00	2.33
Pavement	0.69	2.08	2.08	1.72
Girder structure	3.00	3.00	1.50	2.78
Arch structure	3.00	0.75	1.50	2.33
Abutment	0.00	0.00	0.00	0.00
Pillar	3.45	0.86	1.73	2.78
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.50
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{BCA,SY}
Bridge	3.45	3.00	3.00	2.78

Rastoke Bridge

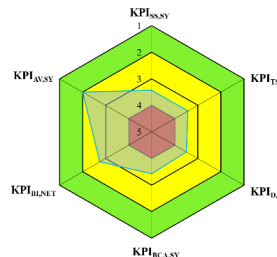
Priority ranking: 2nd



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{BCA,IP}
Sidewalk	3.00	2.91	4.50	3.49
Pavement	0.77	2.30	2.30	1.90
Girder structure	3.38	3.38	1.69	3.38
Pillar	2.43	0.61	1.21	1.34
Drainage	0.58	1.31	1.75	1.44
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{BCA,SY}
Bridge	3.38	3.38	4.50	3.49

Bjelovar Bridge

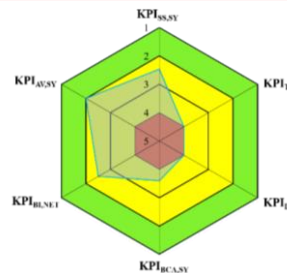
Priority ranking: 3rd



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{BCA,IP}
Sidewalk	1.33	1.50	2.00	1.70
Pavement	1.00	3.00	3.00	2.48
Girder structure	3.43	3.43	1.71	3.43
Abutment	2.00	3.00	3.50	2.63
Pillar	3.00	0.75	1.50	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{BCA,SY}
Bridge	3.43	3.43	3.50	3.43

Korana Bridge

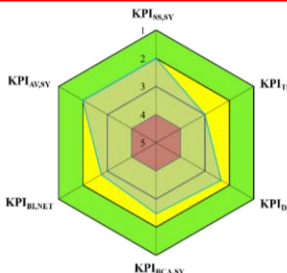
Priority ranking: 1st



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{BCA,IP}
Sidewalk	2.10	2.36	3.14	2.67
Pavement	1.33	4.00	4.00	3.60
Girder structure	2.46	0.62	1.23	1.91
Arch structure	2.00	0.50	1.00	1.55
Abutment	2.00	3.00	1.50	2.70
Pillar	2.27	0.57	1.14	1.55
Drainage	1.17	2.63	3.50	2.89
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{BCA,SY}
Bridge	2.46	4.00	4.00	3.60

Gradna Bridge

Priority ranking: 5th



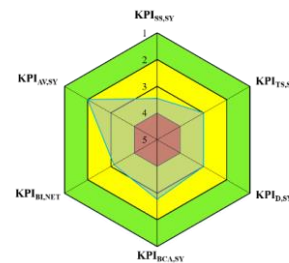
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{BCA,IP}
Sidewalk	1.33	2.50	2.00	1.85
Pavement	0.78	2.33	2.33	1.93
Girder structure	1.50	0.38	0.75	1.05
Abutment	2.00	3.00	2.00	2.70
Pillar	2.00	0.50	1.00	1.55
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{BCA,SY}
Bridge	2.00	3.00	2.33	2.70

ANALIZA REZULTATA - RANGIRANJE PRIORITETA

- Sljedeći most na listi prioriteta održavanja je **most Rastoke**, zbog alarmantnih trajnosnih problema povezanih s vijencem i hodnikom mosta kroz $KPI_{D,SY} = 4.5$.
- Iako je ovo najkritičnija (najveća) vrijednost indikatora u cijeloj grupi, ima manji učinak na cjelokupno stanje mosta nego sigurnost konstrukcije i prometna sigurnost.
- Stoga je most Korana prethodno izabran kao prvi na listi prioriteta

Slunjića Bridge

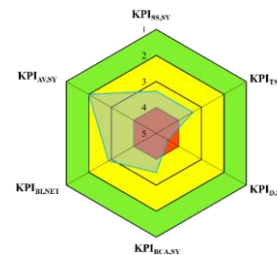
Priority ranking: 4th



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	2.00	2.25	3.00	2.33
Pavement	0.69	2.08	2.08	1.72
Girder structure	3.00	3.00	1.50	2.78
Arch structure	3.00	0.75	1.50	2.33
Abutment	0.00	0.00	0.00	0.00
Pillar	3.45	0.86	1.73	2.78
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.50
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.45	3.00	3.00	2.78

Rastoke Bridge

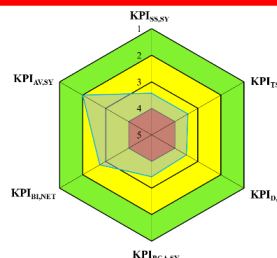
Priority ranking: 2nd



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	3.00	2.91	4.50	3.49
Pavement	0.77	2.30	2.30	1.90
Girder structure	3.38	3.38	1.69	3.38
Pillar	2.43	0.61	1.21	1.34
Drainage	0.58	1.31	1.75	1.44
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.38	3.38	4.50	3.49

Bjelovar Bridge

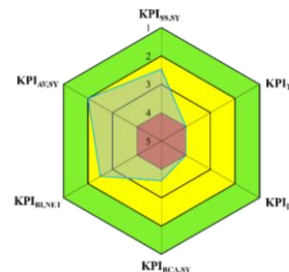
Priority ranking: 3rd



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	1.33	1.50	2.00	1.70
Pavement	1.00	3.00	3.00	2.48
Girder structure	3.43	3.43	1.71	3.43
Abutment	2.00	3.00	3.50	2.63
Pillar	3.00	0.75	1.50	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.43	3.43	3.50	3.43

Korana Bridge

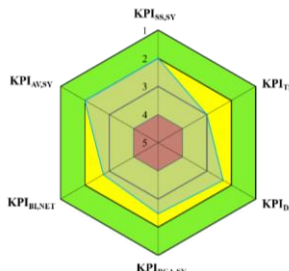
Priority ranking: 1st



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	2.10	2.36	3.14	2.67
Pavement	1.33	4.00	4.00	3.60
Girder structure	2.46	0.62	1.23	1.91
Arch structure	2.00	0.50	1.00	1.55
Abutment	2.00	3.00	1.50	2.70
Pillar	2.27	0.57	1.14	1.55
Drainage	1.17	2.63	3.50	2.89
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	2.46	4.00	4.00	3.60

Gradna Bridge

Priority ranking: 5th



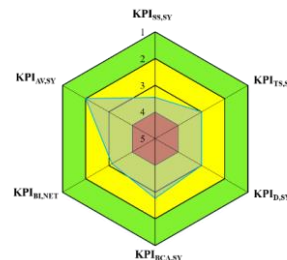
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	1.33	2.50	2.00	1.85
Pavement	0.78	2.33	2.33	1.93
Girder structure	1.50	0.38	0.75	1.05
Abutment	2.00	3.00	2.00	2.70
Pillar	2.00	0.50	1.00	1.55
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	2.00	3.00	2.33	2.70

ANALIZA REZULTATA - RANGIRANJE PRIORITETA

- Treći most na listi prioriteta održavanja bi trebao biti **most Bjelovar**, sa svim indikatorima mosta $KPI_{SS,SY}$, $KPI_{TS,SY}$, $KPI_{D,SY}$, $KPI_{BCA,SY}$, između 3 i 4, a koji su većinom posljedica erozije tla na nasipu i lošeg stanja rasponske ploče.
- Nekontrolirano napredovanje erozije može utjecati kritično na donji ustroj mosta, posljedično i na gornji ustroj mosta, a dodatno i na željezničku prugu koja se nalazi ispod mosta.

Slunjića Bridge

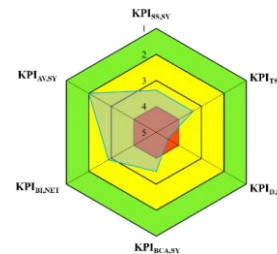
Priority ranking: 4th



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{D,IP}$	$KPI_{BCA,IP}$
Sidewalk	2.00	2.25	3.00	2.33
Pavement	0.69	2.08	2.08	1.72
Girder structure	3.00	3.00	1.50	2.78
Arch structure	3.00	0.75	1.50	2.33
Abutment	0.00	0.00	0.00	0.00
Pillar	3.45	0.86	1.73	2.78
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.50
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{D,SY}$	$KPI_{BCA,SY}$
Bridge	3.45	3.00	3.00	2.78

Rastoke Bridge

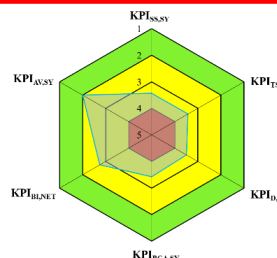
Priority ranking: 2nd



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{D,IP}$	$KPI_{BCA,IP}$
Sidewalk	3.00	2.91	4.50	3.49
Pavement	0.77	2.30	2.30	1.90
Girder structure	3.38	3.38	1.69	3.38
Pillar	2.43	0.61	1.21	1.34
Drainage	0.58	1.31	1.75	1.44
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{D,SY}$	$KPI_{BCA,SY}$
Bridge	3.38	3.38	4.50	3.49

Bjelovar Bridge

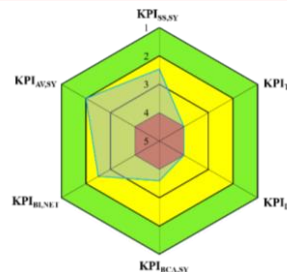
Priority ranking: 3rd



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{D,IP}$	$KPI_{BCA,IP}$
Sidewalk	1.33	1.50	2.00	1.70
Pavement	1.00	3.00	3.00	2.48
Girder structure	3.43	3.43	1.71	3.43
Abutment	2.00	3.00	3.50	2.63
Pillar	3.00	0.75	1.50	1.65
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{D,SY}$	$KPI_{BCA,SY}$
Bridge	3.43	3.43	3.50	3.43

Korana Bridge

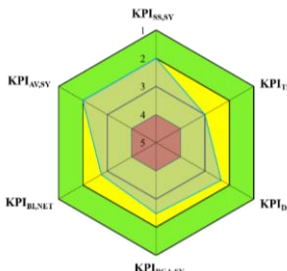
Priority ranking: 1st



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{D,IP}$	$KPI_{BCA,IP}$
Sidewalk	2.10	2.36	3.14	2.67
Pavement	1.33	4.00	4.00	3.60
Girder structure	2.46	0.62	1.23	1.91
Arch structure	2.00	0.50	1.00	1.55
Abutment	2.00	3.00	1.50	2.70
Pillar	2.27	0.57	1.14	1.55
Drainage	1.17	2.63	3.50	2.89
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{D,SY}$	$KPI_{BCA,SY}$
Bridge	2.46	4.00	4.00	3.60

Gradna Bridge

Priority ranking: 5th

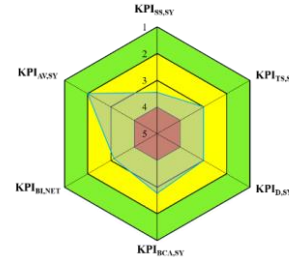


Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{D,IP}$	$KPI_{BCA,IP}$
Sidewalk	1.33	2.50	2.00	1.85
Pavement	0.78	2.33	2.33	1.93
Girder structure	1.50	0.38	0.75	1.05
Abutment	2.00	3.00	2.00	2.70
Pillar	2.00	0.50	1.00	1.55
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.65
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{D,SY}$	$KPI_{BCA,SY}$
Bridge	2.00	3.00	2.33	2.70

ANALIZA REZULTATA - RANGIRANJE PRIORITETA

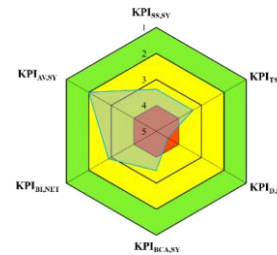
- Ocjena učinkovitosti ostalih mostova ukazuje na puno povoljnije stanje.
- Sljedeći na redu bi bio **most Slunjičica** gdje bi prva mjera trebala biti popravak stupova jer neprikladan zaštitni sloj, odlamanje betona i korozija armature mogu dalje smanjivati sigurnost mosta

4.
Slunjičica Bridge
Priority ranking: 4th



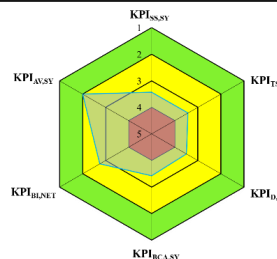
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	2.00	2.25	3.00	2.33
Pavement	0.69	2.08	2.08	1.72
Girder structure	3.00	3.00	1.50	2.78
Arch structure	3.00	0.75	1.50	2.33
Abutment	0.00	0.00	0.00	0.00
Pillar	3.45	0.86	1.73	2.78
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.50
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.45	3.00	3.00	2.78

2.
Rastoke Bridge
Priority ranking: 2nd



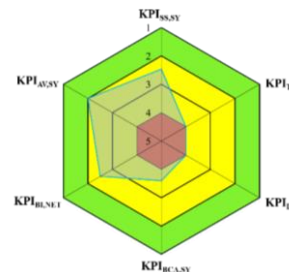
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	3.00	2.91	4.50	3.49
Pavement	0.77	2.30	2.30	1.90
Girder structure	3.38	3.38	1.69	3.38
Pillar	2.43	0.61	1.21	1.34
Drainage	0.58	1.31	1.75	1.44
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.38	3.38	4.50	3.49

3.
Bjelovar Bridge
Priority ranking: 3rd



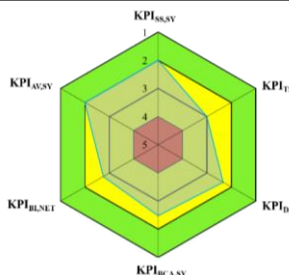
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	1.33	1.50	2.00	1.70
Pavement	1.00	3.00	3.00	2.48
Girder structure	3.43	3.43	1.71	3.43
Abutment	2.00	3.00	3.50	2.63
Pillar	3.00	0.75	1.50	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.43	3.43	3.50	3.43

1.
Korana Bridge
Priority ranking: 1st



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	2.10	2.36	3.14	2.67
Pavement	1.33	4.00	4.00	3.60
Girder structure	2.46	0.62	1.23	1.91
Arch structure	2.00	0.50	1.00	1.55
Abutment	2.00	3.00	1.50	2.70
Pillar	2.27	0.57	1.14	1.55
Drainage	1.17	2.63	3.50	2.89
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	2.46	4.00	4.00	3.60

5.
Gradna Bridge
Priority ranking: 5th

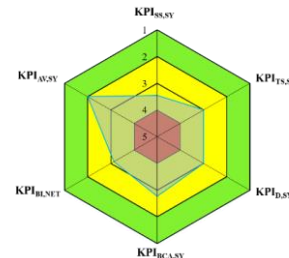


Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	1.33	2.50	2.00	1.85
Pavement	0.78	2.33	2.33	1.93
Girder structure	1.50	0.38	0.75	1.05
Abutment	2.00	3.00	2.00	2.70
Pillar	2.00	0.50	1.00	1.55
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	2.00	3.00	2.33	2.70

ANALIZA REZULTATA - RANGIRANJE PRIORITETA

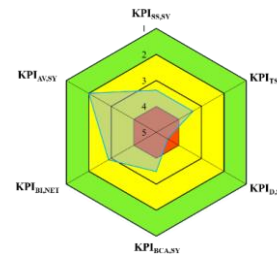
- Zadnji most na listi prioriteta je **most Gradna** na kojem je potreban popravak stupova i upornjaka.

4.
Slunjića Bridge
Priority ranking: 4th



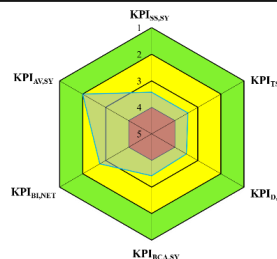
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{IBCA,IP}
Sidewalk	2.00	2.25	3.00	2.33
Pavement	0.69	2.08	2.08	1.72
Girder structure	3.00	3.00	1.50	2.78
Arch structure	3.00	0.75	1.50	2.33
Abutment	0.00	0.00	0.00	0.00
Pillar	3.45	0.86	1.73	2.78
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.50
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{IBCA,SY}
Bridge	3.45	3.00	3.00	2.78

2.
Rastoke Bridge
Priority ranking: 2nd



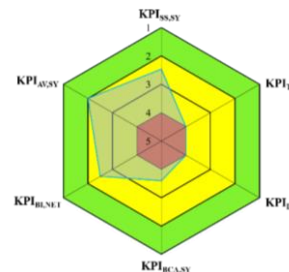
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{IBCA,IP}
Sidewalk	3.00	2.91	4.50	3.49
Pavement	0.77	2.30	2.30	1.90
Girder structure	3.38	3.38	1.69	3.38
Pillar	2.43	0.61	1.21	1.34
Drainage	0.58	1.31	1.75	1.44
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{IBCA,SY}
Bridge	3.38	3.38	4.50	3.49

3.
Bjelovar Bridge
Priority ranking: 3rd



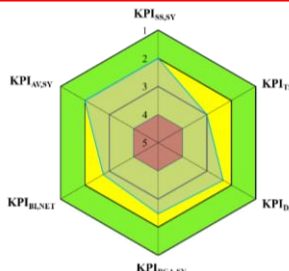
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{IBCA,IP}
Sidewalk	1.33	1.50	2.00	1.70
Pavement	1.00	3.00	3.00	2.48
Girder structure	3.43	3.43	1.71	3.43
Abutment	2.00	3.00	3.50	2.63
Pillar	3.00	0.75	1.50	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{IBCA,SY}
Bridge	3.43	3.43	3.50	3.43

1.
Korana Bridge
Priority ranking: 1st



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{IBCA,IP}
Sidewalk	2.10	2.36	3.14	2.67
Pavement	1.33	4.00	4.00	3.60
Girder structure	2.46	0.62	1.23	1.91
Arch structure	2.00	0.50	1.00	1.55
Abutment	2.00	3.00	1.50	2.70
Pillar	2.27	0.57	1.14	1.55
Drainage	1.17	2.63	3.50	2.89
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{IBCA,SY}
Bridge	2.46	4.00	4.00	3.60

5.
Gradna Bridge
Priority ranking: 5th



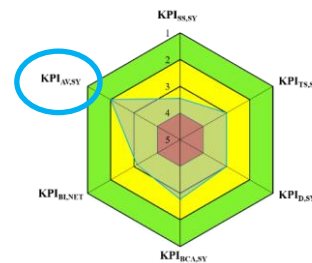
Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{IBCA,IP}
Sidewalk	1.33	2.50	2.00	1.85
Pavement	0.78	2.33	2.33	1.93
Girder structure	1.50	0.38	0.75	1.05
Abutment	2.00	3.00	2.00	2.70
Pillar	2.00	0.50	1.00	1.55
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{IBCA,SY}
Bridge	2.00	3.00	2.33	2.70

ANALIZA REZULTATA - RANGIRANJE PRIORITETA

- ❑ Dodatni KPI pokazuje dostupnost mosta.
- ❑ Kako svi mostovi imaju trenutno ocjene vezane uz hodnik i/ili kolnik 2,5 ili veće, trenutna minimalna vrijednost pokazatelja dostupnosti ne može biti ocjenjena s 1.
- ❑ Za sve mostove izabrana je njegova vrijednost $KPI_{AV,SY} = 2.0$ što ukazuje da je tijekom prometa usporen i zakrčen uslijed stanja kolnika, ali oba su prometna traka u funkciji.
- ❑ No nakon odluke o rangiranju prioriteta, vrijednost ovog KPI ovisit će o režimu prometa zahtijevanom tijekom provedbe samih radova popravka.

Slunjića Bridge

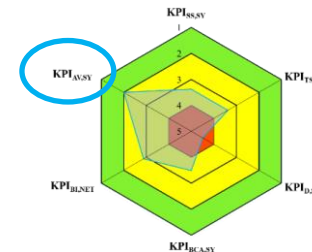
Priority ranking: 4th



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	2.00	2.25	3.00	2.33
Pavement	0.69	2.08	2.08	1.72
Girder structure	3.00	3.00	1.50	2.78
Arch structure	3.00	0.75	1.50	2.33
Abutment	0.00	0.00	0.00	0.00
Pillar	3.45	0.86	1.73	2.78
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.50
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.45	3.00	3.00	2.78

Rastoke Bridge

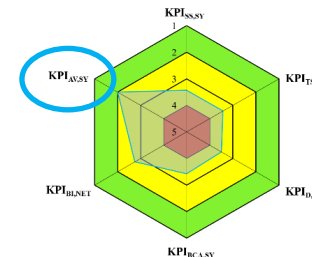
Priority ranking: 2nd



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	3.00	2.91	4.50	3.49
Pavement	0.77	2.30	2.30	1.90
Girder structure	3.38	3.38	1.69	3.38
Pillar	2.43	0.61	1.21	1.34
Drainage	0.58	1.31	1.75	1.44
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.38	3.38	4.50	3.49

Bjelovar Bridge

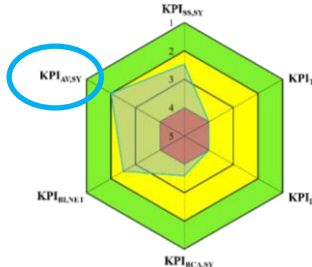
Priority ranking: 3rd



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	1.33	1.50	2.00	1.70
Pavement	1.00	3.00	3.00	2.48
Girder structure	3.43	3.43	1.71	3.43
Abutment	2.00	3.00	3.50	2.63
Pillar	3.00	0.75	1.50	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	3.43	3.43	3.50	3.43

Korana Bridge

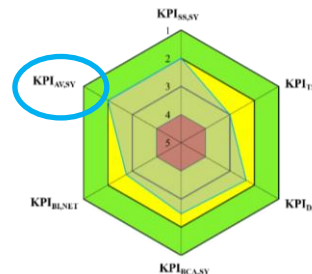
Priority ranking: 1st



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	2.10	2.36	3.14	2.67
Pavement	1.33	4.00	4.00	3.60
Girder structure	2.46	0.62	1.23	1.91
Arch structure	2.00	0.50	1.00	1.55
Abutment	2.00	3.00	1.50	2.70
Pillar	2.27	0.57	1.14	1.55
Drainage	1.17	2.63	3.50	2.89
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	2.46	4.00	4.00	3.60

Gradna Bridge

Priority ranking: 5th



Indiv. Parts	KPI _{SS,IP}	KPI _{TS,IP}	KPI _{ID,IP}	KPI _{ICA,IP}
Sidewalk	1.33	2.50	2.00	1.85
Pavement	0.78	2.33	2.33	1.93
Girder structure	1.50	0.38	0.75	1.05
Abutment	2.00	3.00	2.00	2.70
Pillar	2.00	0.50	1.00	1.55
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.65
System	KPI _{SS,SY}	KPI _{TS,SY}	KPI _{ID,SY}	KPI _{ICA,SY}
Bridge	2.00	3.00	2.33	2.70

ANALIZA REZULTATA - RANGIRANJE PRIORITETA

Most Slunjića: $KPI_{AV,SY} = 2,0$.

Popravak vijenca i hodnika na mostu Rastoke zahtjeva preusmjeravanje oba smjera prometa u jedan trak i smanjenje brzine što povećava $KPI_{AV,SY}$ na 3,0.

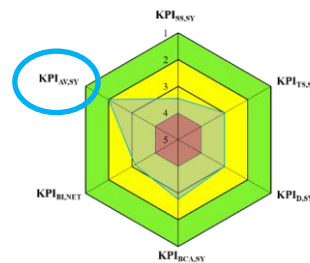
Popravak donjeg dijela rasponske konstrukcije će vjerojatno zahtijevati ograničenje teškog prometa, povećavajući $KPI_{AV,SY}$ na vrijednost 4,0.

Zamjena prijelaznih naprava na mostu Korana zahtijeva zatvaranje mosta za promet što izaziva povećanje $KPI_{AV,SY}$ na najveću vrijednost 5,0.

Za mostove Slunjića i Gradna, gdje se očekuju popravci donjeg ustroja, moguće je zadržati $KPI_{AV,SY}$ na vrijednosti 2,0.

Slunjića Bridge

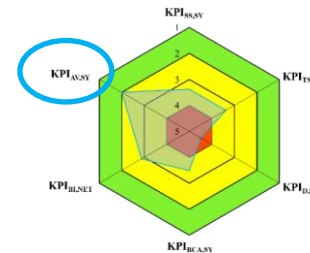
Priority ranking: 4th



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{ID,IP}$	$KPI_{IBCA,IP}$
Sidewalk	2.00	2.25	3.00	2.33
Pavement	0.69	2.08	2.08	1.72
Girder structure	3.00	3.00	1.50	2.78
Arch structure	3.00	0.75	1.50	2.33
Abutment	0.00	0.00	0.00	0.00
Pillar	3.45	0.86	1.73	2.78
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.50
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{ID,SY}$	$KPI_{IBCA,SY}$
Bridge	3.45	3.00	3.00	2.78

Rastoke Bridge

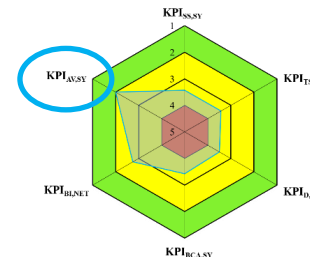
Priority ranking: 2nd



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{ID,IP}$	$KPI_{IBCA,IP}$
Sidewalk	3.00	2.91	4.50	3.49
Pavement	0.77	2.30	2.30	1.90
Girder structure	3.38	3.38	1.69	3.38
Pillar	2.43	0.61	1.21	1.34
Drainage	0.58	1.31	1.75	1.44
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{ID,SY}$	$KPI_{IBCA,SY}$
Bridge	3.38	3.38	4.50	3.49

Bjelovar Bridge

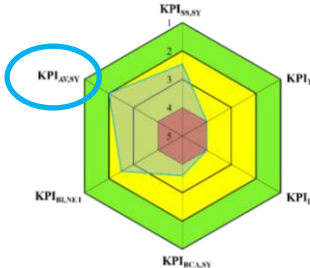
Priority ranking: 3rd



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{ID,IP}$	$KPI_{IBCA,IP}$
Sidewalk	1.33	1.50	2.00	1.70
Pavement	1.00	3.00	3.00	2.48
Girder structure	3.43	3.43	1.71	3.43
Abutment	2.00	3.00	3.50	2.63
Pillar	3.00	0.75	1.50	1.65
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{ID,SY}$	$KPI_{IBCA,SY}$
Bridge	3.43	3.43	3.50	3.43

Korana Bridge

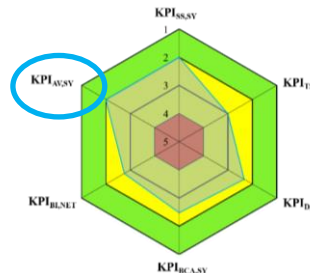
Priority ranking: 1st



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{ID,IP}$	$KPI_{IBCA,IP}$
Sidewalk	2.10	2.36	3.14	2.67
Pavement	1.33	4.00	4.00	3.60
Girder structure	2.46	0.62	1.23	1.91
Arch structure	2.00	0.50	1.00	1.55
Abutment	2.00	3.00	1.50	2.70
Pillar	2.27	0.57	1.14	1.55
Drainage	1.17	2.63	3.50	2.89
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{ID,SY}$	$KPI_{IBCA,SY}$
Bridge	2.46	4.00	4.00	3.60

Gradna Bridge

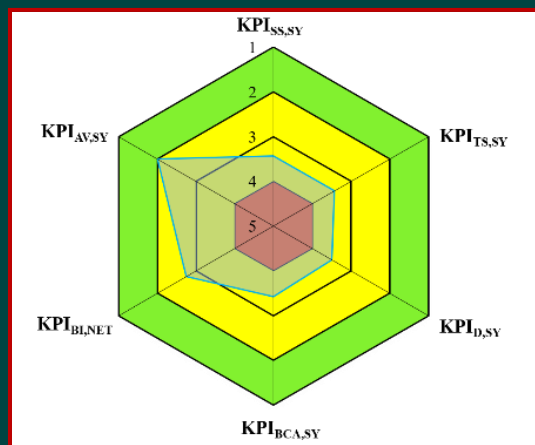
Priority ranking: 5th



Indiv. Parts	$KPI_{SS,IP}$	$KPI_{TS,IP}$	$KPI_{ID,IP}$	$KPI_{IBCA,IP}$
Sidewalk	1.33	2.50	2.00	1.85
Pavement	0.78	2.33	2.33	1.93
Girder structure	1.50	0.38	0.75	1.05
Abutment	2.00	3.00	2.00	2.70
Pillar	2.00	0.50	1.00	1.55
Drainage	0.67	1.50	2.00	1.65
System	$KPI_{SS,SY}$	$KPI_{TS,SY}$	$KPI_{ID,SY}$	$KPI_{IBCA,SY}$
Bridge	2.00	3.00	2.33	2.70

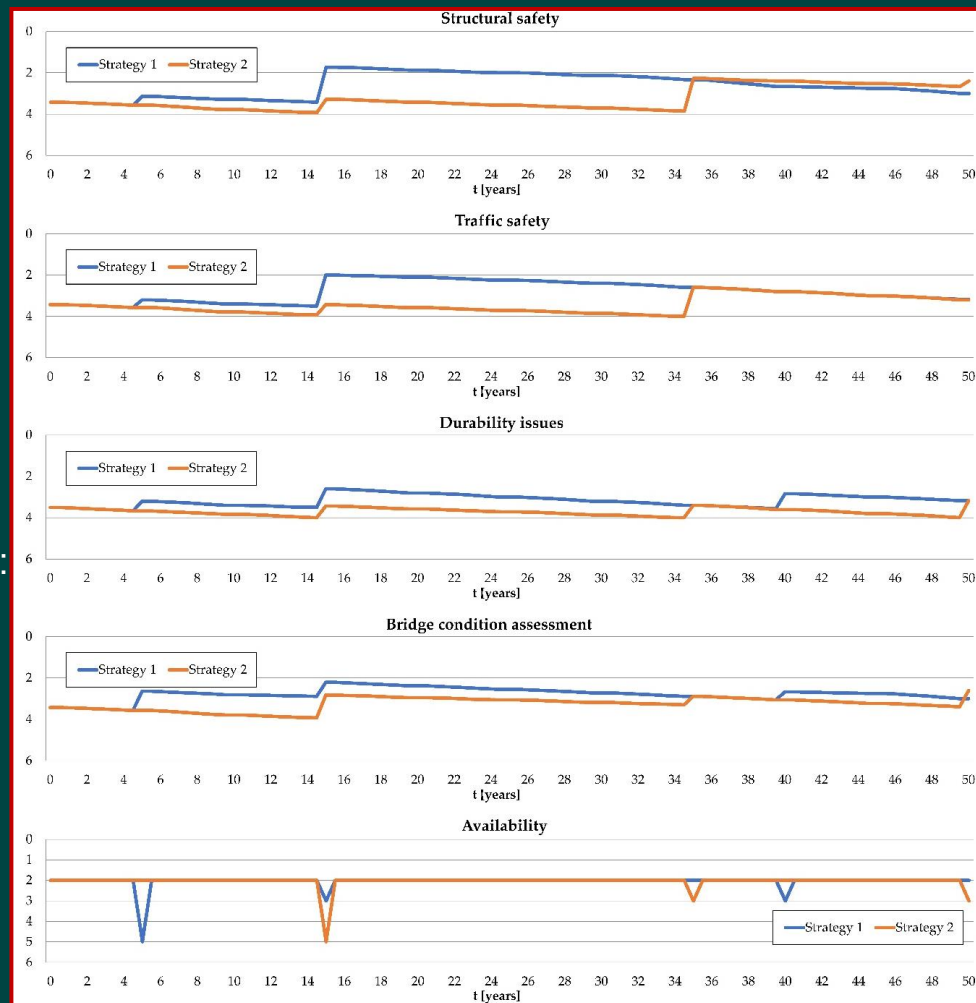
DALJNJE PREPORUKE ZA PROCJENU KPI U VREMENU

- ❑ Daljnje istraživanje: digitalizacija cjelokupnog procesa i praćenje KPI promjenjivih u vremenu.
- ❑ Jednodimenzionalni pauk dijagram razvio bi se u vremenski dijagram mosta poštujući intervale između pregleda i slijed mjera popravaka na mostu.



- ❑ Daljnji razvoj ove metode zahtijeva poznavanje:

- podataka o troškovima različitih mogućnosti popravaka
- strategije za različite tipove mostova
- odgovarajućih troškova uslijed smanjenje dostupnosti mosta



PRIMJER MOST BJELOVAR

1. strategija djelovanje odmah

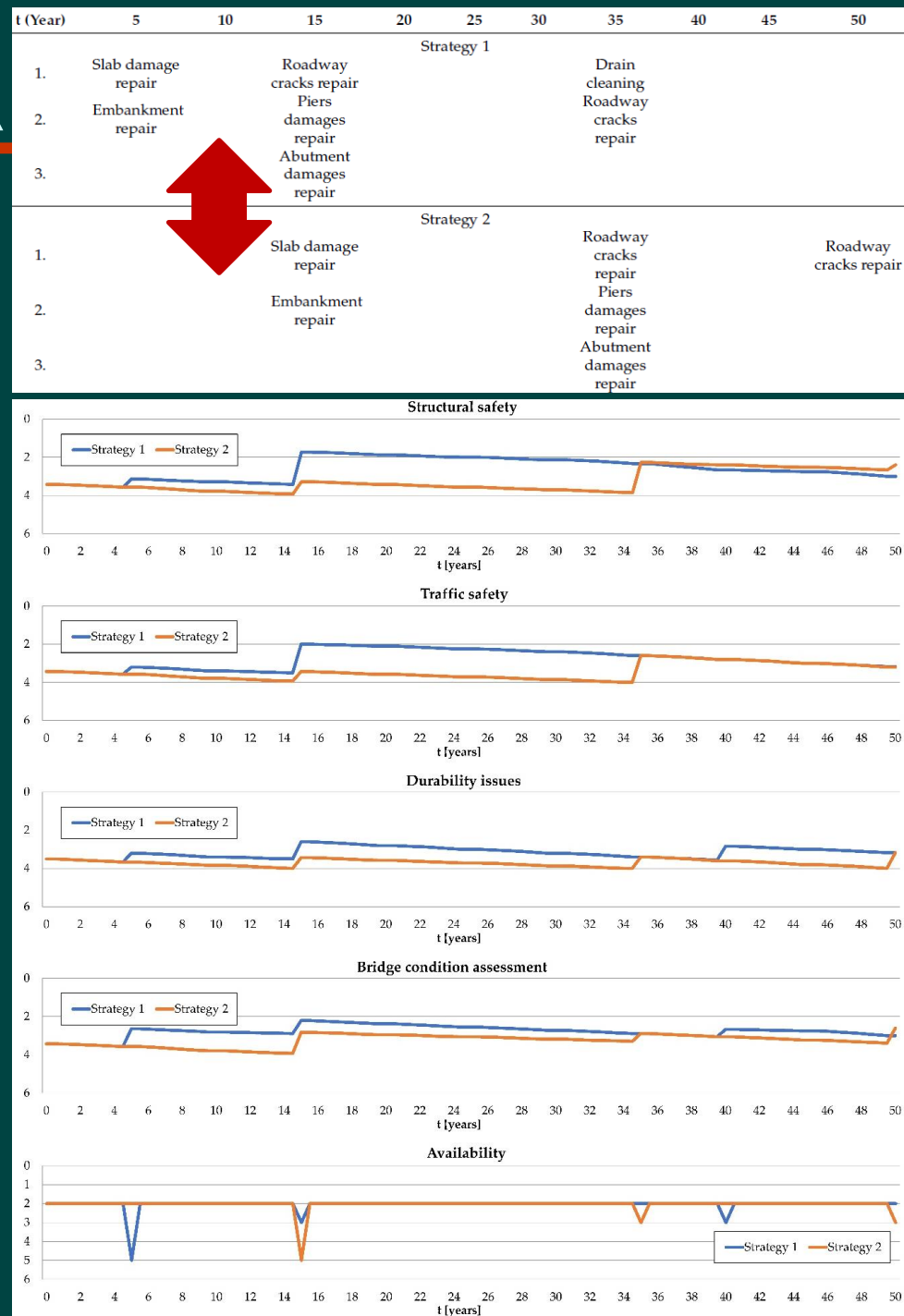
→ intervencija nastupa čim jedan od KPI dosegne vrijednost 3,5

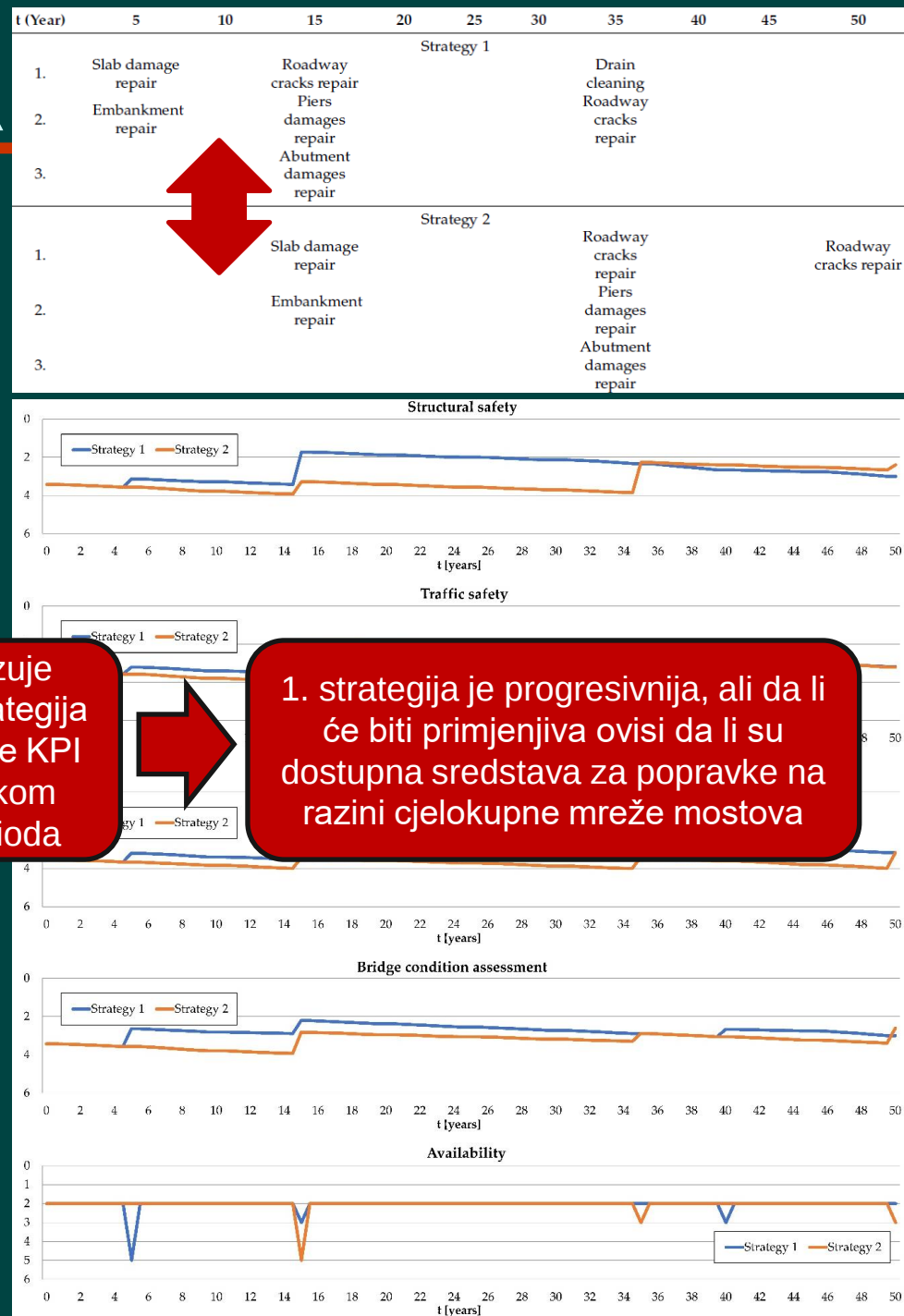
→ održavanje i popravak treba započeti čim prije kako bi se očuvala uporabljivost i očekivani životni vijek



2. strategija nastoji što više odgoditi intervenciju

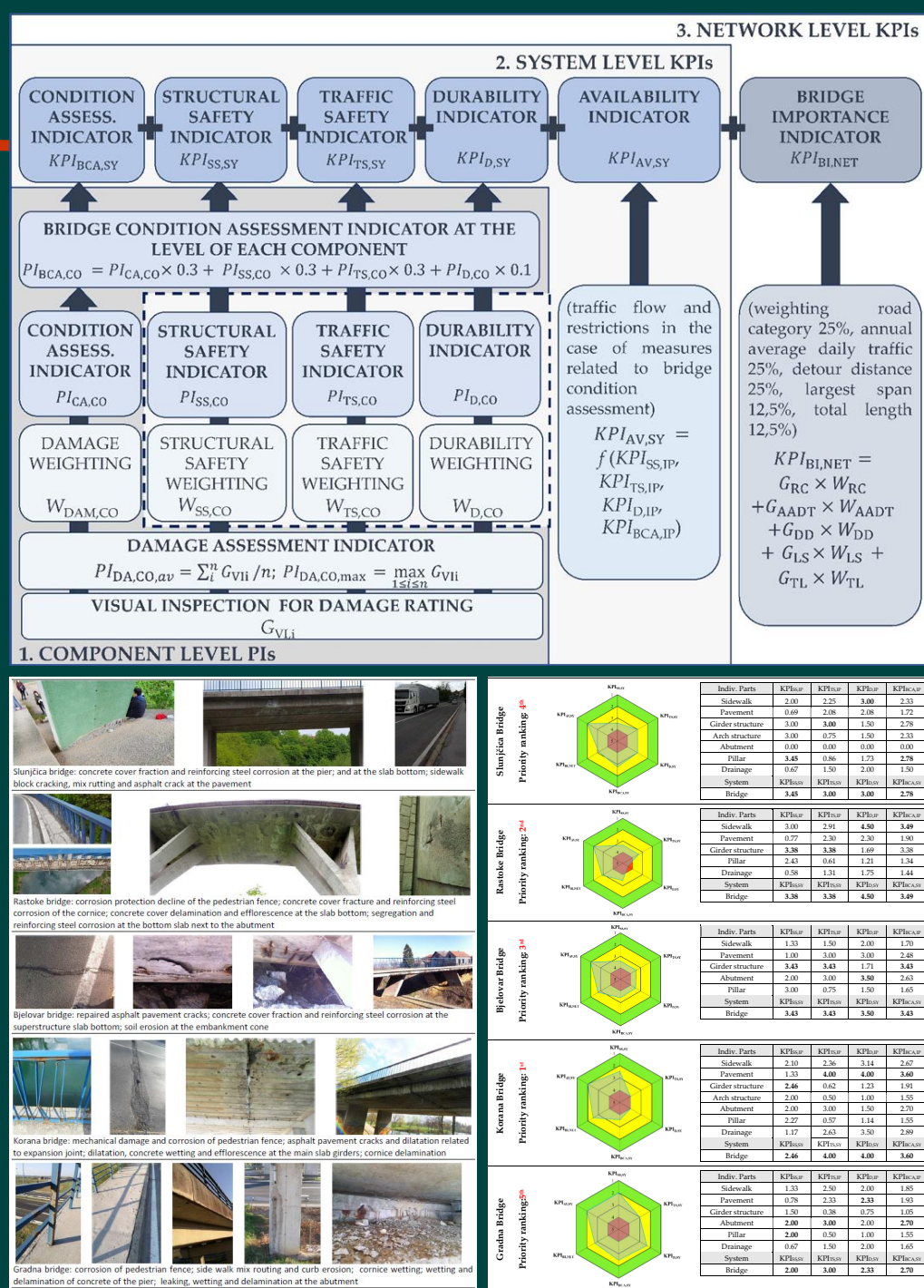
→ intervencija nastupa kad KPI dosegne vrijednost 4,0 (u iznimnim situacijama i 4,5, ali to znači da se popravak i održavanje odmah naprave jer je krajnje vrijeme)





ZAKLJUČNO

- Ova jedinstvena metoda za ocjenu mostova
 - od razine oštećenja elementa
 - preko razine funkcioniranja sustava mosta
 - pa do razine prioriteta u cestovnoj mreži
- kombinira procedure
 - predviđene u **HR praksi** ocjenjivanja mostova
 - sa teoretskom sistematizacijom ključnih pokazatelja učinkovitosti mostova na temelju **istraživanja** na **EU** razini.
- Primijenjena je na grupu stvarnih mostova u sklopu koje se otkrivaju potrebne intervencije i definiraju prioriteta budućih aktivnosti.
- Može se primijeniti i na grupu mostova na određenom cestovnom pravcu ili području pod istim upraviteljem.



SLJEDEĆE PREDAVANJE:



Ana Mandić Ivanković