

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



DIPLOMSKA NALOGA

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

Ljubljana, 2023

Univerza
v Ljubljani

*Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

Diplomska naloga št.:

Graduation thesis No.:

Mentor/-ica:

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

Član komisije:

Ljubljana, _____

POPRAVKI – ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju viš. pred. dr. Mateju Kušarju za vodenje, pomoč in vse strokovne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se mojim sošolcem in prijateljem za vso pomoč in nasvete tekom študija.

Prav tako se zahvaljujem moji družini: mami, babici in stricu, ki so me v času študija podpirali in mi v težkih trenutkih znali svetovati in me usmeriti. Posebna zahvala gre tudi moji puncu Klari, ki me je skozi vsa študijska leta spodbujala in mi stala ob strani.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 624.21:625.089.2(043.2)
Avtor: Andrej Kumprej
Mentor: viš. pred. dr. Matej Kušar
Somentor: asist. dr. Aleksander Srdić
Naslov: Izdelava plana sanacij nadvozov v soupravljanju DARS
Tip dokumenta: diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema: 51 str., 13 pregl., 15 sl., 12 graf., 5 en.
Ključne besede: mostovi, avtocestni nadvozi, upravljanje, odločanje.

Izvleček:

V diplomski nalogi smo izdelali 30-letni plan sanacij avtocestnih nadvozov v soupravljanju. Nalogo smo začeli s teoretičnimi osnovami upravljanja z mostovi, natančneje upravljanja z avtocestnimi nadvozi. V prvem delu smo naredili statistično analizo avtocestnih nadvozov, ki so v soupravljanju z DARS d. d. in občinami. Z njo smo določili vrsto in obseg sanacijskih del posameznega nadvoza. Nato smo določili robne pogoje za izdelavo plana sanacij. V drugem delu smo izdelali oceno stroškov izvedbe sanacijskih del po posameznih objektih in soupravljavcih. Izdelali smo finančne scenarije, v katerih smo preverili zmožnost izvedbe sanacijskih del glede na razpoložljiva denarna sredstva in glede na število letno izvedenih sanacij. V zadnjem delu smo izdelali 30-letni plan sanacij avtocestnih nadvozov v soupravljanju. S pomočjo algoritma smo razporejali objekte v obravnavanem 30-letnem obdobju glede na izbrane robne pogoje. Obravnavali smo 4 scenarije porazdelitve objektov in nato izmed teh izbrali scenarij, ki izpolnjuje vse robne pogoje.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.21:625.089.2(043.2)
Author: Andrej Kumprej
Supervisor: Sen. Lect. Matej Kušar, Ph.D.
Co-supervisor: Assist. Aleksander Srđić, Ph.D.
Title: Development of a rehabilitation plan for overpasses co-managed by DARS
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools: 51 p., 13 tab., 15 fig., 12 graph., 5 eq.
Keywords: bridges, highway overpasses, management, decision-making.

Abstract:

In the thesis, a 30-year plan for the rehabilitation of highway overpasses in co-management was developed. In the beginning, the literature review of bridge management, specifically the management of highway overpasses, was performed. Thereafter, a statistical analysis of highway overpasses co-managed with DARS d.d. and municipalities was carried out. This was utilized to ascertain the type and scope of rehabilitation works for each overpass. Subsequently, the boundary conditions for the preparation of the rehabilitation plan were defined. In the second part, the cost of carrying out the rehabilitation works for individual overpasses and co-managers was estimated. Financial scenarios were developed to assess the execution of the rehabilitation works considering the available funds and the maximum annual quantity of works performed. Finally, a 30-year plan for the rehabilitation of highway overpasses under co-management was drafted. An algorithm was used to distribute the overpasses over 30 years under the selected boundary conditions. Of the four scenarios considered, only one met all the boundary conditions chosen.

KAZALO VSEBINE

POPRAVKI – ERRATA	I
ZAHVALA	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATON AND ABSTRACT	IV
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI/ABBREVIATIONS AND SYMBOLS	IX
1 UVOD	1
2 TEORETIČNE OSNOVE UPRAVLJANJA MOSTOV	2
2.1 UPRAVLJANJE S CESTNO INFRASTRUKTURO	2
2.1.1 CESTE KOT DOBRINA	2
2.1.2 KAJ POMENI »UPRAVLJANJE SREDSTEV«	2
2.1.3 TRADICIONALNI PRISTOP	3
2.1.4 PREVENTIVNI PRISTOP	3
2.1.5 STRATEŠKI PRISTOP	3
2.2 UPRAVLJANJE Z MOSTOVI	4
2.2.1 SISTEM UPRAVLJANJA Z MOSTOVI	4
2.3 NADVOZI	6
2.3.1 VRSTE NADVOZOV	7
2.4 ZAKONODAJA IN PRAVILNIKI V SLOVENIJI	10
2.5 FAZE DEL OD ZAZNAVE SLABEGA STANJA OBJEKTA DO IZVEDBE SANACIJE	11
2.6 ZAPORE CEST OB SANACIJAH NADVOZOV	13
3 PREGLED OBRAVNAVANIH AVTOCESTNIH NADVOZOV	15
4 ROBNI POGOJI PLANA	16
4.1 IZBRANI SANACIJSKI POSEGI	16
4.2 DOLOČITEV STROŠKOV V ODVISNOSTI OD VRSTE POSEGA	17
4.3 POTREBNI POGOJI ZA IZVEDBO SANACIJE	19
4.4 FINANČNI SCENARIJI	21
4.4.1 NEOMEJENA FINANČNA SREDSTVA IN ŠTEVILO LETNO IZVEDENIH SANACIJ	23
4.4.2 OMEJENA FINANČNA SREDSTVA IN ŠTEVILO LETNO IZVEDENIH SANACIJ	25
5 IZDELAVA PLANA IN PORAZDELITVE	26
5.1 ALGORITEM RAZPOREJANJA	26
5.2 PORAZDELITVE	27
5.2.1 1,5 MIL EUR + 6 SANACIJ	28
5.2.2 2,0 MIL EUR + 6 SANACIJ	31
5.2.3 1,5 MIL EUR + 8 SANACIJ	33
5.2.4 2,0 MIL EUR + 8 SANACIJ	35
6 ZAKLJUČEK	37
VIRI	38

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema sistema upravljanja z mostovi [23]	5
Slika 2: Pomembni elementi pregleda mostu [15]	5
Slika 3: Vzdolžni prerez nadvoza VA0106 [24]	6
Slika 4: Karakteristični prečni prerez nadvoza VA0106 [25]	6
Slika 5: Geometrija možnih križanj med cesto na nadvozu in AC [5]	7
Slika 6: Ločni nadvoz 4-3 Kozina [28]	8
Slika 7: Nadvoz Gruškovje [29]	8
Slika 8: Nadvoz (0093-1, 4-3) Podlehnik [30]	8
Slika 9: Nadvoz s tremi razponi [31]	8
Slika 10: Nadvoz s štirimi razponi [32]	9
Slika 11: Nadvoz s petimi razponi [33]	9
Slika 12: Nadvoz z več razponi [34]	9
Slika 13: Sanacija nadvoza s spuščnim opažem, Interstate 5, Kalifornija, 2021 [26]	13
Slika 14: Faze sanacije nadvoza VA0074 – delne zapore AC [27]	14
Slika 15: Algoritem razporejanja	27

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregled nadvozov po letih izgradnje [17]	15
Preglednica 2: Material nosilne konstrukcije objektov [17]	16
Preglednica 3: Vrste ukrepov [10]	16
Preglednica 4: Ocena stroška sanacije objekta VA0074 v €/m ² tlorisne površine po projektantskem predračunu	18
Preglednica 5: Ocena stroškov: sanacija + razširitev, objekt VA0106	18
Preglednica 6: Izbrani robni pogoji	19
Preglednica 7: Strošek izvedbe sanacijskih del za posamezni nadvoz in predvideno leto izvedbe sanacije	22
Preglednica 8: Število nadvozov s stroški po posameznih letih	23
Preglednica 9: Enakomerna letna sredstva	25
Preglednica 10: Razporeditev za 1,5 mil EUR + 6 sanacij	29
Preglednica 11: Razporeditev za 2,0 mil EUR + 6 sanacij	31
Preglednica 12: Razporeditev za 1,5 mil EUR + 8 sanacij	33
Preglednica 13: Razporeditev za 2,0 mil EUR + 8 sanacij	35

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Število sanacij in razširitev 2023-2053	20
Grafikon 2: Število sanacij in razširitev po letih od 2023 do 2053	20
Grafikon 3: Kumulativni stroški po letih, 2023-2053	24
Grafikon 4: Stroški DARS po letih, 2023-2053	24
Grafikon 5: Število sanacij: 1,5 mil EUR + 6 sanacij	30
Grafikon 6: Strošek DARS: 1,5 mil EUR + 6 sanacij	30
Grafikon 7: Število sanacij: 2,0 mil EUR + 6 sanacij	32
Grafikon 8: Strošek DARS: 2,0 mil EUR + 6 sanacij	32
Grafikon 9: Število sanacij: 1,5 mil EUR + 8 sanacij	34
Grafikon 10: Strošek DARS: 1,5 mil EUR + 8 sanacij	34
Grafikon 11: Število sanacij: 2,0 mil EUR + 8 sanacij	36
Grafikon 12: Strošek DARS: 2,0 mil EUR + 8 sanacij	36

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI/ABBREVIATIONS AND SYMBOLS

BMS	angl. Bridge management system
DARS d. d.	Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji
DRSI	Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo
AC	avtocesta
RS	Republika Slovenija
ZCes-2	Zakon o cestah
ZSDH	Zakon o Slovenskem državnem holdingu
GPR	angl. Ground-penetrating radar
NPV	angl. Net present value
MIL	milijon

»Ta stran je namenoma prazna.«

1 UVOD

Avtoceste so življenjska linija sodobnih prometnih sistemov, ki omogočajo učinkovit pretok ljudi in blaga na velike razdalje. Ker obseg prometa iz leta v leto narašča, je potreba po ustrezni cestni infrastrukturi zelo pomembna. Ena od pomembnejših komponent avtocestne infrastrukture so nadvozi. Avtocestni nadvozi spadajo med mostove in igrajo ključno vlogo v avtocestnih sistemih, saj zagotavljajo nemoten pretok prometa čez križajoče se poti in povečujejo splošno zmogljivost prometnega omrežja.

Po avtocestnih nadvozih navadno potekajo državne ali občinske ceste. Posledično je upravljanje tovrstnih objektov deljeno med DARS d. d. in DRSI v primeru državne ceste oziroma posamezno občino v primeru občinske ceste. Pravilno upravljanje avtocestnih nadvozov je ključnega pomena za zagotovitev trajnosti in varnosti teh objektov. Izvajanje obdobjnih pregledov in pregledniške službe so bistvenega pomena za takojšnje odkrivanje in reševanje morebitnih težav z nosilnostjo objekta in zagotavljanjem njegove varne uporabe. Upravljanje nadvoza vključuje oceno stanja nadvoza, prepoznavanje morebitnih znakov poslabšanja in izvedbo potrebnih popravil ali sanacijskih ukrepov. S sprejemanjem proaktivnih strategij vzdrževanja in upravljanja lahko soupravljavci, ki si delijo stroške pri vzdrževanju nadvozov, zmanjšajo potrebo po dragih in nujnih popravilih ter optimizirajo način upravljanja, povečajo konstrukcijsko varnost in trajnost objektov avtocestne infrastrukture.

DARS d. d. ima kot upravljavec avtocest in hitrih cest v Sloveniji v svojem fondu premostitvenih objektov okoli 300 nadvozov, ki so predmet soupravljanja. Velika večina teh objektov je bila zgrajena v obdobju od 70. do 90. let 20. stoletja. To pomeni, da bodo ti nadvozi kmalu dosegli starost, v kateri jih bo potrebno sanirati, da bodo lahko še naprej opravljali svojo funkcijo brez omejitev.

Cilj diplomske naloge je izdelava 30-letnega plana sanacij nadvozov. V nalogi prikažemo, koliko nadvozov se v tem časovnem obdobju sanira in podamo oceno stroškov sanacijskih del po posameznih letih. V prvem delu prikažemo statistično obdelavo avtocestnih nadvozov, ki so v soupravljanju DARS d. d. in občin. S statistično analizo določimo vrsto in obseg sanacijskih del posameznega nadvoza. V drugem delu sledi ocena stroškov izvedbe sanacijskih del po posameznih objektih in soupravljavcih. Na koncu izdelamo 30-letni plan sanacij nadvozov v odvisnosti od izbranih robnih pogojev.

2 TEORETIČNE OSNOVE UPRAVLJANJA MOSTOV

2.1 UPRAVLJANJE S CESTNO INFRASTRUKTURO

2.1.1 CESTE KOT DOBRINA

Z ekonomskega vidika investiranje denarja v izdelavo nove oziroma vzdrževanje obstoječe cestne infrastrukture dviguje osnovni kapital družbe. Investicije v cestno infrastrukturo omogočajo proizvodnjo in promet z blagom, različne storitve, ki pripomorejo h gospodarski rasti države, in predvsem omogočajo mobilnost državljanov [1].

Pomanjkljivo vzdrževanje infrastrukture, v katero se vložijo velike vsote denarja, pa lahko to zelo ogrozi. Ceste, tako kot stavbe, potrebujejo ustrezen nivo vzdrževanja, da lahko služijo svojemu namenu in dosežejo načrtovano dobo uporabnosti. To pa zagotavljamo s pravočasnimi in korektnimi rešitvami [1].

Kot za vsako fizično dobrino je treba tudi za cestno infrastrukturo redno skrbeti, jo vzdrževati, posodablјati in prenavljati, da bo uporabnikom še naprej omogočala raven storitev, ki jih pričakujejo [1].

2.1.2 KAJ POMENI »UPRAVLJANJE SREDSTEV«

Opredelitev pojma »upravljanje sredstev«, ki je primerna za cestni sektor:

»Sistematičen proces vzdrževanja, nadgradnje in delovanja sredstev, ki jih združujejo inženirska načela z dobro poslovno prakso in ekonomsko utemeljitvijo ter zagotavljanje orodij za olajšan, bolj organiziran pristop k sprejemanju odločitev, ki so potrebne za doseganje pričakovanj javnosti« [2].

Cestno omrežje se upravlja na različne načine. Večina upravljanja je v pristojnosti organov, ki so odgovorni za načrtovanje, gradnjo, nadzor, obratovanje, vzdrževanje in varnost v cestnem prometu. Ti (na primer DRSI) razpolagajo z letnimi proračuni, ki jih na splošno določi parlament. Le nekaj cestnih organov ima možnost optimizacije porabe sredstev na večletni ravni (med njimi je DARS d. d.), čeprav bi le-ta omogočala doseganja standardov pri bistveno nižjih stroških in k vzpostavitvi transparentnega postopka odločanja, ki bi omogočal tesno komunikacijo med odgovornimi cestnimi upravljavci, politiki in državljani [1].

Poznamo različne načine oziroma pristope upravljanja s sredstvi:

- tradicionalni pristop,
- preventivni pristop,
- strateški pristop [1].

2.1.3 TRADICIONALNI PRISTOP

Tradicionalno načrtovanje proračuna je razmišljanje o porabi iz leta v leto. To omogoča, da se lahko letno prilagajamo spremembam prednostnih nalog. Vendar ima takšen pristop svoje pomanjkljivosti, ko začnemo govoriti o učinkovitem upravljanju infrastrukture in predvsem o vzdrževanju. Pogosto traja več let, preden postanejo posledice naložbenih odločitev vidne javnosti, kar je dlje od standardnega trajanja zakonodajnega obdobja. S tem ugotovimo, da tradicionalni pristop zagotavlja malo preglednosti in kratkoročni postopek porabe. Slabosti tega pristopa so, da v letnem proračunu sredstva niso porabljena v cestni infrastrukturi, ko jih infrastruktura potrebuje, ampak so porabljena takrat, ko so sredstva na voljo. Stroški vzdrževanja in upravljanja infrastrukture tako niso optimizirani na celotno dobo uporabnosti cest [1].

2.1.4 PREVENTIVNI PRISTOP

Ta pristop ponuja prednosti glede stroškovne učinkovitosti, varnosti v cestnem prometu ali zmanjšanju hrupa. To je koristno za javno porabo, saj so stroški, namenjeni vzdrževanju kakovosti cestnega omrežja, optimizirani na dolgi rok. Preventivni pristop mora biti dobro razložen, predvsem to, da ceste potrebujejo vzdrževalna dela v njihovem življenjskem ciklu, čeprav so videti v dobrem stanju. Da se to doseže, so potrebni zanesljivi podatki, povezani s stanjem cestnega omrežja in s stroški različnih ukrepov [1].

2.1.5 STRATEŠKI PRISTOP

Vzdrževanje in modernizacija sta ključni problematiki upravljanja s cestno infrastrukturo. Upravljanje s cestno infrastrukturo je sistematičen in trajen proces, ki stremi k stroškovno učinkovitemu vzdrževanju, posodabljanju in upravljanju z infrastrukturo. S tem pripomore k doseganju trajnostnega in učinkovitega upravljanja varne in učinkovite cestne mreže. Primaren cilj upravljanja s cestno infrastrukturo je razmišljanje, planiranje in delovanje na podlagi dolgoročnih odločitev, ki stremijo k optimizaciji vzdrževanja infrastrukture ob minimalnih stroških [1].

Osnovne zahteve upravljanja s cestno infrastrukturo so:

- izdelati popoln popis vseh elementov cestnega omrežja,
- zagotoviti jasno sliko trenutnega stanja in delovanja cestne infrastrukture,
- oceniti vrednost obstoječe cestne infrastrukture,
- predvideti prihodnje potrebe po cestni infrastrukturi,
- oceniti potrebe in stroške vzdrževanja infrastrukture,
- določiti prednostne cilje in naloge, povezane z želeno kakovostjo in učinkovitostjo,
- določiti scenarije financiranja za redno in pravočasno vzdrževanje in nadgradnjo cestne infrastrukture,
- določiti strategijo upravljanja s cestno infrastrukturo,
- izvedba strategije upravljanja s cestno infrastrukturo [1].

Takšen pristop je koristen iz več razlogov:

- poznavanje obstoječega stanja vodi do boljših odločitev;
- lažje odločanje o prioritetnih nalogah;
- zagotovitev optimalne porabe denarja;
- pridobitev boljših in varnejših cest za porabljen denar;
- ohranjanje dobrin za prihodnje generacije [1].

2.2 UPRAVLJANJE Z MOSTOVI

Upravljanje z mostovi je dejavnost na področju mostov, ki vključuje širok spekter dejavnosti, ki se izvajajo z namenom zagotovitve primernosti mostov za predvideno uporabo v celotni dobi uporabnosti. Te dejavnosti so medsebojno povezane in vključujejo:

- obratovanje in nadzor mostov,
- pregledovanje in ocenjevanje trenutne stopnje zmogljivosti mostov,
- vzdrževanje, popravila in sanacije mostov [3].

Da bi učinkovito upravljali naše mostove, si moramo zastaviti ta pomembna vprašanja: katere mostove je treba vzeti v obravnavo, katere vrste posegov bo potrebno izvesti in kdaj? Odgovore na ta vprašanja nam lahko poda metodologija, ki se imenuje Sistem upravljanja z mostovi (angl. bridge management system) oziroma BMS [3].

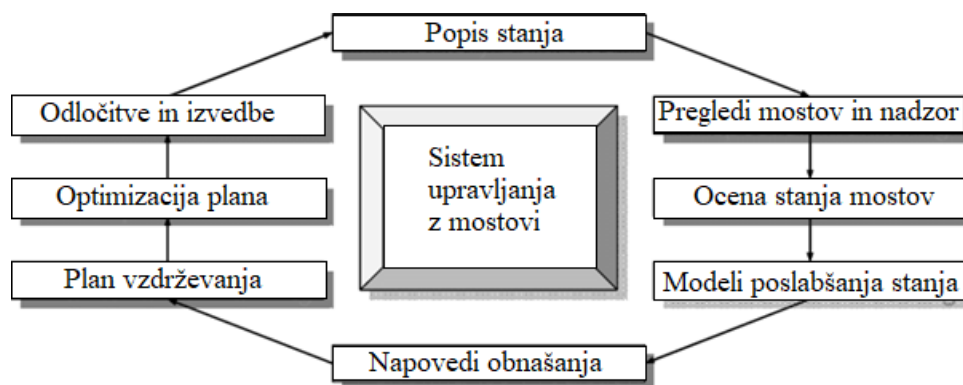
2.2.1 SISTEM UPRAVLJANJA Z MOSTOVI

Sistem upravljanja z mostovi oziroma BMS je nabor orodij, metodologij in procesov, ki se uporabljajo za učinkovito upravljanje in vzdrževanje mostov znotraj cestne ali železniške infrastrukture. BMS je bistven za zagotavljanje dolgoročne varnosti, trajnosti in uporabnosti mostov [21].

Sestavljen je iz naslednjih komponent in dejavnosti:

- popis stanja in urejena zbirka podatkov o mostovih,
- inšpekcijski nadzor kakovosti in spremljanje stanja mostov,
- ocena stanja konstrukcije mostu,
- modeli poslabšanja stanja mostov,
- napoved obnašanja mostu v prihodnosti,
- plan vzdrževanja (prednostne naloge na projektu),
- optimizacija plana (finančna sredstva, ki so na voljo),
- sprejemanje odločitev in izvedba [23].

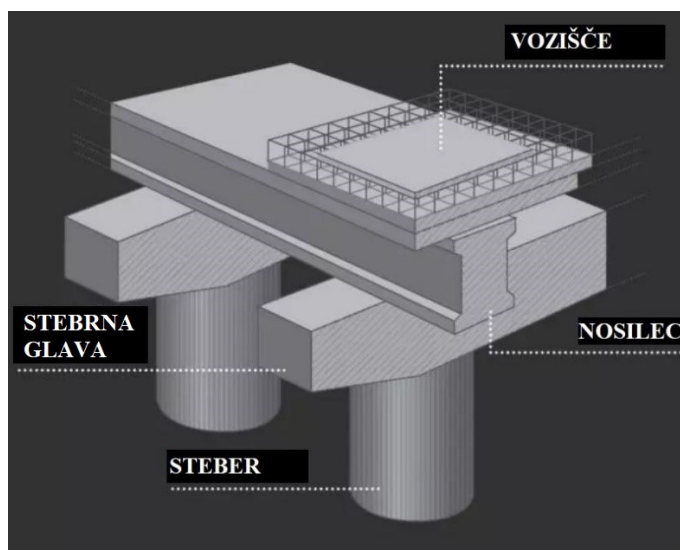
Omenjene komponente in dejavnosti sistema upravljanja z mostovi si sledijo po določenem vrstnem redu, kot prikazuje Slika 1.



Slika 1: Shema sistema upravljanja z mostovi [23]

Na splošno imajo upravljavci cest vsake države svoj sistem upravljanja, s katerim poleg mostov upravljajo predore, prepuste, podporne zidove, pomole in podobno. Takšen sistem bodisi interno razvijejo upravljaljske organizacije (z ali brez pomoči zasebnega podjetja), bodisi BMS kupijo na trgu programske opreme in ga spremenijo, da ustreza njihovim potrebam [14].

BMS sestoji primarno iz pregledov, spremljanja stanja mostov in plana vzdrževanja. Inšpekcijski pregled objekta je prvi korak, v katerem inšpektor pregleda stanje celotnega mostu in stanje posameznega konstrukcijskega elementa [14]. Tehnike, s katerimi se izvaja pregled mostu, so: vizualni pregled, akustični pregled, termični pregled in metoda GPR (angl. ground-penetrating radar) [15]. Ko je določena izbrana tehnika izvajanja pregleda mostu, upravljavec objekta določi še obseg preiskav, ki omogočajo najučinkovitejšo odkrivanje napak konstrukcijskih elementov mostu [19]. Ocenjevanje stanja mostu je zahteven proces, ker je most sestavljen iz številnih konstrukcijskih elementov, ki se po pomembnosti med seboj razlikujejo [18]. Slika 2 prikazuje dele mostu, ki jih inšpektor pregleda med pregledom [15]. Med pregledom išče poškodbe in znake propadanja materiala, kot so razpoke v betonu, premiki mostu, ki ne bi smeli biti prisotni, korozija ali celo izguba barve, saj lahko ta namiguje na globlje konstrukcijske težave, ki se lahko pojavijo v času.

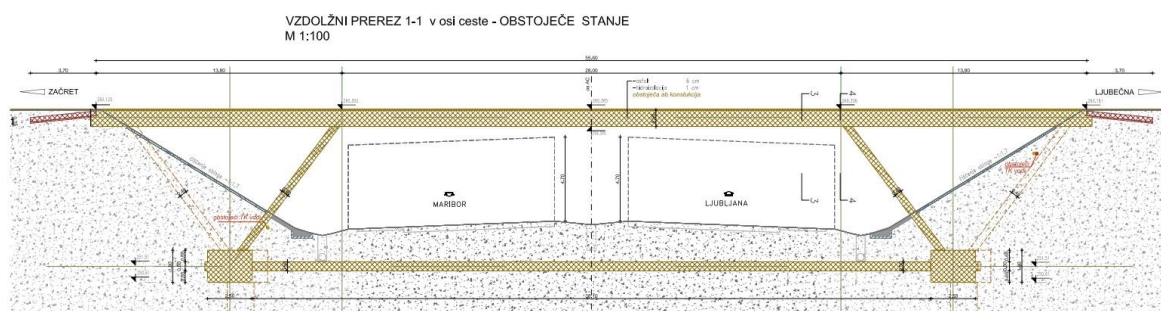


Slika 2: Pomembni elementi pregleda mostu [15]

2.3 NADVOZI

Nadvozi so objekti, ki spadajo med mostove. Sestavni deli mostu se v poljudni literaturi delijo na tri osnovne dele: podporno konstrukcijo, razponsko oziroma prekladno konstrukcijo in opremo [4].

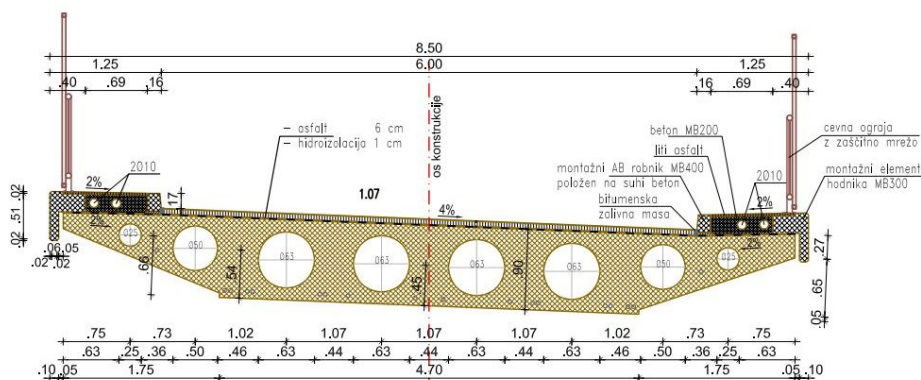
V podporno konstrukcijo se štejejo temelji, oporniki ter stebri, ki podpirajo in nosijo prekladno konstrukcijo in prenašajo njeno obtežbo na temeljna tla (slika 3) [4]. Svetla višina pod nadvozi je najmanj 4,7 m. Definirana je kot minimalna razdalja med najnižjim robom prekladne konstrukcije in najvišjo točko na vozišču avtoceste. Če se na nekem odseku avtoceste načrtuje tudi prevoz izrednih tovorov, mora svetla višina znašati 6,5 m [5].



Slika 3: Vzdolžni prerez nadvoza VA0106 [24]

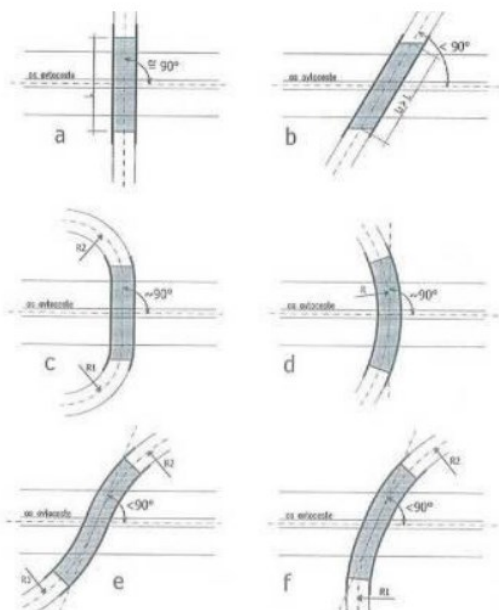
Razpanska konstrukcija neposredno prevzema prometno obtežbo in statične ter dinamične učinke prenaša na podporno konstrukcijo.

V opremo poljudna literatura šteje vse ostale elemente mostu (slika 4): voziščno konstrukcijo, ležišča, dilatacije, prehodne plošče, hidroizolacijo, robne vence, robnike in hodnike, ograje, sistem odvodnjavanja vode iz vozišč, komunalne inštalacije ter table za informiranje [4].



Slika 4: Karakteristični prečni prerez nadvoza VA0106 [25]

Nadvozi zunajnivojsko vodijo ceste in železniške proge čez avtoceste ali železniške proge. Gradijo se tam, kjer avtoceste sekajo obstoječe glavne, regionalne, lokalne in vaške (gozdne) ceste. Geometrija in postavitev nadvoza se projektira odvisno od kota križanja, nivelete in osi ceste na nadvozu [5].



Slika 5: Geometrija možnih križanj med cesto na nadvozu in AC [5]

Z vidika ekonomske učinkovitosti gradnje optimalno zunajnivojsko križanje prikazuje *shema a*, ki je pod pravim kotom (slika 5). Z zmanjšanjem kota križanja in povečanjem poševnosti se povečujejo dolžina/razpon nadvoza, težavnost izvedbe in s tem cena gradnje [5].

Povprečna doba uporabnosti avtocestnega nadvoza se giblje med 75 in 100 leti, z vmesnimi sanacijskimi posegi. Brez ustreznih posegov je doba uporabnosti krajša. Na dobo uporabnosti nadvoza vplivajo [16]:

- Materiali, uporabljeni pri gradnji nadvoza,
- izpostavljenost nadvoza škodljivim snovem (na primer sol, ob soljenju cestišč),
- število in teža vozil, ki prečkajo nadvoz,
- pogostost inšpekcijskih pregledov nadvoza [16].

2.3.1 VRSTE NADVOZOV

Od vseh objektov na avtocestah so nadvozi najbolj izpostavljeni pogledom uporabnikov, kar je razlog, da jih ustrezno zasnujemo, konstruiramo in prilagajamo prostoru. Na to vplivajo številni dejavniki:

- morfologija terena,
- širina avtoceste,
- geometrija avtoceste,
- položaj nivelete avtoceste glede na teren (višina nasipa, globina useka),
- možnost širitve avtoceste in večanje števila voznih pasov,
- geometrija ceste na nadvozu in hitrost vožnje,
- prostorsko-urbanistični pogoji [5].

Posledično glede na konstrukcijsko zasnovo ločimo naslednje tipe nadvozov:

- nadvozi v usekih (slika 6),
- nadvozi z enim razponom (slika 7),
- nadvozi z dvema razponoma (slika 8),
- nadvozi s tremi, štirimi in več razponi (slika 9, slika 10, slika 11, slika 12) [5].



Slika 6: Ločni nadvoz 4-3 Kozina [28]



Slika 7: Nadvoz Gruškovje [29]



Slika 8: Nadvoz (0093-1, 4-3) Podlehnik [30]



Slika 9: Nadvoz s tremi razponi [31]



Slika 10: Nadvoz s štirimi razponi [32]



Slika 11: Nadvoz s petimi razponi [33]



Slika 12: Nadvoz z več razponi [34]

2.4 ZAKONODAJA IN PRAVILNIKI V SLOVENIJI

Avtocestni nadvozi spadajo med mostove. Mostovi pa morajo biti zgrajeni in vzdrževani v skladu z določenimi zakoni in pravilniki, da zagotavljajo prepustnost in varnost za promet. V Sloveniji to določa Zakon o cestah (ZCes-2) (Uradni list RS, št. 132/22, 140/22 – ZSDH-1A in 29/33) in posamezni pravilniki, ki jih izdaja Ministrstvo za infrastrukturo.

Ker se diplomska naloga osredotoča na AC nadvoze v soupravljanju, se bomo omejili in obravnavali dele zakona in pravilnikov, ki so namenjeni vzdrževanju, zagotavljanju uporabnosti in trajnosti nadvozov.

Po avtocestnih nadvozih običajno potekajo državne ali občinske ceste. V primeru državne ceste upravljanje prevzame DARS d. d. in DRSI, v primeru občinske ceste pa upravljanje prevzame občina. Za nadvoz, ki je v soupravljanju, praviloma za spodnjo, nosilno konstrukcijo nadvoza, v upravljanje prevzame DARS d. d., zgornjo, obrabno plast konstrukcije z vso opremo nadvoza pa v upravljanje prevzame občina.

Kot vsak gradbeni in inženirski objekt je tudi nadvoze treba ustrezno vzdrževati, da ohranijo svojo funkcijo in dosežejo svojo načrtovano dobo uporabnosti. Področje urejata Pravilnik o rednem vzdrževanju javnih cest (Uradni list RS, št. 38/16 in 132/22 – ZCes-2) in Pravilnik za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah (Uradni list RS, št. 7/12 in 132/22 – ZCes-2).

Pravilnik o rednem vzdrževanju cest določa vrste in način izvedbe rednih vzdrževalnih del na javnih cestah in potreben nivo rednega vzdrževanja cest.

Pravilnik za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah pa določa načine in postopek odobritve projektne dokumentacije, pregleda, prevzema, nadzora nad izvedbo in vrste ter načine izvedbe.

Osnovne predpise, ki urejajo področje začasnih prometnih ureditev, ko potekajo gradbena ali vzdrževalna dela na nadvozih, predpisuje Pravilnik o zaporah na cestah (Uradni list RS, št. 4/16 in 132/22).

2.5 FAZE DEL OD ZAZNAVE SLABEGA STANJA OBJEKTA DO IZVEDBE SANACIJE

V splošnem potek del od zaznave slabega stanja objekta in do izvedbe sanacijskih del izvajamo po naslednjih fazah:

pregled objekta > sklenitev sporazuma z občino, ki je soupravljaivec nadvoza > izdelava projektne naloge za projektiranje > razpis – javno naročilo za projektiranje > izbor projektanta in projektiranje > recenzija projektne dokumentacije > razpis za izvedbo del in izbira izvajalca > izvedba del.

Opisan časovni potek do zadnje faze, pričetka izvajanja gradbenih del na nadvozu, lahko traja eno leto ali celo več, da se v celoti izvede [6].

1. PREGLED OBJEKTA

Zakon o cestah in Pravilnik o rednem vzdrževanju javnih cest narekujeta, da mora DARS d. d. izvajati obdobjne preglede premostitvenih objektov. Vsak objekt je potrebno pregledati najmanj enkrat na tri leta. S tovrstnimi pregledi zagotavljamo ustrezen nivo varnosti pri uporabi cestne infrastrukture; hkrati s pregledi pridobivamo podatke o stanju posameznih objektov. Po opravljenem pregledu se izdela poročilo o pregledu objekta [8].

2. SKLENITEV SPORAZUMA Z OBČINO (SOUPRAVLJAVCEM)

Načrtovanje sanacij nadvozov v soupravljanju je praviloma dolgotrajno, saj se morata soupravljalca, DARS d. d. in občina, še pred izvedbo dogovoriti o obsegu sanacije, razmejiti stroške in podpisati Sporazum o ureditvi medsebojnih razmerij pri obnovi objekta. V njem je navedeno: kaj je predmet sporazuma, vrsta in obseg sanacijskih del, razdelitev del med soupravljavcema, finančni plan, projektiranje, zapore cest in podobno. Sporazume pripravlja DARS d. d. Na občini so predhodno seznanjeni s tem, da se je izvajal pregled objekta in da se bo pripravil sporazum. Slednji se pripravlja leto ali dve pred izvedbo del, da ima lokalna skupnost čas rezervirati finančna sredstva za sanacijo v svojem proračunu [6].

3. IZDELAVA PROJEKTNE NALOGE ZA PROJEKTIRANJE

Sledi izdelava projektne naloge, ki jo mora upravljaivec ceste pridobiti, preden lahko začne z izdelavo projektne dokumentacije. Projektna naloga je dokument, sestavljen iz tekstualnega in slikovnega gradiva. V njej je definirano vse, kar mora projektant vedeti za izdelavo projektne dokumentacije: opis objekta in njegovo stanje, vsa obstoječa dokumentacija o objektu (arhiv pregledov, predhodne ugotovitve ...), navedejo se priporočeni ukrepi za sanacijo/rekonstrukcijo/novogradnjo, roki izvedbe in stroški financiranja. Potrebno je definirati tudi smernice in tehnične pogoje za projektiranje in kaj vse mora PZI vsebovati. Na koncu vsebino izdelane projektne naloge potrdijo investitor, sofinancer, izdelovalec in upravljaivec [6][7].

4. RAZPIS – JAVNO NAROČILO ZA PROJEKTIRANJE

Sledi obrazložitev za pričetek javnega naročila. Na podlagi preteklih cen na trgu se za projektiranje podobnih objektov oblikuje limitirana vrednost tega razpisa. To pomeni, da se določi zgornjo mejo finančnih sredstev, ki so na voljo za izdelavo projekta in se je ne sme preseči. Razpise, ki so v sofinanciranju, pripravlja DARS d. d.. Sofinancerju, občini, se osnutek pogodbe razpisa predloži v vednost, preden se uradno izda in objavi javno naročilo. V razpisu so navedeni popisi del: nabor gradbenih del, nabor strojnih del, zapore cestišča in podobno. Ko je razpis objavljen, se nanj prijavljajo ponudniki, ki morajo imeti ustrezne reference za opravljanje nalog, določene v razpisu.

Najpomembnejša referenca je, da je ponudnik v preteklosti že izdelal podoben projekt, npr. sanacijo nadvoza. Iz nabora ponudnikov se izbere projektanta, ki je ustrezal zahtevanim kriterijem javnega naročila. DARS d. d. nato izda obrazložitev in sklep o izboru in to javno objavi [10].

5. IZDELAVA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Projektna dokumentacija je izdelana na podlagi potrjene projektne naloge. Projektna dokumentacija obsega vso dokumentacijo, ki je bila zahtevana s projektno nalogo: tehnično poročilo objekta, načrte z detajli, popis del s predračunom, elaborate in podobno. Projektno dokumentacijo izdela pravna ali fizična oseba, ki izpolnjuje pogoje in ima ustrezne reference za projektiranje v skladu s predpisi o graditvi objektov [6][7].

6. RECENZIJA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

Recenzija je strokovna presoja projektnih rešitev in usklajenosti projektne rešitve s projektno nalogo, pravili stroke in veljavnimi predpisi. Projektno dokumentacijo pregleda odgovorni recenzent. To je pravna oseba, ki izpolnjuje pogoje za projektanta v skladu s predpisi o graditvi objektov. Recenzent pregleda projektno dokumentacijo in če ugotovi pomanjkljivosti oziroma nepravilnosti, poda svoje pripombe in navede potrebne spremembe, ki jih mora projektant odpraviti oziroma vsebino dokumentacije uskladiti s pripombami in jo predložiti recenzentu v ponovni pregled. Recenzent mora po predložitvi popravljene projektne dokumentacije ugotoviti skladnost popravkov s svojimi pripombami. Če so bile pripombe upoštevane, izda potrdilo o recenziji [7].

7. RAZPIS ZA IZVEDBO DEL

Na razpis se prijavljajo ponudniki oziroma izvajalci z ustreznimi referencami za izvajanje del, ki so podane z razpisno dokumentacijo. Ob izboru ponudnika oziroma izvajalca, ki ustreza kriterijem, DARS d. d. izda obrazložitev in sklep o izboru ter to javno objavi. Sledi podpis pogodbe z izvajalcem, ki jo podpišejo izvajalec, soupravljačec (občina) in DARS d. d. [6].

8. IZVEDBA DEL

Ko je pridobljena vsa potrebna dokumentacija izvajalec prične z izvedbo del na objektu. Z investicijskimi vzdrževalnimi deli se prične na podlagi izdelanega projekta za izvedbo (PZI). Pri izvajanju del se vodita gradbeni dnevnik in knjiga obračunskih izmer, ki sta del dokumentacije gradbene knjige. Vsa dela se opravljajo s predpisi o graditvi objektov. Ko je gradnja zaključena, sledi komisijski pregled, kjer se pregleda skladnost izvedenih del s PID načrti, ki jih pripravi izvajalec. Ob koncu del se pridobita Potrdilo o prevzemu del in Potrdilo o izvedbi. Zadnji dokument, ki se pridobi, je Potrdilo o izpolnitvi pogodbenih obveznosti. Ob prejemu tega dokumenta se zaključi pogodba o izvajanju del med izvajalcem in naročnikom in tudi garancija izvajalca [6].

2.6 ZAPORE CEST OB SANACIJAH NADVOZOV

Zapora ceste je začasna prometna ureditev na delu ceste, ki je potrebna zaradi izvajanja gradbenih ali vzdrževalnih del, zavarovanja ovir v cestnem prometu ali prireditve, ki vplivajo na cestni promet. V osnovi ločimo delno in popolno zaporo ceste. Glede na časovno trajanje zapor pa jih delimo tudi na interventno, kratkotrajno in dolgotrajno zaporo ceste [9].

Osnovne predpise, ki urejajo področje začasnih prometnih ureditev, ko potekajo gradbena ali vzdrževalna dela na nadvozih, predpisuje Pravilnik o zaporah na cestah (Uradni list RS, št. 4/16 in 132/22). Vsa prometna oprema in prometni znaki, ki jih postavljamo v zaporah cest, morajo biti skladni s Pravilnikom o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Uradni list RS, št. 99/15, 46/17, 59/18, 63/19 in 150/21).

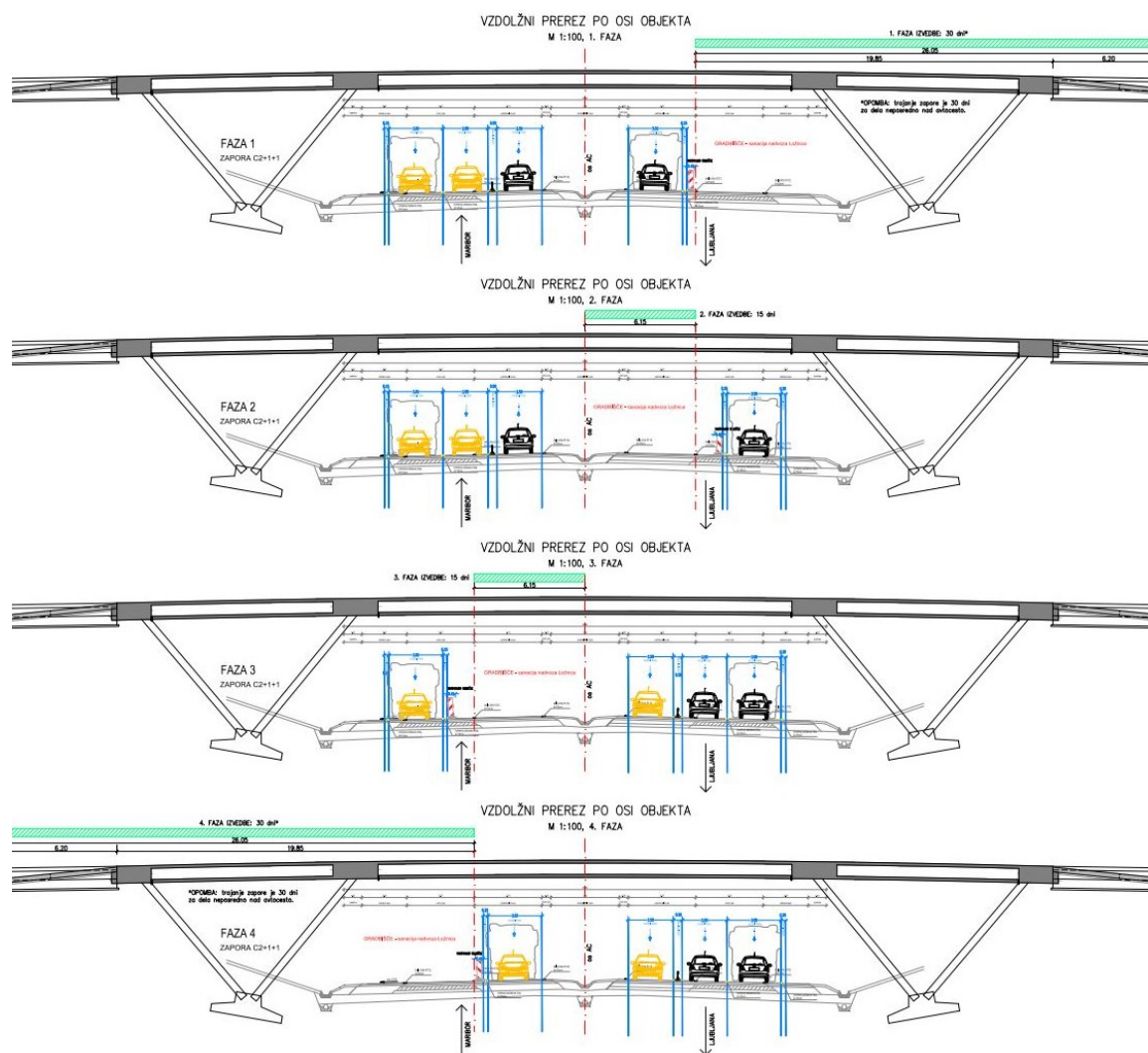
AC nadvozi so objekti, ki spadajo med mostove in v našem primeru zunajnivojsko vodijo ceste preko avtoceste, kjer ta seka obstoječe glavne, regionalne, lokalne in vaške (gozdne) ceste [5]. Izvajanje del rednega vzdrževanja oziroma izvajanje sanacijskih del na nadvozih predstavlja oviro za tekoči promet tako na nadvozih kot pod njimi – na avtocesti. Zato je potrebno načrtovati in izvajati zapore cest, ki zagotavljajo optimalni način poteka prometa, ustrezno prepustnost in prometno varnost.

Pri sanacijah avtocestnih nadvozov imamo dva načina opravljanja del. Če je svetla višina med nadvozom in voziščem avtoceste večja od 5 m, lahko dela opravljamo s spuščnim opažem, kot je prikazano na sliki 13. Z uporabo tega sistema omogočamo, da na AC pod nadvozom promet poteka po ustaljenih voznih pasovih in da zaradi izvajanja del na nadvozu zaustavitve ali preusmeritve prometa na AC niso potrebne. Potrebno pa je upoštevati dodatne varnostne ukrepe (na primer minimalna prevozna hitrost), ki so predpisani v Pravilniku o zaporah na cestah [35].



Slika 13: Sanacija nadvoza s spuščnim opažem, Interstate 5, Kalifornija, 2021 [26]

Če je svetla višina manjša od 5 m, so potrebne delne zapore avtoceste po fazah, kot jih je predvidel projektant v elaboratu zapore ceste. Primer cestne zapore na AC je prikazan na sliki 14. Pri delni zapori avtoceste moramo upoštevati ustrezne širine prometnih pasov, omejitve hitrosti vozil v odvisnosti od širine prometnih pasov, pravilno ločevanje voznih pasov z ustrezno prometno signalizacijo in opremo – vse z namenom zagotavljanja prepustnosti in varnosti v prometu [35].



Slika 14: Faze sanacije nadvoza VA0074 – delne zapore AC [27]

Za izbiro optimalne cestne zapore se odloči projektant na podlagi geometrijskih karakteristik nadvoza, obsega in težavnosti izvedbe gradbenih del, ki so predvidena na nadvozu, prometne pretočnosti na avtocesti pod nadvozom in stroškov izvedbe zapore [35].

3 PREGLED OBRAVNAVANIH AVTOCESTNIH NADVOZOV

Za dobro in korektno upravljanje s premostitvenimi objekti mora upravljavec voditi evidenco objektov in imeti ažuren popis stanja o mostovih. DARS d. d. ima kot upravljavec avtocest v Sloveniji za svoje objekte ažurne podatke o njihovem trenutnem oziroma obstoječem stanju.

Za potrebe izdelave diplomske naloge smo od DARS d. d. dobili MS Excelovo preglednico, v kateri so zbrani podatki o nadvozih v soupravljanju. V preglednici sta evidentirana 302 nadvoza v soupravljanju, od tega so 3 nadhodi. O vsakem objektu so zabeleženi podatki o lokaciji nadvoza, letu gradnje, materialu, iz katerega je objekt zgrajen, soupravljavcu, geometrijskih karakteristikah posameznega nadvoza (skupni dolžini, širini in površini). Za našo statistično analizo so predvsem pomembni podatki o letu izgradnje nadvoza, podatki o zemljepisni širini in dolžini ter geometrijske karakteristike nadvoza.

ŠTEVILO NADVOZOV PO LETIH IZGRADNJE

V preglednici 1 je prikazano leto gradnje obravnavanih AC nadvozov v intervalu po 10 let in število nadvozov, ki so bili zgrajeni v teh letih.

Preglednica 1: Pregled nadvozov po letih izgradnje [17]

Leto izgradnje	Število objektov
1958–1968	2
1969–1979	54
1980–1990	40
1991–2001	103
2001–2011	127
2012–2018	8

SOUPRAVLJAVCI OBRAVNAVANIH NADVOZOV

Obravnavane nadvoze z DARS d. d. soupravlja 59 soupravljavcev, ki so DRSI, Občina Kranj, Občina Vodice, Občina Ljubljana, Občina Maribor, Občina Hoče-Slivnica, Občina Rače – Fram, Občina Slovenska Bistrica, Občina Slovenske Konjice, Občina Šentjur, Občina Celje, Občina Log – Dragomer, Občina Vrhnika, Občina Logatec, Občina Cerknica, Občina Postojna, Občina Grosuplje, Občina Ivančna Gorica, Občina Jesenice, Občina Škofljica, Občina Žirovnica, Občina Divača, Občina Sežana, Občina Ajdovščina, Občina Nova Gorica, Občina Renče-Vogrsko, Občina Šempeter-Vrtojba, Občina Pesnica, Občina Žalec, Občina Braslovče, Občina Vransko, Občina Hrpelje-Kozina, Občina Naklo, Občina Domžale, Občina Lukovica, Občina Murska Sobota, Občina Šmarješke Toplice, Občina Krško, Občina Brežice, Občina Koper, Občina Križevci, Občina Beltinci, Občina Trebnje, Občina Mirna Peč, Občina Novo mesto, Občina Turnišče, Občina Lendava, Občina Sv. Trojica v Sl. Goricah, Občina Crkvenjak, Občina Šenčur, Občina Sveti Jurij ob Ščavnici, Občina Lenart, Občina Starše, Občina Kidričevo, Občina Hajdina, Občina Podlehnik, Občina Škocjan, Občina Izola in Občina Ptuj [17].

NADVOZI S PLOČNIKOM

Med obravnavanimi nadvozi je 185 takšnih, ki imajo pločnik pred in za objektom. Ta podatek je pomemben za kasnejšo izdelavo plana, ki bo izveden v sklopu te diplomske naloge.

MATERIAL NOSILNE KONSTRUKCIJE

Materiali, iz katerih je izdelana nosilna konstrukcija obravnavanih nadvozov v soupravljanju, so zapisani v preglednici 2. Iz jekla sta zgrajena nadvoda, ki sta v soupravljanju. Ker v diplomski nalogi obravnavamo avtocestne nadvoze, bomo ta dva nadvoda v nadaljevanju iz analize izpustili.

Preglednica 2: Material nosilne konstrukcije objektov [17]

Material nosilne konstrukcije	Število objektov
armirani beton	89
prednapeti beton	217
sovpredna konstrukcija	1
jeklo	2

4 ROBNI POGOJI PLANA

4.1 IZBRANI SANACIJSKI POSEGI

Odločitve o vzdrževanju temeljijo na stopnji dotrajanosti objekta. Degradacija ali poslabšanje objekta je eden glavnih dejavnikov, ki sproži obnovo oziroma sanacijska dela [11]. Sanacijske ukrepe delimo na male, srednje ter velike ukrepe (preglednica 3) v odvisnosti od zahtevnosti, dolžine trajanja del in stroškov izvedbe, pri čemer lahko posameznemu mostu predpišemo en sam ali več ukrepov naenkrat [10]. Sanacijski ukrepi morajo biti stroškovno učinkoviti in varno izpeljani, da čim manj ovirajo tekoči promet na in pod obravnavanim nadvozom in v njegovi okolici. Upoštevani dejavniki so stroški sanacijskega posega, pretočnost prometa, varnost, okoljevarstveni zahtevki v okolici objekta in podobno [20]. Ocene stanja objekta se pridobivajo z različnimi postopki, vse od vizualnih pregledov, skladno z navodili v priročnikih, do analitičnega modeliranja in izračunov [12].

Preglednica 3: Vrste ukrepov [10]

VRSTA UKREPA	UKREP
VELIKI	menjava objekta
	rekonstrukcija (večja nosilnost, širina ...)
	sanacija nosilne konstrukcije
SREDNJI	menjava celotnega cestišča
	sanacija temeljenja
MALI	menjava varovalne opreme
	menjava asfalta in hidroizolacije
	menjava dilatacij
	menjava ležišč
	menjava sistema odvodnje

Za izvedbo malih in srednjih ukrepov mora posamezni konstrukcijski sklop mostu izkazovati zgolj dovolj visoko stopnjo poškodovanosti. Upravičenost izvedbe velikih ukrepov se določa na osnovi poškodovanosti konstrukcijskih sklopov, vrednosti ključnih kazalnikov obnašanja, statične zasnove in leta gradnje mostu. Izmed velikih ukrepov se tako sanacija oziroma prenova mostu predpiše le za objekte, grajene po letu 1985, oziroma pri nekaterih statičnih zasnovah celo samo za objekte, grajene skladno s standardom Eurocode. V primeru močno poškodovanega mostu z nizko ocenjeno konstrukcijsko varnostjo, ki je grajen pred letom 1985, nam tako preostaneta dva ukrepa, bodisi menjava bodisi rekonstrukcija mostu. Odločitev za eno ali drugo je odvisna od več pogojev, med drugim tudi od razpona mostu in možnosti obvoza [10]. Razširitev nadvoza spada v kategorijo rekonstrukcije objekta. V okviru razširitve se izvede na primer nova armiranobetonska plošča, robni venci, hidroizolacija, asfaltno vozišče in menjava ter montaža jeklene varnostne ograje [13]. V nadaljevanju diplomske naloge bomo obravnavali sanacijska posega obnove oziroma sanacije in razširitve AC nadvozov.

4.2 DOLOČITEV STROŠKOV V ODVISNOSTI OD VRSTE POSEGA

Oceniti je potrebno predvidene stroške za dva tipa posegov, ki se bosta predvidoma izvajala na nadvozih v soupravljanju: 1. sanacijo in 2. sanacijo + razširitev. Oceno stroškov v €/m² tlorisne površine objekta smo izdelali na podlagi dveh projektnih dokumentacij, ki sta obravnavali sanacijo avtocestnih nadvozov. Uporabljeni projektni dokumentaciji sta bili za objekt VA0074 Spodnja Ložnica na AC A1, odsek 0037/0637 Sl. Bistrica – Sl. Konjice [30], in objekt VA0106 Ljubečna na AC A1, odsek 0039/0639 Dramlje – Celje [28].

Objekt VA0074 je imel projektirano menjavo vseh elementov cestišča in sanacijo poškodb. Ker gre za nadvoz v soupravljanju, sta si DARS d. d. in občina, ki je soupravljaivec tega nadvoza, delila stroške sanacijskih del, kot sta to določila v Sporazumu o ureditvi medsebojnih razmerij pri obnovi objekta. Izbrana projektna dokumentacija je primerna za oceno stroška sanacije oziroma obnove nadvoza. V preglednici 4 je prikazan strošek sanacijskih del za DARS d. d. in strošek sanacijskih del za občino. V njej so prikazane tudi geometrijske karakteristike nadvoza v obstoječem stanju: širina, dolžina in površina nadvoza.

Ocena stroška v €/m² tlorisne površine objekta je določena kot:

$$S_{S,x,i} = D_{x,i}/A_i, \quad (1)$$

kjer je i izbrani nadvoz, x subjekt (DARS d. d. ali občina), $D_{x,i}$ strošek subjekta x , A_i površina nadvoza.

Preglednica 4: Ocena stroška sanacije objekta VA0074 v €/m² tlorisne površine po projektantskem predračunu

STROŠEK (D_{VA0074})	
DARS d. d.	99.775,95 €
občina	107.624,45 €
SKUPAJ	207.400,40 €
DIMENZIJE OBJEKTA (A_{VA0074})	
širina nadvoza	7,50 m
dolžina nadvoza	52 m
površina nadvoza	390 m ²
OCENA STROŠKA v €/m² ($S_{s,VA0074}$)	
DARS d. d.	255,84 €/m ²
občina	275,96 €/m ²
SKUPAJ	531,80 €/m ²

Na objektu VA0106 je bila izvedena ojačitev prekladne konstrukcije zaradi manjše razširitve hodnikov, menjava vseh elementov cestišča in sanacija poškodb. Ker gre tudi tukaj za nadvoz v soupravljanju, sta si soupravljalca, DARS d. d. in občina, delila stroške sanacijskih del, kot sta to določila v Sporazumu o ureditvi medsebojnih razmerij pri obnovi objekta. Izbrana projektna dokumentacija je primerna za oceno stroška sanacije oziroma obnove nadvoza. V preglednici 5 je prikazan strošek del za DARS d. d. in strošek del za občino. V njej so prikazane tudi geometrijske karakteristike nadvoza v obstoječem stanju: širina, dolžina in površina nadvoza. V projektni dokumentaciji je bilo razvidno, da ves strošek del za razširitev nadvoza prevzema občina. Pri oceni stroškov sanacije in razširitve za DARS d. d. smo s površino nadvoza delili stroške DARS d. d. brez upoštevanja stroška cestne zapore.

Ocena stroška je določena kot:

$$S_{S+R,x,i} = D_{x,i}/A_i, \quad (2)$$

kjer je i izbrani nadvoz, x subjekt (DARS d. d. ali občina), $D_{x,i}$ strošek subjekta x in A_i površina nadvoza.

Preglednica 5: Ocena stroškov: sanacija + razširitev, objekt VA0106

STROŠEK (D_{VA0106})	
DARS d. d.	167.933,45 €
občina	176.175,42 €
SKUPAJ	344.108,87 €
DIMENZIJE OBJEKTA (A_{VA0106})	
širina nadvoza	8,5 m
dolžina nadvoza	55,6 m
površina nadvoza	472,6 m ²
OCENA STROŠKA v €/m² ($S_{S+R,VA0106}$)	
DARS d. d.	355,34 €/m ²
občina	372,78 €/m ²
SKUPAJ	728,12 €/m ²

4.3 POTREBNI POGOJI ZA IZVEDBO SANACIJE

Pri pregledu in statistični obdelavi avtocestnih nadvozov v soupravljanju smo izbrali robne pogoje, ki so služili kot usmeritve za nadaljnje delo (preglednica 6).

Preglednica 6: Izbrani robni pogoji

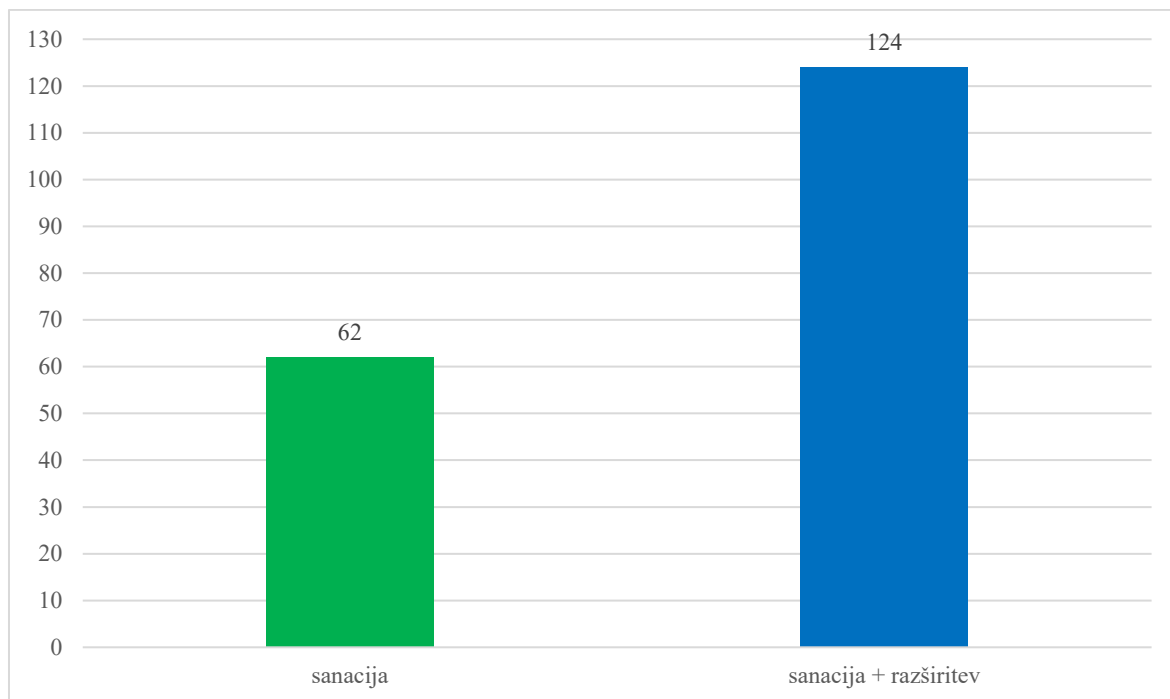
ROBNI POGOJI	
1	Starost nadvoza: leto, ko je nadvoz treba sanirati
2	Izvedba sanacije ali izvedba razširitve nadvoza
3	Časovni interval izdelave plana sanacij nadvozov

Prvi robni pogoj je vezan na starost nadvoza. Ko nadvoz doseže starost 50 let, je potrebna izvedba njegove sanacije.

Drugi robni pogoj določa, v katerem primeru bo nadvozu pripisana izvedba sanacije in v katerem sanacija z izvedbo razširitve hodnika za pešce. Razširitev hodnika za pešce je potrebna, ker so se standardi glede širine hodnikov za pešce na nadvozih spremenili: minimalna širina hodnikov se je povečala. S tem pa velika večina nadvozov ne dosega predpisane širine hodnikov. Določili smo, da je potrebna razširitev hodnika samo na tistih nadvozih, ki imajo pred ter za njimi že izveden pločnik. Za pregled, ali je za in pred nadvozom pločnik, smo si pomagali z Google Zemljevidi. V preglednici, ki smo jo dobili od DARS d. d., so bili zbrani tudi podatki o zemljepisni širini in dolžini posameznih objektov. Koordinate nadvozov smo vnašali v Google Zemljevidi in tako za vsak objekt preverili, ali je pred in za njim zgrajen pločnik. Če je pločnik zgrajen, je na tem nadvozu poleg njegove sanacije potrebno izvesti tudi razširitev. Če pločnika pred in za nadvozom ni, se na objektu izvede le sanacija.

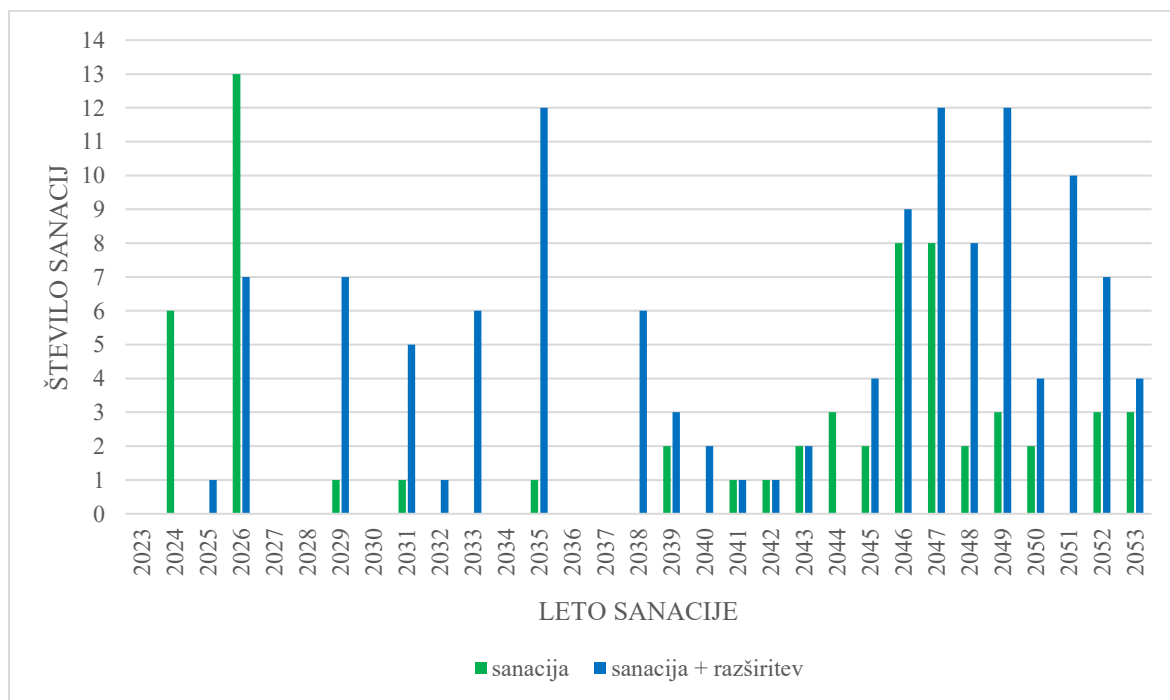
Tretji robni pogoj določa časovni interval in dinamiko izvajanja sanacij. Izdelali bomo 30-letni plan sanacij, torej od leta 2023 do 2053.

Z upoštevanjem tretjega robnega pogoja, da bomo v tej diplomski nalogi izdelovali 30-letni plan sanacij, smo izdelali analizo za časovno obdobje od leta 2023 do 2053 (grafikon 1 in 2).



Grafikon 1: Število sanacij in razširitev 2023-2053

Na grafikonu 1 je prikazano število objektov, ki potrebujejo sanacijo, in število objektov, ki potrebujejo sanacijo + razširitev. Iz grafikona razberemo, da bo v obdobju 2023-2053 potrebno 62 objektov sanirati, 124 objektov pa bo potrebno sanirati in razširiti. Podatke o številu sanacij in razširitev za obdobje 2023-2053 prikažemo še po posameznih letih (grafikon 2).



Grafikon 2: Število sanacij in razširitev po letih od 2023 do 2053

Iz grafikona 2 razberemo, da bo največje število nadvozov, ki jih bo potrebno sanirati in razširiti, 20, in to v letu 2026 in letu 2047. Iz grafičnega prikaza je razvidno tudi, da bo v letih od 2046 do 2053 največ objektov, ki bodo potrebovali sanacijo in razširitev.

4.4 FINANČNI SCENARIJI

V nalogi smo obravnavali dva finančna scenarija. V prvem smo predpostavili, da imamo v letnem proračunu na razpolago neomejena finančna sredstva za izvajanje sanacij in razširitev nadvozov. V drugem scenariju pa smo predpostavili, da imamo letno omejena finančna sredstva za izbrano tridesetletno obdobje.

Če ima nadvoz predvideno zgolj sanacijo oziroma obnovo, v formuli pomnožimo površino nadvoza z vrednostjo ocene stroška sanacije S_S , prikazanim v preglednici 4.

Strošek izračunamo z enačbo:

$$D_{x,i} = A_i * S_{S,x,i}, \quad (3)$$

kjer je i izbrani nadvoz, $D_{x,i}$ strošek subjekta x , A_i površina nadvoza, $S_{S,x,i}$ ocena stroška sanacije za subjekt x v €/m².

Če ima nadvoz predvideno sanacijo in razširitev, v formuli pomnožimo površino nadvoza z vrednostjo ocene stroška sanacije in razširitve S_{S+R} , kar je prikazano v preglednici 5.

Strošek izračunamo z enačbo:

$$D_{x,i} = A_i * S_{S+R,x,i}, \quad (4)$$

kjer je i izbrani nadvoz, $D_{x,i}$ strošek subjekta x , A_i površina posameznega nadvoza, $S_{S+R,x,i}$ ocena stroška sanacije in razširitve za subjekt x v €/m².

Skupni strošek del posameznega nadvoza je vsota stroška DARS d. d. in stroška občine, kar je izračunano z enačbo:

$$D_i = D_{DARS,i} + D_{občina,i}, \quad (5)$$

kjer je D skupni strošek, $D_{DARS,i}$ strošek DARS-a za nadvoz i , $S_{občina,i}$ strošek občine za nadvoz i .

Preglednica 7: Strošek izvedbe sanacijskih del za posamezni nadvoz in predvideno leto izvedbe sanacije

	Objekt	Površina [m ²]	Predvideno leto sanacije	Poseg	Strošek DARS [EUR]	Strošek občina [EUR]	Strošek skupaj [EUR]
1	VA0002	634,38	2035	razširitev	225.420,59	236.484,18	461.904,77
2	VA0003	428	2035	razširitev	152.085,52	159.549,84	311.635,36
3	VA0004	689,97	2035	razširitev	245.173,94	257.207,02	502.380,96
4	VA0007	634,38	2035	razširitev	225.420,59	236.484,18	461.904,77
5	VA0008	692,3	2035	razširitev	246.001,88	258.075,59	504.077,48
6	VA0018	494,7	2035	razširitev	175.786,70	184.414,27	360.200,96
7	VA0020	680,26	2035	razširitev	241.723,59	253.587,32	495.310,91
8	VA0022	511,7	2035	razširitev	181.827,48	190.751,53	372.579,00
9	VA0024	388,05	2035	obnova	99.278,71	107.086,28	206.364,99
10	VA0025	616,65	2035	razširitev	219.120,41	229.874,79	448.995,20
11	VA0027	779,88	2035	razširitev	277.122,56	290.723,67	567.846,23
12	VA0031	657,12	2035	razširitev	233.501,02	244.961,19	478.462,21
13	VA0035	719,49	2031	razširitev	255.663,58	268.211,48	523.875,06
14	VA0038	802,5	2031	razširitev	285.160,35	299.155,95	584.316,30
15	VA0041	671,63	2031	razširitev	238.657,00	250.370,23	489.027,24
16	VA0051	484,88	2033	razširitev	172.297,26	180.753,57	353.050,83
17	VA0055	786,85	2048	razširitev	279.599,28	293.321,94	572.921,22
18	VA0056	417	2024	obnova	106.685,28	115.075,32	221.760,60
19	VA0057	521,9	2026	obnova	133.522,90	144.023,52	277.546,42
20	VA0061	444,8	2025	razširitev	158.055,23	165.812,54	323.867,78
...	...	...	...	...	...	...	...

Bodoče vrednosti cen stroškov sanacij in razširitev objektov obravnavamo kot neto sedanjo vrednost. Neto sedanja vrednost (angl. net present value) oziroma NPV predstavlja časovno vrednost denarja, ki narekuje, da čas vpliva na vrednost denarnih tokov. Sedanja vrednost denarnega toka je odvisna od časovnega intervala med današnjim trenutkom in denarnim tokom. Današnji denarni tok je bolj dragocen kot enak denarni tok v prihodnosti. Zmanjšanje trenutne vrednosti prihodnjih denarnih tokov je odvisno od izbrane diskontne stopnje [22].

Stroški izvedbe obravnavanih sanacijskih del bodo v prihodnosti nominalno gotovo višji, kot so danes. Toda z usklajevanjem vrednosti bodočih stroškov s pričakovano letno inflacijo bi poslabšali primerljivost in preglednost obravnavanih planov po posameznih letih, dogovoriti pa bi morali tudi diskontno stopnjo. Pri naših izračunih stroškov sanacij in razširitev objektov za obdobje 2023-2053 upoštevamo enake vrednosti inflacije in diskontne stopnje, s čimer njun vpliv na izračunane vrednosti izničimo.

4.4.1 NEOMEJENA FINANČNA SREDSTVA IN ŠTEVILO LETNO IZVEDENIH SANACIJ

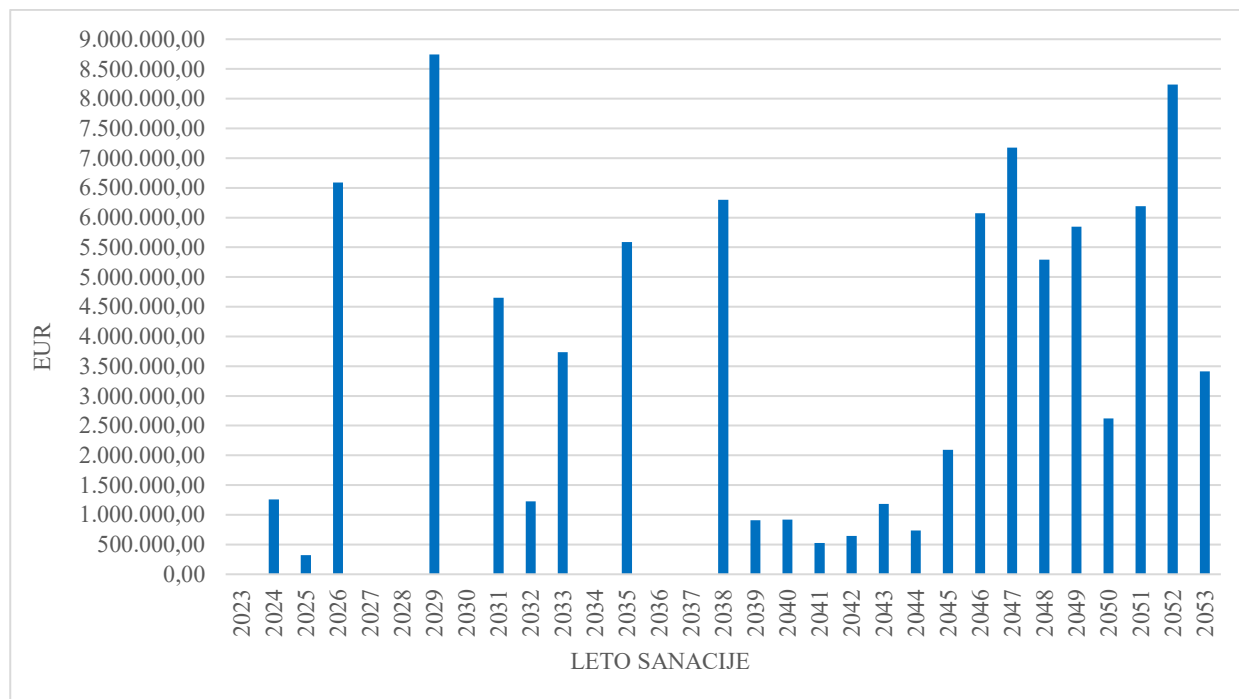
V tem poglavju pokažemo scenarij izvajanja sanacij objektov ob doseženi starosti 50 let, kadar imamo v letnih proračunih neomejena finančna sredstva in se ne omejimo na število letnih sanacij.

V preglednici 8 je prikazan strošek del po posameznih letih. Ker se soupravljalci po objektih spreminjajo, smo se v nalogi osredotočili na stroške DARS d. d. po posameznem letu; skupni stroški, ki so vsota stroškov DARS d. d. in stroškov občine, so služili za oceno, koliko bi morali imeti na razpolago operative.

Preglednica 8: Število nadvozov s stroški po posameznih letih

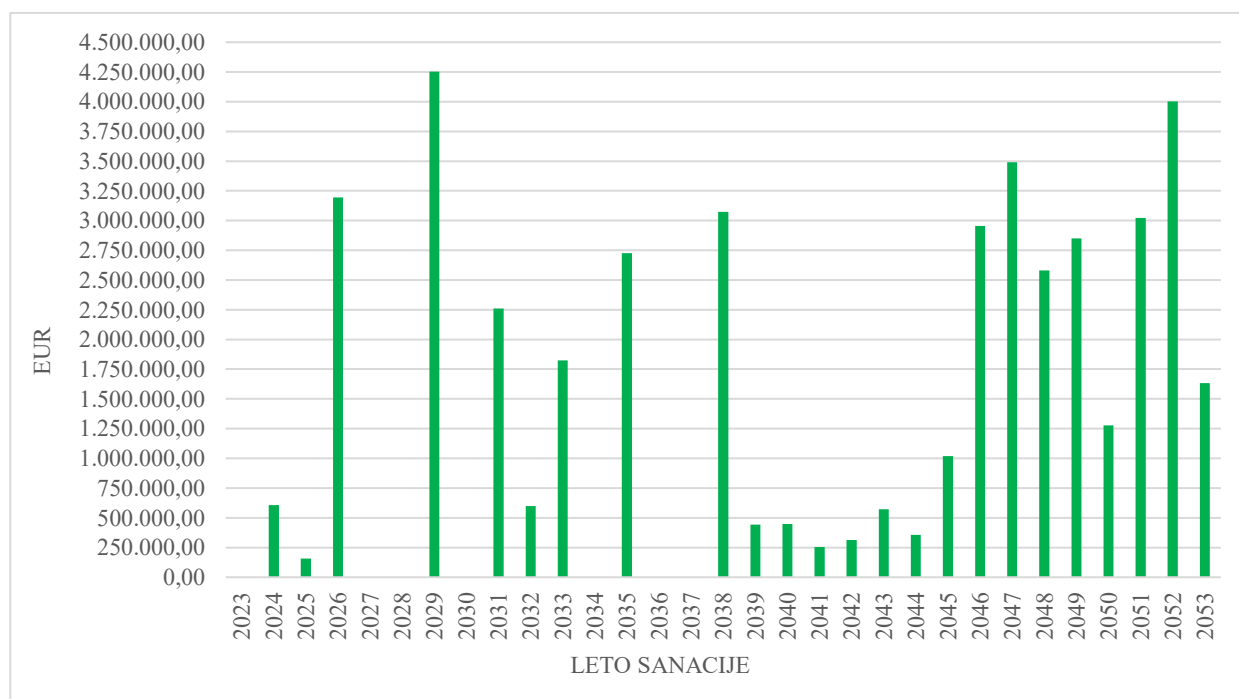
Leto sanacije	Sanacije	Razširitve	Skupaj na leto	Strošek DARS [EUR]	Skupni stroški [EUR]
2023	0	0	0	0,00	0,00
2024	6	0	6	606.724,56	1.261.163,70
2025	0	1	1	158.055,23	323.867,78
2026	13	7	20	3.193.204,37	6.589.241,51
2027	0	0	0	0,00	0,00
2028	0	0	0	0,00	0,00
2029	1	7	6	4.253.369,31	8.744.665,10
2030	0	0	0	0,00	0,00
2031	1	5	6	2.259.150,68	4.649.537,66
2032	0	1	1	599.351,98	1.228.120,00
2033	0	6	6	1.824.031,29	3.737.585,58
2034	0	0	0	0,00	0,00
2035	1	12	13	2.726.307,33	5.589.356,15
2036	0	0	0	0,00	0,00
2037	0	0	0	0,00	0,00
2038	0	6	6	3.074.199,14	6.299.279,21
2039	2	3	5	441.879,52	907.658,31
2040	0	2	2	448.737,57	919.499,06
2041	1	1	2	254.160,89	524.195,77
2042	1	1	2	313.466,94	646.252,35
2043	2	2	4	573.156,94	1.181.741,79
2044	3	0	3	355.313,15	738.569,16
2045	2	4	6	1.018.430,85	2.091.372,14
2046	8	9	17	2.953.625,65	6.072.737,14
2047	8	12	20	3.491.217,23	7.178.602,79
2048	2	8	10	2.579.872,79	5.294.328,65
2049	3	12	15	2.849.588,30	5.848.656,65
2050	2	4	6	1.276.851,28	2.623.160,86
2051	0	10	10	3.021.637,24	6.191.575,70
2052	3	7	10	4.001.853,06	8.234.981,85
2053	3	4	7	1.632.361,37	3.410.500,17

Podatke iz preglednice 8 o skupnih oziroma kumulativnih stroških in stroških DARS-a prikažemo v grafikonu 3 in grafikonu 4.



Grafikon 3: Kumulativni stroški po letih, 2023-2053

Iz Grafikona 3 je razvidno, da je največja vrednost skupnega oziroma kumulativnega stroška dosežena v letu 2029 in je ocenjena na nekaj več kot 8,5 milijona EUR.



Grafikon 4: Stroški DARS po letih, 2023-2053

Iz grafikona 4 lahko razberemo, da je največja vrednost stroškov prav tako dosežena v letu 2029 in je ocenjena na nekaj več kot 4,25 milijona EUR.

Ugotovitve analize:

- V 30-letnem obdobju, od leta 2023 do leta 2053, bi bilo skladno z izbranimi robnimi pogoji treba sanirati in razširiti 186 nadvozov.
- Skupni strošek, ki predstavlja vsoto stroškov DARS-a in občin, sanacij in razširitev nadvozov v obdobju od 2023 do 2053, smo ocenili na 90.702.769,18 EUR, strošek DARS d. d. pa je v tem obdobju po naši analizi ocenjen na 43.906.546,64 EUR.
- V obravnavanem 30-letnem obdobju so iz grafikonov stroškov razvidna velika nihanja stroškov po posameznih letih.
- Največji strošek se pri izbranih robnih pogojih pojavi leta 2029. Skupni strošek gradbenih del smo ocenili na približno 8,5 milijona EUR. Prav tako je v tem letu tudi strošek DARS-a največji v analiziranem 30-letnem obdobju. Ta je po naši analizi ocenjen na okoli 4,25 milijona EUR. Skladno z izbranimi robnimi pogoji pa v nekaterih letih sanacijskih posegov sploh ne bi izvajali, in sicer v letih 2023, 2027, 2028, 2030, 2034, 2036 in 2037.

4.4.2 OMEJENA FINANČNA SREDSTVA IN ŠTEVILO LETNO IZVEDENIH SANACIJ

Ugotovitve zgornjega poglavja kažejo, da scenarij izvajanja sanacij objektov ob doseženi starosti 50 let z neomejenimi finančnimi sredstvi v letnih proračunih ni najboljši. V nekaterih letih bi imeli izjemne obremenitve operative in prometnih tokov na avtocesti zaradi delovnih zapor, sedem let od tridesetih pa del sploh ne bi izvajali. Poleg tega upravljavci nimajo neomejenih letnih proračunov.

Sledi analiza stanja za primer omejenih finančnih sredstev v letnih proračunih za obdobje 2023-2053. Stroške DARS d. d. in kumulativne stroške za obdobje 2023-2053 razdelimo na 1/30. Vrednosti so prikazane v preglednici 9.

Preglednica 9: Enakomerna letna sredstva

	DARS [EUR]	SKUPAJ [EUR]
Kumulativna denarna sredstva za obdobje 2023-2053	43.906.546,64	90.702.769,18
Enakomerni letni proračun za obdobje 2023-2053	1.463.551,55	3.023.425,64

Ugotovitve analize:

- Če bi predvidene stroške sanacij in razširitev enakomerno razdelili v tem 30-letnem obdobju, bi vsako leto v letnem proračunu DARS d. d. imel 1.463.551,55 EUR sredstev za sanacije in razširitve.
- Izkaže se, da ob omejitvi proračuna na takšne zneske, prikazane v preglednici 9, ne moremo sanirati vseh potrebnih nadvozov v posameznih letih, saj v nekaterih letih strošek sanacij (preglednica 8) presega sredstva v proračunu, ki so na voljo ob omejitvi letnih sredstev.

Zdaj, ko vidimo rezultate analize, bomo za izdelavo 30-letnega plana sanacij pokazali scenarije z letnimi proračuni 1,5 in 2,0 mil EUR ter nato dodali še omejitev 6 in 8 sanacij letno.

5 IZDELAVA PLANA IN PORAZDELITVE

Pri analizi z enakomernimi letnimi sredstvi 1.463.551,55 EUR se je izkazalo, da bi s takšnim letnim proračunom lahko sanirali in razširili le nekaj nadvozov od vse potrebnih v določenem letu. Tiste objekte, ki ostanejo, pa bi morali porazdeliti v druga leta.

Zastavljen cilj je, da dosežemo:

- enakomerno porazdelitev sanacij in razširitev nadvozov v obdobju 2023-2053 ob danih omejitvah. S tem bi odpravili neenakomerne intervale števila sanacij po letih in neenakomerno nihajne potrebne količine denarnih sredstev za sanacije in razširitve objektov.
- Sanacije in razširitve objektov, ki ostanejo, se izvedejo, ko nadvoz doseže starost 50 let ali prej.

Pri porazdelitvi se posvetimo dvema ključnima faktorjema oziroma omejitvama, na podlagi katerih bomo izdelovali plan razporeditev nadvozov. Prvi faktor oziroma omejitev je maksimalni letni proračun. Ta nam s stroškovnega vidika omejuje količino sanacij nadvozov, ki jih lahko obdelamo v enem letu. Več kot imamo razpoložljivih sredstev v letnem proračunu, več nadvozov lahko saniramo. Drugi faktor oziroma omejitev je maksimalno število sanacij, ki jih lahko izvedemo v enem letu.

5.1 ALGORITEM RAZPOREJANJA

V programu MS Excel smo nadvoze razporejali po algoritmu (slika 15).

Pri razporejanju smo upoštevali robni pogoj, da objekte, ki ostanejo po posameznih letih, razporejamo samo v predhodna leta. To pomeni, da smo razporejanje začeli leta $L = 2053$ (ob upoštevanju, da obravnavamo obdobje 2023-2053) in ostanek objektov razporejali od tega leta izključno v predhodna leta ($L-n$), do leta 2023. S tem smo dosegli, da bodo objekti sanirani najkasneje, ko dosežejo starost 50 let.



Slika 15: Algoritem razporejanja

5.2 PORAZDELITVE

Naredili bomo 4 scenarije porazdelitev, kjer omejujemo letno razpoložljiva finančna sredstva in letno število sanacij:

- 1) 1,5 mil EUR + 6 sanacij,
- 2) 2,0 mil EUR + 6 sanacij,
- 3) 1,5 mil EUR + 8 sanacij,
- 4) 2,0 mil EUR + 8 sanacij.

Med temi 4 scenariji bomo na koncu izbrali tistega, ki bo ustrezal vsem, v nalogi izbranim robnim pogojem. Ta scenarij bo potem predstavljal plan izvedbe del za 30-letno obdobje.

5.2.1 1,5 MIL EUR + 6 SANACIJ

Z uporabo algoritma razporedimo objekte v obdobju 2023-2053 tako, da izpolnjujemo izbrano omejitev: 1,5 mil EUR letnih sredstev in največ 6 sanacij na leto. Razporeditev je prikazana v preglednici 10.

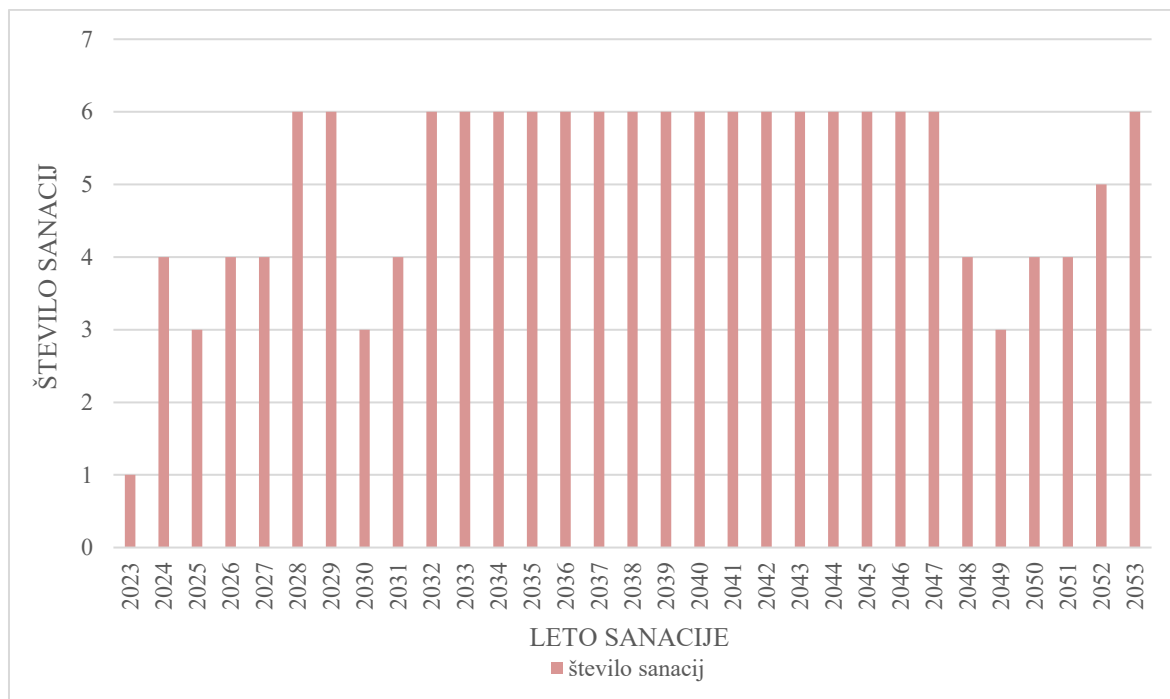
V preglednici stolpec »IDEALNO število sanacij« prikazuje število nadvozov, ki bi jih bilo potrebno sanirati v tistem letu. Stolpec »DEJANSKO število sanacij« prikazuje število nadvozov, ki se jih lahko sanira v tistem letu ob upoštevanju izbranih omejitev. V stolpcu »OSTANEK nadvozov, ki se prenese v predhodno leto« je prikazano število nadvozov, ki ostanejo v tistem letu in jih moramo prestaviti v predhodno leto. Ostanek predstavlja objekte, ki jih v tistem letu ne moremo sanirati zaradi upoštevanja izbranih omejitev. Ostanek nadvozov začnemo izračunavati v zadnjem letu izbranega obdobja, torej v letu 2053. V tem letu ga izračunamo tako, da dejanskemu številu sanacij v letu 2053 odštejemo idealno število sanacij. Nato se pomikamo v predhodna leta vse do leta 2023. Ostanek sanacij v izbranem letu (na primer 2052) izračunamo tako, da ostanku iz prihodnjega leta (na primer 2053) odštejemo dejansko število sanacij v izbranem letu (2052) in prištejemo idealno število sanacij v izbranem letu (2052). Ostanek sanacij v letu 2023 predstavlja nadvoze, ki ostanejo v obdobju 2023-2053 in jih zaradi izbranih omejitev ne moremo sanirati. Stolpec »Strošek DARS« prikazuje strošek dejanskega števila sanacij za DARS d. d. v tistem letu.

Preglednica 10: Razporeditev za 1,5 mil EUR + 6 sanacij

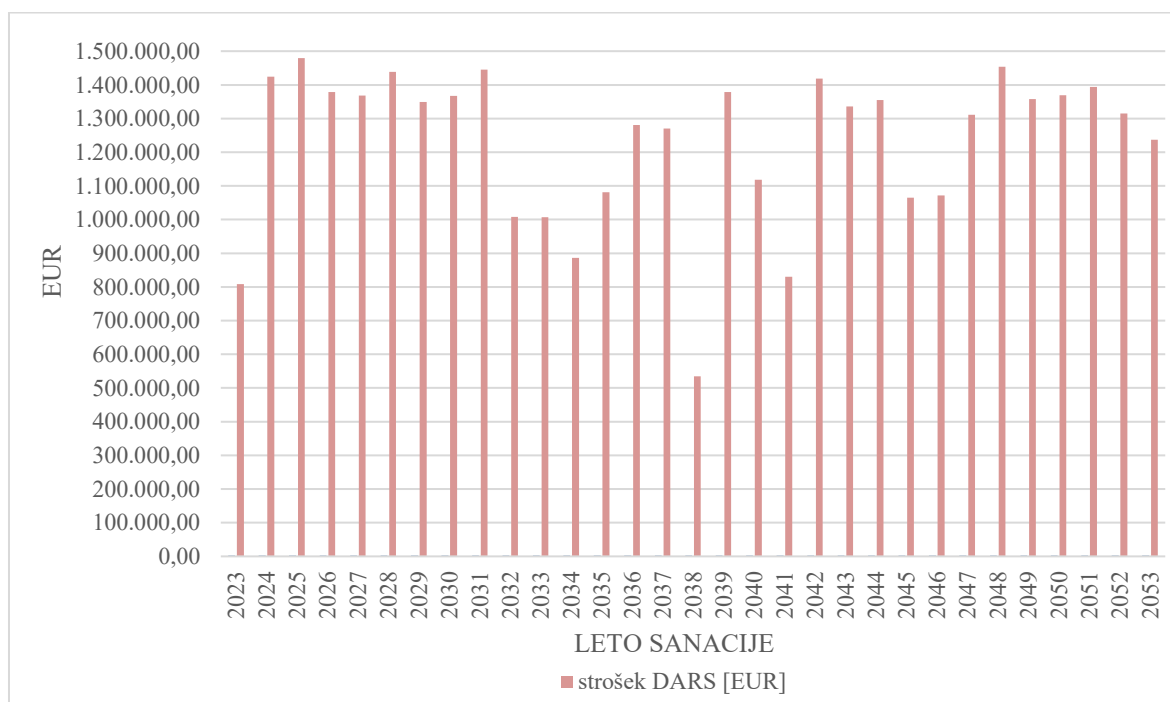
Leto sanacije	IDEALNO število sanacij	DEJANSKO število sanacij	OSTANEK nadvozov, ki se prenese v predhodno leto	Strošek DARS [EUR]
2023	0	1	29	808.249,26
2024	6	4	30	1.424.419,48
2025	1	3	28	1.479.669,75
2026	20	4	30	1.378.832,91
2027	0	4	14	1.368.172,71
2028	0	6	18	1.438.355,91
2029	8	6	24	1.349.030,54
2030	0	3	22	1.367.458,48
2031	6	4	25	1.445.626,44
2032	1	6	23	1.007.850,86
2033	6	6	28	1.007.019,75
2034	0	6	28	886.623,88
2035	13	6	34	1.081.528,62
2036	0	6	27	1.281.187,01
2037	0	6	33	1.270.457,76
2038	6	6	39	534.884,69
2039	5	6	39	1.379.154,70
2040	2	6	40	1.118.525,04
2041	2	6	44	830.324,36
2042	2	6	48	1.418.877,67
2043	4	6	52	1.336.213,71
2044	3	6	54	1.355.149,40
2045	6	6	57	1.064.762,10
2046	17	6	57	1.071.722,79
2047	20	6	46	1.310.750,71
2048	10	4	32	1.454.214,74
2049	15	3	26	1.357.969,01
2050	6	4	14	1.368.865,62
2051	10	4	12	1.394.212,02
2052	10	5	6	1.315.083,01
2053	7	6	1	1.236.867,95

UGOTOVITEV:

Iz preglednice 10 je razvidno, da lahko z danimi omejitvami obnovimo 157 objektov. V letu 2023 ostane 29 objektov, ki jih moramo prestaviti v predhodno leto in jih z danimi omejitvami ne moremo sanirati v obdobju 2023-2053. Podatke iz preglednice 10 prikažemo še v grafikonih 5 in 6.



Grafikon 5: Število sanacij: 1,5 mil EUR + 6 sanacij



Grafikon 6: Strošek DARS: 1,5 mil EUR + 6 sanacij

5.2.2 2,0 MIL EUR + 6 SANACIJ

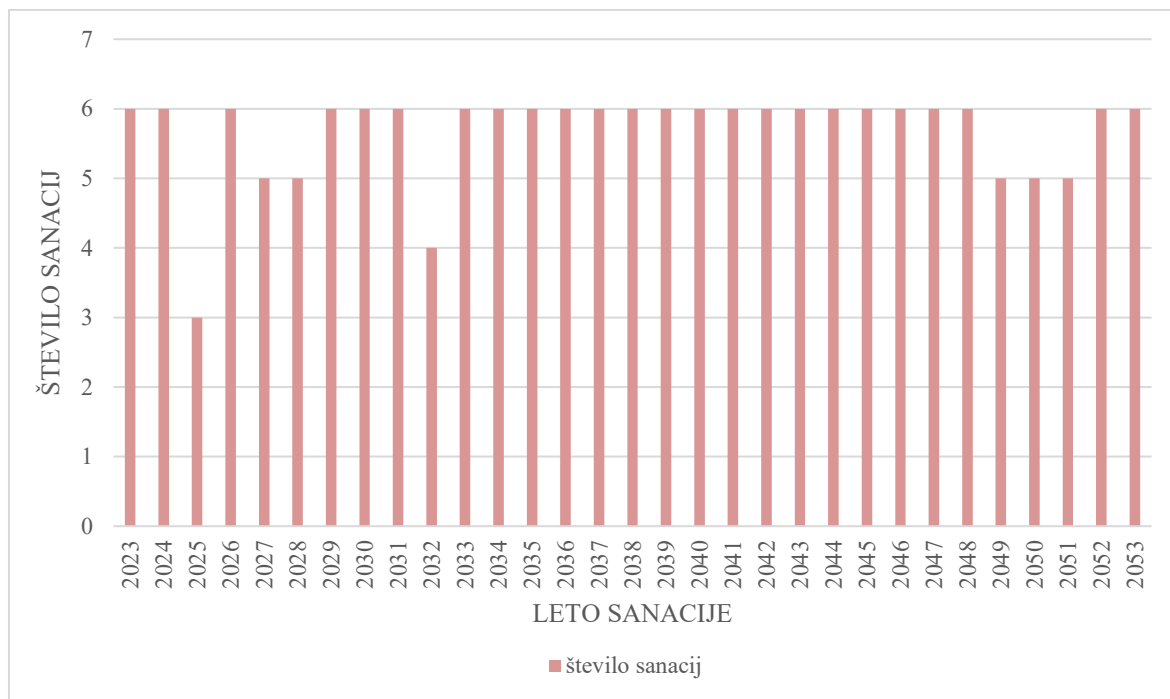
Z uporabo algoritma razporedimo objekte v obdobju 2023-2053 tako, da izpolnjujemo izbrano omejitev: 2,0. mil EUR letnih sredstev in največ 6 sanacij na leto. Razporeditev je prikazana v preglednici 11.

Preglednica 11: Razporeditev za 2,0 mil EUR + 6 sanacij

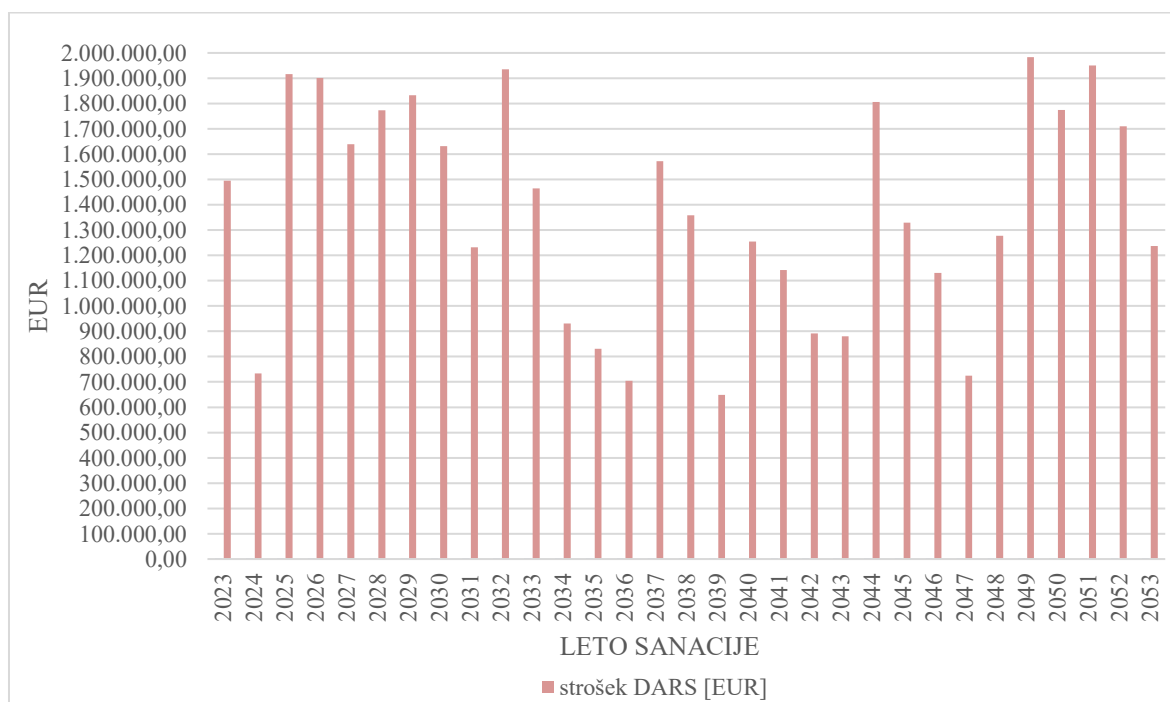
Leto sanacije	IDEALNO število sanacij	DEJANSKO število sanacij	OSTANEK nadvozov, ki se prenese v predhodno leto	strošek DARS [EUR]
2023	0	6	10	1.494.872,74
2024	6	6	16	733.896,70
2025	1	3	16	1.916.640,74
2026	20	6	18	1.900.969,01
2027	0	5	4	1.639.768,18
2028	0	5	9	1.773.260,31
2029	8	6	14	1.832.833,06
2030	0	6	12	1.631.344,62
2031	6	6	18	1.231.420,11
2032	1	4	18	1.935.835,74
2033	6	6	21	1.464.548,04
2034	0	6	21	930.799,32
2035	13	6	27	830.276,88
2036	0	6	20	703.918,18
2037	0	6	26	1.572.354,63
2038	6	6	32	1.358.880,57
2039	5	6	32	648.587,88
2040	2	6	33	1.254.222,77
2041	2	6	37	1.141.895,75
2042	2	6	41	891.974,55
2043	4	6	45	879.862,58
2044	3	6	47	1.806.356,68
2045	6	6	50	1.329.516,61
2046	17	6	50	1.130.762,95
2047	20	6	39	725.220,09
2048	10	6	25	1.276.851,28
2049	15	5	21	1.982.854,05
2050	6	5	11	1.774.985,37
2051	10	5	10	1.950.567,86
2052	10	6	5	1.710.576,43
2053	7	6	1	1.236.867,95

UGOTOVITEV:

Iz preglednice 11 je razvidno, da lahko z danimi omejitvami obnovimo 176 objektov. V letu 2023 ostane 10 objektov, ki jih moramo prestaviti v predhodno leto in jih z danimi omejitvami ne moremo sanirati v obdobju 2023-2053. Podatke iz preglednice 11 prikažemo še v grafikonih 7 in 8.



Grafikon 7: Število sanacij: 2,0 mil EUR + 6 sanacij



Grafikon 8: Strošek DARS: 2,0 mil EUR + 6 sanacij

5.2.3 1,5 MIL EUR + 8 SANACIJ

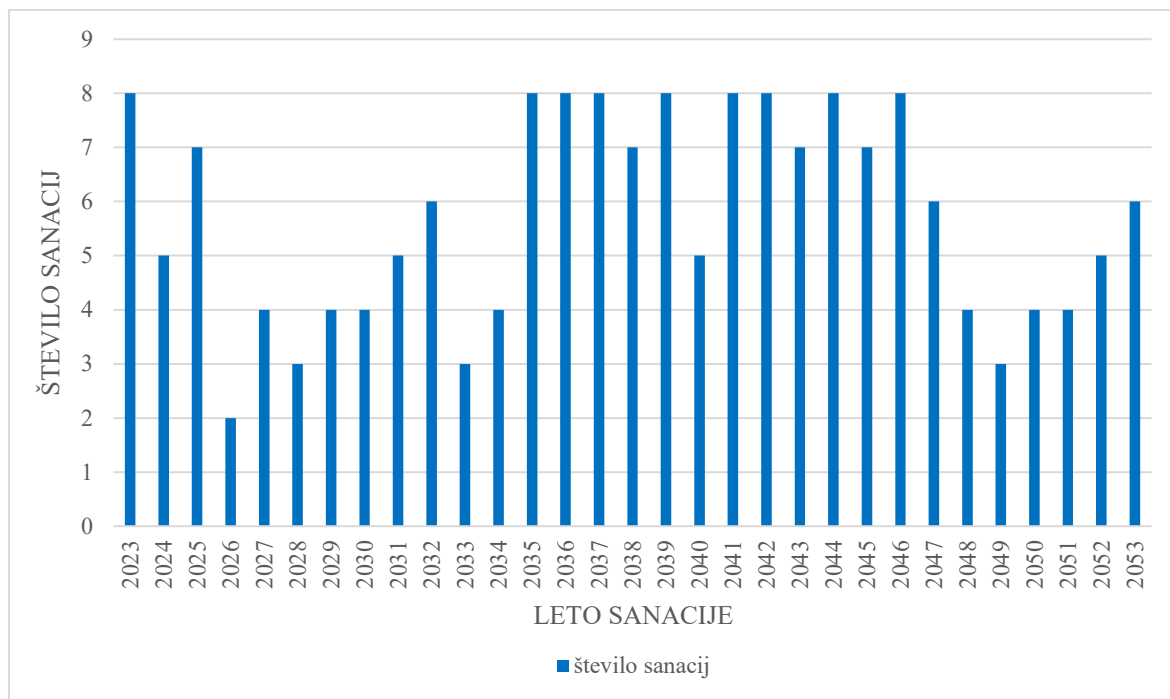
Z uporabo algoritma razporedimo objekte v obdobju 2023-2053 tako, da izpolnjujemo izbrano omejitev: 1,5 mil EUR letnih sredstev in največ 8 sanacij na leto. Razporeditev je prikazana v preglednici 12.

Preglednica 12: Razporeditev za 1,5 mil EUR + 8 sanacij

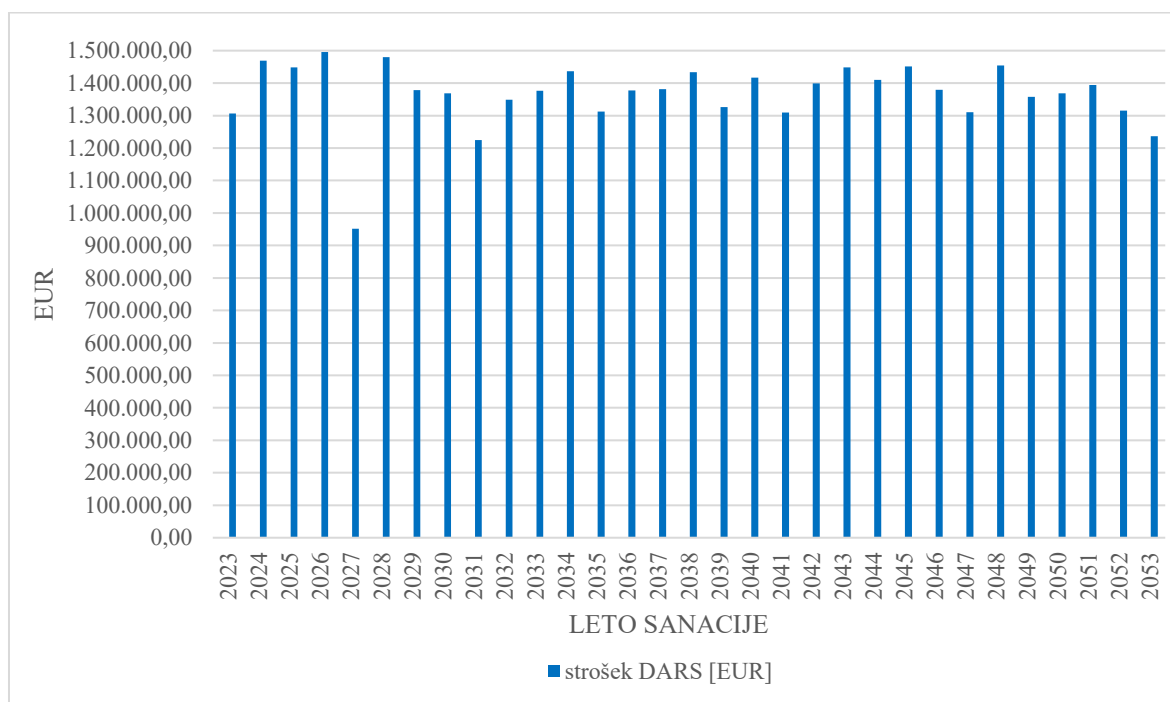
Leto sanacije	IDEALNO število sanacij	DEJANSKO število sanacij	OSTANEK nadvozov, ki se prenese v predhodno leto	strošek DARS [EUR]
2023	0	8	9	1.306.125,33
2024	6	5	17	1.469.007,70
2025	1	7	16	1.448.197,70
2026	20	2	22	1.495.718,45
2027	0	4	4	951.149,24
2028	0	3	8	1.479.669,75
2029	8	4	11	1.378.832,91
2030	0	4	7	1.368.172,71
2031	6	5	11	1.224.156,96
2032	1	6	10	1.349.030,54
2033	6	3	15	1.376.089,68
2034	0	4	12	1.436.995,23
2035	13	8	16	1.311.972,15
2036	0	8	11	1.377.629,65
2037	0	8	19	1.381.197,50
2038	6	7	27	1.433.265,31
2039	5	8	28	1.325.689,12
2040	2	5	31	1.416.502,50
2041	2	8	34	1.309.684,86
2042	2	8	40	1.399.116,33
2043	4	7	46	1.448.825,42
2044	3	8	49	1.410.013,77
2045	6	7	54	1.451.215,67
2046	17	8	55	1.379.170,06
2047	20	6	46	1.310.750,71
2048	10	4	32	1.454.214,74
2049	15	3	26	1.357.969,01
2050	6	4	14	1.368.865,62
2051	10	4	12	1.394.212,02
2052	10	5	6	1.315.083,01
2053	7	6	1	1.236.867,95

UGOTOVITEV:

Iz preglednice 12 je razvidno, da lahko z danimi omejitvami obnovimo 177 objektov. V letu 2023 ostane 9 objektov, ki jih moramo prestaviti v predhodno leto in jih z danimi omejitvami ne moremo sanirati v obdobju 2023-2053. Podatke iz preglednice 12 prikažemo še v grafikonih 9 in 10.



Grafikon 9: Število sanacij: 1,5 mil EUR + 8 sanacij



Grafikon 10: Strošek DARS: 1,5 mil EUR + 8 sanacij

5.2.4 2,0 MIL EUR + 8 SANACIJ

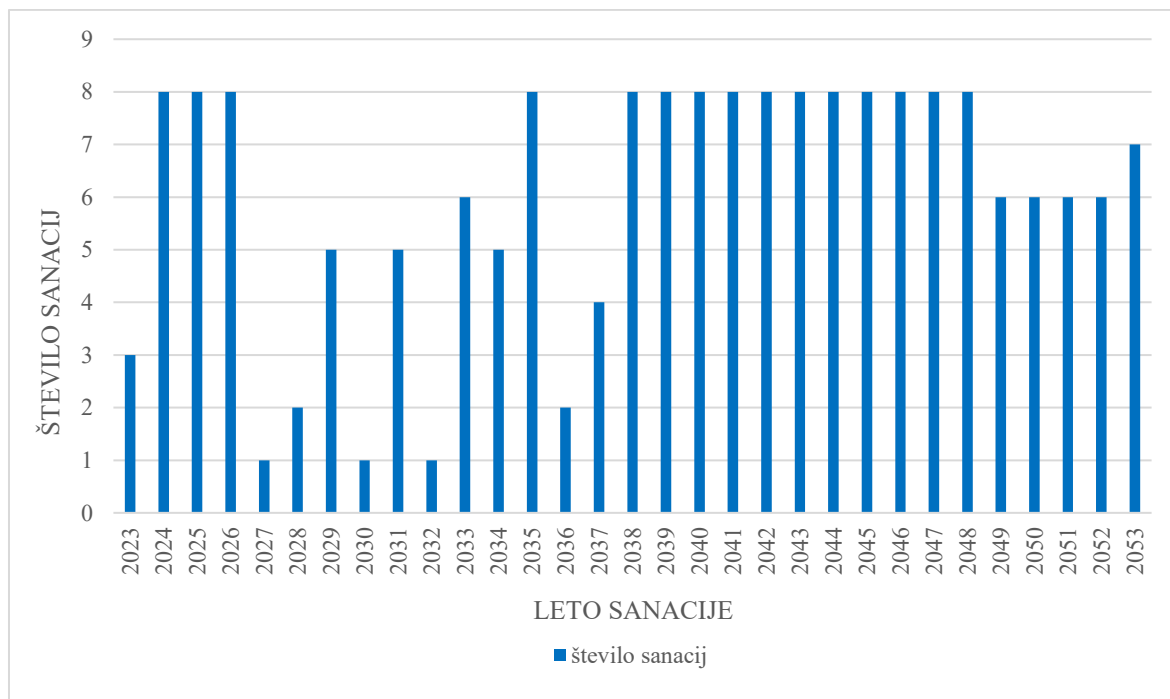
Z uporabo algoritma razporedimo objekte v obdobju 2023-2053 tako, da izpolnjujemo izbrano omejitev: 2,0 mil EUR letnih sredstev in največ 8 sanacij na leto. Razporeditev je prikazana v preglednici 13.

Preglednica 13: Razporeditev za 2,0 mil EUR + 8 sanacij

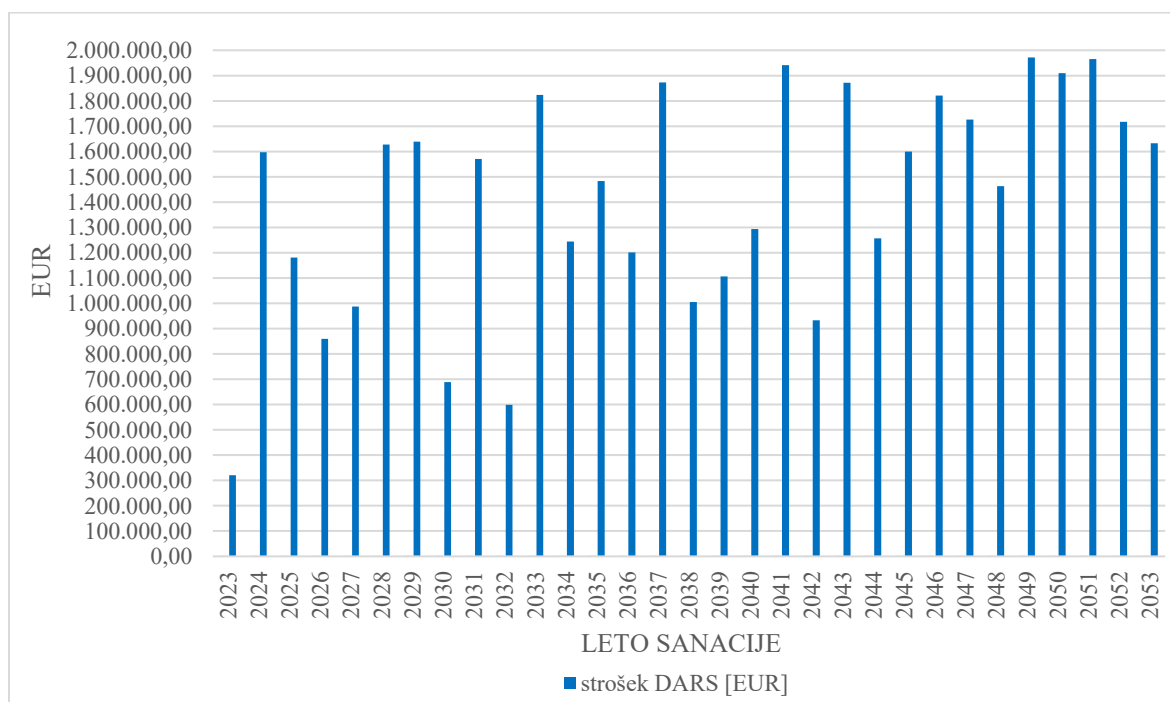
Leto sanacije	IDEALNO število sanacij	DEJANSKO število sanacij	OSTANEK nadvozov, ki se prenese v predhodno leto	strošek DARS [EUR]
2023	0	3	0	320.055,84
2024	6	8	3	1.597.120,00
2025	1	8	5	1.181.441,76
2026	20	8	12	859.366,56
2027	0	1	0	986.774,88
2028	0	2	1	1.627.976,00
2029	8	5	3	1.638.618,43
2030	0	1	0	688.618,94
2031	6	5	1	1.570.531,73
2032	1	1	0	599.351,98
2033	6	6	0	1.824.031,29
2034	0	5	0	1.243.522,99
2035	13	8	5	1.482.784,34
2036	0	2	0	1.201.404,54
2037	0	4	2	1.872.794,60
2038	6	8	6	1.005.619,73
2039	5	8	8	1.106.346,15
2040	2	8	11	1.293.179,98
2041	2	8	17	1.941.078,79
2042	2	8	23	933.057,37
2043	4	8	29	1.871.053,36
2044	3	8	33	1.257.395,54
2045	6	8	38	1.600.140,31
2046	17	8	40	1.820.681,77
2047	20	8	31	1.725.676,73
2048	10	8	19	1.462.699,83
2049	15	6	17	1.971.223,78
2050	6	6	8	1.908.970,82
2051	10	6	8	1.965.694,69
2052	10	6	4	1.716.972,55
2053	7	7	0	1.632.361,37

UGOTOVITEV:

Iz preglednice 13 je razvidno, da lahko z danimi omejitvami obnovimo vseh 186 objektov, ki jih obravnavamo v obdobju 2023-2053. V letu 2023 ne ostane noben objekt, ki bi ga morali prestaviti v predhodno leto. Podatke iz preglednice 13 prikažemo še v grafikonih 11 in 12.



Grafikon 11: Število sanacij: 2,0 mil EUR + 8 sanacij



Grafikon 12: Strošek DARS: 2,0 mil EUR + 8 sanacij

UGOTOVITEV IN IZBIRA PLANA:

Od 4 izbranih scenarijev porazdelitve je samo eden takšen, da lahko z njim obnovimo vseh 186 objektov, ki smo jih obravnavali v obdobju 2023-2053, z upoštevanjem izbranih omejitev. To je scenarij 2,0 mil EUR letnih sredstev in največ 8 sanacij na leto.

Za izbrani plan izvedbe del za 30-letno obdobje izberemo scenarij 2,0 mil EUR + 8 sanacij. Le z njim dosežemo, da:

- zadostimo izbranim omejitvam o letnem proračunu in maksimalnem številu letnih sanacij,
- bo v obdobju 2023-2053 saniranih vseh 186 objektov,
- bodo ti objekti sanirani v letu, ko dosežejo starost 50 let ali prej.

6 ZAKLJUČEK

Diplomska naloga obravnava izdelavo plana sanacij avtocestnih nadvozov v soupravljanju. Z analizo razpoložljivih podatkov o nadvozih v soupravljanju, ki smo jo prejeli od DARS d. d., in z izdelavo ocene stroškov sanacijskih del, izdelane na podlagi dveh projektnih dokumentacij za sanacijo avtocestnih nadvozov, smo izdelali plan sanacij za 30-letno obdobje.

V prvem delu naloge smo izvedli statistično analizo AC nadvozov, ki so v soupravljanju DARS d. d. in občinah. Z njo smo določili število nadvozov, ki jih bo potrebno sanirati v izbranem časovnem obdobju; določili smo tudi najprimernejše leto izvedbe del za posamezen nadvoz. Dodatno smo s pomočjo spletne strani Google zemljevidi določili, katere nadvoze bo predvidoma treba samo obnoviti, katere pa poleg obnove tudi razširiti z namenom zagotovitve varne uporabe nadvozov za pešce. V drugem delu naloge smo naredili oceno stroškov izvedbe sanacijskih del po posameznih objektih in stroške ločili tudi po posameznih soupravljavcih. Oceno predvidenih stroškov smo izvedli bodisi za sanacijo bodisi za sanacijo s hkratno razširitvijo objekta. Vrsta ocene je bila odvisna od statistične obdelave v prvem delu naloge. Oceno stroškov smo izdelali na podlagi dveh projektnih dokumentacij, ki sta obravnavali ena izključno obnovo oziroma sanacijo nadvoza, druga pa poleg tega tudi njegovo razširitev. Na njuni podlagi smo določili ceno na enoto za posamezno vrsto posega. V tretjem delu naloge smo se lotili izdelave 30-letnih planov sanacij, za kar smo razvili namenski algoritem. Izdelali smo plane za štiri različne scenarije, izmed katerih smo nato izbrali plan, ki je ustrežal vsem izbranim robnim pogojem. Izkazalo se je, da bi ob izbranih robnih pogojih moral DARS d. d. v naslednjem 30-letnem obdobju v povprečju izvesti sanacijo 8 nadvozov letno, pri čemer bi moral imeti za izvedbo del letno rezerviranih 2 milijona evrov.

Izdelanega plana sanacij v praksi sicer ne bi realizirali, saj smo pri njegovi izdelavi kot merodajni kriterij upoštevali kronološko starost nadvozov, ne pa njihovega dejanskega stanja. Za izdelavo natančnega plana bi bilo potrebno ustrezno pregledati vsak nadvoz, kar pa bi bistveno presehalo obseg zaključnih del na fakulteti. Poenostavitev je bila zato nujna. Dodatno nismo upoštevali časa, ki ga zahteva posamezen projekt sanacije nadvoza: od pregleda objekta, projektiranja in priprave razpisov do izvedbe gradbenih del in izvajalčevih zmožnosti opravljanja le-teh. Razpoložljiva denarna sredstva smo privzeli enaka za vsa leta analize in predvideli, da jih bodo imeli na razpolago tako DARS d. d. kot občine soupraviteljice.

V nalogi izdelani plan kljub temu lahko uporabimo za predstavbo, koliko nadvozov bi bilo potrebno sanirati v naslednjih 30 letih in s kakšnim letnim obsegom. Z upoštevanjem zgoraj navedenih dejavnikov in ob bolj sofisticirano izvedeni metodi odločanja bi lahko v prihodnosti naredili natančnejši plan sanacij nadvozov v soupravljanju, ki bi ga uporabili za odločanje v prihodnjih letih.

VIRI

- [1] ERF – European Union Road Federation. 2018. Road Asset Management: 22 str.
- [2] OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development. 2001. Asset Management for the Roads Sector: 81 str.
- [3] King, N. 2001. Key Issues in Bridge Management. Special issue of IEM Journal on Bridge Engineering: 19 str.
- [4] Wikipedia. 2023. Most.
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Most>. (Pridobljeno 14. 6. 2023.)
- [5] Pržulj, M. 2015. Mostovi. Ljubljana: Beletrina: 710 str.
- [6] Hočevar, G. 2023. Faznost poteka del od zaznave slabega stanja objekta do izvedbe sanacije. Osebna komunikacija. (30. 5. 2023.)
- [7] Pravilnik za izvedbo investicijskih vzdrževalnih del in vzdrževalnih del v javno korist na javnih cestah. Uradni list RS št. 109/10.
- [8] Jurgele M., Poznič M., Zajec A., Zavec M., Kušar M. 2021. Drsni plan obnovitvenih ukrepov na avtocestni infrastrukturi. 18. kolokvij asfalti, bitumni in vozišča, Bled, december 2021: 15 str.
- [9] Zavasnik Z. Ministrstvo za infrastrukturo. 2016. Predstavitev: Pravilnik o zaporah na cesti: 56 str.
<https://skupnostobcin.si/wp-content/uploads/2016/03/pravilnik-o-zaporah-na-cesti-sos1.pdf>. (Pridobljeno 8. 8. 2023.)
- [10] Kušar, M., Jurgele, M., Rejec, A. 2022. Predlog novega pristopa pri planiranju ukrepov na mostovih v upravljanju DRSI. 15. Slovenski kongres o prometu in prometni infrastrukturi, Portorož, 26. – 28. 10. 2022: 8 str.
- [11] Klanker, G., Stipanovic Oslakovic, I., Skaric Palic, S. 2017. The impact of different maintenance policies on owners costs: Case Studies from Croatia and the Netherlands. The Value of Structural Health Monitoring for the reliable Bridge Management, Zagreb, marec 2017: 9 str.
- [12] Yanev, B., A. C. Richards, G. 2012. Designing bridge maintenance on the network and project levels. Structure and Infrastructure Engineering, 9:4, 349 - 363 str.
DOI: 10.1080/15732479.2012.657651
- [13] DRSI. 2022. Rekonstrukcija mostu čez Dragonjo v Dragonji.
<https://www.gov.si/novice/2022-09-22-rekonstrukcija-mostu-cez-dragonjo-v-dragonji/>. (Pridobljeno 7. 7. 2023.)
- [14] Saback de Freitas Bello, V., Popescu, C., Blanksvärd, T., Björn, T. 2021. Bridge management system: overview and framework for smart management. IABSE Congress Ghent 2021 - Structural Engineering for Future Societal Needs, Gent, 2021: 1014 - 1022 str.
- [15] Flyability. 2022. Bridge inspections in 2022 – everything you need to know.
<https://www.flyability.com/bridge-inspections>. (Pridobljeno 8. 7. 2023.)
- [16] BuilderSpace. 2023. How long do highway bridges last?
<https://www.builderspace.com/how-long-do-highway-bridges-last>. (Pridobljeno 8. 7. 2023.)
- [17] Kušar, M. 2022. DARS – nadvozi v soupravljanju, preglednica Excel. Osebna komunikacija. (27. 12. 2022.)
- [18] Kušar, M., Šelih, J. 2017. Determination of refurbishment priorities for passes on road network level. Tehnički vjesnik, 24, 4/2017: 1129 - 1135 str.
- [19] Jamali, A., Adey, B. T. 2015. The effect of management decision processes on the management of bridges. Journal of Civil Engineering and Management, 22:1, 92 - 104 str.
DOI: 10.3846/13923730.2014.897967

- [20] Salem, O. M., Miller, R. A., Deshpande, A. S., Arurkar, T. P. 2013. Multi – criteria decision – making system for selecting an effective plan for bridge rehabilitation. Structure and Infrastructure Engineering, 9:8, 806 – 816 str.
DOI: 10.1080/15732479.2011.615843
- [21] Biblus. 2023. What is Bridge Management System (BMS) and how it works.
<https://biblus.accasoftware.com/en/what-is-bridge-management-system-bms-and-how-it-works/>. (Pridobljeno 7. 8. 2023.)
- [22] Wikipedia. 2023. Net present value.
https://en.wikipedia.org/wiki/Net_present_value. (Pridobljeno 16. 8. 2023.)
- [23] Eirspan. 2021. What Is Bridge Management System.
<https://antimoms.blogspot.com/2021/12/what-is-bridge-management-system.html>. (Pridobljeno 6.7.2023.)
- [24] SPIT. 2020. Obnova nadvoza VA0106 Ljubečna, na AC A1 odsek 0039/0639 Dramlje – Celje. Izvedbeni načrt št. 004-27/20, risba G.240, december 2020.
- [25] SPIT. 2020. Obnova nadvoza VA0106 Ljubečna, na AC A1 odsek 0039/0639 Dramlje – Celje. Izvedbeni načrt št. 004-27/20, risba G.231, december 2020.
- [26] Wikimedia. 2021. Burbank Ave I-5 overpass under construction in Burbank, California.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Burbank_Ave_I-5_overpass_under_construction_in_Burbank_California.JPG. (Pridobljeno 6. 7. 2023.)
- [27] KO-BIRO d. o. o. 2021. Obnova nadvoza VA0074 Sp. Ložnica, na AC A1 odsek 0037/0637 Sl. Bistrica – Sl. Konjice. Izvedbeni načrt št. 1303-IZN, risba G.261, september 2021.
- [28] Ponting inženirski biro d. o. o. 1997. Ločni nadvoz 4-3 Kozina.
<https://www.ponting.si/si/projekti/locni-nadvoz-4-3-kozina-16.html>. (Pridobljeno 16. 8. 2023.)
- [29] Ponting inženirski biro d. o. o. 2004 Nadvoz Gruškovje.
<https://www.ponting.si/si/projekti/nadvoz-v-gruskovju-110.html>. (Pridobljeno 16. 8. 2023.)
- [30] Gravitass. 2020. Nadvoz (0093-1, 4-3) Podlehnik.
<https://www.gravitas.si/projekti/gradbeno-inzenirski-objekti/nadvoz-0093-1-4-3-podlehnik>. (Pridobljeno 16. 8. 2023.)
- [31] Google Zemljevidi. 2022. Nadvoz s tremi razponi.
<https://www.google.com/maps/@46.271841,15.1333418,3a,47.9y,259.03h,93.64t/data=!3m9!1e1!3m7!1syS9BqOPJzc7Bo4l6Ye9UPw!2e0!7i16384!8i8192!9m2!1b1!2i24?entry=ttu>. (Pridobljeno 16. 8. 2023.)
- [32] Google Zemljevidi. 2022. Nadvoz s štirimi razponi.
https://www.google.com/maps/@46.2405572,14.9558587,3a,75y,85.25h,94.4t/data=!3m6!1e1!3m4!1sYT_NWMWCcEPhioD3YgEVJQ!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu. (Pridobljeno 16. 8. 2023.)
- [33] Google Zemljevidi. 2022. Nadvoz s petimi razponi.
https://www.google.com/maps/@46.168456,14.7717352,3a,75y,254.7h,93.62t/data=!3m9!1e1!3m7!1s4gYL_PMzi8xP3zOubYYo3g!2e0!7i16384!8i8192!9m2!1b1!2i48?entry=ttu. (Pridobljeno 16. 8. 2023.)
- [34] Google Zemljevidi. 2022. Nadvoz z več razponi.
<https://www.google.com/maps/@46.1560581,14.671923,3a,75y,228h,82.7t/data=!3m6!1e1!3m4!1sVYhjhzj3URf4kXpG0mmqA!2e0!7i16384!8i8192?entry=ttu>. (Pridobljeno 16. 8. 2023.)
- [35] Kušar, M. 2023. Načini opravljanja del pri sanacijah avtocestnih nadvozov. Osebna komunikacija. (16. 2. 2023.)