

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Likožar, D., 2016. Analiza projekta sanacije mostu čez Savo v Podnartu. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šelih, J.): 61 str.

Datum arhiviranja: 15-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Likožar, D., 2016. Analiza projekta sanacije mostu čez Savo v Podnartu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šelih, J.): 61 pp.

Archiving Date: 15-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
PROMETNA SMER**

Kandidat:

DOMEN LIKOZAR

**ANALIZA PROJEKTA SANACIJE MOSTU ČEZ SAVO V
PODNARTU**

Diplomska naloga št.: 3490/PS

**ANALYSIS OF REHABILITATION PROJECT - BRIDGE
OVER SAVA RIVER IN PODNART**

Graduation thesis No.: 3490/PS

Mentorica:

prof. dr. Jana Šelih

Somentor:

asist. dr. Matej Kušar

Ljubljana, 09. 09. 2016

Spodaj podpisani študent Domen Likozar, vpisna številka 26108124, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Analiza projekta sanacije mostu čez Savo v Podnartu.

IZJAVLJAM

1. Obkrožite eno od variant a) ali b)
 - a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
 - b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: _____

Datum: _____

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN

UDK:	33:69(497.4 Sava)(043.2)
Avtor:	Domen Likozar
Mentor:	prof. dr. Jana Šelih
Somentor:	asist. dr. Matej Kušar
Naslov:	Analiza projekta sanacije mostu čez Savo v Podnartu
Tip dokumenta:	Diplomska naloga - univerzitetni študij
Obseg in oprema:	61 str., 10 preg., 21 sl.
Ključne besede:	mostovi, sanacija, karbonske lamele, armiranobetonski nosilec

IZVLEČEK

Premostitveni objekti spadajo med gradbeno inženirske objekte, ki predstavljajo enega ključnih elementov cestne infrastrukture. Ti objekti so največkrat najdražji, najpomembnejši in najobčutljivejši deli cest, zato jim je potrebno posvetiti veliko pozornost ne samo v fazi načrtovanja in gradnje, pač pa tudi v fazi njihove uporabe. Mostovi so v svoji življenjski dobi izpostavljeni negativnim vplivom, kot so prekomerne obremenitve, neugodni klimatski pogoji, površna izvedba in slabo vzdrževanje. Zahteve povezane z nosilnostjo, trajnostjo in varnostjo pa se s časom povečujejo. Da bo objekt trajno in varno služil svojemu namenu, ga moramo redno vzdrževati. V diplomski nalogi obravnavamo dve varianti sanacije mostu čez reko Savo v Podnartu. Ugotovljene poškodbe pri rednem in podrobnem pregledu objekta so zahtevale čim hitrejšo sanacijo v obliki ojačitve konstrukcije. Izbirali smo med ojačitvijo z lepljenjem karbonskih lamel in do-betoniranjem dveh armiranobetonskih nosilcev pod prekladno konstrukcijo. Obe možnosti smo primerjali tehnološko in stroškovno. Na koncu smo s pomočjo večkriterijskega odločanja z metodo analitičnega hierarhičnega procesa ocenili boljšo izmed obeh variant na podlagi stroškov, trajnosti objekta, časa sanacije in estetske vrednosti. Izbrani ukrepi morajo biti namreč vedno ekonomsko in časovno sprejemljivi ter trajnostni, saj le tako zadostijo zahtevam upravljavca in uporabnika.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 33:69(497.4 Sava)(043.2)
Author: Domen Likožar
Supervisor: Prof. Jana Šelih, Ph.D.
Co-supervisor: Assist. Matej Kušar, Ph.D.
Title: Analysis of rehabilitation project - bridge over Sava river in Podnart
Document type: Graduation Thesis - University studies
Notes: 61 pages, 10 tables, 21 figures
Key words: bridges, rehabilitation, carbon plates, reinforced concrete beam

ABSTRACT

Bridging structures are civil engineering facilities that represent one of the key elements of the road infrastructure. They are often considered as the most expensive, the most important and the most delicate parts of the roads, which is why they should be given particular attention not only during the design and construction stages but also during the use-phase. During their lifetime, bridges are exposed to negative impacts, such as excessive loads, unfavourable climatic conditions, careless construction and poor maintenance. However, requirements related to their load capacity, sustainability and safety increase regularly with time. In order to ensure that the facility serves its purpose in a safe and sustainable way, it needs to be maintained on a regular basis. The thesis introduces two renovation solutions of the bridge over the river Sava in the village of Podnart. Through regular and detailed monitoring of the facility, damages were identified that required a rapid renovation in the form of construction reinforcement. It needed to be chosen between the reinforcements through bonding carbon lamellas or concreting two additional reinforced concrete beams under the deck construction. Both solutions have been compared in terms of technology and costs. With the help of multiple-criteria decision-making through analytic hierarchy process method, the better of the both solutions has been chosen in the light of costs, sustainability of the bridge, renovation time and aesthetic value. In order to fulfil the requirements of both the operator and the user, the selected measures always need to be acceptable in terms of costs as well as time.

ZAHVALA

Prof.dr. Jani Šelih in asist.dr. Mateju Kušarju se zahvaljujem za čas, ki sta mi ga posvetila v času pisanja diplomske naloge. Za vso strokovno pomoč, uporabne nasvete, gradiva in usmeritve.

Rad bi se zahvalil tudi svojim staršema in sestri Barbari, ki so mi študij omogočili, verjeli vame in me podpirali. Hvala vsem prijateljem in sodelavcem, ki so mi tekom študija in pisanja diplomske naloge kakorkoli pomagali.

Posebna zahvala pa gre Ani za njeno podporo, spodbudo in potrpežljivost.

KAZALO VSEBINE

ERRATA.....	I
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
ZAHVALA	I
1 UVOD	1
1.1 Opredelitev problema	1
1.2 Cilji naloge.....	2
1.3 Zasnova naloge.....	3
2 ŽIVLJENJSKA DOBA IN ZAGOTAVLJANJE ZANESLJIVOSTI OBJEKTOV	4
3 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA OBJEKTA.....	7
3.1 Splošne značilnosti.....	7
3.1.1 Lokacija	7
3.1.2 Konstrukcijski sklopi.....	8
4. OPIS POŠKODB IN DRUGIH POMANJKLJIVOSTI.....	10
4.1 Pregledi objektov	10
4.1.1 Tekoči pregledi	10
4.1.2 Redni pregledi	10
4.1.3 Glavni pregledi.....	11
4.1.4 Izredni pregledi.....	11
4.1.5 Podrobni pregledi	11
4.2 Pregled mostu v Podnartu	12
5 VARIANTNE REŠITVE	18
5.1 Splošno	18
5.2 Možni ukrepi glede na obseg del	19
5.3 Obravnavane rešitve	22
5.3.1 Izbira izvajalca	22
5.3.2 Vodenje prometa	22
5.3.3 Glavna dela sanacije	24
5.3.4 Trajnost	24
5.3.5 Čas sanacije.....	24
5.3.6 Estetska vrednost.....	25
6 TEHNOLOGIJA IZVEDBE.....	26
6.1 Potrebna sanacijska dela in ojačitve.....	26
6.2 Ojačitev s karbonskimi lamelami.....	29
6.3 Ojačitev z do-betoniranjem nosilcev	32

7	STROŠKOVNA ANALIZA	38
7.1	Splošno	38
	Projektantska cena	38
	Ponudbena cena	39
	Pogodbena cena	39
7.2	Popis del	39
7.3	Normativi in norme v gradbeništvu	41
7.4	Popis del s količinami in cenami - sanacija mostu z lamelami.....	43
7.5	Popis del s količinami in cenami - sanacija mostu z do-betoniranjem nosilcev	45
7.6	Rezultati stroškovne analize	48
8	VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE.....	50
8.1	Splošno o odločanju	50
8.2	Analitično hierarhični postopek (AHP)	51
	8.2.1 Struktura odločitvenega modela	51
	8.2.2 Primerjava parametrov	52
	8.2.3 Primerjava alternativ	53
8.3	Rezultat AHP metode	54
9	PRIMERJAVA OBRAVNAVANIH REŠITEV	55
9.1	Splošno	55
9.2	Primerjava	55
10	ZAKLJUČEK	57
	VIRI.....	59

KAZALO SLIK

Slika 1: Potek sprememb lastnosti konstrukcije v življenjski dobi (Beg D, 2009)	5
Slika 2: Življenjski krog in zagotavljanje kakovosti (Beg D, 2009).....	6
Slika 3: Lokacija objekta	7
Slika 4: Most čez reko Savo v Podnartu avtorja Kramarič Vekoslava med leti 1928 in 1947 (Etno muzej, 2014)	8
Slika 5: Most čez reko Savo v Podnartu – začetek sanacije (lasten vir)	9
Slika 6: Prečni prerez pred sanacijo (ISB, 2012).....	9
Slika 7: Možni vzroki poškodb (Zajc in Žnidarčič, 2010).....	12
Slike 8: Slike poškodb mostu čez Savo v Podnartu: a) poškodbe vozišča, b) udarne jame na vozišču, c) napake betoniranja na nosilni plošči, d) poškodbe vmesnih opornikov, e) nezadostna debelina zaščitnega sloja betona na opornikih, f) poškodbe dilatacije, g) vidna armatura krajnih opornikov, h) korozija armature nosilne plošče, i) nepritrjeni stebrički ograje, j) razpad betona robnega venca, k) korozija armature robnega venca, l) nezadostno pritrjen drog javne razsvetljave (poročilo GI ZRMK).....	17
Slika 9: Shematski prikaz trajnosti in življenjske dobe AB konstrukcij, izpostavljenih agresivnem okolju (Zajc in Žnidarčič, 2010).....	19
Slika 10: Prečni prerez – 1 faza sanacije (Projektna dokumentacija ISB d.o.o., 2012)	27
Slika 11: Prečni prerez – 2 faza sanacije (Projektna dokumentacija ISB d.o.o., 2012)	28
Slika 12: Prečni prerez – 3 faza sanacije (Projektna dokumentacija ISB d.o.o., 2012)	28
Slika 13: Lepljenje karbonskih lamel (Sika, 2016)	29
Slika 14: Pull off oprema (lasten vir).....	30
Slika 15: Sklerometer (Matest, 2016)	30
Slika 16: Odstranjevanje asfalta in hidroizolacije (lasten vir)	32
Slika 17: Oder za pranje konstrukcije, armiranje in opaženje nosilcev ter nanos zaščitnega premaza (lasten vir)	33
Slika 18: Odbijanje betona v območju nosilcev (lasten vir).....	33
Slika 19: Primer izvrtanega cilindra za vgradnjo betona (lasten vir).....	34
Slika 20: Armaturna stremena za nosilce (lasten vir).....	34
Slika 21: Opaž nosilca (lasten vir).....	35
Slika 22: Betoniranje nosilcev (lasten vir).....	35
Slika 23: Oder za izdelavo zaščitnega premaza (lasten vir)	36
Slika 24: Zaščita betona 1 (lasten vir)	36
Slika 25: Zaščita betona 2 (lasten vir)	37
Slika 26: Zaščita betona 3 (lasten vir)	37

Slika 27: Struktura odločitvenega modela za izbor sanacije (Bohanec, 2012) 51

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Načela in postopki za zaščito in popravilo v primeru poškodb betona po SIST EN 1504.....	21
Preglednica 2: Predračun sanacije z lamelami (opis del pridobljen iz projektne dokumentacije: ISB, 2012).....	43
Preglednica 3: Predračun sanacije z do-betoniranjem nosilcev (opis del pridobljen iz projektne dokumentacije: ISB, 2012)	45
Preglednica 4: Matrika primerjav kriterijev.....	52
Preglednica 5: Normirane vrednosti in pripadajoče uteži.....	52
Preglednica 6: Primerjava sanacije po parametru - cena	53
Preglednica 7: Primerjava sanacije po parametru – trajnostni vidik.....	53
Preglednica 8: Primerjava sanacije po parametru - čas sanacije	53
Preglednica 9: Primerjava sanacije po parametru - estetska vrednost	54
Preglednica 10: Rezultat AHP metode.....	54

KAZALO OKRAJŠAV

AB – armirani beton

AHP - Analitični hierarhični proces (ang. Analytic hierarchical process)

DARS – Direkcija za avtoceste Republike Slovenije

DRSC – Direkcija Republike Slovenije za ceste

DRSI – Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo

GGD - Gorenjska gradbena družba d.d.

GI ZRMK – Gradbeni inštitut ZRMK (zavod za raziskavo materialov in konstrukcij – v preteklosti)

IGMAT – Inštitut za gradbene materiale

ISB - Inženirski statični biro d.o.o.

IZS – Inženirska zbornica Slovenije

JVO – jeklena varnostna ograja

OZS - obrtna zbornica Slovenije

PLDP - povprečni letni dnevni promet

PTP – posebni tehnični pogoji

PZI – projekt za izvedbo

STP – splošni tehnični pogoji

ZAG – Zavod za gradbeništvo

1 UVOD

1.1 Opredelitev problema

Reliefna razgibanost slovenskega ozemlja se kaže s tem, da na državnem cestnem omrežju, dolgem več kot 6.450 km, s katerim upravljata Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI) in Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji (DARS), stoji več kot 2500 premostitvenih objektov z razponom nad 5m in dodatno še vsaj 1100 premostitvenih objektov z razponom med 3 in 5m (DRSI, 2014). Ti objekti so največkrat najdražji, najpomembnejši in najobčutljivejši deli cest, zato jim je potrebno posvetiti največjo pozornost ne samo v fazi načrtovanja in gradnje, ampak tudi v fazi njihove uporabe. Samo z ustreznim vzdrževanjem je mogoče zagotoviti primerno dobo trajanja objektov. Opuščeno ali pomanjkljivo vzdrževanje objektov na cestah ima znatno večji vpliv na varnost kot pomanjkljivo vzdrževanje vozišč, saj v skrajnem primeru pogojuje tudi dolgotrajnejšo prekinitev prometa (Žmavc 2010, str. 203).

»Premostitveni objekti predstavljajo enega ključnih elementov cestne infrastrukture. Tako kot so različne ovire, ki jih premostitveni objekti premoščajo, tako so po zasnovi, po dimenzijah, po geometriji, po izpostavljenosti različnim okoljskim vplivom različni tudi premostitveni objekti, vendar vsi na nek način predstavljajo ozko grlo cestne infrastrukture (Šajna 2010, str. 1341).«

»Hkrati s propadanjem pa se posebno v primeru cestne infrastrukture povečujejo zahteve za premostitvene objekte (npr. povečevanje dovoljenih osnih obremenitev). Poškodovane ali zastarele konstrukcije je potrebno obnoviti, razširiti ali ojačiti, da bodo varno in trajno služile svojemu namenu. Ti ukrepi morajo biti ekonomsko in časovno sprejemljivi ter trajnostni, saj bodo le tako zadostili zahtevam upravljavca in uporabnika (Šajna 2010, str. 1341).«

Za objekte iz armiranega betona (AB), ki jih je največ, je bilo v preteklosti razširjeno zmotno mnenje, da so trajni in jih ni potrebno vzdrževati. Danes vemo, da negativni vplivi, kot so prekomerne obremenitve, vplivi zmrzovanja/taljenja, pomanjkljiva izvedba, nestrokovno projektiranje, zanemarjeno vzdrževanje in podobno povzročajo poškodbe in degradacijo armiranobetonskih konstrukcij, nadaljuje Šajna. Le s pravočasnim rednim vzdrževanjem, ki se mora pričeti takoj po izgradnji objekta, je mogoče zagotoviti načrtovano trajnost objekta.

Vzdrževanje lahko poteka na več načinov, odvisno je predvsem od trenutnega stanja posameznega objekta. V primeru da se objekt skozi daljše časovno obdobje slabše ali

pomanjkljivo vzdržuje, se ob njegovem detajlnem pregledu pogosto izkaže potreba po njegovi čim prejšnji sanaciji, medtem ko imamo pri redno vzdrževanih objektih večinoma na razpolago relativno dolgo obdobje, da pripravimo vse potrebno za izvedbo potrebnih sanacijskih ukrepov.

Pri sanaciji objekta gre lahko za manjša popravila, kjer premostitvenemu objektu povečamo estetsko vrednost, pa vse do posegov v nosilno konstrukcijo ali spreminjanja dimenzij objekta. Podoben učinek lahko dosežemo z različnimi materiali in tehnologijami. V diplomski nalogi bomo obravnavali dve vrsti sanacij za izbrani most.

1.2 Cilji naloge

Namen in cilj diplomskega dela je predstaviti pomembnost vzdrževanja in saniranja premostitvenih konstrukcij. Poznavanje življenjske dobe objekta in njegovih delov, nam olajša planirati vzdrževanje, sanacijo ali zamenjavo posameznih delov. S tem objektu podaljšujemo uporabnost. Da objekti služijo svojemu namenu, jih je potrebno redno pregledovati in v največji meri sproti vzdrževati.

V diplomskem delu bomo zato primerjali dve možni varianti sanacije na konkretnem primeru (Most čez Savo v Podnartu) s stroškovnega in tehnološkega vidika. Pri prvi alternativni gre za ojačitev mostu s karbonskimi lamelami, pri drugi pa z do-betoniranjem dveh nosilcev pod voziščno ploščo. Ker mora konstrukcija ne glede na izbrano vrsto sanacije zagotavljati svojo funkcijo oz. namembnost (nosilnost, trajnost), je cilj tega dela izbrati bolj učinkovito vrsto sanacije, ki pa bo hkrati finančno upravičena. Na koncu bomo z eno od metod večkriterijskega odločanja določili primernejšo varianto sanacije.

Skozi delo bomo pokazali tudi pomembnost pravilnega, rednega vzdrževanja premostitvenih objektov za zagotavljanje njihove neprekinjene in dolgotrajne funkcionalnosti. Menimo namreč, da se vzdrževanju premostitvenih objektov namenja premalo pozornosti in se večkrat čaka predolgo na sanacijo.

1.3 Zasnova naloge

Uvodnemu poglavju, kjer predstavljamo problem in cilj diplomskega dela sledi predstavitev življenjske dobe ter zagotavljanje zanesljivosti objekta in njegovih delov. Predstavljene bodo pričakovane življenjske dobe objektov, ki se med seboj razlikujejo glede na kategorizacijo ceste, kot tudi življenjska doba posameznih elementov, ki sestavljajo objekt kot celoto. Nadaljuje se s predstavitvijo splošnih značilnosti mostu čez Savo v Podnartu, kot so lokacija in konstrukcijske lastnosti objekta.

Opis poškodb in drugih pomanjkljivosti pridobimo s pregledi objektov. Ločimo tekoče, redne, glavne, izredne in podrobne preglede (Žmavc, 2010). Podrobneje bosta opisana pregleda mostu v Podnartu. Redni pregled s strani GI ZRMK in podrobnejši pregled IGMAT-a, ki je bil izveden med samo sanacijo. V diplomskem delu bomo pozornost posvetili predlaganim variantam rešitev. Pred podrobnim pregledom mostu, je bila predvidena ojačitev objekta z do-lepljenjem karbonskih lamel, po temeljiti analizi stanja pa se je projektant odločil za izvedbo ojačitve mostu z do-betoniranjem AB nosilcev. Obe navedeni varianti bomo tehnološko in stroškovno primerjali ter pokazali njune medsebojne razlike.

S pomočjo večkriterijske metode AHP (analitični hierarhični proces) bomo ocenili primernost obeh variant. Kot kriterije, na podlagi katerih se bomo odločali, pa izberemo ceno sanacije, trajnost sanacije, čas izvedbe sanacije in estetsko vrednost. V zaključnem poglavju bomo povzeli ugotovitve in izbirali boljšo izmed predlaganih variant. Zaključili bomo z izdelavo smernic in priporočil za nadaljnje delo.

2 ŽIVLJENJSKA DOBA IN ZAGOTAVLJANJE ZANESLJIVOSTI OBJEKTOV

Današnje znanje ne omogoča natančne določitve življenjske dobe konstrukcije, lahko pa jo ocenimo glede na obnašanje materialov in konstrukcij po določenem času. Ker so objekti sestavljeni iz več delov, nimajo vedno vsi deli konstrukcije enake življenjske dobe. Pri mostovih je praviloma ležišča, dilatacije, ograje in dele vozišča potrebno menjati večkrat v celotni življenjski dobi mostu, če za njegovo življenjsko dobo privzamemo trajnost prekladne in podporne konstrukcije.

Pričakovana življenjska doba objektov glede na vrsto objekta oz. kategorizacijo ceste, da bo most živel s čim manj vzdrževanja in popravili (SODOC, 1997):

- 80 let na lokalnih in regionalnih cestah
- 100 let na magistralnih cestah in avtocestah
- 120 let, večji objekti in na strateško pomembnih odsekih.

Pričakovana življenjska doba za posamezne dele mostu (Žmavc, 2010):

- 20-25let – oprema, ležišča, dilatacije, odvodnjavanje, ograje, izolacija, vozišče
- 30-50let – zgornji del prekladne konstrukcije
- 80-120let – celotna prekladna konstrukcija
- 130-150let – podporna konstrukcija

Zahteve povezane z nosilnostjo, trajnostjo, varnostjo pri uporabi in podobno se s časom povečujejo. Posledica je izvedba tako zahtevnih kot manj zahtevnih ojačitev, popravil in zamenjav posameznih elementov konstrukcije na ne tako zelo starih mostovih (viadukt Ravbarkomanda na primorski avtocesti, viadukt Petelinjek na štajerski avtocesti in podobno). Da se zahteve lahko povečujejo pa omogočajo napredek v stroki, boljši materiali in podobno.

Projektno življenjsko dobo različnih objektov in njihovih konstrukcij se upošteva, pri računanju celotnih stroškov konstrukcije in optimizaciji začetnih ter tekočih stroškov. Določiti jo je potrebno tudi v primerih, ko je konstrukcija izpostavljena koroziji (jeklene zagatne stene ali jekleni piloti), utrujanju (jekleni in sovprežni mostovi) ali prodiranju kloridov v beton (Beg, 2009).

Določitev življenjske dobe je uporabna tudi pri:

- izbiri projektnih vplivov (npr. snega, vetra, potresa),
- obravnavi poslabšanja lastnosti materiala (npr. utrujenost in tečenje),

- primerjavi različnih projektnih rešitev,
- pri izbiri materiala,
- pri razvoju načrta vzdrževanja in obnove konstrukcije.

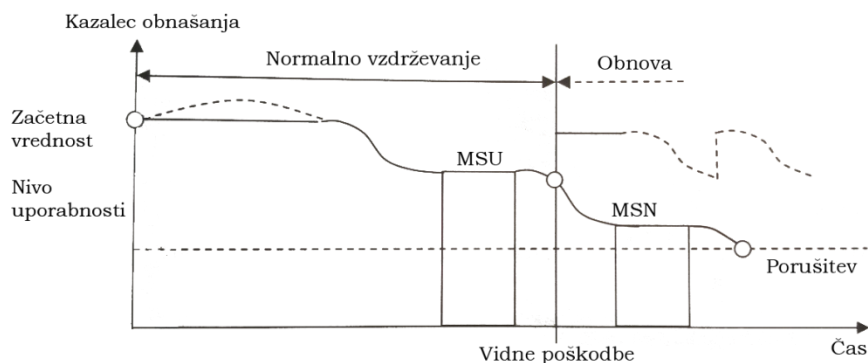
Pri slednjem je treba upoštevati naslednje:

- stroške projektiranja, gradnje in uporabe,
- stroške onemogočene uporabe,
- nevarnost in posledice odpovedi objekta med njegovo življenjsko dobo,
- zavarovalne stroške,
- načrtovane delne obnove,
- stroške pregledov, vzdrževanja, nege in popravil,
- stroške delovanja in upravljanja,
- stroške odstranitve in okoljske vidike.

Že pri projektiranju je treba zagotoviti, da bodo kritični deli konstrukcije dostopni za pregledovanje brez zapletenega odstranjevanja oblog.

Če konstrukcija ni vzdrževana, se njene lastnosti slabšajo, dokler ne preseže mejnih stanj nosilnosti, ko odpove oziroma se poruši.

Če je konstrukcija vzdrževana, se njene lastnosti vzdržuje nad nivojem uporabnosti do konca projektne življenjske dobe.



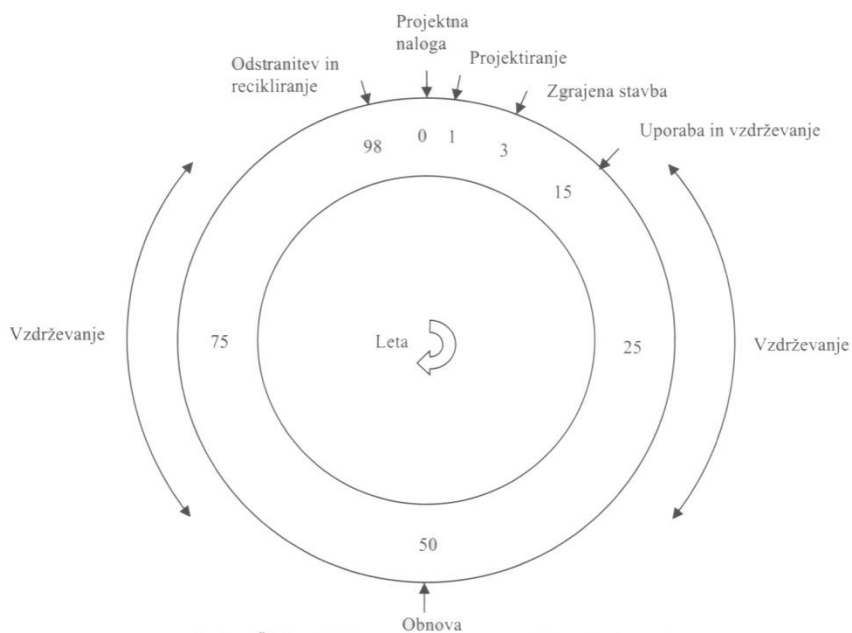
Slika 1: Potek sprememb lastnosti konstrukcije v življenjski dobi (Beg D, 2009)

Slika 1 kaže potek sprememb lastnosti konstrukcije. Obnašanje je navadno določeno kot monotono padajoča funkcija časa. Odvisno je od mehanskih, finančnih ali zanesljivostnih parametrov. Kazalec je lahko določen čas konstanten (npr. pri jekleni konstrukciji, zaščiteni proti koroziji), v nekaterih primerih se lahko tudi začasno poveča (npr. pri betonski konstrukciji, ker se trdnost betona s časom povečuje).

V vseh primerih pa se po določenem času lastnosti konstrukcije poslabšajo. Razlogi so različni degradacijski procesi, npr. korozija jekla, karbonatizacija betona, nepovratno

odpiranje razpok v betonu, vpliv klimatskih pogojev in podobno. Pojavijo se lahko razpoke v betonu zaradi korozije armature ali razpoke v jeklu zaradi utrujanja. Te poškodbe lahko najprej povzročijo preseganje kriterijev za nepovratna stanja uporabnosti.

Če konstrukcija ni vzdrževana, se njene lastnosti slabšajo, dokler ne preseže mejnih nosilnosti, ko odpove oziroma se poruši. Če pa konstrukcija je vzdrževana, se njene lastnosti vzdržuje nad nivojem uporabnosti do konca projektne dobe (Beg D., Pogačnik A., ur., 2009).



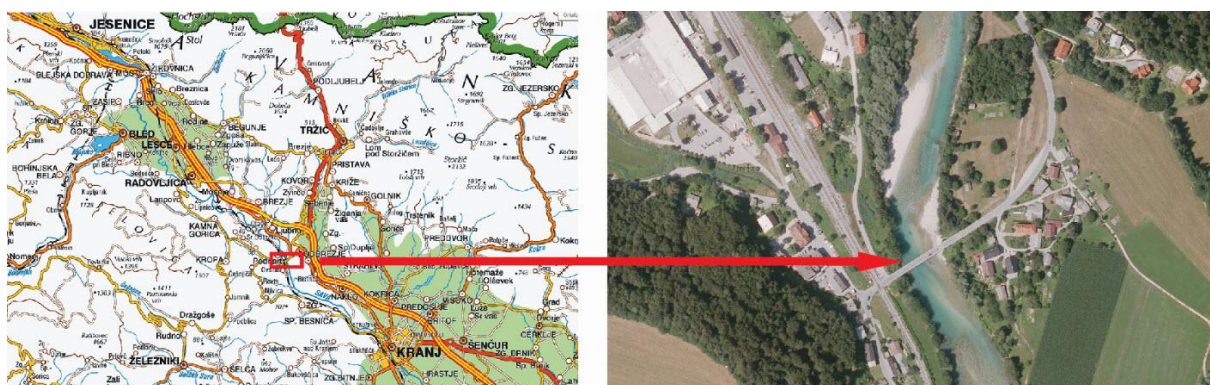
Slika 2: Življenjski krog in zagotavljanje kakovosti (Beg D, 2009)

3 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANEGA OBJEKTA

3.1 Splošne značilnosti

3.1.1 Lokacija

Most čez reko Savo v Podnartu, na cesti R3-636, odsek 1126, v km 5.100 je bil zgrajen leta 1966 in je dolg 96,10 metra. Projekt je napravilo podjetje Projekt - nizke zgradbe, gradbena dela pa izvršilo podjetje Projekt - splošno gradbeno podjetje Kranj. Projektant mostu je bil dipl. inž. Stojan Vrabc (Vrabc, 1970). Pred tem je bil na istem mestu lesen most, ki ga je odneslo neurje.

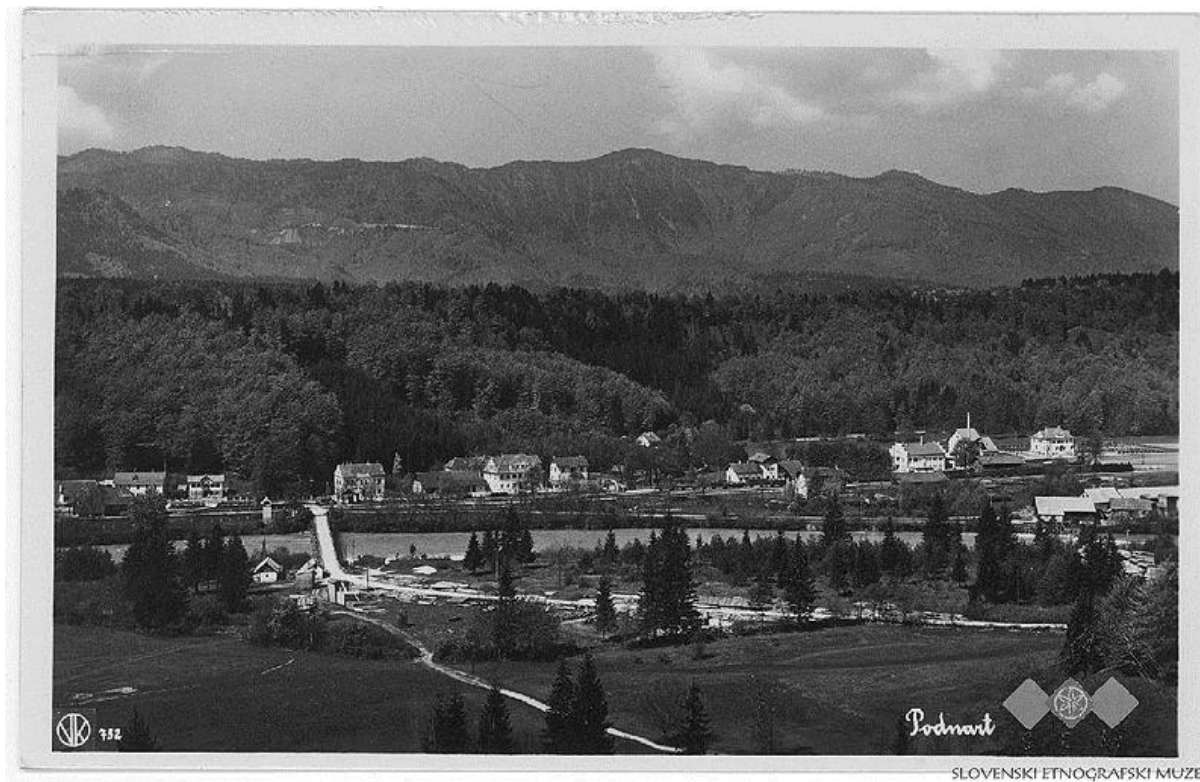


Slika 3: Lokacija objekta

Naselje Podnart se nahaja pred sotočjem rek Save in Lipnice in je jugovzhodni zaključek občine Radovljica. Na levem bregu Save je vas Gobovce, ki spada pod občino Naklo. Preko mostu poteka medobčinska meja. Skozi Podnart pelje železnica, ki povezuje Ljubljano z Jesenicami in je bila odprta za promet leta 1870 (Wikipedija, 2016). Prehod ceste z železnico je nivojski in je od desnega krajnega opornika oddaljen manj kot 20m. Na sredini Gobovškega klanca se od ceste (1528 oziroma 1429), ki povezuje Naklo z Brezjami na Gorenjskem, odcepi medkrajevna cesta (1126) čez savski most v Podnartu in nadaljuje proti Kropi in naprej proti Selški dolini, pri Lipnici pa se razcepi tudi na smer Kamna Gorica – Radovljica.

Most je izrednega pomena tako za lokalno prebivalstvo, kot gospodarstvo. Pridobljeni podatki s spletnih strani DRSI (ki opravlja štetje prometa na državnih cestah) o prometu na obravnavanem odseku med leti 2010 in 2014 kažejo na povprečni letni dnevni promet (PLDP) med 2550 in 3000 vozil. PLDP je definiran kot število motornih vozil, ki v 24 urah peljejo mimo števnege mesta na povprečni dan v letu. Več kot 10% PLDP predstavljajo težka

tovorna vozila težja od 7ton, tovornjaki s prikolicami in vlačilci (DRSI, 2016).



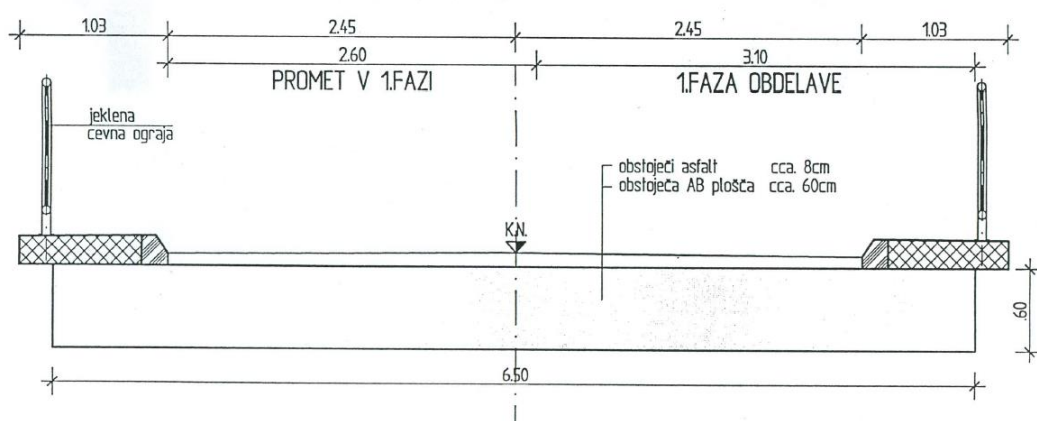
Slika 4: Most čez reko Savo v Podnartu avtorja Kramarič Vekoslava med leti 1928 in 1947 (Etno muzej, 2014)

3.1.2 Konstrukcijski sklopi

V prečnem prerezu tvori staro prekladno konstrukcijo plošča z vutami. Razponi med polji so $17,00 + 20,70 + 20,70 + 20,70 + 17,00$ metrov. Spodnjo konstrukcijo sestavljajo stenaste AB podpore, katere so togo vpete v prekladno konstrukcijo in temeljene na skalnato osnovo. Glede na smer toka reke Save poteka most pod kotom 80° . Širina prekladne konstrukcije pred sanacijo je bila 6,50m, vključno z robnimi venci 6,96m. Od tega vsako smerno vozišče po 2,45m in po 1,03m hodnik z robnim vencem, na katerem je bila pritrjena ograja.



Slika 5: Most čez reko Savo v Podnartu – začetek sanacije (lasten vir)



Slika 6: Prečni prerez pred sanacijo (ISB, 2012)

4. OPIS POŠKODB IN DRUGIH POMANJKLJIVOSTI

4.1 Pregledi objektov

Za ugotavljanje stanja objektov na cestah in na tej osnovi opredeljenega obsega rednega in gradbenega vzdrževanja je potrebno redno izvajati preglede objektov. Ti so glede na pogostost, obseg in zahtevnost razvrščeni v tekoče, redne in glavne preglede. Določeni so s pravilnikom o vrstah vzdrževalnih del na javnih cestah in nivoju vzdrževanja javnih cest. V posebnih zahtevnih primerih so za ugotovitev stanja objektov na cestah potrebni tudi izredni in detajlni oziroma podrobni pregledi, kot to opisuje Žmavc v knjigi Vzdrževanje cest (2010).

4.1.1 Tekoči pregledi

Tekoče vizualne preglede objektov na cestah je dolžna opravljati pregledniška služba izvajalca del pri obhodnih v sklopu rednega vzdrževanja javnih cest. Pregledovati mora predvsem:

- stanje vozišč v območju objektov, tj. na njih in na dostopih,
- stanje opreme objektov,
- stanje prometne signalizacije v sklopu objektov.

Pregledniška služba mora ugotoviti tudi morebitne:

- poškodbe na objektih, če predstavljajo ovire za promet, ogrožajo varnost in stabilnost objektov ter so posledica naravnih ali drugih nesreč v območju objektov,
- poškodbe in stanje dilatacij in naprav za odvodnjavanje (jaškov, odtočnih cevi),
- škodljive spremembe stanja objektov (razpoke, deformacije, krušenje površine).

Tekoče preglede objektov na cestah mora izvršiti pregledniška služba najmanj enkrat mesečno. O vseh ugotovljenih večjih nepravilnostih na objektih, ki bi lahko povzročile večjo škodo in vplivale na varnost prometa, mora takoj pisno obvestiti upravljavca ceste in jih ustrezno dokumentirati (Žmavc, 2010).

4.1.2 Redni pregledi

Redne preglede stanja betonskih, AB in kamnitih objektov na cestah morajo izvršiti za to strokovno usposobljene organizacije, kot so Zavod za gradbeništvo (ZAG), GI ZRMK in podobno, vsaki 2 leti (ko ni glavnega pregleda). Redne preglede jeklenih in lesenih premostitvenih objektov je potrebno izvršiti vsako leto, enako tudi mostna ležišča in modularne dilatirane stike.

Pri rednih pregledih objektov je potrebno vizualno ugotoviti stanje:

- vseh vidnih in dostopnih nosilnih elementov,
- vozišč in vse opreme,
- poškodb, ki bi lahko ogrozile varnost prometa.

Ugotoviti je potrebno tudi uporabnost in trajnost objekta, v primeru opaznih večjih deformacij objekta ali na zahtevo pristojnih služb pa izvršiti tudi potrebne preskuse in meritve (Žmavc, 2010).

4.1.3 Glavni pregledi

Glavni pregledi stanja betonskih, AB in kamnitih objektov morajo biti izvršeni vsakih 6 let. Pri glavnih pregledih, ki jih mora izvršiti strokovno usposobljen izvajalec, je potrebno poleg opravil, ki so opredeljena za redne preglede, pregledati tudi težje dostopna in prekrita mesta (spodnjo stran premostitvene konstrukcije, ležišča, stebre, hidroizolacijo in podobno) in pri tem uporabiti ustrezno opremo za dostop do teh mest.

V primeru ugotovljenih poškodb objekta (zamakanja, razpok, deformacij in podobno) je potrebno pri glavnem pregledu opredeliti vzrok (tudi z odpiranjem in preskusi krovne plasti na vozišču premostitvene konstrukcije in podobno) (Žmavc, 2010).

4.1.4 Izredni pregledi

Izredni pregledi stanja objektov na cestah so praviloma potrebni po izrednih dogodkih, ki lahko na objekte škodljivo vplivajo. To so predvsem:

- elementarni dogodki, npr. potresi, plazovi, močnejše padavine, viharji,
- težje prometne nesreče, npr. udarci vozil,
- prekoračitve dopustnih obtežb,
- nenadne poškodbe.

Obseg in cilj izrednih pregledov je odvisen od značilnosti spremembe stanja – poškodbe objekta na cesti (Žmavc, 2010).

4.1.5 Podrobni pregledi

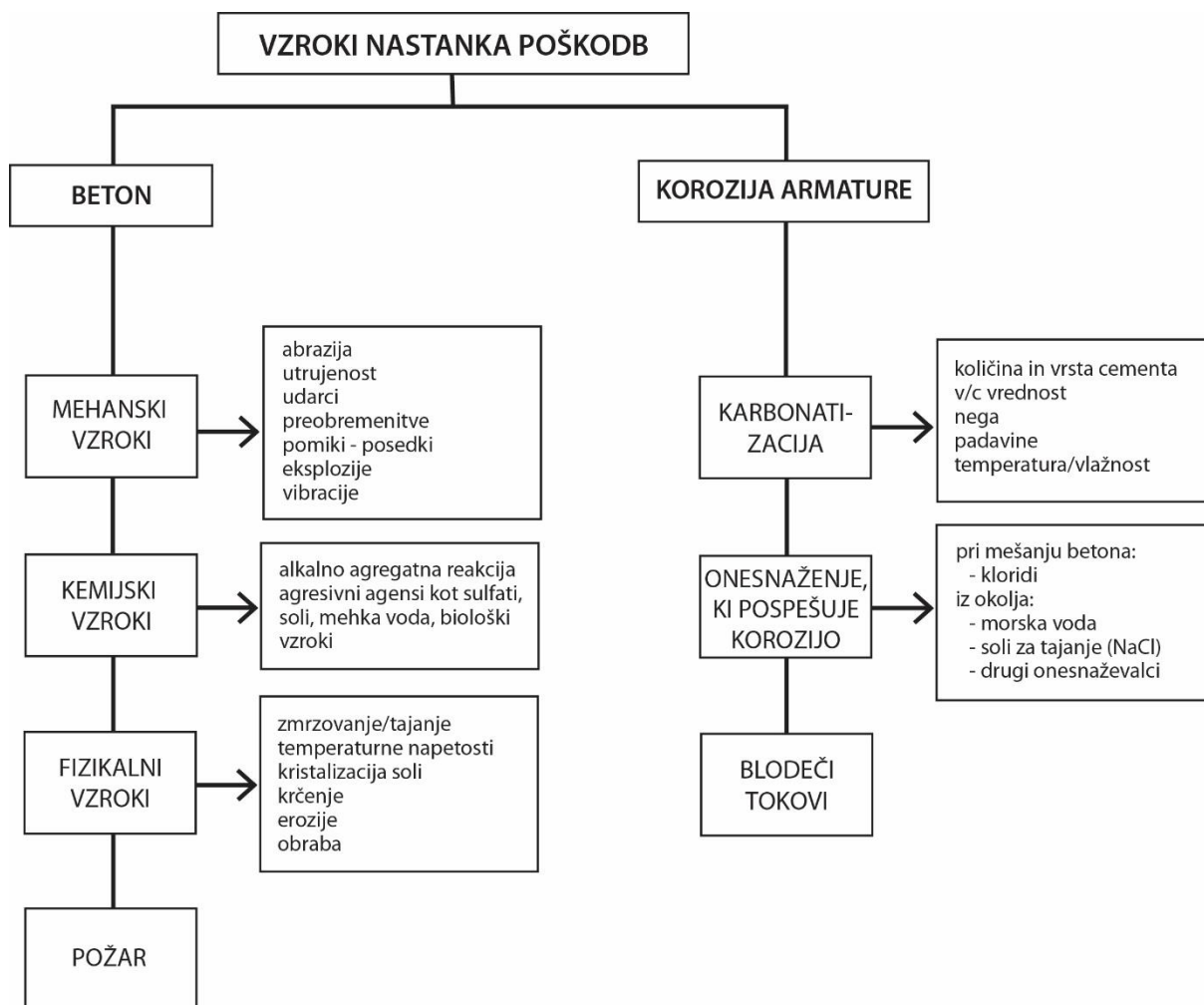
Za oceno stanja objektov v pogledu kakovosti in varnosti ter določitev primernih postopkov za popravilo poškodb so potrebni posebni podrobni (detajlni) pregledi z vključenimi preskusi in meritvami, ki morajo biti izvršeni;

- če obstoji sum o ustrezni kakovosti, nosilnosti ali varnosti objekta,

- če se obtežba splošno ali občasno poveča (npr. zaradi izrednega tovora),
- če je pri rednem ali glavnim pregledu ugotovljeno, da je potrebno določeno popravilo poškodb objekta,
- če je potrebno v posebnih primerih prikazati stanje objekta (npr. ob sodnih sporih).

V sklop podrobnega pregleda objekta mora biti praviloma vključena tudi statična kontrola nosilnosti konstrukcije (Žmavc, 2010).

Najpogostejši vzroki nastanka poškodb na AB konstrukcijah.



Slika 7: Možni vzroki poškodb (Zajc in Žnidarčič, 2010)

4.2 Pregled mostu v Podnartu

Za namen izdelave projekta je bil objekt pregledan leta 1999. Dodatni pregled je izvedel junija 2012 IGMAT (Inštitut za gradbene materiale). Gradbeni inštitut ZRMK (GI ZRMK) je dne 12.10.2011 izvedel tudi redni pregled mostu čez Savo pri Podnartu. To je bil zadnji

pregled, saj se je most v letu 2013 že saniral in novejših podatkov v času nastajanja diplomskega dela ni bilo. IGMAT je pri zadnjem pregledu odvzel vzorce betona in armature v neposredni bližini najbolj poškodovanih mest. S sklerometrično metodo je bil na več mestih določen trdnostni razred betona, ki je v vseh primerih presegal C25/30. Tlačna trdnost betona obstoječe voziščne plošče, izmerjena na odvzetih betonskih vzorcih, je dosegla izredno visoke trdnosti – nad 60N/mm^2 . Armatura je vgrajena v dveh linijah dimenzije $\Phi 20\text{mm}$. Pri prevrtanju vrtin skozi celotno ploščo, so se izvrtani cilindri na globini 40cm prelomili (delovni stik). Do tega je prišlo zaradi tehnoloških problemov pri izvedbi ali šibke podporne konstrukcije. Zato je izvajalec 60cm debelo ploščo betoniral v dveh fazah. Hidroizolacija je bila povsem uničena, oziroma je sploh ni bilo - posledica tega je, da je bil beton 3cm pod asfaltom v nevezanem stanju. Nadalje je korozija poškodovala tudi armaturo v zgornji coni.

Odvzeti vzorci so bili preiskani na vsebnost kloridov. Z uporabo standardiziranega postopka se določi vsebnost kloridnih ionov glede na maso cementa v odstotkih. Izmerjena vsebnost kloridov je v večini presegala dopustno mejo, ki je pri 0,4%. V zasiganih delih betona so vrednosti znašale tudi več kot 1%. Tako visoka vsebnost kloridov posledično praktično izničuje zaščitni sloj betona. Održna trdnost (*pull off*) betona je bila nizka, saj je na vseh vzorcih prišlo do porušitve. Ojačitev mostu z dodatnim lepljenjem karbonskih lamel zato ni bila dopustna, saj bi lahko prišlo bi do porušitve betona. Možnost bi bila, da bi se beton odbil/očistil do zdrave osnove, se nato saniral s sanacijsko malto in kasneje ojačil z lamelami.

V fazi saniranja je bil nato izvršen detajlni pregled z odra po pranju, kjer je bilo potrebno razpoke večje od 0,2mm zainjektirati z epoksidnimi premazi ali cementno injekcijsko maso – odvisno od velikosti razpoke. Na objektu so bile vidne lokalne poškodbe armature, prav tako je bil v celoti dotrajan krov. Iz opisanega so sledili zaključki, da prerez armature za predpisano obtežbo ni ustrezal. Celotno konstrukcijo je bilo potrebno ojačiti:

- s karbonskimi lamelami ali
- z dograditvijo dveh nosilcev in vgradnjo armature za pozitivne momente.

Po tem posegu pa še z do-betoniranjem tlačne plošče.

Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o. je 12.10.2011 opravil redni pregled mostu čez Savo pri Podnartu.

Vsebina poročila

1. Najprej so navedeni splošni podatki pregleda:

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| • koda objekta | • KR0169 |
| • kraj | • Podnart |
| • ime | • Sava |
| • objekt | • M |
| • številka odseka | • 1126 |
| • začetek stacionaže | • 6200 |
| • konec stacionaže | • 5196 |
| • vodja pregleda | • Mojca Jarc Simonič u.d.i.g. |
| • prvi pregledovalec | • Anton Štempfl, u.d.i.g. |
| • drugi pregledovalec | |
| • datum začetka pregleda | • 12.10.2011 |
| • datum konca pregleda | • 12.10.2011 |
| • vreme | • oblačno |
| • temperatura v Celzijih | • 15 |
| • datum zadnjega pregleda | • 22.5.2009 |
| • tip pregleda | • redni pregled |

Po zadnjem pregledu so se poškodbe še povečale. Objekt je bil v fazi sanacije, vendar je gradbišče v času pregleda mirovalo. V poročilu pregleda je naštetih 32 poškodb in pri vsaki je iz šifranta izbrana:

- lokacija poškodbe,
- vrsta poškodbe,
- razširjenost poškodbe,
- točkovanje poškodbe.

Zaključke pregleda sestavlja točkovanje, razdeljeno na posamezne sklope objekta:

- | | |
|----------------------------------|-------|
| • rating spodnje konstrukcije, | 7,824 |
| • rating prekladne konstrukcije, | 4,520 |
| • rating cestišča, | 9,680 |
| • rating opreme objekta, | 2,660 |

- rating celotnega objekta, 24,68

Točke so izračunane glede na točkovanje posameznih (32) v zapisniku obravnavanih poškodb. Rating poškodovanosti je številčna ocena stanja mostu, ki izraža zmanjšano uporabnost mostu zaradi poškodb ali pomanjkljivosti odkritih pri pregledu.

Ocena stanja s strani pregledovalca:

- objekt je v slabem stanju – potrebna celovita sanacija. Zelo močno so poškodovani/uničeni robni venci, medtem ko so poškodbe na plošči in opornikih prisotne v manjšem obsegu. Potrebna je sanacija poškodovanih betonov, zamenjava obloge cestišča vključno s HI, zamenjava dilatacij, izlivnikov, popravilo ograje.
- Objekt je v fazi sanacije. Trenutno je na nekaj mestih izvedena le odstranitev poškodovane plasti betonov, sicer pa je gradbišče mirovalo.

Kodificirana ocena stanja objekta:

- 2 (ocene so od 1 - potrebna takojšnja sanacija, možna porušitev do 5 - objekt ni poškodovan)

Zahtevani ukrepi:

- pregledi,
- preiskave,
- omejitve,
- vzdrževanje,
- sanacije.

Pod te ukrepe je za različne poškodbe predlagana sanacija ali zamenjava elementa.

Poškodbe zapisane v poročilo rednega pregleda mostu.

1. stopničast prehod na most (obe strani),
2. prekomerno poraščen teren na obeh brežinah gor in dol vodno,
3. ovire v vodotoku in nanos peska,
4. temeljna peta krajnega opornika ni pregledana (tudi ni točkovana),
5. zamakanje ob dilataciji pri obeh krajnih opornikih,
6. nezadostna debelina zaščitnega sloja betona na obeh krajnih opornikih,
7. korozija jekla na obeh krajnih opornikih,
8. zamakanje na krilnih stenah (sledovi izcejanja na površini),
9. lokalno vidna armatura zaradi nezadostne debeline zaščitnega sloja betona na krilih,
10. razpadanje betona zaradi zmrzovanja in kemičnih vplivov na vmesnih opornikih,
11. nezadostna debelina zaščitnega sloja betona na vmesnih opornikih,
12. korozija jekla na vmesnih opornikih,
13. napake betoniranja (gnezda) na nosilni plošči,
14. premakanje, poškodbe obstojnosti betona na nosilni plošči,
15. vidna armatura in razpadanje betona zaradi zmrzovanja in kemičnih vplivov na nosilni plošči,
16. zamakanje skozi stik na nosilni plošči,
17. korozija jekla nosilne plošče,
18. razpad betona zaradi zmrzovanja in kemičnih vplivov, vidna armatura na robnem vencu,
19. korozija nosilne konstrukcije robnega venca,
20. mrežasto razpokana površina hodnika,
21. poškodovana hidroizolacija na vozišču,
22. udarne jame na vozišču,
23. mrežasto razpokana površina asfalta voziščne konstrukcije,
24. manjka zaliva masa rege vzdolž hodnika,
25. zdrobljen pas vzdolž dilatacijske rege pri robnikih,
26. dilatacija zapolnjena z blatom,
27. dotrajane varnostne naprave in signalizacija,
28. mehanske poškodbe (zvito) stebričkov ograje,
29. odtrgani ali dotrajani stebrički ograje,
30. dotrajani in nezadostno pritrjeni drogovi javne razsvetljave,
31. neustrezna izvedba vtočnega dela izlivnikov,
32. dotrajan iztočni del izlivnikov.



Slike 8: Slike poškodb mostu čez Savo v Podnartu: a) poškodbe vozišča, b) udarne jame na vozišču, c) napake betoniranja na nosilni plošči, d) poškodbe vmesnih opornikov, e) nezadostna debelina zaščitnega sloja betona na opornikih, f) poškodbe dilatacije, g) vidna armatura krajnih opornikov, h) korozija armature nosilne plošče, i) nepritrjeni stebrički ograje, j) razpad betona robnega venca, k) korozija armature robnega venca, l) nezadostno pritrjen drog javne razsvetljave (poročilo GI ZRMK)

5 VARIANTNE REŠITVE

5.1 Splošno

Poročilo rednega pregleda, ki ga je opravil GI ZRMK, ugotavlja, da je most v slabem stanju. Našteti so 32 poškodb. Projekt sanacije je bil pripravljen že leta 1999, vendar je zaradi pomanjkanja sredstev za izvedbo »objekt miroval« več kot 13 let. V tem času se je stanje iz leta v leto slabšalo. Od januarja 2009 je v uporabi standard SIST EN 1504, namenjen proizvodom in sistemom za zaščito in popravilo betonskih konstrukcij. Namenjen je vsem, ki se ukvarjajo s sanacijami gradbenih objektov. Standard je sestavljen iz desetih delov.

- EN 1504 - 1 Opis terminov in definicij v standardu.
- EN 1504 - 2 Navaja specifikacije proizvodov za površinsko zaščito / sistem za beton.
- EN 1504 - 3 Navaja specifikacije za konstrukcijsko in ne-konstrukcijsko sanacijo.
- EN 1504 - 4 Navaja specifikacije za konstrukcijsko vezavo.
- EN 1504 - 5 Navaja specifikacije za injektiranje betona.
- EN 1504 - 6 Navaja specifikacije za sidranje armaturnih palic.
- EN 1504 - 7 Navaja specifikacije za protikorozijsko zaščito armature.
- EN 1504 - 8 Opisuje nadzor kakovosti in vrednotenje skladnosti za proizvajalce.
- EN 1504 - 9 Določa splošna načela za rabo proizvodov in sistemov za sanacijo in zaščito betona.
- EN 1504 - 10 Navaja informacije o rabi proizvodov in nadzoru kakovosti del na gradbišču.

Deli standarda od 2 do 7 so namenjeni predvsem proizvajalcem gradbenih proizvodov. EN 1504 - 9 pa je namenjen še posebej projektantom, saj navaja faze projekta sanacije.

1. Informacije o objektu (dokumentacija, splošno stanje, zgodovina objekta in podobno).
2. Proces ocene stanja (poškodbe, vzroki, ocene stanja - poda jo lahko le strokovno usposobljena in izkušena oseba).
3. Planiranje sanacije (velikost posega, okoljski dejavniki, pričakovana življenjska doba po sanaciji, trajnost in podobno)
4. Projektiranje sanacije (načela sanacije)
5. Izvedba sanacije (pravilen postopek sanacije, dostopnost, priprava površine, sprotna kontrola kakovosti in podobno)

6. Prevzem opravljenih sanacijskih del (preskušanje za prevzem, dokumentacija in podobno)

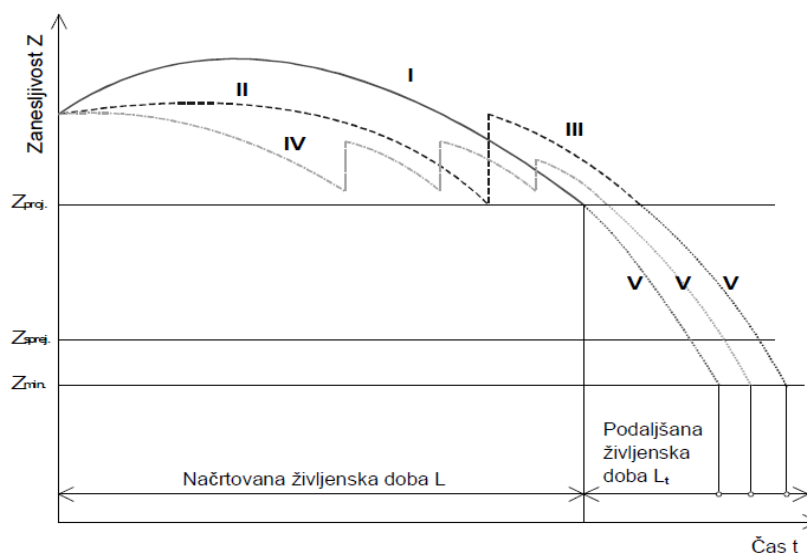
V praksi velikokrat obstaja več možnih poti za doseganje enakega cilja. V našem primeru je cilj zagotoviti varno prečkanje reke Save na tem območju. To lahko storimo z različnimi ukrepi glede na obseg del, vodenjem prometa med izvajanjem ukrepa, trajnostjo ukrepa, tehnologijo, časom izvedbe ukrepa, funkcionalnostjo (omejitev nosilnosti in podobno), stroškom ukrepa in podobno. Vidimo, da je možnih več variant, kar bomo podrobneje predstavili v sledečih poglavjih.

5.2 Možni ukrepi glede na obseg del

Po pregledu objekta določimo ukrepe za zaščito in popravilo. Izbiramo med naslednjimi možnostmi (Zajc in Žnidarčič, 2010):

- popravila ali zaščito za nekaj časa odložimo,
- ponovno analiziramo nosilnost konstrukcije, kar lahko vodi do sprejemljive omejitve njene funkcije in uporabnosti (npr. nosilnost, širina),
- preprečimo ali upočasnimo nadaljnje propadanje konstrukcije, brez izboljšanja ali povečanja njene zanesljivosti,
- prenovimo ali nadomestimo celotno betonsko konstrukcijo ali njen del,
- porušimo celo betonsko konstrukcijo ali njen del.

Prenovo objekta lahko izvedemo na več načinov, kot nam to prikazuje tudi slika 9.



Slika 9: Shematski prikaz trajnosti in življenjske dobe AB konstrukcij, izpostavljenih agresivnem okolju (Zajc in Žnidarčič, 2010)

-
- Krivulja I predstavlja kakovostno projektirano in vzdrževano konstrukcijo, ki do konca projektirane življenjske dobe ne zahteva nobenih sanacijskih ukrepov.
 - Krivulja II predstavlja enkrat obnovljeno konstrukcijo, kjer so stroški sanacije razmeroma visoki saj vključujejo celovito prenavo.
 - Krivulja III predstavlja po obnovi dodatno zaščiten konstrukcijo.
 - Krivulja IV predstavlja večkrat obnovljeno konstrukcijo, kjer so stroški sanacije razmeroma nizki, vendar je objekt potrebno večkrat sanirati. Stopnja poškodovanosti pa se med sanacijami običajno veča, s tem pa tudi stroški popravil.
 - Krivulja V pa predstavlja uporabo s povečanim tveganjem.

Da smo preprečili nadaljnje propadanje konstrukcije, smo se odločili za popravilo oziroma sanacijo s prenavo, ojačitvijo in zaščito konstrukcije. V tem primeru mora projektant sprejeti naslednji odločitvi:

- določiti najprimernejši ukrep glede na stanje konstrukcije in
- določiti optimalno izvedbo izbranega ukrepa.

Izbrali smo optimalno rešitev iz preglednice 1 (načela in postopki za zaščito in popravilo v primeru poškodb betona), ki je del standarda SIST EN 1504 – 9 (2009). Načela od 1 do 6 so povezana s poškodbami betona, od 7 do 11 pa s korozijo armature. Zadnji stolpec v preglednici pove, kateri del tega standarda določa proizvode in sisteme, ki se pri tej rešitvi uporabljajo.

Preglednica 1: Načela in postopki za zaščito in popravilo v primeru poškodb betona po SIST EN 1504

načelo	definicija načela	primeri metod, ki temeljijo na načelu in tisti del SIST EN 1504, ki določa ustrezne proizvode in sistem	
Načelo 1 zaščita proti vdiranju snovi	zmanjšanje ali preprečevanje prodora škodljivih snovi, kot so voda in druge tekočine, para, prili ter kemične in biološke snovi	1.1 hidrofbna impregnacija	2
		1.2 impregnacija	2
		1.3 premaz	2
		1.4 površinsko premoščanje razpok	
		1.5 zapolnitev razpok	5
		1.6 pretvorba razpok v dilatacijske stike	
		1.7 postavitve zunanjih plošč *	
		1.8 uporababa membran *	
Načelo 2 obvladovanje vsebnosti vlage v betonu	prilagoditev in ohranjanje vsebnosti vlage v betonu znotraj predpisanih vrednostnih območij	2.1 hidrofbna impregnacija	2
		2.2 impregnacija	2
		2.3 premaz	2
		2.4 postavitve zunanjih plošč *	
		2.5 elektrokemijska obdelava	
Načelo 3 obnova betona	obnova odstranjenega ali manjkajočega betona na betonskem elementu v projektirani obliki in dimenzijah	3.1 ročni nanos betona	3
		3.2 ponovno zabetoniranje z betonom ali malto	3
		3.3 nanos betona ali malte z brizganjem	3
		3.4 zamenjava gradbenih elementov	
Načelo 4 Konstruktivno ojačanje	povečanje ali ponovna vzpostavitev nosilnosti betonske konstrukcije	4.1 dodajanje ali nadomestitev vgrajenih ali eksternih armaturnih palic	
		4.2 dodajanje armaturnih palic, ki so zasidrane v predhodno oblikovane ali izvrtane luknje	6
		4.3 ojačevanje z nalepljenimi lamelami	4
		4.4 dodajanje malte ali betona	3, 4
		4.5 injektiranje razpok, votlin ali špranj	5
		4.6 zapolnitev razpok, votlin ali špranj	5
		4.7 naknadno napenjanje z zunanjimi kabli	
Načelo 5 Fizikalna odpornost	povečanje odpornosti proti fizikalnemu ali mehanskemu delovanju	5.1 premaz	2
		5.2 impregnacija	2
		5.3 nanos malte ali betona	3
Načelo 6 odpornost proti kemikalijam	povečanje odpornosti površine betona proti propadanju zaradi delovanja kemikalij	6.1 premaz	2
		6.2 impregnacija	2
		6.3 nanos malte ali betona	3

* Te metode se lahko uporabi tudi pri drugih načelih.

V našem primeru gre za načelo 4 – Konstruktivno ojačenje konstrukcije. Detajlneje se odločimo za 4.3 - ojačenje z nalepljenimi lamelami in kombinacijo 4.2 in 4.4 - ojačenje z dodajanjem betona in dodajanjem armaturnih palic, ki so zasidrane v predhodno izvrtane luknje.

5.3 Obravnavane rešitve

5.3.1 Izbira izvajalca

Most čez Savo v Podnartu je bil en izmed desetih premostitvenih objektov, izbran v projektu »Rekonstrukcije mostov na državnih cestah«. Projekt je delno financiral sklad za regionalni razvoj v okviru izvajanja kohezijske politike 2007-2013 (MZI, 2015).

Na portalu javnih naročil je DRSC 21.3.2011 objavila povabilo k oddaji ponudbe s številko objave JN2734/2011 in naslovom Rekonstrukcija mostu čez Savo v Podnartu na R3-636/1126v km 5,100. Izbrani ponudnik del ni dokončal in DRSC je objavila novo povabilo k oddaji ponudbe z naslovom Rekonstrukcija mostu čez Savo v Podnartu na R3-636/1126 v km 5,100 - nadaljevanje in dokončanje del z dnem 27.2.2013 in številko objave JN2214/2013. Za izvajalca nadaljevanja in dokončanja del rekonstrukcije mostu je bilo izbrano podjetje SANING INTERNATIONAL, d.o.o. iz Kranja. Pri rekonstrukciji objekta je v vlogi nominiranega podizvajalca dela opravljala tudi Gorenjska gradbena družba d.d. (GGD), prav tako s sedežem v Kranju.

Izbira usposobljenega izvajalca je pomemben dejavnik v celotnem postopku sanacij AB konstrukcij. Kakovost sanacijskih del dosegamo s strokovnimi in izkušenimi delavci, kar se dokazuje z referencami. Izvajalci sanacij vzpostavijo lastno kontrolo izvajanja del, ki mora biti odobrena s strani lastnika ali upravljavca objekta. Vsi vgrajeni materiali oziroma gradbeni proizvodi morajo biti skladni z Uredbo (EU) št. 305/2011 oziroma Zakonom o gradbenih proizvodih (ZGPro-1). Priporočljiv način izvajanja določenih del in uporabnosti sanacijskih materialov preverjamo tudi s predhodno izvedbo poskusnih polj (Grum, 2004).

5.3.2 Vodenje prometa

Sanacije premostitvenih objektov zahtevajo ureditev prometa med izvajanjem del. Promet lahko vodimo po obvozu, zgradimo/postavimo nadomestni začasni most, ali promet vodimo po mostu, ki se sanira. Odločitev je odvisna od specifičnosti objekta in okolice. Pri odločitvi zato upoštevamo varnost, ekonomsko upravičenost, tehnologijo izvedbe, čas izvajanja del, investitorjeve zahteve in podobno.

V našem primeru se je promet med izvajanjem sanacije vodil po mostu. Za zagotovitev tega je sama sanacija poteka fazno, kot je prikazano na slikah (10, 11 in 12). Ne glede na izbrano vrsto sanacije, je vodenje prometa enako. Razlog je do-betoniranje plošče prekladne konstrukcije, ki mora biti izvedena v obeh primerih.

V primeru, kjer bi šlo samo za ojačitev konstrukcije z izbiro do-lepljenja karbonskih lamel, bi promet lahko potekal po mostu manj moteno. Nепrevoznost mostu bi bila le v času dejanskega lepljenja in času, ki ga potrebuje lepilo za strjevanje oziroma sušenje. V primeru do-betoniranja nosilcev, pa lahko promet preko mostu poteka zgolj po enem voznem pasu, na drugem pa je potrebno izvrtati luknje za stremensko armaturo, za vgrajevanje betona, postavitve odra in opaža, betoniranja nosilcev in podobno.

Med sanacijo mostu je bil promet voden s semaforji enosmerno. Po desnem bregu reke Save poteka tudi železniška proga, ki je zavarovana s polzapornicami. Omejitev obremenitve mostu je bila s skupno maso 32t (štiri osni kamion) in medsebojnim razmikom vozil vsaj 20m. Med desnim krajnim opornikom in železniško progo je dostopna cesta do industrijskega objekta. Zgornje zahteve in lastnosti so zahtevale tri medsebojno usklajene semaforje z nivojskim železniškim prehodom.

Zaradi manjšega vpliva na promet je bilo betoniranje nosilcev in plošče planirano in izvedeno ob petkih pozno popoldan. Popolna zapora mostu je trajala vse do ponedeljka zjutraj. Enako bi postopali v primeru do-lepljenja karbonskih lamel. Ker gradbena dela terjajo popolno zaporo ceste, je potrebna začasna prometna signalizacija, ki vodi promet po obvoznih cestah.

Hitrost je bila na obeh straneh zapore (mostu) omejena na 50km/h. Ob cesti ni bilo cestne razsvetljave, kot tudi ne urejenih površin za pešce ali kolesarje. Obvozne ceste so v povprečju široke 5,40 m (R2-411/1429), 7,00 m (R2-452/0208), 6,50 m in 5,60 m (R3-635/1121).

Obvoz je bil voden po naslednjih državnih cestah:

- R3-636/1126 Lipnica – Gobovce,
- R2-411/1429 Gobovce – Črnivec,
- R2-452/0208 Črnivec – Lesce,
- R3-635/1121 Lesce – Kamna Gorica – Lipnica.

Ker je bila zapora vzpostavljena samo med vikendom (sobota in nedelja), je bil obvoz zasnovan tako, da se je na vseh lokacijah, kjer se združujejo prometni tokovi, obveščalo s pred-križiščno tablo in se tako omogočilo obračanje vozil. O zapori se je obveščalo tudi preko lokalnih radijskih postaj (Bogataj, 2013).

5.3.3 Glavna dela sanacije

Dotrajanost mostu je zahtevala statično sanacijo in razširitev. Debelina plošče pred sanacijo je bila 60cm, širina pa 6,73m.

Rekonstrukcija mostu je obsegala:

- Ojačitev AB plošče s karbonskimi lamelami, kar se je po detajlnem pregledu spodnje površine plošče zaradi prevelikih razpok in posledično slabih odtržnih trdnosti betona zamenjalo z do-betoniranjem dveh AB nosilcev širine 80cm in višine 60cm na spodnji strani obstoječe AB plošče.
- Saniranje zgornje površine AB plošče, z odstranitvijo slabega betona do zdravega, dodatno armiranje in do-betoniranje v debelini vsaj 10cm.
- Razširitev AB plošče z do-betoniranjem konzolnega dela širine 120cm na dol-vodni strani.
- Sanacija spodnjega dela stebrov in njihovih temeljev z ob-betoniranjem in zaščito stebrov s pločevinasto srajčko za preprečitev obrusa betona.
- Ojačitev zaledja krajnih opornikov.
- Saniranje vseh poškodovanih betonskih delov na celotni konstrukciji
- Izdelava hidroizolacije prekladne plošče, izdelava robnih vencev, postavitve jeklene ograje in jeklene varnostne ograje, izdelava zaščitnega in obrabnega sloja asfalta.
- Izdelava odvodnjavanja objekta z izlivniki in pronicajočimi cevki, ki so speljani v horizontalne odvodne cevi in nato v lovilec olj (ISB, 2012).

5.3.4 Trajnost

Trajnost objekta je prikazana na sliki 9. Brez posega v objekt, bi ta hitro prešel v uporabo s povečanim tveganjem. Temu bi sledila omejitev nosilnosti mostu, manjšanje uporabne širine mostu in podobno. Zaradi bližnjega kamnoloma in ostalih gospodarskih dejavnosti, si tega ne moremo privoščiti. Most je bilo potrebno sanirati in mu s tem podaljšati življenjsko dobo. Sanacija je morala zagotoviti vsaj 30 letno podaljšanje življenjske dobe. Ojačitev tako s karbonskimi lamelami, kot AB nosilci ob pravilni zaščiti (s premazom) temu pogoju zadostita. Ocenjujemo da bi bila ojačitev z lamelami trajnejša od ojačitve z AB za vsaj polovico.

5.3.5 Čas sanacije

Terminski okvir sanacije v večini primerov določi naročnik. V našem primeru bi bila sanacija z lepljenjem ojačitvenih lamel končana hitreje, kot z do-betoniranjem AB nosilcev. Za slednjo je potrebno izvrtati luknje v obstoječo ploščo za vgradnjo armature, sledi oteženo opaženje in

armiranje nosilcev, betoniranje in razopaženje. Ocenjujemo da bi bila sanacija z lepljenjem lamel vsaj 2 meseca prej končana od do-betoniranja nosilcev.

5.3.6 Estetska vrednost

Estetska vrednost objekta je v prvi vrsti subjektivna ocena. V tem delu bomo zagovarjali, da ima vitkejši objekt, s skoraj neopazno spremembo prečnega prereza večjo estetsko vrednost. S tem ima sanacija s karbonskimi lamelami večjo vrednost od sanacije z AB nosilci, kar bomo upoštevali pri večkriterijskem odločanju.

6 TEHNOLOGIJA IZVEDBE

6.1 Potrebna sanacijska dela in ojačitve

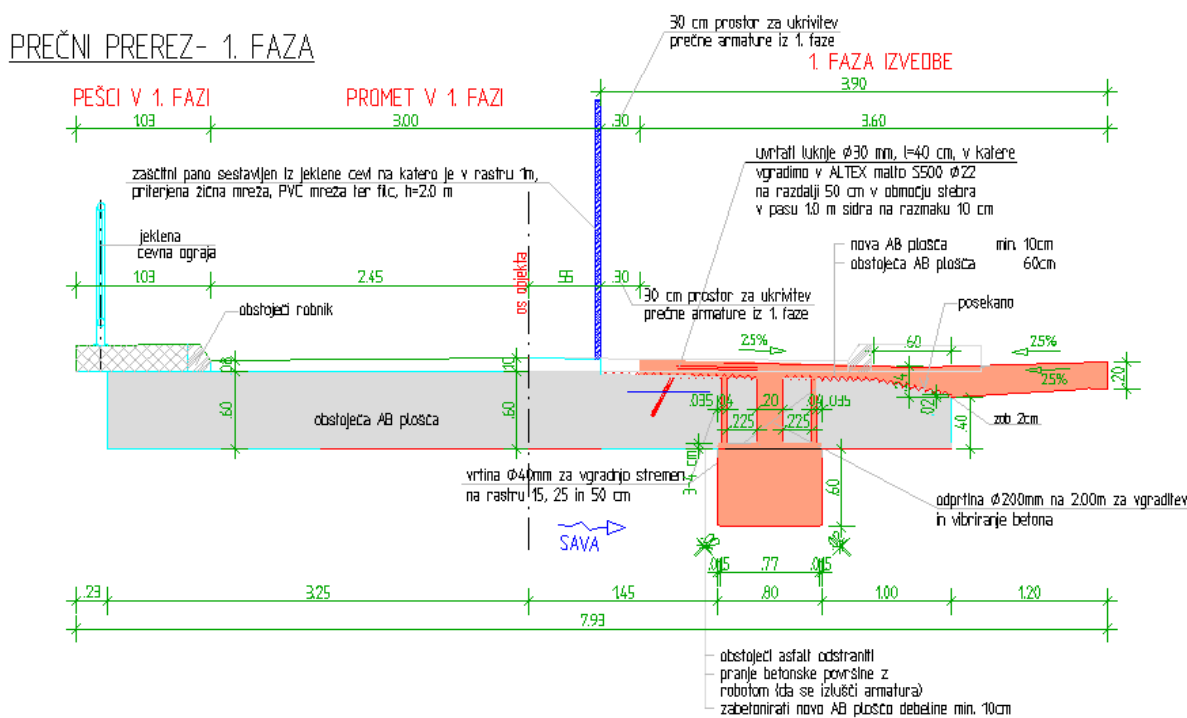
Ojačitve izboljšajo nosilnost in stabilnost konstrukcij. Možnih je več postopkov. Poleg brizganega betona, polaganja dodatnih ojačitev, betoniranja nosilcev, prednapenjanja, lepljenja zaplat iz legiranega jekla in podobno, se uporabljajo tudi proizvodi iz ogljikovih (karbonskih) vlaken.

Projektna naloga izvedbe sanacije in ojačitve mostu čez Savo v Podnartu je predvidevala izvedbo sledečih del:

- Prekladna konstrukcija:
 - Odstranitev asfalta in hidroizolacije do nivoja voziščne plošče v dveh fazah, z rezkanjem. Paziti je potrebno, da se ne poškoduje zgornja armatura. Najprej se sanira dol-vodna stran, pri čemer se pusti obstoječe vozišče v širini voznega pasu (3m), za enosmerni promet na gor-vodni strani.
 - Odstranitev ograje in obstoječega hodnika na dol-vodni strani.
 - Obstoječa voziščna plošča se odbije do »zdravega« betona (brez kloridov). To se doseže z visokotlačnim pranjem (1200-1500bari). Po potrebi se zgornja armatura plošče izlušči.
 - Izvede se dograditev AB nosilca na dol-vodni strani, ki se sovpreže s stremeni preko obstoječe AB plošče ali
 - izvedba torkret betona oziroma vgradnja sanacijske malte in po doseženi ustrezni tlačni trdnosti in sprijemnosti, dolepitev karbonskih lamel.
 - Izvede se nova voziščna plošča debeline 15cm. Betoniranje se izvaja pod enakimi pogoji kot betoniranje nosilcev ali lepljenje lamel – popolna zapora ceste.
 - Ko je dosežena zadostna tlačna trdnost betona, se promet preusmeri na betonsko površino, pri čemer je potrebno v fazi pridobivanja njegove tlačne trdnosti, izvesti na razdalji 3m od stika betona jekleno varnostno ograjo (JVO) s stebrički na 2m z namestitvijo dvojnega odbojnika in izvedbo peš koridorja za pešce v širini 80cm.
 - Po preusmeritvi prometa se izvede rekonstrukcija gor-vodnega dela mostu po enakih tehnoloških fazah kot dol-vodna.
 - Obstoječa konstrukcija se po pranju s 750-1000 bari v območju globinskih poškodb betona obdela z mikroarmirano sanacijsko malto.
 - Po sanaciji se celoten prerez konstrukcije prepleska z zaščitnim elastičnim

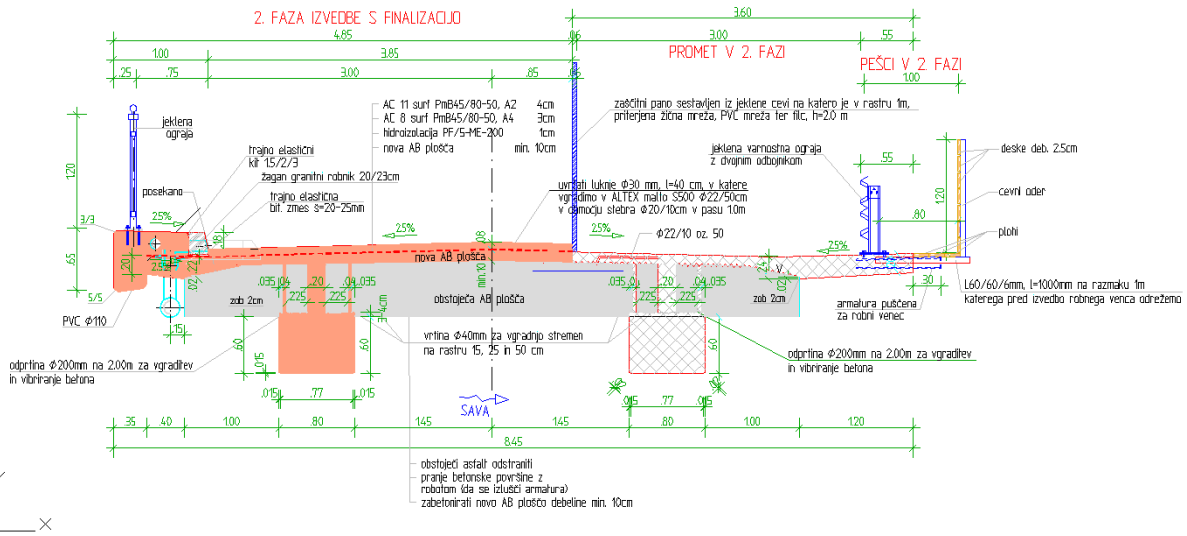
- premazom.
- Izvedba bitumsenske dilatacije na obeh straneh mostu.
 - Krajni oporniki, krila in vmesni stebri:
 - Pregled temeljev s potapljačem in ustrezna sanacija glede na ugotovljeno stanje.
 - Stebri se pred obrusom zaščitijo s pločevino do višine 1,50m.
 - Poškodovane površine se sanira z mikroarmirano sanacijsko malto.
 - Odvodnjavanje:
 - Obstoječi izlivniki se v celoti odstranijo, kakor tudi zasigani beton okrog njih.
 - Po projektu se postavijo novi izlivniki in pronicajoče cevke, ki so speljani v horizontalno odvodnjavanje po obeh straneh roba prekladne plošče do krajnega opornika na levi strani, kjer je postavljen lovilec olj.
 - Posebej pazljivo je potrebno izvesti tesnjenje okrog ustja izlivnika.

FAZNOST IZVEDBE:



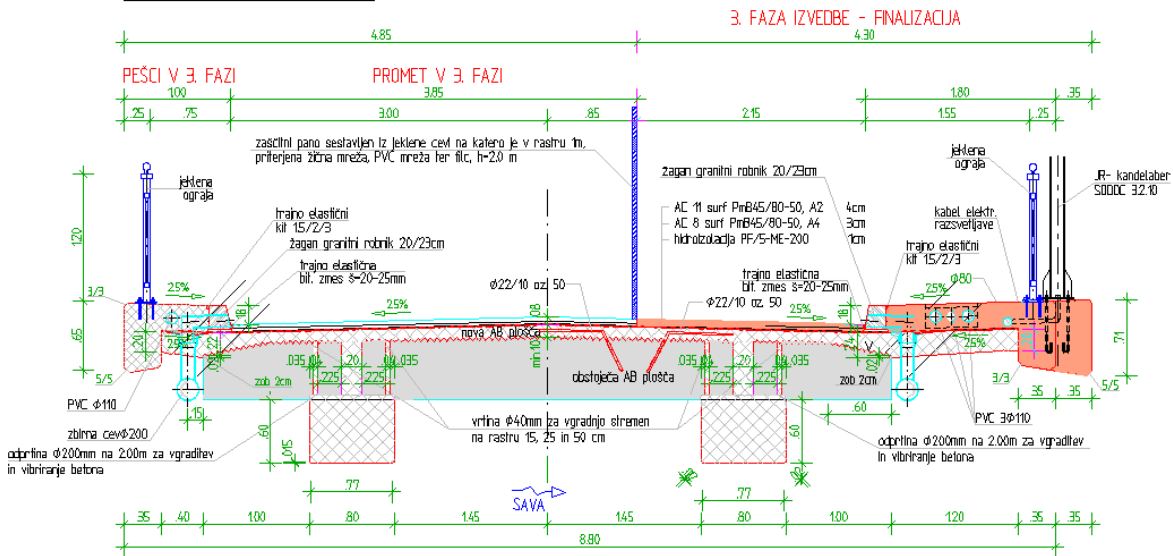
Slika 10: Prečni prerez – 1. faza sanacije (Projektna dokumentacija ISB d.o.o., 2012)

PREČNI PREREZ- 2. FAZA



Slika 11: Prečni prerez – 2 faza sanacije (Projektna dokumentacija ISB d.o.o., 2012)

PREČNI PREREZ- 3. FAZA



Slika 12: Prečni prerez – 3 faza sanacije (Projektna dokumentacija ISB d.o.o., 2012)

6.2 Ojačitev s karbonskimi lamelami

Statično ojačenje AB konstrukcij z lepljenjem dodatne jeklene armature na površino konstrukcije poznamo od 60. let prejšnjega stoletja (Fleming in King, 1967). Pred tem so konstrukcije ojačili z večanjem prečnega prereza, z naknadnim zunanjim podpiranjem ali napenjanjem konstrukcij s kabli. V Sloveniji je skupina strokovnjakov (Cafanik, Boštjančič in Hočevar) leta 1979 sprojektirala in izvedla ojačitev prekladne konstrukcije AB mostu preko reke Meže, ki še danes služi svojemu namenu (Bergant in Gerbec, 2004).

Metoda lepljenja dodatne armature za ojačitev je primerna za AB konstrukcije, jeklene in lesene nosilne elemente in tudi masivne zidane elemente. Postopek in materiali na trgu omogočajo povečanje upogibne, tlačne, natezne in strižne nosilnosti elementov, pa tudi prevzem kombiniranih napetosti (Bergant in Gerbec, 2004).

Pred dejansko izvedbo ojačitve, konstrukcijo temeljito pregledamo in preiščemo:

- Projektno dokumentacijo obstoječe konstrukcije (armaturne načrte, opazne načrte, statične izračune in podobno).
- Vizualno stanje konstrukcije (razpoke, korozija, luščenje, razslojevanje, udarci in podobno) in geometrijsko nepopolnost (zvitost, poves in podobno).
- Debelino krovne plasti betona, stopnjo korozijske ogroženosti, globino karbonatizacije, položaj vgrajene armature (profometer).
- Površinsko odtržno trdnost (pull off test) in površinsko tlačno trdnost (sklerometer).
- Laboratorijsko preiščemo tudi iz konstrukcije vzete vzorce.



Slika 13: Lepljenje karbonskih lamel (Sika, 2016)



Slika 14: Pull off oprema (lasten vir)



Slika 15: Sklerometer (Matest, 2016)

Neustrezna krovna plast betona, kot je v našem primeru, predhodno zahteva določene ukrepe. Odstranitev razslojenih, razpokanih plasti betona do zdrave podlage, protikorozijsko zaščito armature in reprofilacijo do prvotnih gabaritov, ki se največkrat izvedejo s sanacijskimi maltami. Pogoj je ustrezna in kvalitetna podlaga za ojačitev konstrukcije z lamelami. Vrsto lamel izberemo glede na lastnosti osnovne konstrukcije. Pri konstrukcijah iz betona nižje trdnosti (pod C25/30), dodajamo jeklene ojačitve, pri betonih višje trdnosti (vsaj C30/37) pa za lamele uporabimo kompozitni material.

Postopkovna navodila za ojačitev z lamelami predpiše proizvajalec. V splošnem primeru je postopek sledeč.

- Priprava betonske površine na mestu lamel. Največkrat gre za peskanje ali visokotlačno pranje konstrukcije - odstranjevanje cementnega mleka in poškodovanega betona do zdrave osnove. Za čiščenje morebitnih maščob in organskih nečistoč, se uporablja vodna para ali plinski gorilnik. Površina mora biti suha, čista in brez cementne srajčke.
- Pred vgradnjo karbonskih lamel je potrebno preveriti stanje podlage. Zahteve za odtržno trdnost vsakega preizkušanca so vsaj 1,5MPa in povprečna vrednost vseh preizkušancev je vsaj 2,0MPa. Vlažnost pripravljene podlage je lahko največ 4,0%. Zadostno ravnost podlage dosežemo, ko zadostimo pogojem da na dolžini 30cm ni večjih neravnin kot 4mm in na dolžini 2m ni večjih kot 10mm. Če se neravnine pojavijo, jih izravnamo z brušenjem in izravnavo z epoksidnim lepilom, ki ga zmešamo s kremenčevim peskom.
- Lamele odrežemo na zahtevano dolžino, jih razmastimo s čistilom in odzračimo (vsaj 10 minut).
- Pripravimo lepilo po navodilih proizvajalca in v predpisanem času vgradimo karbonske lamele.

Konstrukcijo je možno obremeniti v nekaj dneh. Odvisno je od temperature konstrukcije in okolja. Natančen podatek poda proizvajalec lamel. Da je vzdrževanje ojačene konstrukcije čim manjše, lamele zaščitimo z zaščitnim premazom.

6.3 Ojačitev z do-betoniranjem nosilcev

V nadaljevanju opisana variantna rešitev se je tudi dejansko izvedla, zato jo obravnavamo podrobneje. Ojačenje z večanjem prereza ali dodatnim podpiranjem konstrukcije sta verjetno najstarejši obliki povečanja nosilnosti konstrukcije. Prerez smo povečali z do-betoniranjem dveh nosilcev, vgradnjo armature in do-betoniranjem tlačne plošče, kot je že napisano v poglavju 6.1. Do-betoniranje plošče in nosilcev zahteva ustrezno prijemnost z obstoječim betonom. Površino smo pripravili tako, da smo s pomočjo freze odstranili asfalt in hidroizolacijo. Popolno smo hidroizolacijo odstraniti strojno z bagrom in na nekaterih delih tudi ročno. Celotno betonsko površino zgornje konstrukcije, smo oprali z vodo pod visokim pritiskom, da smo prišli do zdravega betona. Korodirano armaturo smo izlušči iz obstoječega prereza, odstranili rjo in jo zaščitili. Čiščenje armature izvedemo lahko na več načinov:

- Ročno s primernim orodjem.
- S peskanjem.
- Vodnim curkom pod visokim pritiskom in dodajanjem kremenčevega peska.



Slika 16: Odstranjevanje asfalta in hidroizolacije (lasten vir)

Ko je bila armatura zgornje plošče očiščena, smo zaščitno armature izvedli takoj, da ne pride do ponovne korozije. Skozi obstoječo ploščo smo potem izvrtali luknje, ki so služile za postavitve visečega (obešenega) odra, kot je prikazano na sliki 17.



Slika 17: Odr za pranje konstrukcije, armiranje in opaženje nosilcev ter nanos zaščitnega premaza (lasten vir)

Oder smo prekrili s filcem, da smo preprečili padanje materiala v vodotok. Po postavitvi odra, smo z vodo oprali celotno spodnjo konstrukcijo. Na mestu nosilcev je sledilo rušenje (odbijanje) betona (širina 80cm) z ročnim pnevmatskim klavivom in vodnim curkom pritiska med 1500 in 2000bari. Globina rušenja je bila 3cm. Sproti smo zagotavljali odstranitev odbitega materiala in odvoz na deponijo.



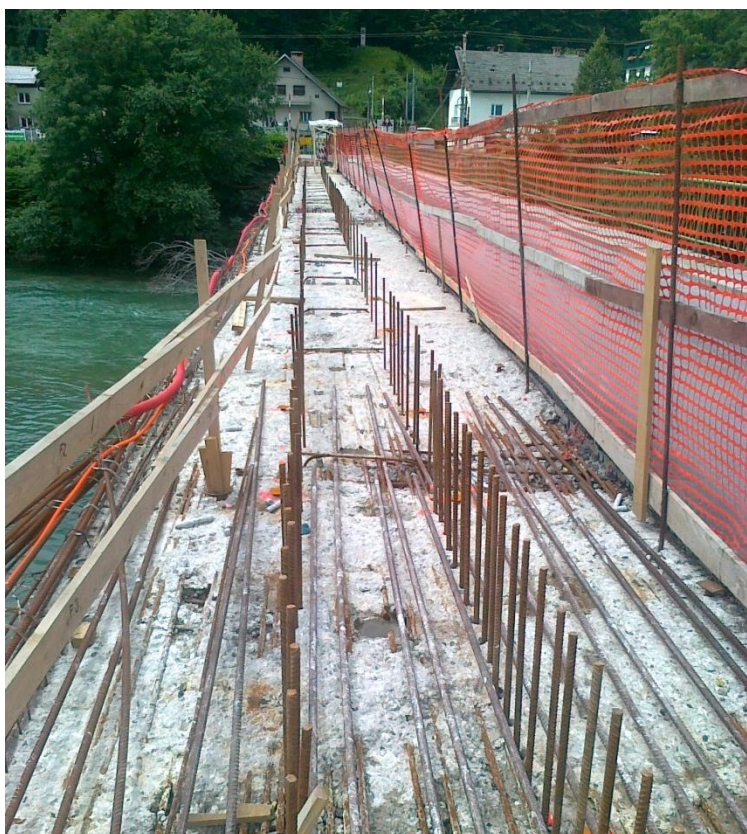
Slika 18: Odbijanje betona v območju nosilcev (lasten vir)

Tehnologija betoniranja in postavitve opaža zahteva, da se v prekladno konstrukcijo izvrtajo luknje. Za postavitev sovprežnih moznikov med obstoječo in novo ploščo smo v rastru 15-30-

50-25-15cm kronsko izvrtali luknje premera $\Phi=40\text{mm}$, za namen vgradnje betona, pa v rastru 2,00m luknje premera $\Phi=200\text{mm}$.



Slika 19: Primer izvrtanega cilindra za vgradnjo betona (lasten vir)



Slika 20: Armaturna stremena za nosilce (lasten vir)

Viseči oder smo nato uporabili za armiranje in opaženje nosilcev. Upoštevati je bilo potrebno opaž za vidni beton, ki smo ga sidrali skozi ploščo. Beton višje tlačne trdnosti ($>30\text{Mpa}$) z dodatkom za lažjo vgradnjo, smo vgrajevali skozi zato pripravljene odprtine. Vgradnja betona v nosilce je bila s pomočjo opažnih vibratorjev in vibracijskih igel v sosednjih odprtinah od odprtine skozi katero smo vgrajevali beton.



Slika 21: Opaž nosilca (lasten vir)



Slika 22: Betoniranje nosilcev (lasten vir)

Zaradi boljše sprijemnosti stari-novi beton smo v obstoječo ploščo izvrtali tudi luknje, v katere smo z ekspanzijsko malto vgradili dodatno armaturo. Pred vgrajevanjem novega betona, smo stari beton navlažili z vodo.

Posebno pozornost moramo nameniti negi betona. Potrebno ga je zaščititi pred soncem, vetrom, dežjem in nizkimi temperaturami ter izgubo vlage. Po 28 dneh, ko beton doseže zahtevano tlačno trdnost, beton zaščitimo pred agresivnimi vplivi okolja. Zaščita ima tudi estetsko funkcijo, saj z njo dobimo enotni videz saniranega konstrukcijskega elementa.



Slika 23: Oder za izdelavo zaščitnega premaza (lasten vir)



Slika 24: Zaščita betona 1 (lasten vir)



Slika 25: Zaščita betona 2 (lasten vir)



Slika 26: Zaščita betona 3 (lasten vir)

7 STROŠKOVNA ANALIZA

7.1 Splošno

Pri pristopu k izvedbi prenov, je smiselno obravnavati več variantnih rešitev, ki vsebujejo različne metode popravil oziroma načinov prenov. Za vsako varianto je potrebno oceniti stroške načrtovanega popravila in stroške za ohranitev konstrukcije na zadovoljivi ravni zanesljivosti, do konca pričakovane življenjske dobe. V ta namen je potrebno ovrednotiti in v celotne stroške popravila vključiti:

- začetno popravilo ali zaščito,
- vse predvidene naknadne sanacijske posege za doseganje oziroma ohranjanje zahtevane stopnje zanesljivosti in
- predvidene vzdrževalne ukrepe v teku predvidene življenjske dobe.

Optimalna je tista varianta, pri kateri se ustrezna optimalna zanesljivost konstrukcije doseže in nato ohranja z najnižjimi celotnimi stroški. (Zajc in Žnidarčič, 2010)

Naročnik oziroma investitor mora zagotoviti finančna sredstva za izvedbo projekta. Ocena stroškov v fazi planiranja je pomembna, saj naročniku poda velikostni razred investicije. Na podlagi te ocene se odloči oziroma ne odloči za investicijo. S to informacijo naročnik išče še druge možnosti financiranja (posojilo, kredit, subvencije, različna partnerstva in podobno).

Cene objektov so odvisne od tipa konstrukcije, lokacije objekta, urbanističnih in upravnih pogojev, izbire materialov ter od zahtev in želja naročnika.

V splošnem poznamo tri različne cene objekta;

- projektantska cena,
- ponudbena cena in
- pogodbeno cena.

Projektantska cena

Projektantska cena se določi na podlagi projektantskega popisa (opisa) del in izračunanih posameznih elementov objekta. Če je projektantski popis natančen in če projektant razpolaga z zanesljivimi podatki o cenah na trgu, potem se projektantska cena ne bo dosti razlikovala od ponudbene (Žemva, 2010).

Ponudbena cena

Ponudbeno ceno pripravi izvajalec, na podlagi projektantskega popisa del in količin ter projektne dokumentacije. Pri oblikovanju ponudbene cene pride do izraza popolna svoboda izvajalca ponudnika, ki se v celoti (hočeš-nočeš) mora podrežati zakonu trga, to je ponudbi in povpraševanju. Določiti pravo ceno, to je tako ceno, s katero pridobi izvajalec zadovoljiv obseg dela in istočasno lahko krije vse stroške, optimalno izkoristi delovne resurse ter si zagotovi sredstva za lasten razvoj in primeren dobiček. Tu gre za obsežno problematiko in za splet teoretičnih in tehničnih metod politike cene in poslovnih odločitev, ki so odločujoče za podjetje. Kljub temu pa se moramo seznaniti s predvidenimi ciljnim stroški, ki so osnova za oblikovanje cene, in dejanskimi stroški. Primerjava med ciljnim stroški in dejanskimi stroški nam šele pokaže našo uspešnost (Žemva, 2010).

Pogodbena cena

Pogodbena cena je dogovorjena in določena s pogodbo, lahko je enaka ponudbeni ceni, vendar to ni pravilo niti obveza. V primeru zasebnega naročnika, so pogajanja o ceni mogoča, pri javnih naročilih pa ne.

7.2 Popis del

Ekonomski vidik projekta predstavlja popis del, ki je sestavni del projektne dokumentacije. V njem so zajete predhodne izmere in stroškovna ocena objekta. Opremljen je s količinami posameznih elementov objekta in s cenami, ki se jih pridobi z analizo oziroma iz prejšnjih popisov. Pripravi ga projektant, s čimer pojasni še tisti del projektne dokumentacije, ki je z grafično risbo ni mogoče prikazati. Z njim projekt postane razumljiv izvajalcu in na njegovi osnovi pripravi ponudbo (Žemva, 2010).

V gradbenih kalkulacijah in obračunu gradbenih objektov (Žemva, 2010) podrobno predstavi popis del, ki sestavljen iz več postavk ali z vsemi postavkami za celotni objekt. Vsaka postavka je sestavljena iz opisa osnovnih elementov tehnološkega procesa ali karakteristike posameznega materiala. Vsaki postavki je določena merska enota, predračunska količina in cena na enoto. Osnovni element, za katerega oblikujemo cene, določimo najprej z opisom vrste opravila, izdelka oziroma materiala, pogojev dela in enote mere, ki so zanj značilne. Popisi del pokažejo še opis delovnih aktivnosti oziroma opravil elementov tehnološkega procesa, pogojev dela, vrsto in kvaliteto materiala, kvaliteto izdelka, sestav elementa in kvaliteto izvedbe elementa objekta.

Pri večjih in zahtevnejših objektih popis del razvrstimo v posamezne sklope.

- Skupine del (gradbena dela, instalacije in podobno).
- Vrste del (zemeljska dela, opaženje, betoniranje, zidarska dela in podobno).

S tem popis postane preglednejši in lažje obvladljiv, še posebno kadar gre za veliko postavk. Opis postavke je natančen, razumljiv, kratek in nedvoumno določen. Zaključen je v smiselno zaključeno delovno operacijo ali izdelek oziroma storitev.

Za postavko naj bi veljala naslednja osnovna pravila.

- Opis tehnološkega postopka mora biti kratek in nedvoumen.
- Natančno morajo biti določene tehnične karakteristike posameznega materiala.
- Določati mora vrsto elementa ali proizvoda z navedbo dimenzij in oznak.
- Omogočiti cenovno razlikovanje postavk.

Vsebina opisa praviloma v naslednjem zaporedju zajema.

- Vrsto dela oziroma storitve (rušenje, izkop, izdelava, montaža in podobno).
- Vrsto proizvoda ali elementa (stebra, jarka, zidu, estriha, vrat in podobno).
- Vrsto oziroma kvaliteto materiala (betonski, v zemljini III kategorije in podobno).
- Končni videz proizvoda (hrapava površina, dimenzije proizvoda in podobno).
- Pogoje izdelave (v vodi, ročno, strojno in podobno).
- Navedba transportnih pogojev ali lokacije (z nakladanjem in odvozom, na stran, z odzivom in podobno).
- Navedba drugih podatkov, ki precizirajo delo (standardi, tip, proizvajalec in podobno).
- Enotne mere, s katero bomo merili količino (m, m², m³, kg, kos in podobno).

Pri gradnji objektov, kjer je naročnik država Republika Slovenija v vlogi, kot so: DARS, DRSI, občine... se pogosto upoštevajo:

- splošni tehnični pogoji (STP) in
- posebni tehnični pogoji (PTP).

V praksi se uporablja izraz »zelene knjige«. STP in PTP so zajeti v sedmih knjigah, katerim so dodane dopolnilne knjige. V prvi knjigi so STP, v ostalih pa popis del in PTP. Splošna navodila in priporočila so zajeta v STP. PTP pa vsebujejo tipizirane postavke označene s šiframi ter podrobnim opisom, kaj posamezna postavka vključuje. Še posebno previdni moramo biti na enotne cene. V njih so namreč upoštevani vsi stroški za izvedbo posameznih del. Pri gradnji infrastrukturnih objektov je njihovo poznavanje nujno.

Pomembno je, da ne tipiziramo tehnologije izvedbe, če to ni nujno potrebno. S tem ima izvajalec možnost izrabe razpoložljivih sredstev in tako lahko sam oblikuje ceno ter popolno odgovarja za izvedeno delo.

7.3 Normativi in norme v gradbeništvu

Normiranje dela je v splošnem postopek izračunavanja oziroma določanja povprečne porabe časa za produktivno delo, porabe materiala in porabe energije za delovno operacijo, enoto izdelka ali enoto storitve (Pšunder in sod., 2008)

Rezultat normiranja dela je normativ. V praksi je to obrazec, v katerega so vpisani podatki o:

- izvedbi ali različicah izvedbe standardiziranega delovnega postopka,
- klasifikacij in zahtevanem strokovnem profilu delavcev,
- porabi časa, izraženega v urah enega delavca ter ure dela s strojem na enoto izdelka ali storitve,
- porabi osnovnega in pomožnega materiala po vrstah in v količinskih enotah na enoto izdelka ali storitve,
- porabi električne energije ali tekočih goriv v količinskih enotah na enoto izdelka ali storitve.

Zbirko normativov imenujemo norme. V gradbeništvu uporabljamo gradbene norme za:

- za potrebe planiranja gradbene proizvodnje,
- računanja stroškov ali cen,
- obračunavanja gradbenih storitev
- ter za nagrajevanje delavcev.

Prve norme za gradbeništvu, ki so veljale v Sloveniji je izdalo Zvezno ministrstvo za gradnje leta 1946. Leto pozneje so izšlečasne norme v gradbeništvu, ki so z razvojem in uporabo novih metod študija dela dopolnjevale in izdajale vse do leta 1979 pod imenom Povprečne norme v gradbeništvu. Zadnja izpopolnjena izdaja Povprečnih norm v gradbeništvu obsega več knjig: Visokogradnja I, Nizkogradnja II, Obrtniška dela III/1, Inštalacije III/2 in Strojne norme. Omenjene norme so bile v praksi vodene pod oznako GN (Pšunder in sod., 2008).

Leta 1969 in v ponatisu leta 1973 so v Sloveniji izšle gradbene norme GIPOSS. Gradbene norme GIPOSS se označujejo z oznako GNG. Veliko število gradbenih podjetij v Sloveniji še vedno uporablja GNG norme. Slabost teh norm je v tem, da obravnavajo le normative

gradbenih del za visoko gradnjo. GNG norme so razvrščene v naslednje skupine del (GIPOSS, 1984):

- Zemeljska dela (GNG-1).
- Betonska, armiranobetonska in železokrivska dela (GNG-2).
- Zidarska dela (GNG-3).
- Tesarska dela (GNG-4).
- Fasaderska dela (GNG-5).
- Kanalizacija (GNG-6).
- Prenosi in prevozi (GNG-7).

Vsaka skupina del naprej deli na postavke in po potrebi na podpostavke, označene s tri številsko označbo (Pšunder, 2008). Podpostavke v bistvu predstavljajo delovne operacije. Leta 2004 je Sekcija gradbincev pri Obrtni zbornici Slovenije (OZS) začela pripravljati normative za gradbena dela in jih izdala v letih 2005 in 2006. Izdani normativi v določenem obsegu izhajajo iz sklopa normativov GIPOSS, vendar je vsebina glede izvedbe, poklicev, materialov in osnovnih sredstev, ki nastopajo kot proizvodni viri, usklajena z današnjim časom. Postavljen je 12-mestni sistem oznak oziroma šifer normativov, ki omogoča iskanje podatkov po smiselno zaokroženih sklopih od 4-,6-,8-,10-,12-mestne oznake. Normativi za gradbena dela OZS sestavljajo:

- Normative za zemeljska dela (OZS, 2006).
- Normative za betonska in armiranobetonska dela (OZS, 2005).
- Normative za zidarska dela (OZS, 2005).
- Normative za tesarska dela (OZS, 2005).
- Normative za zunanje prevoze in notranje prenose v visokogradnji (OZS, 2006).

7.4 Popis del s količinami in cenami - sanacija mostu z lamelami

Preglednica 2: Predračun sanacije z lamelami (opis del pridobljen iz projektne dokumentacije: ISB, 2012)

	opis del	enota	količina	cena/enota	zmnožek
1	Postavitev delovnega visečega odra, nosilnosti cca 300kg/m ² , po tehnologiji izvajalca za izvedbo ojačitve konstrukcije, visokotlačnega pranja, barvanja in podobno. Oder mora biti prekrit s filcem, da se prepreči padanje materiala v Savo.	m ²	865	17,98€	15.552,70€
2	Odbijanje betona na spodnji strani prekladne konstrukcije v območju lamel z vodnim curkom pritiska 1500-2000 barov, globine do 3 cm, odbijanje med in za armaturo, sočasno se očisti tudi armatura (uporaba ročnih pištol). V ceni zajeta tudi odstranitev, nakladanje in odvoz odbitega betona s plačilom deponije.	m ²	181	15,14€	2740,34€
3	Nanos sanacijske mikroarmirane malte Sika monotop ali TKK tekamal MSM 0-7 oziroma podobno.	m ²	181	34,35€	6.217,35€
4	Izravnava neravnin na obstoječi plošči v območju do-lepljenja lamel s Sikadur 41 sanacijsko malto d=1-2cm, se določi po pranju spodaj.	m ²	181	51,98€	9.408,18€
5	Kompletna priprava betonske površine voziščne plošče, vključno dobava in lepljenje lamel po postopkovnem navodilu - spodaj za do-lepljenje karbonskih lamel v prečni smeri S 80×1,2mm lamele se do-lepijo v nočnem času, ko ni težkega tovornega prometa.	m ¹	366	105,23€	38.514,18€

Se nadaljuje.

	opis del	enota	količina	cena/enota	zmnožek
6	Kompletna priprava betonske površine voziščne plošče, vključno nabava in lepljenje lamel po postopkovnem navodilu - spodaj za do-lepljenje karbonskih lamel S 120×1,2mm lamele se do-lepijo v nočnem času, ko ni težkega tovornega prometa.	m1	1260	125,54€	158.180,40€
7	Vrtanje lukenj fi 30mm L=400mm v voziščno ploščo, za vgradnjo sovprežnih moznikov med obstoječo in novo ploščo (z vsemi premiki med vrtinami). Tehnologija vrtanja po izbiri izvajalca.	kom	1728	11,72€	20.252,16€
8	Dobava, priprava in postavitve rebrastih palic iz visokovrednega naravnega trdnega jekla S 500-B s premerom do 12mm za srednje zahtevno ojačitev.	kg	11.270	0,91€	10.255,70€
9	Dobava, priprava in postavitve rebrastih palic iz visokovrednega naravno trdega jekla S/500-B s premerom 14 mm in večjim za srednje zahtevno ojačitev.	kg	39.308	0,85€	33.411,80€
10	Zaščitni premaz cementnega betona, ki ščiti konstrukcijo pred atmosferskimi vplivi in vplivi soljenja v zimskem času. Npr. -temeljni premaz Sikagard 551S (0,25kg/m2) -obloga za zapolnitev por in luknjic Sikagard 545Elastofil 0,7kg/m2 - k2x elastični premaz Sikagard 550 Elastic 0,25kg/m2 za 1 premaz.	m2	625	14,17€	8.856,25€

Skupna vrednost del za sanacijo objekta z lamelami znaša 303.389,26€.

7.5 Popis del s količinami in cenami - sanacija mostu z do-betoniranjem nosilcev

Preglednica 3: Predračun sanacije z do-betoniranjem nosilcev (opis del pridobljen iz projektne dokumentacije: ISB, 2012)

	opis del	enota	količina	cena/enoto	zmnožek
11	Postavitev delovnega visečega odra nosilnosti- cca 300kg/m ² , po tehnologiji izvajalca, za izvedbo visokotlačnega pranja, opaženja, armiranja, betoniranja nosilcev, sanacije poškodb, barvanja in podobno. Oder mora biti prekrit z filcem, da se prepreči padanje materiala v Savo.	m ²	865	17,98€	15.552,70€
12	Odbijanje betona na spodnji strani prekladne konstrukcije v območju nosilcev v širini 55 - 60 cm z vodnim curkom pritiska 1500-2000 barov, globine do 3 cm, odbijanje med in za armaturo, sočasno se očisti tudi armatura (uporaba ročnih pištol). V ceni zajeta tudi odstranitev, nakladanje in odvoz odbitega betona s plačilom deponije.	m ²	116	15,14€	1.756,24€
13	Kronsko vrtanje lukenj fi 200 mm , na rastru 2,0 m skozi AB ploščo, debelina po odbitju betona d=55cm.	kom	106	74,75€	7.923,50€
14	Vrtanje lukenj skozi voziščno ploščo fi 40mm (npr. s pnevmatskimi ali električnimi vrtalkami - 60% prereza in kronsko vrtanje lukenj fi 37mm v področju spodnje armature - 40% prereza), vrtanje od zgoraj navzdol, za stremensko sovpreganje novega nosilca z obstoječo ploščo, na rastru 15-30-50-25-15cm skozi AB ploščo debeline po odbitju betona s spodnje in zgornje strani d = 55cm. Tehnologijo vrtanja prilagodi izvajalec glede na svoje tehnične zmogljivosti in dejanskega stanja na terenu.	kom	740	26,72€	19.775,03€

Se nadaljuje.

	opis del	enota	količina	cena/enoto	zmnožek
15	Vrtanje lukenj skozi voziščno ploščo fi 40 mm (npr. s pnevmatskimi ali električnimi vrtalkami - 60% prereza in kronsko vrtanje lukenj fi 37mm v področju spodnje armature - 40% prereza), vrtanje od zgoraj navzdol, za stremensko sovpreganje novega nosilca z obstoječo ploščo, na rastru 15-30-50-25-15cm skozi AB ploščo d = 60 do 110 cm, v območju vute povprečne debeline 85 cm. Tehnologijo vrtanja prilagodi izvajalec glede na svoje tehnične zmogljivosti in dejanskega stanja na terenu.	kom	358	55,24€	19.775,92€
16	Izdelava in demontaža visečega opaža za dograditev nosilcev. Opaž se sidra skozi ploščo. V ceni upoštevati opaž za vidni beton in pomožni material, trikotne letvice in tesnitev stika opaž-plošča. Izvedba po tehnologiji izvajalca.	m2	385	27,55€	10.606,75€
17	Dobava, priprava in postavitve rebrastih palic iz visokovrednega naravnega trdnega jekla S 500-B s premerom do 12mm za zahtevno ojačitev	kg	298	0,91€	271,18€
18	Dobava, priprava in postavitve rebrastih palic iz visokovrednega naravno trdega jekla S/500-B s premerom 14 mm in večjim za zahtevno ojačitev - armatura nosilcev pod prekladno konstrukcijo.	kg	62.414	0,85€	53.051,90€
19	Upoštevati otežen transport pod mostno konstrukcijo in delno krivljenje stremenske armature od fi 14 do fi 22 mm na gradbišču.	kg	62.414	0,45€	28.086,30€

Se nadaljuje.

	opis del	enota	količina	cena/enoto	zmnožek
20	Dobava, priprava in vgraditev mešanice ojačenega cementnega betona v nosilce skozi odprtine fi 200 mm. Beton C30/37, XD1, XF3, Dmax 16mm, v prerez do 0,50m ³ /m ¹ . Upoštevati dodatek za lažje vgrajevanje in vibriranje s pomočjo opažnih vibratorjev.	m ³	102	97,50€	9.945,00€
21	Zalivanje stremen skozi obstoječo ploščo l=60cm z ALTEX malto (ekspanzijska malta). Poraba 0,3l/vrtino. Vrtine - armatura se zalije z malto istočasno z betoniranjem.	kom	740	10,47€	7.747,80€
22	Zalivanje stremen skozi obstoječo ploščo 90cm (ukrivljene v ravnino plošče) z ALTEX malto (ekspanzijska malta). Poraba 0,4l/vrtino. Vrtine-armatura se zalije z malto istočasno z betoniranjem.	kom	358	12,50€	4.475,00€
23	Zaščitni premaz cementnega betona, ki ščiti konstrukcijo pred atmosferskimi vplivi in vplivi soljenja v zimskem času. Npr.: -temeljni premaz Sikagard 551S (0,25kg/m ²) -obloga za zapolnitev por in luknjic Sikagard 545Elastofil 0,7kg/m ² - k2x elastični premaz Sikagard 550 Elastic 0,25kg/m ² za 1 premaz.	m ²	856	14,17€	12.129,52€

Skupna vrednost del za sanacijo objekta z do-betoniranjem nosilcev znaša 191.096,84€.

7.6 Rezultati stroškovne analize

Popis del je bil narejen s strani projektanta sanacije, to je Inženirski statični biro d.o.o. (ISB, 2012) iz Maribora, razen točke 3, ki smo jo dodali na podlagi naknadnih ugotovitev pri podrobnem pregledu objekta. Količine so pridobljene iz projektantskega popisa predvsem pa iz izračuna glede na projekt za izvedbo (PZI). Cene na enoto so pridobljene na podlagi povpraševanja na trgu, iz drugih predračunov in s pomočjo analize cen.

Vrednost sanacije z do-betoniranjem nosilcev (191.096,84€) predstavlja le 63% vrednosti sanacije z lepljenjem karbonskih lamel (303.389,26€). Razlog sta predvsem postavki 5 in 6, ki se nanašata na lepljenje lamel. Samo ti dve postavki sta dražji (196.694,58€), kot celotna sanacija z do-betoniranjem nosilcev.

Izbira sanacije z nosilci je torej ugodnejša za naročnika, pa tudi za izvajalca. GGD razpolaga s svojo betonarno, ki je od gradbišča oddaljena manj kot 5km, kader ima strokovno znanje glede izvedbe AB konstrukcij, kot je postavitev odra, opaža, armature pa tudi betoniranja in podobno.

V popisih del, smo upoštevali predvsem postavke, ki se nanašajo na samo ojačitev konstrukcije. Enaka dela, neodvisna od izbire vrste ojačitve so:

- Pripravljalna dela (geodetska dela, čiščenje terena, priprava površin za sanacijo).
- Zemeljska dela in temeljenje (izkopi, planum temeljnih tal, nasipi, brežine in zelenice).
- Voziščne konstrukcije (nevezane nosilne plasti, vezane obrabne in zaporne plasti - bitumenski betoni, robniki, bankine).
- Odvodnjavanje (površinsko, globinsko, odvodnjavanje objektov).
- Hidrozolacija (vseh zasutih delov, hodnikov in robnih vencev, prekladne plošče).
- Zidarska in kamnoseška dela (oblaganje brežin).
- Injektiranje (razpoke).
- Napeljave na objektu (elektrika).
- Ključavničarska dela (ograja za pešce, montaža nosilcev cevi).
- Oprema cest (pokončna oprema cest, označbe na vozišču, oprema za zavarovanje prometa).
- Tuje storitve (javna razsvetljava, preiskave, projektantski nadzor, izdelava projektov PID) in podobno.

Celotna vrednost sanacije mostu čez Savo v Podnartu je bistveno višja od izračunanih v prejšnjih poglavjih. To so dela, ki jih je bilo potrebno izvesti ne glede na izbrano variantno rešitev, zato jih pri stroškovni analizi nismo upoštevali. Zavedamo se, da bi pri primerjavi stroškov celotnih sanacij dobili bistveno bolj primerljive vrednosti.

8 VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE

8.1 Splošno o odločanju

Slovar slovenskega knjižnega jezika termin odločati razlaga kot izražati voljo, kako naj bo oziroma pri izbiri dajati čemu prednost. Odločanje običajno definiramo kot izbiro ene izmed več variant, alternativ, možnosti oziroma različic. Izbrati želimo tisto alternativo, ki najbolj ustreza našim ciljem. Odločanje je aktivnost, ki nastopa kot del splošnega reševanja problemov na praktično vseh področjih človekovega delovanja. Gre za eno najpomembnejših nalog, s katero se srečujemo vsak dan. Ko se moramo odločiti, nastopi odločitveni problem. V splošnem to pomeni, da smo si zastavili določene cilje, ki jih želimo doseči. Do teh ciljev vodi več alternativnih poti, kjer skušamo izbrati tisto, ki se najbolj približa zastavljenemu cilju (Bohanec, 2012).

Nekateri odločitveni problemi so težki, zahtevni in kompleksni. Vzroki za težavnost takšnih problemov so največkrat (Bohanec, 2012):

- Veliko število dejavnikov, ki vplivajo na odločitev.
- Slabo definiranje ali poznavanje posameznih variant.
- Možnost nepredvidenih dogodkov, ki jih ni mogoče nadzorovati in povečujejo negotovost odločitve.
- Nepoznavanje odločitvenega problema in ciljev odločitve.
- Nesoglasje med ljudmi, ki sodelujejo pri odločanju.
- Omejena sredstva (čas, denar, strokovnjaki in podobno).

Odločanje postane hitro zapleteno, ko je potrebno upoštevati več kriterijev. V ta namen so se razvile metode večkriterijskega odločanja. Večkriterijsko oziroma večparametrsko odločanje temelji na razgradnji odločitvenega problema na manjše podprobleme. Variante razgradimo na posamezne parametre (kriterije, attribute) in jih ločeno ocenimo glede na vsak parameter. Končno oceno variante dobimo s postopkom združevanj in tako izpeljana vrednost je osnova za izbor najustreznejše variante.

Ena od metod večkriterijskega odločanja je tudi AHP (Analytic Hierarchical Process) metoda, ki jo je razvil Thomas L. Saaty. S pomočjo te metode, bomo določili pomembnost kriterijev pri odločitvi med bolj primerno varianto sanacije.

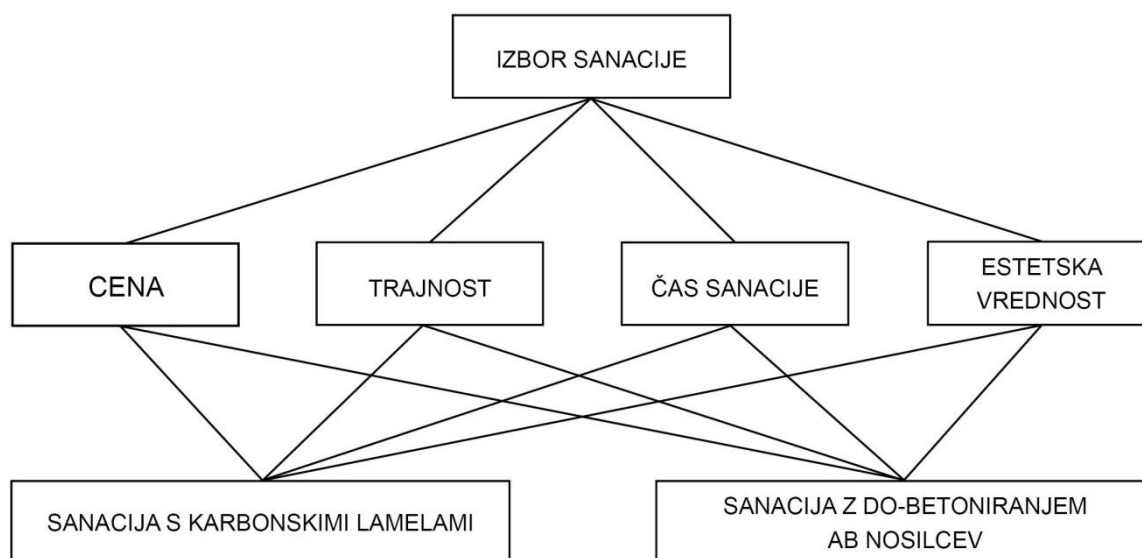
8.2 Analitično hierarhični postopek (AHP)

AHP je ena najbolj znanih in priljubljenih metod za določanje relativne pomembnosti kriterijev pri večkriterijskem odločanju. Po tej metodi kriterije uredimo v hierarhijo, tako da se na vsakem nivoju odločamo le med majhnim številom kriterijev. Pravimo, da uporablja posredni način primerjave po parih.

Z AHP metodo bomo za obravnavani primer določili boljše varianto sanacije mostu. Za odločitvene parametre smo izbrali ceno, čas trajanja sanacije, trajnost objekta po sanaciji in estetsko vrednost saniranega objekta.

8.2.1 Struktura odločitvenega modela

Kot nam že ime metode pove, gre za hierarhični model, kjer so vrednosti parametrov na lestvici med 0 in 1 (100%). Za boljše predstavo si model AHP narišemo (slika 27). Alternative (možne variante) povežemo z vsemi osnovnimi parametri modela, saj moramo v vseh vozliščih definirati matriko primerjav. Na mestih, kjer se stikajo povezave, ki vodijo iz podrejenih parametrov, med seboj te parametre primerjamo. Kjer pa se stikajo povezave, ki vodijo iz alternativ, primerjamo alternative.



Slika 27: Struktura odločitvenega modela za izbor sanacije (Bohanec, 2012)

8.2.2 Primerjava parametrov

Cilj primerjave parametrov je določitev uteži posameznega parametra. Matriko primerjav izpolnimo tako, da medsebojno primerjamo parametre in sicer vsakega z vsakim. V praksi se za primerjavo med dvema parametroma uporablja številsko vrednotenje. Če je prvi parameter enako pomemben ali pomembnejši od drugega vpišemo eno od naslednjih števil:

- 1 - kadar sta parametra enako pomembna,
- 3 - zmerno večja pomembnost prvega parametra v primerjavi z drugim,
- 5 - znatna prednost prvega parametra,
- 7 - zelo velika prednost prvega parametra in
- 9 - izjemna, skrajna prednost prvega parametra.

Kadar je pomembnejši drugi parameter, vpišemo ustrezno recipročno vrednost v obliki ulomka ($1/3$, $1/5$, $1/7$ ali $1/9$). Na tak način dobimo matriko z diagonalnimi vrednostmi 1 in vrednosti, ki ležijo na eni in drugi strani diagonale med seboj obratne, kot na spodnji sliki.

Preglednica 4: Matrika primerjav kriterijev

	CENA	TRAJNOST	ČAS SANACIJE	ESTETSKA VREDNOST
CENA	1	5	7	9
TRAJNOST	$1/5$	1	3	5
ČAS SANACIJE	$1/7$	$1/3$	1	5
ESTETSKA V.	$1/9$	$1/5$	$1/5$	1
VSOTA	1,454	6,533	11,200	20,000

Uteži izračunamo z normiranjem stolpcev. Njihova vsota mora biti enaka 1. Vsako vrednost v osnovni matriki delimo z vsoto pripadajočega stolpca. Vsota je izračunana v zadnji vrstici zgornje preglednice. Normirane vrednosti in pripadajoče uteži so naslednje:

Preglednica 5: Normirane vrednosti in pripadajoče uteži

	CENA	TRAJNOST	ČAS SANACIJE	ESTETSKA VREDNOST	UTEŽ
CENA	0,688	0,765	0,625	0,450	0,632
TRAJNOST	0,138	0,153	0,268	0,250	0,202
ČAS SANACIJE	0,098	0,051	0,089	0,250	0,122
ESTETSKA V.	0,076	0,031	0,018	0,050	0,044
VSOTA	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Uteži izračunamo kot povprečje vrednosti vsake vrstice.

8.2.3 Primerjava alternativ

Z enakim postopkom kot pri izračunu uteži kriterijev, izračunamo tudi matriko osnovnih koristnosti alternativ. Matriko normiramo in izračunamo povprečje vrednosti vrstic. V našem primeru imamo samo dve alternativni, sanacijo z lamelami ali sanacijo z AB nosilci, zato je matrika velikosti 2×2. Matriko koristnosti izračunamo za vsak kriterij posebej, kot je prikazano spodaj.

Cena sanacije z lepljenjem karbonskih lamel je 303.389,26€, z do-betoniranjem AB nosilcev pa 191.096,84€. Ocenjujemo, da je sanacija nosilci zelo velika prednost pred sanacijo z lamelami in jo točkujemo s številom 5.

Preglednica 6: Primerjava sanacije po parametru - cena

CENA	MATRIKA PRIMERJAV		NORMIRANA MATRIKA		KORISTNOST
	LAMELE	NOSILCI	LAMELE	NOSILCI	
LAMELE	1,000	0,200	0,167	0,167	0,167
NOSILCI	5,000	1,000	0,833	0,833	0,833
VSOTA	6,000	1,200	1,000	1,000	1,000

Trajnostni vidik sanacije smo obravnavali v poglavju 5.3.4 in ocenili, da bi bila sanacija z lamelami za vsaj polovico trajnejša od nosilcev, zato jo ovrednotimo z 7.

Preglednica 7: Primerjava sanacije po parametru – trajnostni vidik

TRAJNOST	MATRIKA PRIMERJAV		NORMIRANA MATRIKA		KORISTNOST
	LAMELE	NOSILCI	LAMELE	NOSILCI	
LAMELE	1,000	7,000	0,875	0,875	0,875
NOSILCI	0,143	1,000	0,125	0,125	0,125
VSOTA	1,143	8,000	1,000	1,000	1,000

Čas sanacije je za obe alternativni ocenjen v poglavju 5.3.5. Izvedba sanacije z lamelami je časovno bistveno krajša, zato jo točkujemo s številom 7.

Preglednica 8: Primerjava sanacije po parametru - čas sanacije

ČAS SANACIJE	MATRIKA PRIMERJAV		NORMIRANA MATRIKA		KORISTNOST
	LAMELE	NOSILCI	LAMELE	NOSILCI	
LAMELE	1,000	7,000	0,875	0,875	0,875
NOSILCI	0,143	1,000	0,125	0,125	0,125
VSOTA	1,143	8,000	1,000	1,000	1,000

Estetska vrednost je sicer subjektivno ocenjen kriterij, v poglavju 5.3.6 smo kot estetsko boljšo alternativo določili sanacijo z lamelami in parameter ocenili s številom 9.

Preglednica 9: Primerjava sanacije po parametru - estetska vrednost

ESTETSKA VREDNOST	MATRIKA PRIMERJAV		NORMIRANA MATRIKA		KORISTNOST
	LAMELE	NOSILCI	LAMELE	NOSILCI	
LAMELE	1,000	9,000	0,900	0,900	0,900
NOSILCI	0,111	1,000	0,100	0,100	0,100
VSOTA	1,111	10,000	1,000	1,000	1,000

8.3 Rezultat AHP metode

Skupno oceno vrednosti za obe alternativni določimo v zadnji matriki, kjer združimo vrednosti posameznih parametrov. Rezultat dobimo z vsoto produktov uteži (preglednica 5) in ocenjenih koristnosti posameznih parametrov (preglednice 6 do 9).

Preglednica 10: Rezultat AHP metode

IZBOR SANACIJE	CENA	TRAJNOST	ČAS SANACIJE	ESTETSKA VREDNOST	REZULTAT
UTEŽI	0,632	0,202	0,122	0,044	
LAMELE	0,167	0,875	0,875	0,900	0,429
NOSILCI	0,833	0,125	0,125	0,100	0,571

Rezultat večkriterijskega odločanja so ocene obravnavanih alternativ. Najvišje je ovrednotena sanacija mostu z izvedbo AB nosilcev pod prekladno konstrukcijo. Navedena alternativa izkazuje višjo skupno korist predvsem zaradi visoke vrednosti relativne pomembnosti parametra cena.

9 PRIMERJAVA OBRAVNAVANIH REŠITEV

9.1 Splošno

Sanacije premostitvenih objektov so izvedbeno vedno zahtevne. Sodelovanje naročnika, projektanta, nadzornika in izvajalca je med trajanjem projekta nujno. V večini primerov se krog strokovnjakov poveča še z vključitvijo zunanjih zavodov, inštitutov in občasno tudi fakultet. Mostovi predstavljajo ozka grla v prometu, posledično so roki za izvedbe del kratki. Morebitne spremembe načrtov in s tem povezano iskanje novih rešitev in ukrepov mora biti hitro.

Za izvedbo sanacij in/ali ojačitev konstrukcije je pogosto možnih več variant. Projektant na podlagi strokovnega znanja in izkušenj poskuša izbrati najprimernejšo. V obravnavanem primeru mostu čez Savo v Podnartu je izbral ojačitev konstrukcije z do-lepljenjem karbonskih lamel, kar pa se je po začetku izvajanja sanacijskih del izkazalo za neprimerno. Podrobni pregled je pokazal, da ima beton prenizko odtržno trdnost. Potrebno bi bilo izvesti celovito sanacijo spodnjega dela prekladne konstrukcije z odbijanjem betona do zdrave osnove, zaščito armature in nanosom sanacijske malte. Druga možnost je bila spremeniti način ojačitve v celoti. Odločili so se za slednje in sicer z do-betoniranjem dveh nosilcev v višini 60cm pod celotno prekladno konstrukcijo, s čimer se je strinjal tudi strokovni kader podjetja IGMAT.

9.2 Primerjava

Končni cilj obeh variant sanacije je enak. Most je potrebno ojačiti in mu s tem povečati nosilnost, povečati prečni prerez, sanirati poškodovane elemente mostu, izdelati odvodnjavanje, hidroizolacijo, zaščitni in obrabni sloj asfalta. Projektirana trajnost objekta je 30 let. Razlike med sanacijama so le v ojačitvi konstrukcije, izvedba ostalih del je enaka za obe obravnavani varianti. Omeniti velja, da se lastna teža pri do-betoniranju nosilcev poveča, pri sanaciji z lamelami pa je to zanemarljivo.

Obe varianti imata svoje prednosti in slabosti. Pri stroškovni analizi smo ugotovili, da je cenovno ugodnejša izvedba nosilcev, ki predstavljajo le 63% vrednosti sanacije z lamelami. Trajnost objekta, čas sanacije in estetsko vrednost pa smo ocenili v prid sanaciji z lamelami. Rezultat uporabe večkriterijskega odločanja kaže, da je skupna korist variante sanacije z do-betoniranjem nosilcev višja kot v drugih primerih. Rezultat odraža dejstvo, da je na trgu še vedno najpomembnejša cena, katera ima v našem primeru tudi največjo utež oz. relativno

pomembnost (63%).

Za izvajalca sanacije je sicer poleg obravnavanih parametrov pomembno tudi, kolikšen delež vrednosti celotnega projekta lahko zagotovi iz svojih virov. Tukaj mislimo predvsem na potrebno opremo, mehanizacijo, vire materiala, usposobljenost in strokovnost delovne sile in podobno. S tem svojim zaposlenim podjetje lahko zagotovi delo in plačilo. V odločitvenem procesu navedenega sicer nismo upoštevali, saj je odločitev o načinu sanacije vedno v domeni investitorja in projektanta.

10 ZAKLJUČEK

Stanje premostitvenih objektov na slovenskem cestnem omrežju se iz leta v leto slabša zaradi različnih degradacijskih procesov. Z leti vgrajeni materiali propadajo zaradi vplivov okolja in so obenem izpostavljeni prometnim obremenitvam, ki so v večini primerov večje, kot je bilo predvideno v času gradnje. Veliko premostitvenih objektov v Sloveniji je slabo vzdrževanih, zato je na nekaterih DRSI omejila nosilnost ali uporabno širino. Tak ukrep povzroči daljši transportni čas, obvoze, čakanje, postavitve ustrezne signalizacije in podobno.

V diplomski nalogi smo obravnavali most čez Savo v Podnartu, ki je bil zgrajen leta 1966. V času uporabe je bil deležen minimalnega vzdrževanja, pred pristopom k sanaciji pa je bil že v izredno slabem stanju. Projektna dokumentacija za sanacijo objekta je bila v osnovi izdelana že leta 1999, vendar se je zaradi pomanjkanja finančnih sredstev z njo odlašalo vse do leta 2012. Prometne obremenitve so se v letih njegove uporabe večale, zato je bila poleg izvedbe sanacijskih ukrepov potrebna tudi njegova ojačitev in razširitev.

Glavni cilj diplomske naloge je bila analiza projekta sanacije mostu čez Savo v Podnartu. Poznavanje življenjske dobe objektov in njegovih delov nam omogoča izvedbo pravilnega in pravočasnega vzdrževanja. Temu so namenjeni tudi pregledi objektov, ki so časovno razporejeni glede na podrobnosti pregleda. Zadnje izvedena redni in podrobni pregled mostu sta ugotovila številne pomanjkljivosti in poškodbe, kar je sprožilo postopek sanacije.

Prvotna projektna dokumentacija je ojačitev mostu predvidela z lepljenjem karbonskih lamel. Ponovni podrobni pregled je pokazal neustrezno odtržno trdnost za lepljenje lamel, zaradi česar so se projektant, naročnik in izvajalec dogovorili za spremembo projekta in izvedbo ojačitve z do-betoniranjem dveh AB nosilcev pod prekladno konstrukcijo. Obe varianti ojačitve mostu smo primerjali tehnološko, stroškovno, trajnostno in estetsko. Tehnološko sta si obravnavani varianti precej različni. Sanacija z lamelami je lahko izvedena bistveno hitreje kot z AB nosilci. Za izvedbo je potreben le oder pod prekladno ploščo, očiščena, ravna površina in lepljenje lamel. Pri do-betoniranju AB nosilcev pa je poleg odra pod prekladno ploščo potrebno še izvrtati luknje skozi ploščo za montažo opaža, oteženo polaganje armature nosilcev pod ploščo, na mestu kriviti stremensko armaturo, montaža opaža, betoniranje skozi izvrtane luknje in podobno.

Pri stroškovni analizi se moramo zavedati, da je oblikovanje cen vedno na tehtnici ponudbe in povpraševanja. Analiza je pokazala, da je izvedba AB nosilcev bistveno cenejša kot

izvedba ojačitev z lamelami. Razlog za visoko ceno lamel je med drugim tudi, da gre pri karbonskih lamelah za visokotehnološki produkt, ki ga ponuja malo proizvajalcev. Na osnovi dobljenih stroškovnih ocen, ocenjeni trajnosti, času trajanja sanacije in estetski vrednosti objekta, smo s pomočjo večkriterijskega modela za odločanje, določali primernejšo varianto sanacije. Relativno pomembnost posameznih kriterijev smo pri tem določili z metodo AHP. Rezultat analize kaže v prid sanaciji z do-betoniranjem AB nosilcev. To pa potrjuje tudi pravilno odločitev dejanske izvedbe sanacije.

Da bi objekti kar najboljše služili svojemu namenu, bo za odpravo poškodb in podaljšanje življenjske dobe premostitvenih objektov v prihodnje potrebno nameniti več sredstev kot do sedaj, vzdrževalna dela pa zaupati le strokovno usposobljenim izvajalcem. To navsezadnje zahteva tudi standard SIST EN 1504.

Ugotovimo lahko, da je na sanacijo objektov potrebno gledati celovito. V praksi se prevečkrat zgodi, da je pomemben le trenutni strošek. S tem pa problema v celoti ne rešimo, ampak ga le kratkočasno odpravimo. Tak pristop zahteva več časa in stroškov v fazi načrtovanja sanacije, vendar se nam v fazi uporabe objekta pogosto obrestuje.

VIRI

Beg, D. (ur.), Pogačnik, A. (ur.). 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: pog. 1: str. 9-13

Bergant, M., Gerbec, B. 2004. Metoda statične utrditve nosilnih gradbenih konstrukcij z lepljenjem dodatne armature. Sanacije betonskih objektov. Grum., B. (ur.) Ljubljana, I2 družba za založništvo, izobraževanje in raziskovanje: str. 201-218

Oz.

http://www.gi-zrmk.si/media/uploads/public/document/50-8_clanek_sl.pdf

(pridobljeno: november 1015)

Bogataj, M. 2013. Elaborat prometne zapore. Kranj, Gorenjska gradbena družba d.d.

Bohanec, M. 2012. Odločanje in modeli. Ljubljana, DMFA založništvo. 3, 4: str. 112-115

Direkcija republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI)

http://www.di.gov.si/si/delovna_podrocja_in_podatki/ceste_in_promet/podatki_o_prometu

(pridobljeno: februar 2016)

Etno muzej

<http://www.etno-muzej.si/en/digitalne-zbirke/vekoslav-kramaric/f0037942>

(pridobljeno: maj 2014)

Fleming, C.J., King, G.E.M. 1967. The development of structural adhesives for three original uses in South Africa (Rilem). Paris, p. 75-92

Grum, B., Čebular, U., Kavčič, F., Šušteršič, J., Gerbec, B., Leskovar, I., Bergant, M., Dobnikar, V. 2004. Sanacije betonskih objektov. Ljubljana, I2 družba za založništvo, izobraževanje in raziskovanje: str. 80

IGMAT - poročilo o pregledu objekta. D.n.: 604-POB-12 (2012)

ISB - projektna dokumentacija - Rekonstrukcija mostu čez Savo v Podnartu (1999, 2011 in 2012)

Jarc Simonič, M., Štempfl, A. 2011. Poročilo o pregledu objekta Most čez Savo v Podnartu. Ljubljana, GI ZRMK

Krajevna skupnost Podnart

<http://www.podnart.si/page.php?kaz=1021&vsebina=1048>

(pridobljeno: maj 2014)

Matest - slika sklerometra

<http://www.matest.com/en/Products/concrete/NDT-STRENGTH-EVALUATION-APPARATUS/rebound-concrete-test-hammer-matest>

(pridobljeno: avgust 2016)

Ministrstvo za javno upravo, portal javnih naročil

http://www.enarocanje.si/Obrazci/?id_obrazec=53324

http://www.enarocanje.si/Obrazci/?id_obrazec=32793

(pridobljeno: december 2015)

Ministrstvo za infrastrukturo

http://www.mzi.gov.si/nc/si/medijsko_sredisce/novica/article/12016/8090/

(pridobljeno: december 2015)

Pšunder, M., Klanšek, U., Šuman, N. 2008. Organizacija grajenja. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: str. 86-90

Sika

Karbonske lamele za statično ojačitev. Julij 2013. Tehnični list.

Lepilo za lepljenje ojačitvenih lamel. Avgust 2013. Tehnični list.

Katalog, M3 Hawley bridge composite reinforcing - Sika CarboDur. Julij 2013.

<http://www.sika.com/en/group/Publications/ambitions/ambitions18/usa.html>

(pridobljeno: junij 2016)

SODOC. 2007. Smernice, oprema in detajli za objekte na cestah, TSC 07.000, Tehnični odbor za objekte, RS ministrstvo za promet in zveze

Standard SIST EN 1504-9. Proizvodi in sistemi za zaščito in popravilo betonskih konstrukcij. 9 del: Splošna načela za uporabo proizvodov in sistemov s principi zaščite in popravil. SIST EN 1504-9:2009

Šajna, A. 2010. MABZVZ (mikroarmiran beton zelo visokih zmogljivosti) za sanacijo premostitvenih objektov. Portorož, 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, št. 10: str. 1341

Uranjek, M. 2006. Izvedba glavnih in rednih pregledov in tipične poškodbe premostitvenih objektov. Ljubljana, Seminar podiplomskega študija konstrukcijskega odseka, 1. December, 2006.

<http://km.fgg.uni-lj.si/psks/seminar.htm>

(pridobljeno: december 2015)

Vrabec, S. 1970. Most čez Savo v Podnartu (na Gorenjskem). Gradbeni vestnik. Let. 19, št. 10: str. 296

Zgodovina železnice v Sloveniji

https://sl.wikipedia.org/wiki/Zgodovina_%C5%BEeleznice_v_Sloveniji

(pridobljeno: september 2015)

Zajc, A., Žnidarič, J. 2010. Strategija in pristop k projektiranju zaščite in popravil betonskih konstrukcij – predstavitev standarda SIST EN 1504-9. 17. Slovenski kolokvij o betonih: str. 11-20

Žemva, Š. 2010. Gradbene kalkulacije z osnovami operativnega planiranja in obračunom gradnje objektov. Ljubljana. Gospodarska zbornica Slovenije, Center za poslovno usposabljanje: str. 317-322

Žmavc, J. 2010. Vzdrževanje cest. Ljubljana, univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, DRC - Družba za raziskave v prometni stroki Slovenije: str. 203-212