

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**PRIMERJAVA REDNEGA VZDRŽEVANJA Z
OBNOVO LOKALNE CESTE
ŠALOVCI–ADRIJANCI**

Kandidat: Dejan Kropf

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Bojan Dapčević, univ. dipl. inž. grad.

Mentor v podjetju: Franc Matjašec, univ. dipl. inž. grad.

Lektorica: Maja Hajdinjak, mag. slov.

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Dejan Kropf sem avtor diplomskega dela z naslovom Primerjava rednega vzdrževanja z obnovo lokalne ceste Šalovci–Adrijanci, ki sem ga napisal pod mentorstvom Bojana Dapčeviča, univ. dipl. inž. grad.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor;
- se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Neradnovci, oktober 2024

Podpis študenta:

ZAHVALA

Srčno se zahvaljujem mentorju, g. Bojanu Dapčeviću, univ. dipl. inž. grad., za njegovo razumevanje, strpnost, pomoč in nasvete pri izdelavi mojega diplomskega dela.

Prav tako se zahvaljujem mentorju v podjetju, g. Franc Matjašecu, univ. dipl. inž. grad., in ostalim sodelavcem v podjetju Pomgrad za podporo.

Še posebej pa bi se rad iskreno zahvalil moji ženi Brankici, ki mi je v času študija in pri izdelavi diplomskega dela stala ob strani in me bodrila, da nisem opustil svojega cilja, tj. dokončati študij.

POVZETEK

Diplomsko delo analizira in primerja sanacijo asfaltnega vozišča z izvedbo del rednega vzdrževanja in obnovo asfaltnega vozišča, ko je to že poškodovano, ter razloge za nastanek poškodb na asfaltne vozišču, če se dela rednega vzdrževanja ne izvajajo oziroma se izvajajo pomanjkljivo. Cilj analize je podati priporočila za optimizacijo vzdrževalnih praks na lokalnih cestah. Primerjava je narejena na primeru lokalne ceste LC 109011 Šalovci–Adrijanci.

V prvem delu diplomskega dela je opisano stanje obstoječe lokalne ceste in način pridobitve potrebnih podatkov o cesti. Podatki so se nadgradili z dodatnimi raziskavami, ker občina Šalovci za dotično lokalno cesto ne razpolaga z nobenimi podatki o zgodovini in izvedenem ukrepu gradnje lokalne ceste. Zaradi pomanjkanja podatkov je bila izvedba sondažnega razkopa ključna za pridobitev natančnih informacij o sestavi voziščne konstrukcije. Na podlagi pridobljenih podatkov, raziskave zakonodaje in predpisov s področja gradnje asfaltnih vozišč in vzdrževanja asfaltnih vozišč, ki so dostopni v elektronski obliki, so se določili in izračunali potrebni ukrepi sanacije asfaltne vozišča za primer sanacije v sklopu vzdrževanja z izvedbo preplastitve asfalta in za primer obnove dotrajanega asfaltne vozišča. Ustrezni ukrepi so bili ovrednoteni tudi z vidika potencialnih dolgoročnih prihrankov.

V teoretičnem delu smo opisali pomen in nujnost izvajanja del rednega vzdrževanja na že zgrajenih cestah, s čimer se podaljšuje življenjska doba asfaltnih vozišč in zagotavlja prometna varnost, v primerjavi s čakanjem na dotrajanost ceste in posledično takratno obnovo te. Pravočasno vzdrževanje zmanjšuje potrebo po večjih posegih in zmanjšuje skupne stroške vzdrževanja.

Nato sta v drugem, krovnem delu diplomskega dela prikazana določitev potrebnih in pravočasnih ukrepov, ki bi se morali izvesti v času predvidene življenjske dobe asfaltne vozišča, in analiza stroškov s finančnega vidika vzdrževanja lokalne ceste v primerjavi z obnovo ceste, če se sanacije v času življenjske dobe ceste ne izvedejo. Prikazan je tudi vpliv na obremenjevanje okolja, če izvajamo ukrepe pravočasno in pravilno. Celovit pristop k analizi je omogočil izdelavo priporočil za učinkovito in trajnostno upravljanje cestne infrastrukture.

Ključne besede: *redno vzdrževanje cest, življenjska doba ceste, dimenzioniranje voziščne konstrukcije, preplastitev asfaltne vozišča, obnova asfaltne vozišča.*

ZUSAMMENFASSUNG

VERGLEICH DER REGELMÄßIGEN INSTANDHALTUNG MIT DER RENOVIERUNG DER LOKALEN STRASSE ŠALOVCI-ADRIJANCI

Die Diplomarbeit analysiert und vergleicht die Sanierung einer Asphaltfahrbahn mit der Durchführung von routinemäßigen Instandhaltungsarbeiten im Vergleich zum Wiederaufbau einer Asphaltfahrbahn, wenn diese bereits beschädigt ist, und die Gründe für die Beschädigung der Asphaltfahrbahn, wenn routinemäßige Instandhaltungsarbeiten gar nicht oder nicht ordnungsgemäß durchgeführt werden. Der Vergleich wird für die lokale Straße LC 109011 Šalovci-Adrijanci durchgeführt.

Im ersten Teil der Arbeit wird der Zustand der bestehenden Gemeindestraße beschrieben und die entsprechenden Daten werden erhoben. Die Daten wurden durch zusätzliche Recherchen ergänzt, da die Gemeinde Šalovci keine Daten über die Geschichte und die durchgeführten Maßnahmen des örtlichen Straßenbaus hat. Daher waren zusätzliche Untersuchungen in Form einer Sondierungsgrabung zur Ermittlung der Dimensionen des Fahrbahnaufbaus und Laboruntersuchungen zu den verwendeten Materialien erforderlich.

Auf der Grundlage der gewonnenen Daten, einer Übersicht über die elektronisch verfügbaren Gesetze und Verordnungen im Bereich des Asphaltstraßenbaus und der Asphaltstraßeninstandhaltung wurden die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen für die Sanierung von Asphaltstraßen für den Fall der Sanierung aus der Routineunterhaltung durch Erneuerung des vorhandenen Asphalts und für den Fall einer verschlissenen Asphaltdecke ermittelt und berechnet.

Im theoretischen Teil habe ich beschrieben, wie wichtig und notwendig es ist, routinemäßige Instandhaltungsarbeiten an bereits gebauten Straßen durchzuführen, um die Lebensdauer von Asphaltbelägen zu verlängern und die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Außerdem ist es wichtig, rechtzeitig Maßnahmen zu ergreifen, sei es zur routinemäßigen Instandhaltung oder zum Warten auf die Erneuerung des Belags, wenn dieser abgenutzt ist.

Der zweite, übergeordnete Teil der Arbeit befasst sich daher mit der Ermittlung der notwendigen und rechtzeitigen Maßnahmen, die während der voraussichtlichen Lebensdauer der Asphaltfahrbahn durchgeführt werden sollten, sowie mit der Kostenanalyse aus finanzieller

Sicht für die Instandhaltung der Gemeindestraße im Vergleich zur Sanierung der Straße, wenn die Sanierung nicht während der Lebensdauer durchgeführt wird, und mit den Auswirkungen der Umweltauswirkungen aufgrund der rechtzeitigen und richtigen Maßnahmen.

Schlüsselwörter: *routinemäßige Straßeninstandhaltung, Lebensdauer von Straßen, Dimensionierung von Straßenstrukturen, Erneuerung von Asphaltbelägen, Sanierung von Asphaltbelägen*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	2
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	3
2	DELO V PROJEKTNi SKUPINI	4
3	OPIS OBSTOJEČE LOKALNE CESTE.....	8
4	PRIDOBITEV PODATKOV IN UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE ..	9
4.1	PREGLED ZGODOVINE OBSTOJEČE CESTE ŠALOVCI–ADRIJANCI	9
4.2	IZVEDBA POSNETKA CESTE, POPIS IN DOLOČITEV POŠKODB ODSEKA ŠALOVCI–ADRIJANCI NA DELU OBČINE ŠALOVCI.....	10
4.3	SONDAŽNI RAZKOP IN IZVEDBA LABORATORIJSKIH PREISKAV VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE.....	18
4.4	IZVEDBA ŠTETJA PROMETA IN DOLOČITEV PLDP TER PROMETNE OBREMENTVE NA CESTI ŠALOVCI–ADRIJANCI	25
4.5	DIMENZIONIRANJE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE CESTE ŠALOVCI–ADRIJANCI NA DELU OBČINE ŠALOVCI.....	29
5	OPIS IN DOLOČITEV PREDVIDENIH UKREPOV SANACIJE VOZIŠČA	33
5.1	IZVAJANJE DEL REDNEGA VZDRŽEVANJA CEST	34
5.2	INVESTICIJSKO VZDRŽEVANJE – IZVEDBA PREPLASTITVE VOZIŠČA	40
5.3	SANACIJA VOZIŠČA Z IZVEDBO UKREPA OBNOVE CESTE	42
5.4	ŽIVLJENJSKA DOBA.....	44
6	OCENA STROŠKOV PREDVIDENIH UKREPOV	46
6.1	OCENA STROŠKOV ZA UKREP REDNEGA VZDRŽEVANJA	46
6.2	OCENA STROŠKOV ZA UKREPE INVESTICIJSKEGA VZDRŽEVANJA.....	48
6.3	OCENA STROŠKOV ZA UKREP OBNOVE CESTE.....	48
6.4	STROŠKI VZDRŽEVANJA IN INVESTICIJ CEST V DOLOČENEM OBDOBJU	49
7	VPLIV VZDRŽEVANJA CEST NA OBREMENJEVANJE OKOLJA IN IZPUSTE CO₂ Z IZBIRO USTREZNIH IN PRAVOČASNIH UKREPOV SANACIJE CEST	51
8	VPLIV REDNEGA VZDRŽEVANJA JAVNIH CEST NA PROMETNO VARNOST.....	55
9	ZAKLJUČEK	58
10	VIRI IN LITERATURA	60
11	PRILOGE.....	63

KAZALO SLIK

SLIKA 1: PRIKAZ POTEKA LOKALNE CESTE SKOZI OBČINI GORNJI PETROVCI IN ŠALOVCI	5
SLIKA 2: STANJE ASFALTNEGA VOZIŠČA NA DELU OBČINE GORNJI PETROVCI.....	6
SLIKA 3: STANJE ASFALTNEGA VOZIŠČA NA DELU OBČINE ŠALOVCI.....	6
SLIKA 4: KARAKTERISTIČNI PROFIL OBSTOJEČE CESTE ŠALOVCI–ADRIJANCI	11
SLIKA 5: STANJE CEVNEGA PREPUSTA NA CESTI ŠALOVCI–ADRIJANCI	12
SLIKA 6: STANJE ZARAŠČENEGA JARKA IN PREVISOKIH BANKIN NA DESNI STRANI.....	13
SLIKA 7: STANJE ASFALTNEGA VOZIŠČA ŠALOVCI–ADRIJANCI.....	14
SLIKA 8: STANJE ASFALTNEGA VOZIŠČA OKTOBRA 2013	16
SLIKA 9: STANJE ASFALTNEGA VOZIŠČA SEPTEMBRA 2023	17
SLIKA 10: REZANJE OBSTOJEČEGA ASFALTA	20
SLIKA 11: IZMERA DEBELINE PLASTI ASFALTA	20
SLIKA 12: MERITEV NOSILNOSTI NEVEZANE NOSILNE PLASTI Z DINAMIČNO PLOŠČO	21
SLIKA 13: MERITEV DEBELINE PLASTI NEVEZANE NOSILNE PLASTI	22
SLIKA 14: MERITEV DEBELINE POSTELJICE	23
SLIKA 15: PRAVILNO POREZANA BANKINA – PREPREČITEV ZASTAJANJA VODE	36
SLIKA 16: PRAVILNO OČIŠČEN JAREK – PREPREČITEV ZASTAJANJA VODE	37
SLIKA 17: RAZGRADITEV ASFALTNE ZMESI – UDARNA JAMA	37
SLIKA 18: PRAVILNO KRPLANJE UDARNIH JAM S TOPLO ASFALTNO MASO.....	38
SLIKA 19: PRAVILNO KRPLANJE Z REZKANJEM – SANACIJA POŠKODOVANEGA VOZIŠČA	39
SLIKA 20: KARAKTERISTIČNI PROFIL CESTE ŠALOVCI–ADRIJANCI Z IZVEDBO SANACIJE VOZIŠČA S KRPLANJEM.....	40
SLIKA 21: KARAKTERISTIČNI PROFIL CESTE ŠALOVCI–ADRIJANCI Z IZVEDBO PREPLASTITVE VOZIŠČA S PREDHODNIMI SANACIJAMI	42
SLIKA 22: KARAKTERISTIČNI PROFIL CESTE ŠALOVCI–ADRIJANCI Z IZVEDBO UKREPA OBNOVE VOZIŠČA	44
SLIKA 23: ŽIVLJENJSKI CIKEL PROIZVODNJE ASFALTNE ZMESI S PROIZVEDENO KOLIČINO CO ₂ NA TONO ASFALTA	52
SLIKA 24: CILJI ZMANJŠEVANJA KOLIČINE CO ₂ NA TONO ASFALTA ZARADI UVEDBE NOVIH TEHNOLOGIJ DO LETA 2050	53

KAZALO TABEL

TABELA 1: IZMERJENE DIMENZIJE VOZIŠČA ŠALOVCI–ADRIJANCI	11
TABELA 2: IZMERJENE POŠKODBE NA VOZIŠČU ŠALOVCI–ADRIJANCI SEPTEMBRA 2024.....	14
TABELA 3: POŠKODOVANOST ASFALTNEGA VOZIŠČA ŠALOVCI–ADRIJANCI SEPTEMBRA 2024	15
TABELA 4: PREDPOSTAVLJENA POŠKODOVANOST ASFALTNEGA VOZIŠČA PO TERMINSKEM POTEKU 16 LET IN 26 LET OD IZGRADNJE	17

TABELA 5: IZMERJENE DEBELINE IN REZULTATI DINAMIČNEGA MODULA NOSILNOSTI PO SONDAŽNEM RAZKOPU, LOKALNA CESTA ŠALOVCI–ADRIJANCI.....	24
TABELA 6: ZAHTEVANE VREDNOSTI DEFORMACIJSKIH MODULOV NA NEVEZANIH NOSILNIH PLASTEH	24
TABELA 7: PODATKI IZVEDENEGA ROČNEGA ŠTETJA PROMETA.....	26
TABELA 8: IZRAČUN DNEVNE EKVIVALENTNE PROMETNE OBREMENITVE NA CESTI ŠALOVCI–ADRIJANCI.....	27
TABELA 9: DIMENZIJE LOKALNE CESTE ŠALOVCI–ADRIJANCI	27
TABELA 10: FAKTORJI VPLIVA NA PROMETNO OBREMENITEV	28
TABELA 11: RAZVRSTITEV PROMETNIH OBREMENITEV V SKUPINE PROMETNIH OBREMENITEV	29
TABELA 12: DELEŽ OBSTOJEČIH MATERIALOV ZA PREVZEM PROMETNIH OBREMENITEV	30
TABELA 13: PREDPOSTAVLJENA OJAČITEV OZIROMA PREPLASTITEV OBSTOJEČEGA ASFALTA	31
TABELA 14: PREDPOSTAVLJENI DEBELINSKI INDEKS CESTE PO OBNOVI	32
TABELA 15: DELA REDNEGA VZDRŽEVANJA, KI VPLIVAJO NA NASTANEK POŠKODB	34
TABELA 16: PREDVIDEN UKREP SANACIJE VOZIŠČA S STROJNIM KRPAJEM.....	39
TABELA 17: PREDVIDEN UKREP SANACIJE VOZIŠČA Z IZVEDBO PREPLASTITVE	41
TABELA 18: PREDVIDEN UKREP OBNOVE VOZIŠČA	43
TABELA 19: OCENA STROŠKOV REDNEGA VZDRŽEVANJA ZA 1 LETO.....	46
TABELA 20: OCENA STROŠKOV KRPAJJA UDARNIH JAM ROČNO ZA 1 LETO.....	47
TABELA 21: OCENA STROŠKOV STROJNEGA KRPAJJA (SANACIJ) OD 11. DO 15. LETA ZA 1 LETO.....	47
TABELA 22: OCENA STROŠKOV IZVEDBE ASFALTNE PREVLEKE V 15. LETU OD IZGRADNJE CESTE.....	48
TABELA 23: OCENA STROŠKOV IZVEDBE OBNOVE CESTE	48
TABELA 24: PORABA ASFALJNIH ZMESI PO DOLOČENIH UKREPIH Z IZPUSTI CO ₂	53
TABELA 25: UMRLI V PROMETNIH NESREČAH NA SLOVENSКИH CESTAH, OBDOBJE 2013–2022	55

KAZALO GRAFOV

GRAF 1: NARAŠČANJE POŠKODOVANOSTI ASFALTNEGA VOZIŠČA PO POSAMEZNIH LETIH	18
GRAF 2: PRIKAZ TRAJANJA ŽIVLJENJSKE DOBE CESTE PO IZVEDENIH UKREPIH V OBDOBJU 30 LET	45
GRAF 3: PRIKAZ SKUPNIH STROŠKOV PO UKREPIH SANACIJ V OBDOBJU 30 LET	50

1 UVOD

Ceste so se pričele graditi že davno v zgodovini. Po zavedanju prvega človeka in njegovih naslednikov, da mora preživeti, je nastala potreba po iskanju hrane. Kasneje se je pojavila potreba po raziskovanju novih ozemelj, vojaških pohodih in širjenju ozemlja oziroma trgovskih povezav.

Človek je posledično ugotovil, da za premagovanje poti potrebuje ceste. Prvotno so zadostovali uhojeni travniki, kasneje utrjene poti s kamnom, agregatom, betonom in asfaltom.

Skozi zgodovino smo se ljudje tako naučili uporabljati nove, naravne in umetne gradbene materiale za gradnjo cest ter pričeli spoznavati tudi nove tehnologije.

Sčasoma se je pokazalo, da zgrajene ceste po določenem obdobju začnejo propadati bodisi zaradi spremembe klime, vremena, neuporabe ali prekomerne uporabe bodisi zaradi gradnje z neustreznimi materiali.

Zato se je pojavila težnja, nujnost in potreba po vzdrževanju zgrajenih cest, ki bi ostale ohranjene in bi omogočale udobno ter varno uporabo.

Do današnjega dne so na podlagi izkušenj in poznavanja materialov nastali različni tehnični predpisi in zakonska določila za ohranitev cest. Za javne ceste pa tudi zakonska določila za ohranjanje cest z vidika nujne gospodarske javne službe, ki mora omogočati prometno varnost za vse udeležence v prometu.

Zakon o cestah (ZCes-2) (Uradni list RS, št. 132/22) pravi, da je redno vzdrževanje javnih cest obvezna gospodarska javna služba, ki obsega vzdrževalna dela za ohranjanje javnih cest v stanju, ki zagotavlja varnost in prevoznost javnih cest, nadzor nad stanjem javnih cest in cestnega sveta. V diplomskem delu se bomo posvetili voziščni konstrukciji oziroma asfaltni utrditvi z vidika pravilnega in pravočasnega vzdrževanja vozišča v primerjavi z obnovo ceste na konkretnem primeru lokalne ceste Šalovci–Adrijanci.

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Področje vzdrževanja javnih cest je zelo kompleksna dejavnost, ki od izvajalcev rednega vzdrževanja javnih cest zahteva zelo širok spekter znanja, pri čemer morajo ti znati popraviti vse, kar je nekdo zgradil, v to vložil svoje znanje in tudi veliko sredstev, pa najsi gre za vozišča, objekte, naprave za odvodnjavanje ali druge sestavne dele javnih cest.

Sam problem pa nastane predvsem zaradi nepoznavanja zakonskih predpisov, premalo strokovnega kadra oz. kadra s slabim znanjem. Splošno prepričanje namreč je, da je vzdrževalec cest lahko vsak. Problem je tudi premalo sredstev, namenjenih za redno vzdrževanje javnih cest. Zaradi pomanjkanja finančnih sredstev in nepravilnega ter nepravočasnega vzdrževanja, torej izbire nepravilnih ukrepov, pa lahko pride do hitrega propadanja cest, asfaltnih vozišč in povečanja kasnejših finančnih vlaganj v sanacijo cest.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

V diplomskem delu želimo ugotoviti, zakaj prihaja do takega stanja asfaltnih vozišč oziroma katere ukrepe bi bilo treba izvesti, da bi določen odsek ceste oziroma asfaltno vozišče ostalo nepoškodovano, istočasno pa bi se zmanjšala kasnejša finančna vlaganja, izboljšala prometna varnost in zmanjšalo obremenjevanje okolja.

V nadaljevanju diplomskega dela želimo ugotoviti tudi, s katerim ukrepom izvesti sanacijo na že poškodovanem vozišču, da se ohrani prometna varnost. Obenem želimo izvesti primerjavo glede finančnih sredstev, če bi se izvedli primerni ukrepi vzdrževanja asfaltnega vozišča že prej – bodisi z vzdrževanjem v obliki krpanja, preplastitve vozišča ali kasnejšo obnovo asfaltnega vozišča. Opisano želimo primerjati z vzdrževanjem asfaltnega vozišča skozi ukrepe rednega vzdrževanja, investicijskega vzdrževanja in obnove ceste.

Da bi prišli do prej naštetih ugotovitev, smo si zadali naslednje hipoteze, s katerimi želimo ugotoviti in zaključiti, da se s pravilnimi in pravočasnimi ukrepi da podaljšati življenjsko dobo asfaltnega vozišča in same ceste:

(H1): Z ustreznimi ukrepi rednega vzdrževanja se da za 50 % podaljšati življenjsko dobo asfaltnega vozišča.

(H2): Strošek obnove dotrajane ceste je za 25 % višji od stroška vzdrževanja ceste, ki vključuje tudi strošek investicijskega vzdrževanja.

(H3): S pravočasnimi in ustreznimi ukrepi rednega vzdrževanja javnih cest se za 10 % ohranja in povečuje prometna varnost.

(H4): S pravilno in pravočasno izbiro ukrepov pri sanaciji vozišč se lahko za 15 % zmanjšajo vrednosti izpustov CO₂ in s tem obremenjevanje okolja.

1.3 Predpostavke in omejitve

Izdelava diplomskega dela bo temeljila na izkušnjah podjetja Pomgrad – Cestno podjetje, d. d., ki se ukvarja z vzdrževanjem in gradnjo cest in kjer sem sam tudi zaposlen. S pomočjo uporabljenih raziskovalnih metod se bodo pridobili potrebni podatki za izdelavo diplomskega dela in za dokazovanje zgoraj navedenih hipotez.

Predvidevamo, da bi med raziskovanjem za potrebe diplomskega dela lahko prišlo do premalo vhodnih podatkov, ker bomo obdelovali podatke za lokalno cesto, pri čemer bo treba pridobiti podatke o zgodovini ceste, podatke o njenem vzdrževanju, kar bo zaradi majhnosti občine težje, obenem se lahko zgodi, da bodo pridobljeni podatki le za določeno obdobje ali pa jih sploh ne bo možno pridobiti, kar bo vplivalo na rezultate. Do omejitev lahko pride tudi pri primerjavah s podobnimi podatki, ki bi jih lahko pridobili s strani ostalih organizacij ali podjetij, in sicer zaradi njihovih poslovnih skrivnosti.

2 DELO V PROJEKTNi SKUPINI

Uvodno srečanje na sedežu visoke šole Academia je predstavljalo predpripravo za izdelavo diplomskega dela. Prvotno smo udeleženci srečanja izvedli dva testa, in sicer test vlog v timu po Belbinu ter test osebnosti Myers Briggs z namenom, da bi določili posamezne vloge študentov.

Na podlagi rezultatov obeh testov smo se razdelili v projektne skupine za pripravo in izdelavo diplomskih del. Zaradi delovnih izkušenj, poznavanja samega projektnega dela ter na podlagi rezultatov testov, ki so pokazali, da imam sposobnosti nadzornega ocenjevalca, tvorca, skupinskega delavca, koordinatorja in direktorja oziroma vodje, sem v skupini opravljal vlogo vodje projekta in sodeloval pri vseh nalogah projekta predpriprave na diplomsko delo.

Ker sem zaposlen v podjetju, ki se ukvarja izključno z vzdrževanjem in gradnjo cest, sem na uvodnem srečanju moje skupine predstavil zeleno temo mojega diplomskega dela. Ostale člane skupine sem seznanil, da se pri delu srečujem z vzdrževanjem obstoječih državnih cest in s sanacijo že dotrajanih vozišč državnih in občinskih cest. Obenem se kot posamezniki v vsakdanjem življenju, ko smo na poti v službo ali na poti na dopust, srečujemo s slabšimi cestami, na kar verjetno vplivajo odločitve investitorjev oz. pomanjkanje finančnih sredstev, nepoznavanje predpisov o gradnji in nevzdrževanje cest. To lahko vodi do povečanja kasnejših vlaganj in zmanjšanja obstoječe prometne varnosti, čemur smo priča vsi uporabniki cest.

Tak problem opažam na lokalni cesti, po kateri se vsakodnevno vozim, tj. na lokalni cesti LC 109011 Gornji Petrovci–Adrijanci–Šalovci, kjer cesta poteka skozi dve občini, in sicer občino Gornji Petrovci in občino Šalovci. Na delu odseka, ki poteka skozi občino Gornji Petrovci, je asfaltno vozišče v dobrem stanju, na delu odseka, ki poteka skozi občino Šalovci, pa je asfaltno vozišče poškodovano in je pričelo propadati.



Slika 1: Prikaz poteka lokalne ceste skozi občini Gornji Petrovci in Šalovci

Vir: gis.iobcina.si in lastni vir



Slika 2: Stanje asfaltnega vozišča na delu občine Gornji Petrovci

Vir: lastni vir, 2024



Slika 3: Stanje asfaltnega vozišča na delu občine Šalovci

Vir: lastni vir, 2024

Svojo skupino sem zato seznanil, da želim v svojem diplomskem delu predpostaviti in dokazati, da bi se s pravočasnimi in ustreznimi ukrepi sanacij oziroma vzdrževanja lahko podaljšala življenjska doba asfaltnega vozišča, ohranila ali povečala prometna varnost in morebiti zmanjšala kasnejša vlaganja na konkretnem primeru lokalne ceste Šalovci–Adrijanci.

3 OPIS OBSTOJEČE LOKALNE CESTE

Občinska cesta Gornji Petrovci–Šalovci leži na severovzhodu Goričkega, v Prekmurju. Je povezovalna cesta med naselji Gornji Petrovci in Šalovci, po kategoriji lokalna cesta, ki poteka med dvema občinama, in sicer med občino Gornji Petrovci in občino Šalovci.

Po odloku o kategorizaciji občinskih cest občine Šalovci gre za lokalno cesto s številko odseka LC 109011, njen potek se imenuje Gornji Petrovci–Adrijanci–Šalovci. Začetek odseka je na regionalni cesti 3. reda R3-721, odsek 1317 Petrovci–Kuzma, konec odseka pa na regionalni cesti 1. reda R1-232, odsek 1314 Hodoš–Petrovci. Skupna dolžina odseka je 4.978 m, od tega je v občini Šalovci dolžina odseka 1.271 m, preostala dolžina odseka v občini Gornji Petrovci pa 3.707 m (povzeto po odloku o Kategorizaciji občini cest v občini Šalovci). (Uradni list RS, št. 79/2017, stran 12316).

Na delu ceste, ki leži v občini Gornji Petrovci, poteka odsek skozi naselje Adrijanci, na delu ceste, ki leži v občini Šalovci, pa ni nobenega naselja. Tam odsek poteka na ravninskem terenu, na levi in desni strani pa meji na kmetijska zemljišča v obliki travnikov in njiv.

4 PRIDOBITEV PODATKOV IN UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE

Da bi raziskali in ugotovili, zakaj je na isti cesti stanje asfaltnega vozišča tako zelo različno in kakšne ukrepe je treba izvesti za ohranitev prevoznosti, tj. ali z deli vzdrževanja ali z izvedbo obnove ceste, je treba pridobiti ustrezne podatke in izvesti določene raziskave.

Po pregledu zakonskih določil in tehničnih specifikacij za javne ceste smo ugotovili, da je treba najprej pridobiti naslednje vhodne podatke:

- lega ceste (zaradi klimatskih in hidroloških podatkov);
- ocenitev stanja vozišča ceste in pregled zgodovine gradnje, morebitnih modernizacij ali sanacij (zaradi podatkov o vrstah in debelini materialov v voziščni konstrukciji);
- podatke o povprečnem letnem dnevnem prometu (v nadaljevanju PLDP) in določitev prometne obremenitve;
- podatke o izpustih CO₂ zaradi prometa in zaradi tehnologij za različne ukrepe sanacij.

S pridobljenimi podatki se bodo lahko izvedle analize, na podlagi katerih se bodo določili potrebni ukrepi za vzdrževanje ali obnovo asfaltnega vozišča. Pridobljeni podatki ukrepov se bodo morali še ovrednotiti, s čimer se bodo lahko tudi potrdile ali ovrgle zastavljene hipoteze v pričajučem diplomskem delu.

4.1 Pregled zgodovine obstoječe ceste Šalovci–Adrijanci

Po razgovoru z županom občine Šalovci smo ugotovili, da občina ne razpolaga s podatki, kdaj je bil del ceste, ki poteka skozi občino Šalovci, zgrajen, niti kdaj je bil utrjen z asfaltno izvedbo ali kakšne vrste materialov oziroma kakšne debeline teh so vgrajene.

Po pričevanju župana sosednje občine, občine Gornji Petrovci, s katerim smo prav tako opravili razgovor, je na tem odseku ceste vse do leta 1997 bil makadam, tega leta pa je bil odsek ceste na delu občine Gornji Petrovci moderniziran. Izvedel se je nosilni sloj asfalta in kasneje še obrabni sloj asfalta. Katerega leta se je v občini Gornji Petrovci zgodilo slednje, pa ni podatka. Po pričevanju župana občine Gornji Petrovci se je na delu odseka občine Šalovci ta moderniziral istega leta, izvedel se je enoslojni asfalt. Niti ena od občin pa nima nobenih katastrov, v katerih bi se vodila zgodovina gradnje dotične lokalne ceste.

Ker ni bilo mogoče pridobiti podatkov o obstoječi voziščni konstrukciji, so se morale izvesti dodatne raziskave.

4.2 Izvedba posnetka ceste, popis in določitev poškodb odseka Šalovci–Adrijanci na delu občine Šalovci

Izvedel se je vizualni pregled odseka, tj. stanja vozišča, naprav za odvodnjavanje, določile so se poškodbe. Izmere poškodb in dimenzij vozišča so se izvedle z merilnim kolesom in metrom, višine brežin in prečnih ter vzdolžnih naklonov vozišča pa z nivelirjem, tj. napravo za merjenje višin.

- **Izvedba posnetka ceste in vizualni pregled odseka**

Izmere so se pričele na meji med občino Gornji Petrovci in občino Šalovci, kjer se je določila stacionaža 0,000 m. Izmere so se izvajale v smeri proti naselju Šalovci, kjer je tudi konec odseka.

Po izvedenih meritvah z merilnim kolesom znaša dolžina odseka, izmerjena na terenu, 1.275 m. Širina voziščne konstrukcije je 6,50 m, od tega znaša asfaltno vozišče 5,10 m z obojestranskimi bankinami širine 2 x 0,70 m. Cesta ima dva vozna pasova 2 x 2,55 m, prečni naklon vozišča je 2,50 %, vzdolžni naklon pa po oceni do 2 %.

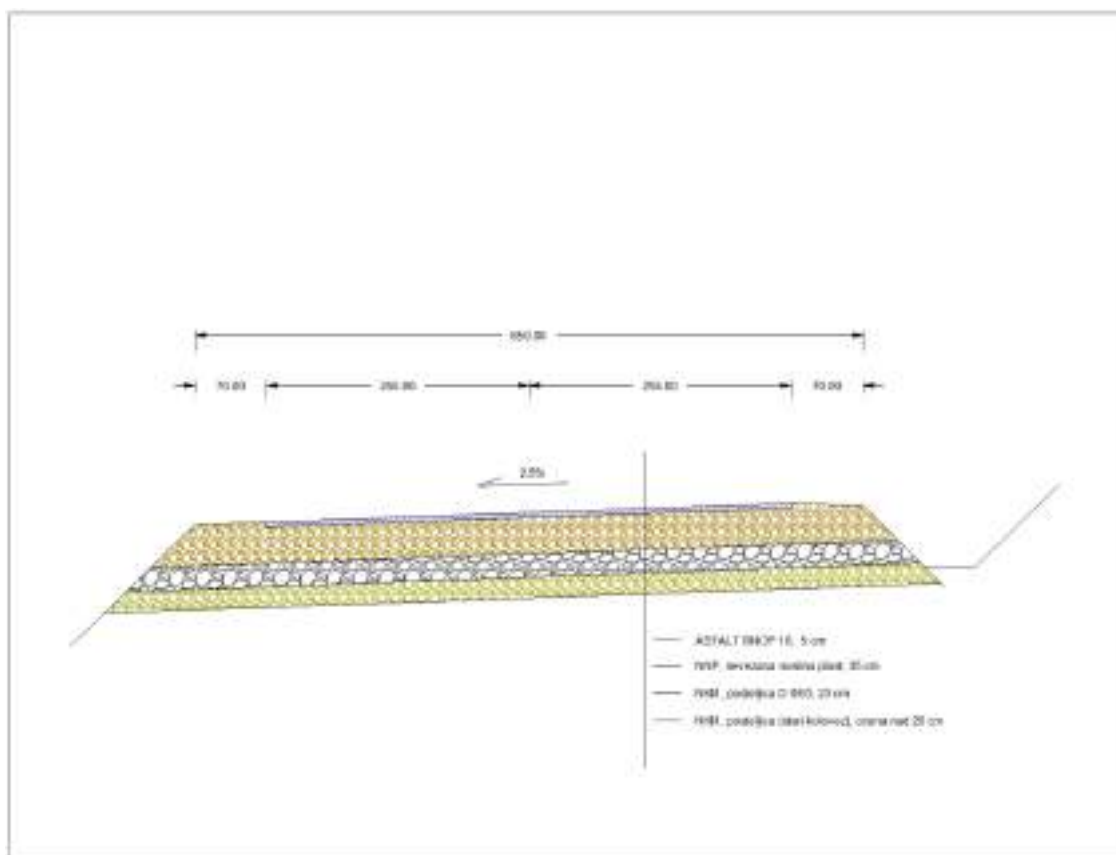
Na desni strani v smeri odseka poteka zemeljski jarek v celotni dolžini 1.275 m, ki služi za odvodnjavanje zalednih in meteornih voda s cestišča lokalne ceste. Na levi strani pa je jarek le proti koncu odseka v dolžini 374 m.

Preostalo odvodnjavanje s prečnim naklonom proti levi strani je bilo verjetno predvideno kot razpršeno odvodnjavanje po celotni dolžini preko bankine. Na levi in desni strani lokalna cesta meji na kmetijska zemljišča v obliki travnikov, pašnikov in njiv. Dostop do teh je omogočen preko cestnih priključkov, ki niso utrjeni. Na desni strani odseka, kjer poteka zemeljski jarek, pa so v območju pravokotnih priključkov še cevni prepusti iz betonskih cevi premera od fi 30 cm do fi 40 cm z obojestranskimi betonskimi glavami. Na treh lokacijah so tudi prečni prepusti, ki odvajajo meteorno vodo preko jarkov skozi prečne prepuste v pravokotne odvodne jarke. Odsek je pomanjkljivo opremljen s prometno signalizacijo, tj. brez talnih obeležb in cestnih smernikov.

Tabela 1: Izmerjene dimenzije vozišča Šalovci–Adrijanci

Št.	Od km	Do km	Dolžina	Širina	m ²	Lega	Opomba
A. Celotno vozišče							
1.	0	1.253	1.253,00	6,50	8.144,50	cela	vozišče 0,70 m + 5,10 m + 0,70 m
2.	1.253	1.275	22,00	6,50	143,00	cela	vozišče 0,70 m + 5,10 m + 0,70 m
			1.275,00		8.287,50		
B. Asfaltno vozišče							
1.	0	1.253	1.253,00	5,10	6.390,30	cela	
2.	1.253	1.275	22,00	20,05	441,10	cela	
					6.831,40		
A. Obcestni jarki							
1.	0	1.275	1.275,00			desno	
2.	901	1.275	374,00			levo	
			1.649,00				
A. Bankine							
1.	0	1.275	1.275,00	0,70	892,50	desno	
2.	0	1.275	1.275,00	0,70	892,50	levo	
					1.785,00		

Vir: lastni vir, 2024



Slika 4: Karakteristični profil obstoječe ceste Šalovci–Adrijanci

Vir: lastni vir, 2024

- **Določitev poškodb**

Določitev in obseg poškodb sta se opravila na podlagi vizualne ocene in izmerjenih podatkov. Poškodbe so se določile s terenskimi izmerami. Na podlagi izmer se je določila količina oziroma % poškodovanosti asfaltnega vozišča.

- **Odvodnjavanje in bankine**

Po vizualnem pregledu ceste je bilo ugotovljeno, da so prepusti delno zasuti in ne omogočajo normalnega pretoka vode. Na desni strani ceste, kjer poteka zemeljski odvodni jarek, je bilo prav tako razvidno, da je jarek zasut in ne opravlja v celoti svoje funkcije. Vidno je bilo tudi zastajanje vode na posameznih delih jarka. Prečni odvodni jarki, v katere se preko prečnih prepustov izteka voda iz obcestnega jarka na levi strani, so po terenskem ogledu bili vidno zaraščeni in zasuti. Bankine na levi in desni so bile zatravljene in previsoke, zaradi česar ne omogočajo odтока vode z vozišča.



Slika 5: Stanje cevnega prepusta na cesti Šalovci–Adrijanci

Vir: lastni vir, 2024



Slika 6: Stanje zaraščenega jarka in previsokih bankin na desni strani

Vir: lastni vir, 2024

- Stanje asfaltnega vozišča

Po vizualnem pregledu je bilo ugotovljeno, da so na asfaltnem vozišču vidne večje poškodbe v obliki udarnih jam, izmetov asfalta in luščenja zrn na površini asfaltnega vozišča.

Po tehnični specifikaciji Redno vzdrževanje cest – vzdrževanje prometnih površin asfaltna vozišča (TSC 08.311/1:2005) do izmeta asfalta prihaja zaradi dotrajanosti asfaltnega vozišča, ki ga povzroča oksidacija bitumenskega veziva v asfaltu. Posledica tega je nastanek udarnih jam na vozišču.

Na tem pa sicer ni videti večjih posedkov, zaradi česar lahko sklepamo, da so spodnji ustroji voziščne konstrukcije še ustrezni.

Na robovih se pričenjajo kazati tudi razpoke, ki so nastale zaradi zastajanja meteorne vode ob robovih vozišča zaradi previsokih bankin, ki so zatravljene in ne omogočajo razpršenega odvodnjavanja.



Slika 7: Stanje asfaltnega vozišča Šalovci–Adrijanci

Vir: lastni vir, 2024

Ker so po vgraditvi različnih materialov v voziščne konstrukcije ti izpostavljeni različnim klimatskim vplivom in vplivom zaradi prometa, se po določenem času na voziščih pokažejo poškodbe.

- Ocena poškodovanosti asfaltnega vozišča septembra 2024

Septembra 2024 se je opravil tudi popis poškodb na asfaltnem vozišču.

Tabela 2: Izmerjene poškodbe na vozišču Šalovci–Adrijanci septembra 2024

Št.	Od km	Do km	Dolžina	Širina	m ²
1.	0	10	10,00	5,10	51,00
2.	18	34	16,00	5,10	81,60
3.	40	54	14,00	5,10	71,40
4.	65	67	2,00	2,00	4,00
5.	71	124	53,00	2,50	132,50
6.	148	151	3,00	2,50	7,50
7.	191	202	11,00	5,10	56,10
8.	218	252	34,00	2,50	85,00

9.	271	286	15,00	5,10	76,50
10.	295	306	11,00	5,10	56,10
11.	314	328	14,00	5,10	71,40
12.	344	452	108,00	5,10	550,80
13.	487	498	11,00	5,10	56,10
14.	515	595	80,00	5,10	408,00
15.	610	654	44,00	5,10	224,40
16.	665	689	24,00	5,10	122,40
17.	716	740	24,00	2,60	62,40
18.	740	775	35,00	5,10	178,50
19.	808	840	32,00	5,10	163,20
20.	858	922	64,00	5,10	326,40
21.	989	1.001	12,00	5,10	61,20
22.	1.131	1.140	9,00	3,00	27,00
23.	1.232	1.253	21,00	5,10	107,10
			647,00		2.980,60

Vir: lastni vir, 2024

Na podlagi popisa je bilo ugotovljeno, da je na odseku ceste LC 109011 Šalovci–Adrijanci septembra 2024 poškodovane 43,63 % asfaltne površine.

Tabela 3: Poškodovanost asfaltnega vozišča Šalovci–Adrijanci septembra 2024

Št.	Opis asfaltnega vozišča	m ²	%
1.	Celotna površina asfaltnega vozišča	6.831,40	100,00
2.	Površina poškodovanega asfalta, potrebne sanacije	2.980,60	43,63

Vir: lastni vir, 2024

- Ocena nastanka poškodb na asfaltnem vozišču

Ker ni bilo podatkov, kdaj so poškodbe na asfaltnem vozišču pričele nastajati, se je s pomočjo slik iz spletne aplikacije Google maps (<https://www.google.com/maps>) določil terminski nastanek poškodb asfaltnega vozišča z zajemom slik z iste točke, in sicer za mesec oktober 2013 in za mesec september 2023.

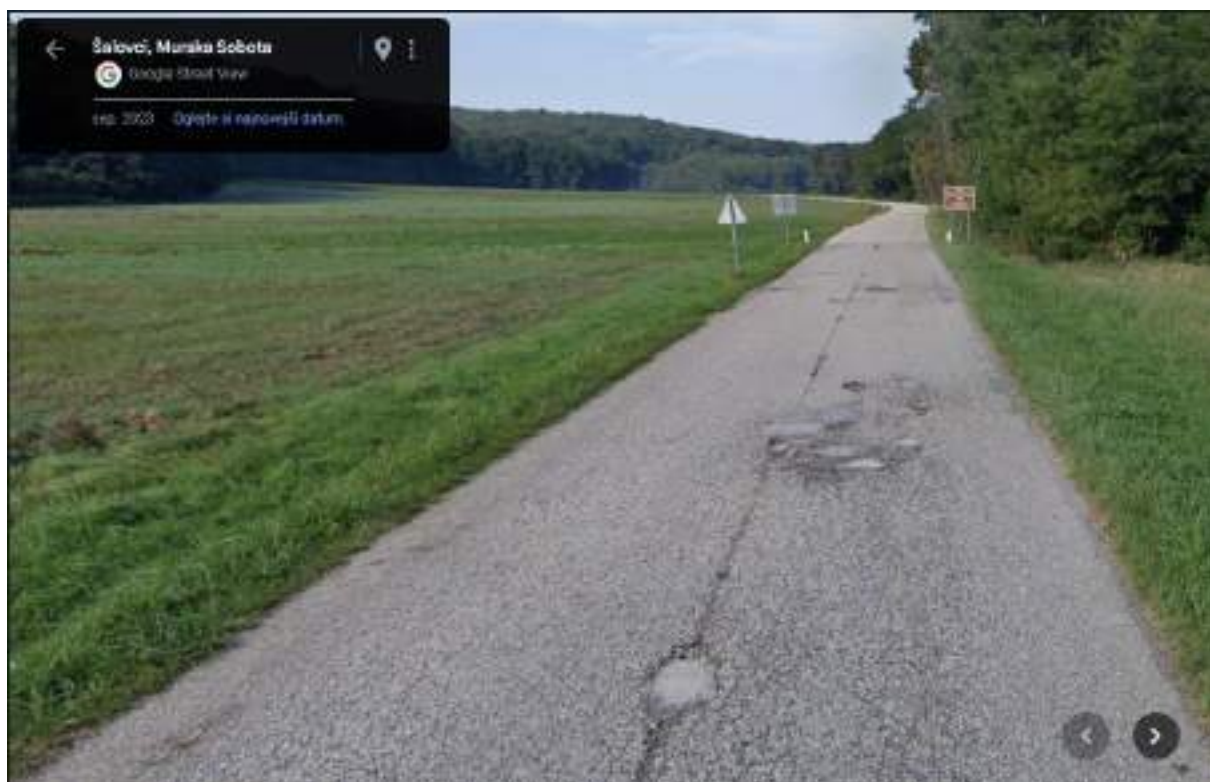
Za reprezentativni primer se je določila razdalja 50,00 m od začetka odseka, ki je na meji med občinama Gornji Petrovci in Šalovci. Z izmerjeno širino obstoječega asfaltnega vozišča 5,10 m in izračunano površino 255,00 m² se je ocenil terminski nastanek poškodb na asfaltnem vozišču.



Slika 8: Stanje asfaltnega vozišča oktobra 2013

Vir: <https://www.google.com/maps>

Na podlagi slike 8 (oktober 2013) lahko ocenimo, da asfaltno vozišče ceste, zgrajene leta 1997, po preteku 16 let še ni bilo zelo poškodovano. Če preštejemo udarne jame in se velikost posamezne jame oceni s predvideno površino $1,00 \text{ m}^2$, lahko predpostavimo, da je po preteku 16 let na površini odseka ceste $255,00 \text{ m}^2$ bilo poškodovanih $6,00 \text{ m}^2$ asfaltnega vozišča.



Slika 9: Stanje asfaltnega vozišča septembra 2023

Vir: <https://www.google.com/maps>

Na podlagi slike 9 (september 2023) lahko ocenimo, da so se po preteku nadaljnjih 10 let, tj. od oktobra 2013, poškodbe na asfaltnem vozišču povečale. Vidne so že poškodbe v obliki razgraditve asfalta in mrežastih razpok.

Če se preštejejo udarne jame in se velikost posamezne jame oceni s predvideno površino 1,00 m², lahko predpostavimo, da je po preteku 26 let na površini 255,00 m² bilo poškodovanega 50,00 m² asfaltnega vozišča.

Na podlagi podatkov o poškodovanosti vozišča septembra 2024 in podatkov o predpostavljani poškodovanosti se predpostavi naslednje:

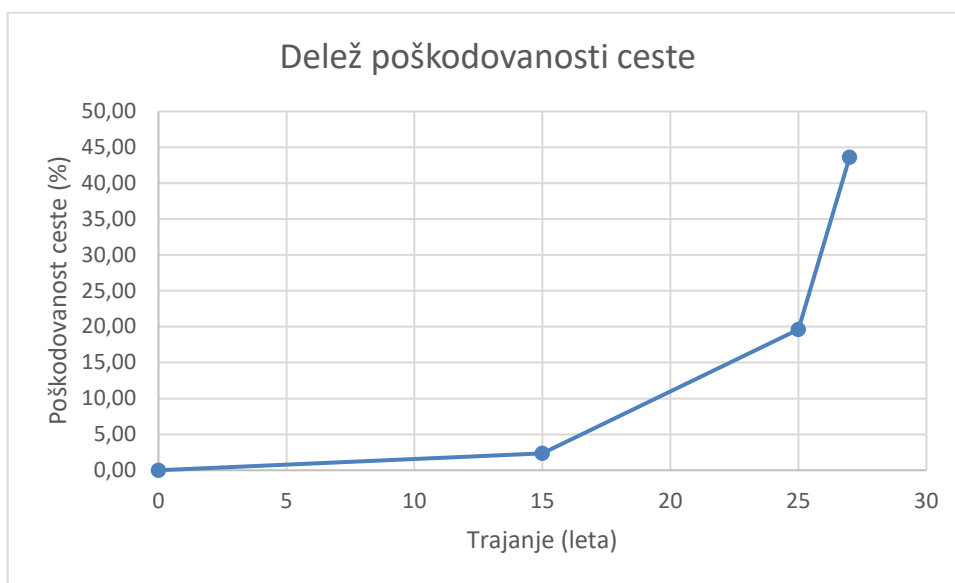
Tabela 4: Predpostavljena poškodovanost asfaltnega vozišča po terminskem poteku 16 let in 26 let od izgradnje

Št.	Leto	Pretek let od gradnje	Vzorec površine asfaltnega vozišča (m ²)	Ocenjena površina poškodovanega vozišča (m ²)	Poškodovanost (%)	Opomba
1.	1997	0	255,00	0,00	0,00	Leto izgradnje – brez poškodb
2.	2013	16	255,00	6,00	2,35	16 let po izgradnji – poškodbe v obliki udarnih jam

3.	2023	26	255,00	50,00	19,61	26 let po izgradnji – poškodbe v obliki udarnih jam
4.	2024	27	6.831,40	2.980,60	43,63	27 let po izgradnji – poškodbe v obliki udarnih jam

Vir: lastni vir, 2024

Graf 1: Naraščanje poškodovanosti asfaltnega vozišča po posameznih letih



Vir: lastni vir, 2024

Na podlagi slike 8 in 9 ter tabele 4 lahko predpostavimo, da so prve poškodbe v obliki udarnih jam na asfaltnem vozišču nastale med 7. in 16. letom po izgradnji odseka, med 16. in 27. letom od izgradnje pa so nastale večje poškodbe v obliki izmeta asfalta, nastanka mrežastih razpok in razgraditve asfalta. Iz grafa št. 1 je razvidno, da poškodbe eksponentno naraščajo.

4.3 Sondažni razkop in izvedba laboratorijskih preiskav voziščne konstrukcije

Struktura vozišča se ugotavlja na podlagi morebitnih cestnih katastrov, banke cestnih podatkov in zapisov o zgodovini del na konkretni cesti. Ker občina Šalovci ni razpolagala s potrebnimi podatki, se je moral izvesti sondažni razkop. Sondažni razkop se je izvedel 20. 6. 2023.

S sondažnim razkopom so se ugotavljale debeline obstoječih plasti vgrajenih materialov v voziščni konstrukciji, ki bodo potrebne za nadaljnje raziskovanje ter določitev potrebnih

ukrepov sanacij vozišča. V času poteka sondažnega razkopa so se izmerile tudi nosilnosti na nevezani nosilni plasti pod asfaltom, posteljici in temeljnih tleh s krožno dinamično ploščo. Odvzeli so se še vzorci obstoječih vgrajenih materialov nevezane nosilne plasti in posteljice.

Sondažni razkop in meritve nosilnosti so se izvedli v skladu s tehnično specifikacijo Meritve in preiskave – deformacijski moduli vgrajenih materialov (TSC 06.720:2003)

Pri sondažnem razkopu so sodelovali delavci podjetja Pomgrad, ki so pomagali pri fizični izvedbi razkopa in izvedbi meritve nosilnosti s krožno dinamično ploščo za določitev dinamičnega deformacijskega modula E_{vd}.

Dinamični deformacijski modul je značilna vrednost za deformabilnost materiala pri definirani sunkoviti obremenitvi krožne plošče s padajočo lahko utežjo, določeno na osnovi izmerjene amplitude posedka površine plošče in na podlagi tehnične specifikacije Meritve in preiskave – deformacijski moduli vgrajenih materialov (TSC 06.720:2003).

Razkop se je izvedel na površini, ki je bila delno na vozišču in delno na bankini, s čimer se je zajela celotna voziščna konstrukcija. Da bi bili rezultati merodajni za določitev ukrepa, se je določilo mesto razkopa na mestu poškodb obstoječega asfalta.

- **Sondažni razkop**

Za izvedbo sondažnega razkopa se je najprej izrezal asfalt z žago za asfalt in odstranila plast obstoječega asfalta. Izmerila se je debelina obstoječega asfalta z metrom, ki je znašala 5 cm, in vizualna ocena vrste obstoječe vgrajene asfaltne zmesi. Glede na sama zrna in oceno vgrajenega asfalta se predvideva, da gre za asfalt vrste BNOP16.

Asfaltno vozišče je bilo torej iz enoslojnega nosilnega asfalta iz asfaltne zmesi BNOP16, ki se je v preteklosti vgrajevala za lahke prometne obremenitve kot nosilno-obračna plast (ASFALT 3, ZAS, 2006). Asfaltna zmes BNOP16 se danes več ne proizvaja, ampak se kot nosilno-obračna plast uporablja asfaltna zmes AC16 surf (TSC 06.300/06.410:2009, Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti).



Slika 10: Rezanje obstoječega asfalta

Vir: lastni vir, 2023



Slika 11: Izmera debeline plasti asfalta

Vir: lastni vir, 2023



Slika 12: Meritev nosilnosti nevezane nosilne plasti z dinamično ploščo

Vir: lastni vir, 2023

Po odstranitvi asfalta se je izvedla meritev nosilnosti nevezane nosilne plasti s krožno dinamično ploščo, po oceni iz drobljenca tampona 0/32 mm ali prodca 0/45 mm, kjer je znašal deformacijski modul $E_{vd} = 62 \text{ MN/m}^2$ in $E_{vd} = 69 \text{ MN/m}^2$.

Po meritvi nosilnosti nevezane nosilne plasti se je izvedel strojno-ročni izkop do naslednje plasti. Debelina nevezane nosilne plasti je po izmeri z metrom znašala 35 cm.

Zatem se je izvedla meritev nosilnosti naslednjega sloja, posteljice, po oceni iz kamnitega drobljenca, kjer je znašal deformacijski modul $E_{vd} = 45,4 \text{ MN/m}^2$.



Slika 13: Meritev debeline plasti nevezane nosilne plasti

Vir: lastni vir, 2023

Po meritvi nosilnosti posteljice, ki je bila iz kamnitega materiala, se je ponovno izvedel strojno-ročni izkop do naslednje plasti materiala v voziščni konstrukciji, ki je po izmeri z metrom znašal 23 cm.

Po izmeri debeline plasti posteljice se je izmerila nosilnost temeljnih tal, ki je bila sestavljena iz zrna agregata, verjetno prvotni kolovoz, deformacijski modul $E_{vd} = 47,5 \text{ MN/m}^2$. Ker so meritve nosilnosti posameznih plasti kazale presenetljivo zelo dobre rezultate in je bila debelina vgrajenih plasti primerna, se izkop naprej v globino ni nadaljeval. Predvidevali smo, da je debelina obstoječega kolovoza iz gramoznega materiala vsaj 20 cm če ne več, s čimer se predpostavi, da so debeline pod asfaltom vsaj 80 cm, zaradi česar se spodnji ustroji pod asfaltom ocenijo kot dobri in dobro nosilni.



Slika 14: Meritev debeline posteljice

Vir: lastni vir, 2023

Vsi rezultati meritev debelin in meritev nosilnosti s krožno dinamično ploščo so se zabeležili v zapisnik. Hkrati so se odvzeli še vzorci materialov, posebej nevezane plasti in posteljice, ki so se shranili v čista 20-litrška vedra s pokrovom. Na vedra se je zapisal datum in vrsta vzorca, nato so bila odpeljana v laboratorij sistema podjetja Pomgrad za izvedbo laboratorijskih preiskav. Po končanem razkopu se je jama razkopa zapolnila z izkopanimi materiali v enakih debelinah in utrdila po plasteh z vibro nabijačem in vibro ploščo. Na koncu se je površinski sloj zakrpal s hladno asfaltno maso, mesto razkopa se je očistilo.

Tabela 5: Izmerjene debeline in rezultati dinamičnega modula nosilnosti po sondažnem razkopu, lokalna cesta Šalovci–Adrijanci

Št.	Vrsta plasti	Vrsta materiala	Debelina (cm)	Nosilnost – dinamični modul Evd (MN/m ²)	Nosilnost – dinamični modul Evd2 (MN/m ²)
1.	Asfalt	BNOP16	5		
2.	NNP (nevezana nosilna plast)	tampon	35	62	124
3.	NKM (posteljica)	kamen, drobljeni	23	45,4	90,8
4.	NKM (stari kolovoz)	prodec	20	47,5	95
			83		

Vir: lastni vir, 2023

Po pregledu tehničnih smernic za nevezane nosilne in obrabne plasti (TSC 06.200:2003) so se primerjale vrednosti izmerjenih nosilnosti in deformacijskega modula z zahtevami, ki jih določajo smernice. Iz primerjave je razvidno, da je zahteva za nevezane nosilne plasti za težko prometno obremenitev večja ali enaka 120, zato lahko iz izvedene raziskave ugotovimo, da imajo vgrajeni materiali na nevezani nosilni plasti zelo dobro nosilnost.

Tabela 6: Zahtevane vrednosti deformacijskih modulov na nevezanih nosilnih plasteh

Vrsta zmesi kamnitih zrn	Prometna obremenitev					
	težka			srednja ali lahka		
	Zahtevane vrednosti					
	E_{v2} (MN/m ²)	E_{v2}/E_{v1}	E_{v0} (MN/m ²)	E_{v2} (MN/m ²)	E_{v2}/E_{v1}	E_{v0} (MN/m ²)
- naravna	≥ 100	≤ 2,2	≥ 45	≥ 90	≤ 2,4	≥ 40
- drobljena ali mešana	≥ 120	≤ 2,0	≥ 55	≥ 100	≤ 2,2	≥ 45

Vir: TSC 06.200:2003, Nevezane nosilne in obrabne plasti, Direkcija Republike Slovenije za ceste

• Laboratorijske preiskave voziščne konstrukcije

V laboratoriju podjetja Pomgrad se je izvedla preiskava vsebnosti vlage v materialih in preiskava zrnivosti.

Iz prvega sloja oziroma vzorca z globine 5–35 cm (debelina nevezane nosilne plasti) je bilo ugotovljeno, da gre za mešanico črpanega proda, gramoza in drobljenca, frakcije 0/45 mm.

Po izvedeni preiskavi vsebnosti vlage in zrnivosti je preiskava pokazala, da delež finih delcev znaša $f = 2,7 \%$, zato se obstoječi material smatra kot zmrzlinso odporen in ustrezen; vsebnost vlage pa je $1,9 \%$.

Rezultati so prikazani v prilogah:

- **Priloga 1: Zapisnik o odvzemu vzorca NNP (nevezane nosilne plasti)**
- **Priloga 2: Sejalna analiza NNP (nevezane nosilne plasti)**

Iz drugega sloja oziroma vzorca z globine 35–58 cm je bilo ugotovljeno, da gre za drobljeni kamen eruptivnega izvora, frakcije 0–63 mm.

Po izvedeni preiskavi vsebnosti vlage in zrnivosti je bilo ugotovljeno, da delež finih delcev znaša $f = 5,6 \%$, vsebnost vlage pa je $1,5 \%$. Tudi ta material je ustrezen.

- **Priloga 3: Zapisnik o odvzemu vzorca NNP (nevezane nosilne plasti)**
- **Priloga 4: Sejalna analiza NNP (nevezane nosilne plasti)**

4.4 Izvedba štetja prometa in določitev PLDP ter prometne obremenitve na cesti Šalovci–Adrijanci

- **Izvedba štetja prometa, določitev PLDP**

Ker za dotično lokalno cesto ni podatkov o prometnih obremenitvah, se je moralo izvesti ročno štetje prometa za določitev povprečnega letnega dnevnega prometa (PLDP). PLDP bo potreben za nadaljnja raziskovanja, tj. za določitev prometne obremenitve za potrebe dimenzioniranja voziščne konstrukcije. Ročno štetje prometa se je opravilo na podlagi dejanskega štetja vozil, in sicer v jutranji in v popoldanski konici. Upoštevale so se zahteve po tehnični specifikaciji za prometne obremenitve, določitev in razvrstitev (TSC 06.511:2009) ter tehnični specifikaciji za projektiranje cest in prometno varnost (TSG-211-002:2023).

Tabela 7: Podatki izvedenega ročnega štetja prometa

Čas štetja od 6.15 do 7.15 (jutranja konica)	Nasprotna smer	V smeri	Skupaj	Faktor	PLDP
Motorji			0	10	0
Osebna vozila	5	2	7	10	70
Avtobus			0	1	0
Lahko tovorno vozilo	1	1	2	10	20
Srednje tovorno vozilo			0	10	0
Težko tovorno vozilo in traktorji			0	10	0
Težko tovorno vozilo s prikolico in traktorji s prikolico			0	10	0
Vlačilci			0	10	0
				Skupaj:	90

Čas štetja od 14.45 do 15.45 (popoldanska konica)	Nasprotna smer	V smeri	Skupaj	Faktor	PLDP
Motorji			0	10	0
Osebna vozila	6	6	12	10	120
Avtobus	2	3	5	1	5
Lahko tovorno vozilo	1		1	10	10
Srednje tovorno vozilo	1	1	2	10	20
Težko tovorno vozilo in traktorji			0	10	0
Težko tovorno vozilo s prikolico in traktorji s prikolico			0	10	0
Vlačilci			0	10	0
				Skupaj:	155

Vir: lastni vir, 2023

Opomba: za avtobuse se je vzel točen podatek pri podjetju Avtobusni promet Murska Sobota, zato faktor 1,0.

Za potrebe dimenzioniranja voziščne konstrukcije so se uporabili rezultati štetja v popoldanski konici, ki je večja. Tako se je na podlagi podatkov določil **PLDP 155 vozil/dan**.

- **Določitev prometne obremenitve**

Prometna obremenitev za lokalno cesto LC 109011 se je določila na podlagi PLDP iz štetja prometa in tehnične specifikacije Prometne obremenitve – določitev in razvrstitev (TSC 06.511:2009).

Tabela 8: Izračun dnevne ekvivalentne prometne obremenitve na cesti Šalovci–Adrijanci

Vozilo	PLDP	Faktor ekvivalentnosti	Število prehodov NOO 100kN
Motorji	0	0,00003	0,00000
Osebna vozila	120	0,00003	0,00360
Avtobus	5	0,85000	4,25000
Lahko tovorno vozilo	10	0,00500	0,05000
Srednje tovorno vozilo in srednje velik traktor	20	0,40000	8,00000
Težko tovorno vozilo in traktorji	0	1,00000	0,00000
Težko tovorno vozilo s prikolico in traktorji s prikolico	0	1,25000	0,00000
Vlačilci	0	1,25000	0,00000
Skupaj:	155		12,30

Vir: lastni vir, 2023

Faktor ekvivalentne dnevne obremenitve 12,30 je določen na podlagi tehnične specifikacije Prometne obremenitve – določitev in razvrstitev (TSC 06.511:2009) na podlagi števila prehodov nazivne osne obremenitve (NOO) 100 kN.

Na podlagi določene NOO in prometne obremenitve je treba določiti še dodatne vplive na prometno obremenitev in merodajno prometno obremenitev.

o Dodatni vplivi na prometno obremenitev

Za merodajno prometno obremenitev je treba določiti še faktorje, ki vplivajo na prometno obremenitev na podlagi značilnosti obstoječe lokalne ceste, samih dimenzij in rasti oziroma povečanja prometa v planski dobi 20 let v skladu s tehnično specifikacijo Prometne obremenitve – določitev in razvrstitev (TSC 06.511:2009).

Tabela 9: Dimenzije lokalne ceste Šalovci–Adrijanci

Opis	Vrednost
Dolžina lokalne ceste	1275 m
Širina enega prometnega pasu	2,55 m
Širina bankin	0,70 m
Število prometnih pasov	2
Vzdolžni nagib lokalne ceste	do 2 %
Prečni nagib lokalne ceste	do 2,50 %

Vir: lastni vir, 2023

Za določitev rasti prometa (ker gre za lokalno cesto in ni avtomatskega števca prometa) se vzame najbližje števno mesto na državni cesti. Najbližje števno mesto je na regionalni cesti R3-723, odsek 5691 Šalovci–Čepinci, tj. števno mesto številka 719 (Spletna stran DRSI, publikacije Štetje prometa), po kateri se v zadnjih petih letih promet ni povečal, ampak se je zmanjšal. Na podlagi tega se predvidi letna rast prometa za 1 %.

Na podlagi dimenzij lokalne ceste in rasti prometa se določijo faktorji, potrebni za določitev merodajne prometne obremenitve.

Tabela 10: Faktorji vpliva na prometno obremenitev

Faktor	Opis faktorja	Vrednost
T_d	Ekvivalentna prometna obremenitev	12,30
f_{pp}	Faktor razdelitve obremenitve na prometne pasove	0,50
f_{sp}	Faktor vpliva širin prometnih pasov	2,00
f_{nn}	Faktor vpliva vzdolžnih nagibov nivelete	1,00
f_{dv}	Faktor dinamičnega vpliva	1,08
f_{tp}	Faktor povečanja prometne obremenitve (20 let)	22,00

Vir: TSC: 06.511:2009

- Merodajna prometna obremenitev

Merodajna prometna obremenitev T_n , potrebna za določitev minimalnih dimenzij voziščne konstrukcije in dimenzioniranja voziščne konstrukcije, se določi v skladu s tehnično specifikacijo Prometne obremenitve – določitev in razvrstitev (TSC 06.511:2009), in sicer po enačbi:

$$T_n = 365 \cdot T_d \cdot f_{pp} \cdot f_{sp} \cdot f_{nn} \cdot f_{dv} \cdot f_{tp}$$

Merodajna prometna obremenitev za plansko obdobje 20 let znaša:

$$T_{20} = 365 \cdot 12,30 \cdot 0,50 \cdot 2,00 \cdot 1,00 \cdot 1,08 \cdot 22,00$$

$$T_{20} = 106.670,52, \text{ kar je ekvivalent za } T_{20} = 1,07 \times 10^5 \text{ prehodov NOO } 100 \text{ kN}$$

Na podlagi ugotovljene vrednosti števila prehodov in merodajne prometne obremenitve se je v skladu s TSC 06.511:2009 določila skupina prometne obremenitve lokalne ceste LC 109011 kot zelo lahka, ker je število prehodov NOO do 30 oziroma v 20 letih do 2×10^5 .

Tabela 11: Razvrstitev prometnih obremenitev v skupine prometnih obremenitev

Skupina prometne obremenitve	Število prehodov nazivne osne obremenitve 100 kN	
	na dan	v 20. letih
- izredno težka	nad 3000	nad 2×10^7
- zelo težka	nad 800 do 3000	nad 6×10^6 do 2×10^7
- težka	nad 300 do 800	nad 2×10^6 do 6×10^6
- srednja	nad 80 do 300	nad 6×10^5 do 2×10^6
- lahka	nad 30 do 80	nad 2×10^5 do 6×10^5
- zelo lahka	do 30	do 2×10^5

Vir: TSC 06.511:2009

4.5 Dimenzioniranje voziščne konstrukcije ceste Šalovci–Adrijanci na delu občine Šalovci

Dimenzioniranje se izvede na podlagi pridobljenih podatkov iz štetja prometa, določitve PLDP in prometne obremenitve, rezultatov debelin in vrst materiala iz sondažnega razkopa, izvedenih laboratorijskih preiskavah vlažnosti in zrnivosti na odvzetih vzorcih materialov ter pogojev in veljavnih tehničnih specifikacij za javne ceste v RS za plansko življenjsko dobo lokalne ceste 20 let.

Lokalna cesta LC 109011 je na območju SV Slovenije, kjer je globina zmrzovanja oziroma prodiranja mraza $h_m = 70$ cm na podlagi karte informativnih globin prodiranja mraza na področju RS (TSC 06.512:2003). Glede na zmrzlinško odporne materiale in v primeru neugodnih hidroloških pogojev je potrebna debelina voziščne konstrukcije $h_{min} = 0,70$ m oziroma 70 cm.

$$h_{min} \geq 0,7 \cdot h_m = 0,7 \cdot 70 \text{ cm} = 49 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje voziščne konstrukcije se izvede za dva (2) primera, in sicer:

- **Dimenzioniranje voziščne konstrukcije – preplastitev obstoječega asfalta**

Dimenzioniranje se izvede na podlagi tehnične specifikacije Projektiranje – dimenzioniranje ojačitev obstoječih asfaltnih voziščnih konstrukcij (TSC 06.541:2009) in tehnične specifikacije Projektiranje – klimatski in hidrološki pogoji (TSC 06.512:2003).

Na podlagi podatkov iz tehnične specifikacije se lahko določijo deleži preostale sposobnosti obstoječih materialov za prevzem prometnih obremenitev, in sicer na podlagi enačbe:

$$D_{ob} = \sum a_i \cdot d_i \cdot u_i$$

Tabela 12: Delež obstoječih materialov za prevzem prometnih obremenitev

Obstoječi materiali v voziščni konstrukciji	DI (cm)	Količnik ekvivalentnosti a_i	Količnik preostale uporabne vrednosti materiala u_i	$D_{ob} = \sum a_i \cdot d_i \cdot u_i$
BNOP16	5	0,28	0,8	1,12
NNP	35	0,11	0,9	3,47
NKM – posteljica (0/63)	23			
NKM – posteljica (prodec)	20			
Skupaj	83		D_{ob} (cm)	4,59

Vir: TSC 06.541:2009

Za prevzem predvidene prometne obremenitve $T_{20} = 1,07 \times 10^5$ prehodov NOO 100 kN je po tehnični specifikaciji Projektiranje – dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij (TSC 06.520:2009) z nevezano nosilno plastjo debeline 35 cm za vrednost CBR = 4 % treba izvesti voziščno konstrukcijo z minimalno 8 cm debelo krovno asfaltno plastjo. Predvidi se debelina 9 cm končne krovne asfaltne plasti.

Tako debelinski indeks znaša:

$$D_k = a_{rk} \cdot d_k = 0,38 \cdot d_k = a_0 \cdot d_0 + a_{zv} \cdot d_{zv}$$

$$D_{potr} = 9 \cdot 0,38 + 35 \cdot 0,11 = 7,27 \text{ cm}$$

Tako se določi potrebna debelina nadgradnje plasti na obstoječem asfaltu oziroma voziščni konstrukciji:

$$D_{potr} - D_{ob} = 7,27 - 4,59 = 2,68 \text{ cm}$$

Zahteva je za debelino 3 cm. Ker gre za cesto izven naselja, se predvidi debelina obrabne plasti v debelini 4 cm zaradi preprečitve drsnosti.

Tabela 13: Predpostavljena ojačitev oziroma preplastitev obstoječega asfalta

Materiali v voziščni konstrukciji	DI (cm)	Količnik ekvivalentnosti a_i	$D_{dej} = \sum a_i \cdot d_i$
AC11 surf B70/100 A4	4	0,42	1,68
BNOP16	5	0,35	1,75
Skupaj	9	D_{dej}	3,43

Vir: lastni vir, 2024

Dejanski debelinski indeks (DI): $D_{dej} = 3,43 \text{ cm} > d_{potr} = 2,68 \text{ cm}$

Predpostavi se nadgradnja obstoječega asfalta s preplastitvijo 4 cm, pri čemer bi bila zagotovljena tudi skupna debelina celotne voziščne konstrukcije v skladu z zahtevami po tehnični specifikaciji Projektiranje – klimatski in hidrološki pogoji (TSC 06.512:2003).

- **Dimenzioniranje nove voziščne konstrukcije – obnova ceste**

Uporabijo se podatki, pridobljeni iz sondažnega razkopa ter določitve prometne obremenitve na podlagi štetja prometa.

Dimenzioniranje se izvede na podlagi tehnične specifikacije Projektiranje – dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij (TSC 06.520:2009) in Projektiranje – klimatski in hidrološki pogoji (TSC 06.512:2003).

Skupna nova asfaltna plast se določi iz diagrama ekvivalentne prometne obremenitve (NOO 100 kN), ki mora za prometno obremenitev $T_{20} = 1,07 \times 10^5$ (kot zelo lahka prometna obremenitev) znašati **min. 8 cm**.

Debelina nevezane nosilne plasti se enako določi iz diagrama ekvivalentne prometne obremenitve (NOO 100 kN), ki mora za prometno obremenitev $T_{20} = 1,07 \times 10^5$ (kot zelo lahka prometna obremenitev) znašati **min. 20 cm**.

Da bi se zagotavljala ustrezna nosilnost oziroma prevzem prometne obremenitve za plansko dobo 20 let ter povprečno nosilnost CBR = 6 % (ocenjena nosilnost CBR = 4 % se za izboljšanje poveča na nosilnost CBR = 6 %), je potrebna minimalna debelina asfaltnih plasti 8 cm in 35 cm debela nevezana nosilna plast drobljenca.

Ob tej predpostavki je potreben debelinski indeks:

$$D_{potr} = 8 \cdot 0,38 + 35 \cdot 0,14 = 7,94 \text{ cm}$$

Nevezana nosilna plast je sestavljena iz prodca debeline 35 cm, pri čemer se upošteva preračun (TSC 06.520:2009), da se lahko upošteva prodec namesto drobljenca, če se poveča debelina prodca z upoštevanjem količnika ekvivalentnosti $A_{sn} = 0,11$.

Obstoječa debelina prodca bi tako zadostovala, zato se po odstranitvi obstoječe asfaltne plasti dodatno predvidi nadgradnja s 5 cm drobljenca.

Z upoštevanjem faktorjev ekvivalentnosti se za novogradnjo voziščne konstrukcije predvideva naslednja voziščna konstrukcija, ki bo zagotavljala primerno nosilnost:

Z obstoječo nevezano nosilno plastjo NNP iz prodca debeline 35 cm in nadgradnjo 5 cm drobljenca za NNP pomeni debelinski indeks:

Tabela 14: Predpostavljene debelinski indeks ceste po obnovi

Obstoječi in novi materiali v voziščni konstrukciji	DI (cm)	Količnik ekvivalentnosti a_i	Količnik preostale uporabne vrednosti materiala u_i	$D_{dej} = \sum a_i \cdot d_i$
AC8 surf B70/100 A4	4	0,42	1	1,68
AC22 base B50/70 A4	6	0,35	1	2,10
Drobljenec	5	0,14	1	0,70
Prodec	35	0,11	1	3,85
NKM – posteljica (0/63)	23			
NKM – posteljica (prodec)	20			
Skupaj	96		D_{dej}	8,33

Vir: TSC 06.520:2009

Dejanski debelinski indeks: $D_{dej} = 8,33 \text{ cm} > d_{potr} = 7,94 \text{ cm}$

5 OPIS IN DOLOČITEV PREDVIDENIH UKREPOV SANACIJE VOZIŠČA

Vsaka cesta naj bi se v skladu z zakonodajo in tehničnimi smernicami projektirala in gradila za določeno življenjsko dobo – asfaltna vozišča za življenjsko dobo vsaj 20 let. Zgrajene ceste pa naj bi se na podlagi zakonskih določil in sprejetih pravilnikov v Republiki Sloveniji tudi ustrezno vzdrževale.

Dela in prioritete vzdrževalnih del za posamezno javno cesto so določeni glede na kategorijo ceste s pravilnikom o rednem vzdrževanju javnih cest.

Ne glede na prioritete se na podlagi zakona o cestah in pravilnika o rednem vzdrževanju javnih cest stanje ceste in asfaltnih vozišč mora spremljati preko služb rednega vzdrževanja, bodisi preko rednih pregledov, ki naj bi jih opravljale službe rednega vzdrževanja, ali s preostalimi meritvami, s katerimi naj bi se spremljalo stanje vozišč. Na podlagi teh ugotovitev naj bi se izvedla vzdrževalna dela oziroma sanacija poškodb, ki lahko nastanejo. Vsa opažanja naj bi se beležila v ustrezne katastre, ki so podlaga za določanje ukrepov, planiranje del rednega in investicijskega vzdrževanja.

Poškodbe pa lahko nastanejo kljub izvajanju vzdrževalnih del. Na nastanek poškodb lahko vpliva tudi naslednje:

- gradnja ceste z neustreznimi materiali;
- gradnja ceste v neugodnih vremenskih razmerah;
- zmanjšanje primerne ukrepa zaradi zagotovljenih finančnih sredstev naročnika oziroma investitorja;
- zmanjšanje sredstev za redno vzdrževanje;
- povečanje prometne obremenitve;
- ekstremni vremenski pojavi.

Cilj vseh deležnikov, investitorja, upravljalcev in vzdrževalcev, je, da se s čim manjšimi sredstvi zagotovi ustrezno vzdrževanje, ustrezne sanacije poškodovanega vozišča in ohranitev prometne varnosti za vse udeležence v prometu.

Določitev ustreznih ukrepov poleg rednega vzdrževanja, sanacije asfaltnega vozišča, zahteva ne samo zagotavljanje sredstev, ampak tudi ustrezna znanja in primerjavo ustreznih rešitev.

Ustrezen ukrep za sanacijo asfaltnih vozišč se določi na podlagi dostopnih podatkov in morebitnih dodatno potrebnih raziskav. Pri odločitvi o izbiri ukrepa se upošteva veljavna zakonodaja v RS ter pripadajoči pravilniki in tehnične specifikacije (TSC).

Za potrditev oziroma zavrnitev zastavljenih hipotez v diplomskem delu se uporabijo rezultati izvedenih raziskav na lokalni cesti Šalovci–Adrijanci.

Predvidijo se naslednji ukrepi:

- **redno vzdrževanje javne ceste;**
- **investicijsko vzdrževanje javne ceste;**
- **obnova ceste.**

5.1 Izvajanje del rednega vzdrževanja cest

Izvajanje del rednega vzdrževanja javnih cest predpisujeta zakon o cestah (Zces2) in pravilnik o vzdrževanju javnih cest.

Namen izvajanja nujne gospodarske službe vzdrževanja javnih cest je zagotavljanje prometne varnosti.

Dela rednega vzdrževanja so v skladu s pravilnikom o vzdrževanju javnih cest določena tudi po prioritetah. Med pomembnejša dela 1. prioritete in 2. prioritete, ki lahko vplivajo na nastanek poškodb na cestah, so:

Tabela 15: Dela rednega vzdrževanja, ki vplivajo na nastanek poškodb

Št.	Dela rednega vzdrževanja
1.	Pregledi cest
2.	Krpanje udarnih jam in poškodb
3.	Popravila bankin
4.	Čiščenje jarkov
5.	Košnja trave

Vir: Pravilnik o vzdrževanju javnih cest

- **Pregledniška služba**

Pregledniška služba se mora izvajati na podlagi zakonskih določil, redni pregledi pa po določeni periodiki na podlagi pravilnika o vzdrževanju javnih cest. V času pregleda morajo pregledniki izvajati prekope bankin za odvod vode s cestišča, krpiti udarne jame s hladno asfaltno maso in zabeležiti vsak dogodek oziroma poškodbo, na podlagi česar se izvedejo dela rednega vzdrževanja. Na danem primeru lokalne ceste bi se redni pregledi morali izvajati 1x tedensko.

- **Popravila in utrjevanje bankin**

Bankina je po pravilniku namenjena bočni stabilnosti ceste in služi za razpršeno odvodnjavanje vode s cestišča (Pravilnik o vzdrževanju javnih cest). Če se bankine ne vzdržujejo in so previsoke, padavinska voda ne odteka z vozišča in pride do zastajanja vode na robovih vozišč. Zaradi tega pride do razmočenja bankin in s tem do posledkov ob prehodu vozil ob robovih. Če voda ne odteka in so na vozišču udarne jame, voda preko jam pronica v voziščno konstrukcijo, zaradi česar lahko pride do nastanka zmrzlinjskih poškodb in nadaljnjega nastanka udarnih jam, ki se širijo po celotni širini vozišča.

Ker gre v danem primeru za lokalno cesto, ki poteka pretežno na ravninskem terenu, z leve in desne strani pa potekajo ob cesti travniki in njive, ki so višje ležeči od same ceste, lahko pride do večkratnega zatavljenja bankin. Na dodatno zatavljenost bankin vpliva tudi pomanjkljivo izvajanje košnje, zato predpostavimo, da bi bilo treba bankine porezati na vsakih 5 let. Dodatno še predvidimo, da se morajo bankine dosipati oziroma utrditi s kamnitim drobljenim materialom na vsakih 5 do 10 let, ker prodira zemlja z zatavljene bankine v rob voziščne konstrukcije in posledično zmanjša stabilnost roba ceste.



Slika 15: Pravilno porezana bankina – preprečitev zastajanja vode

Vir: lastni vir, 2024

- **Čiščenje jarkov**

Vsaka cesta mora imeti urejeno odvodnjavanje. Temu so namenjeni tudi obcestni jarki, ki služijo za odvodnjavanje padavinskih voda s cestišča ali zajem zalednih površinskih voda z namenom, da ta ne bi prodirala v voziščno konstrukcijo, jo zamakala in povzročala nastanek poškodb. Podobno kot smo že omenili pri bankinah, tudi na zasutje jarkov vpliva obdelava njiv. Dandanes so kmetijski stroji tako veliki in natančni, da zemljo na njivah predelajo v fine frakcije. Ob morebitnem dežju ali nalivih v času obdelave njiv se zemlja spira s padavinsko vodo in se nanaša v obcestne jarke. Zemeljski jarek za zajem zalednih voda poteka na desni strani v tem diplomskem delu obravnavane lokalne ceste, ker so njive na desni strani višje ležeče od ceste. Zato predpostavimo, da se mora jarek v celoti očistiti na vsakih 5 let.



Slika 16: Pravilno očiščen jarek – preprečitev zastajanja vode

Vir: lastni vir, 2024

- **Krpanje udarnih jam**

Udarne jame nastanejo zaradi staranja asfalta in povečanja prometne obremenitve, ko asfalt teh ne prenaša več.

Po tehnični specifikaciji Redno vzdrževanje cest, Vzdrževanje prometnih površin, Asfaltna vozišča (TSC 08.311/1 in 2) prihaja do razgraditev asfaltnih zmesi zaradi oksidacije bitumna in predčasnega staranja.



Slika 17: Razgraditev asfaltne zmesi – udarna jama

Vir: TSC 08.311/2

Nastanek udarnih jam vpliva na udobnost in varnost vožnje ter zadrževanje in pronicanje vode v voziščno konstrukcijo, zaradi česar lahko pride do še večjih poškodb voziščne konstrukcije oziroma obstoječega asfalta. Na podlagi tehnične specifikacije Redno vzdrževanje cest, Vzdrževanje prometnih površin, Asfaltna vozišča (TSC 08.311/1 in 2) se mora krpanje udarnih jam izvesti na način, da se odstrani iz jame izvržen material, jama pa se mora temeljito očistiti. Po čiščenju se mora podlaga premazati z bitumenskim vezivom, jama pa se mora zakrpati s toplo asfaltno maso, ki se mora tudi ustrezno zgostiti oziroma valjati. Asfaltna zmes mora biti čim bolj podobna obstoječi asfaltni zmesi.



Slika 18: Pravilno krpanje udarnih jam s toplo asfaltno maso

Vir: lastni vir, 2024

- **Sanacije s strojnim krpanjem**

Ko se udarne jame oziroma poškodbe na asfaltnem vozišču povečujejo in se jih zaradi velikosti več ne da krpati ročno, se mora izvesti strojno krpanje vozišča z zamenjavo obstoječih asfaltnih plasti.

Na podlagi tehnične specifikacije Redno vzdrževanje cest, Vzdrževanje prometnih površin, Asfaltna vozišča (TSC 08.311/1 in 2) se mora strojno krpanje poškodovanega sloja izvesti z rezkanjem obstoječega asfalta, premazom robov z bitumensko pasto in strojnim asfaltiranjem s toplo asfaltno maso. Asfaltna zmes mora biti čim bolj podobna obstoječi asfaltni zmesi.



Slika 19: Pravilno krpanje z rezkanjem – sanacija poškodovanega vozišča

Vir: lastni vir, 2023

Za izvedbo strojnega krpanja bi bila predvidena sanacija poškodovanih delov razgrajenega nosilno-obrabnega sloja vsaj za širino, ki omogoča strojno asfaltiranje. Krpanje se predvidi z naslednjim ukrepom:

1. rezkanje poškodovanega asfalta v debelini 5 cm;
2. premaz robov stikov prečno in vzdolžno z bitumensko pasto;
3. strojno krpanje vozišča – obrabne plasti – iz asfaltne zmesi AC16 surf B70/100 A4 v debelini 5 cm.

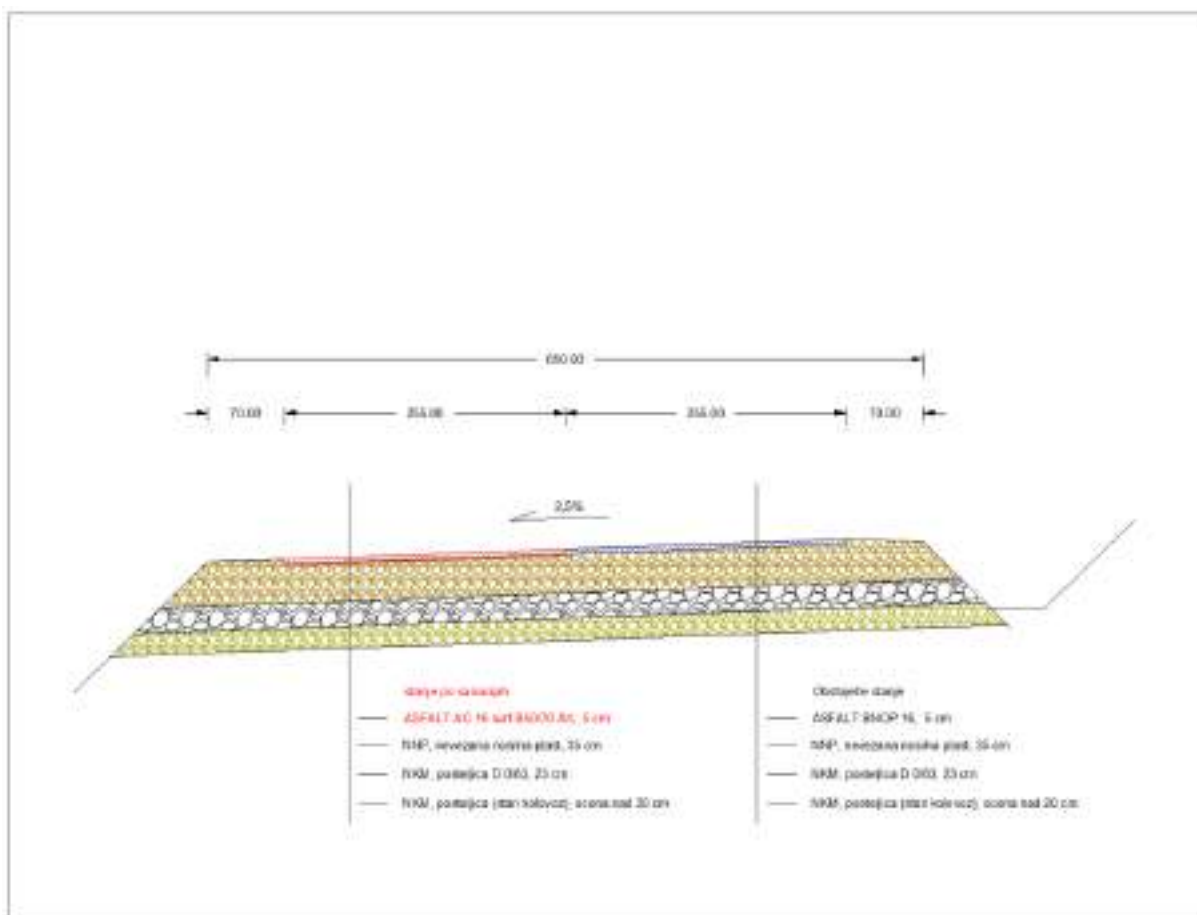
Tabela 16: Predviden ukrep sanacije vozišča s strojnim krpanjem

Plasti voziščne konstrukcije	Funkcija voziščne konstrukcije	DI (cm)	Opomba
AC16 surf B70/100 A4	nosilno-obrabna plast	5	nova plast
BNOP16	nosilna plast	-5	odstranitev
NNP – prodec	nevezana nosilna plast	35	obstoječe
NKM – drobljen kamen 0/63	posteljica	23	obstoječe
NKM (kolovoz) – prodec	posteljica	20	obstoječe
Skupaj:		78	

Vir: lastni vir, 2024

S tem ukrepom se predvidi, da bi se sanirale nastale posamezne poškodbe, izmeti asfalta in udarne jame.

Izvedba ukrepov ne vpliva na podaljšanje življenjske dobe ceste.



Slika 20: Karakteristični profil ceste Šalovci–Adrijanci z izvedbo sanacije vozišča s krpanjem

Vir: lastni vir, 2024

5.2 Investicijsko vzdrževanje – izvedba preplastitve vozišča

Asfaltne prevleke se izvajajo kot nadgradnja vozišča, ki je sestavljeno iz enega sloja, na podlagi tehničnih smernic pa tudi kot ojačitve obstoječih vozišč za namen podaljšanja življenjske dobe ali preprečitve nastanka nadaljnjih poškodb na obstoječih cestah.

Niso pa smiselne v primerih, ko so na vozišču prekomerne poškodbe, ki bi se prenesle na obrabno plast po izvedeni preplastitvi. Če pa se že pojavljajo posamezne poškodbe, pa je predhodno treba izvesti lokalne sanacije obstoječega asfalta. Prav tako je asfaltna prevleka smiselna, ko še ne pride do staranja bitumna zaradi oksidacije, kot je že omenjeno v diplomskem delu.

Vrsta asfaltne zmesi in razredi bitumna za asfaltne prevleke se določijo na podlagi tehnične specifikacije Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti (TSC 06.300/06.410:2009), po kateri se določi vrsta asfaltne zmesi na podlagi prometne obremenitve.

V nadaljevanju se predpostavi, da je stanje asfaltnega vozišča še primerno za izvedbo asfaltne prevleke v sklopi investicijskega vzdrževanja, kar prikazujeta tudi slika 8 in tabela 4.

S slike je še razvidno, da gre za poškodbe v manjšem obsegu, če predpostavljamo, da je spodnji ustroj ustrezne nosilnosti kot v primeru lokalne ceste.

Po izvedenem dimenzioniranju (opisano v poglavju 4.5) je predvidena debelina preplastitve 4 cm.

Preplastitev vozišča bi se izvedla z naslednjimi ukrepi:

1. rezkanje stikov v debelini do 4 cm;
2. pobrizg obstoječega nosilnega sloja asfalta z bitumensko kationsko emulzijo v porabi 0,50 kg/m² s predhodnim čiščenjem celotne površine vozišča;
3. izvedba obrabne plasti iz asfaltne zmesi AC11 surf B70/100 A4 v debelini 4 cm;
4. dosip bankin v debelini obrabne plasti 4 cm iz kamnitega drobljenega materiala.

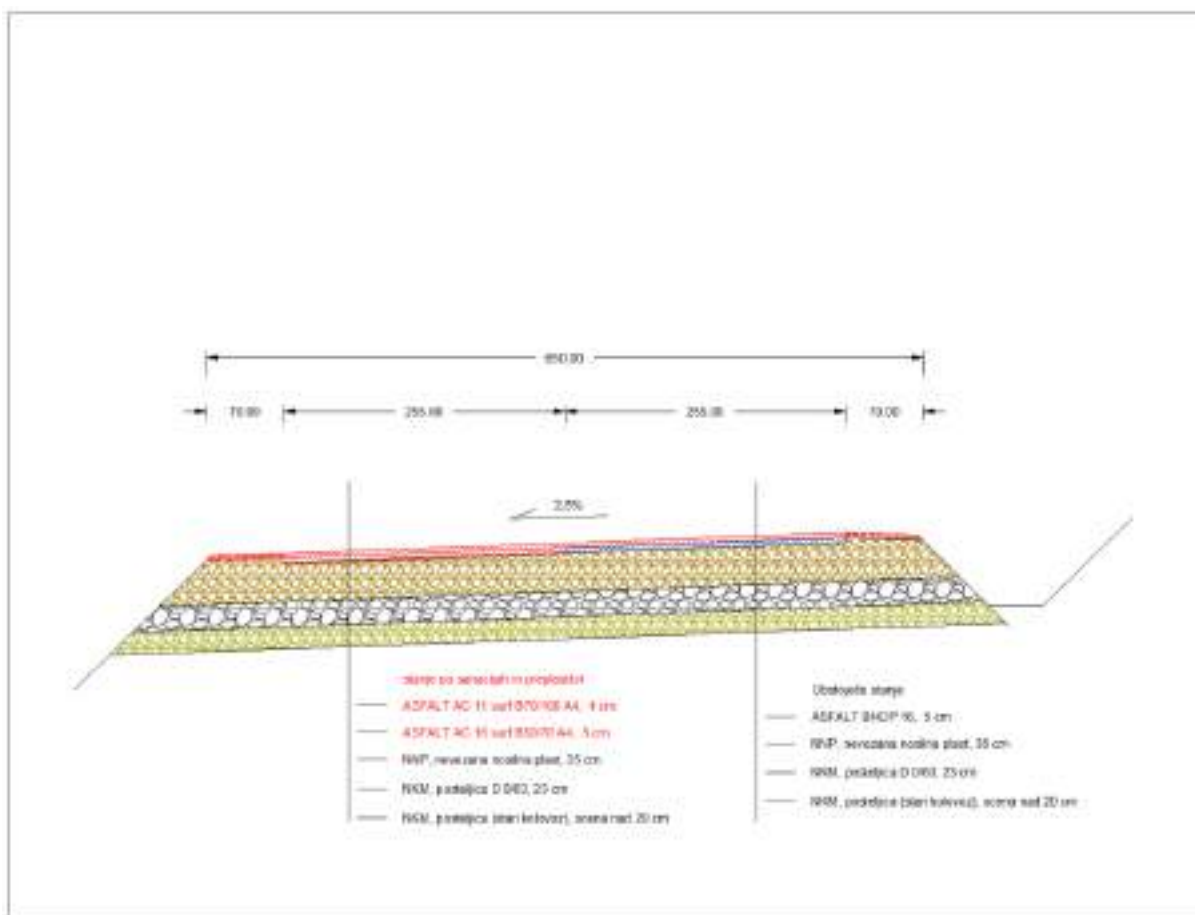
Tabela 17: Predviden ukrep sanacije vozišča z izvedbo preplastitve

Plasti voziščne konstrukcije	Funkcija voziščne konstrukcije	DI (cm)	Opomba
AC11 surf B70/100 A4	obrabna plast	4	nova plast
BNOP16	nosilna plast	5	obstoječe
NNP – prodec	nevezana nosilna plast	35	obstoječe
NKM – drobljen kamen 0/63	posteljica	23	obstoječe
NKM (kolovoz) – prodec	posteljica	20	obstoječe
Skupaj:		87	

Vir: lastni vir

Niveleta vozišča bi se dvignila za 4 cm, kar ne bi bistveno vplivalo na širino bankin in ostalih elementov obstoječe lokalne ceste. Predhodno je treba izvesti lokalne sanacije poškodovanih delov; ta ukrep je opisan v poglavju 5.1.

Izvedba ukrepa vpliva na podaljšanje življenjske dobe ceste.



Slika 21: Karakteristični profil ceste Šalovci–Adrijanci z izvedbo preplastitve vozišča s predhodnimi sanacijami

Vir: lastni vir, 2024

5.3 Sanacija vozišča z izvedbo ukrepa obnove ceste

Obnova asfaltnega vozišča se mora izvesti na tistih voziščih, kjer izvedba sanacij poškodb v okviru krpanja s tehničnega vidika več ni možna oz. ekonomsko sprejemljiva.

Določitev vrste ukrepa obnove vozišča se izvede podobno, kot je že omenjeno v diplomskem delu, tj. na podlagi analize obstoječega stanja, prometne obremenitve in določitve ustreznih debelin voziščne konstrukcije.

Vrsta asfaltne zmesi in razredi bitumna se določijo na podlagi smernic in tehničnih pogojev za graditev asfaltnih plasti (TSC 06.300/06.410:2009), po katerih se določi vrsta asfaltne zmesi na podlagi prometne obremenitve oziroma PLDP.

Za nadaljnje analize se uporabijo rezultati, pridobljeni za primer lokalne ceste Šalovci–Adrijanci, kar je podrobneje opisano v poglavju 4.

Predvidi se obnova z zamenjavo asfaltnega vozišča in delno nadgradnjo nevezane nosilne plasti v naslednji izvedbi:

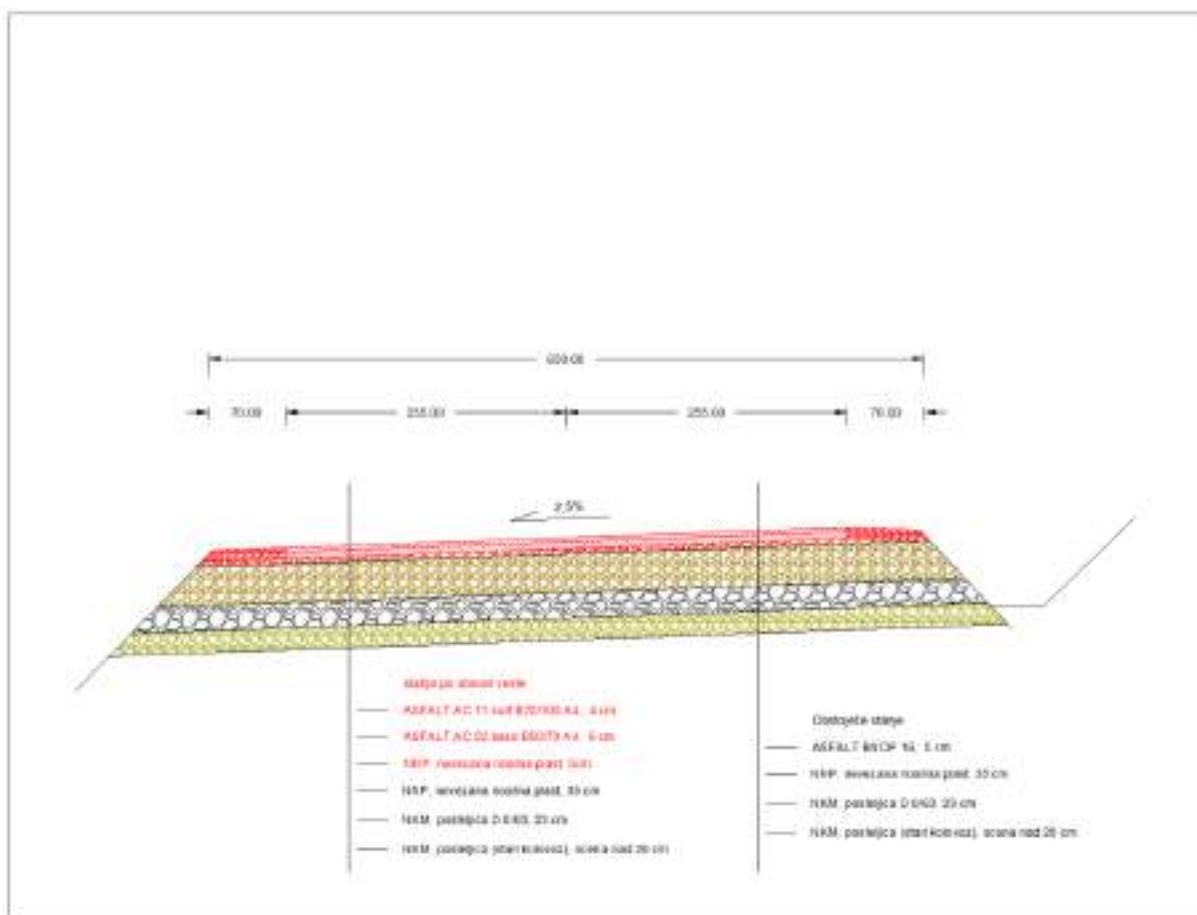
1. odstranitev zatravljene bankine do nevezane nosilne plasti;
2. rezkanje obstoječega asfalta v debelini 5 cm (material se lahko uporabi za dosip bankin);
3. nadgradnja nevezane nosilne plasti iz drobljenca 0/32 mm v celotni širini vozišča in debelini 5 cm;
4. izvedba nosilne plasti iz asfaltne zmesi AC22 base B50/70 A4 v debelini 6 cm;
5. pobrizg nosilnega sloja asfalta z bitumensko kationsko emulzijo v porabi 0,50 kg/m² s predhodnim čiščenjem celotne površine vozišča;
6. izvedba obrabne plasti iz asfaltne zmesi AC11 surf B70/100 A4 v debelini 4 cm;
7. dosip bankin v debelini asfalta (10 cm) iz kamnitega drobljenega materiala;
8. izvedba talnih obeležb.

Tabela 18: Predviden ukrep obnove vozišča

Plasti voziščne konstrukcije	Funkcija voziščne konstrukcije	DI (cm)	Opomba
AC11 surf B70/100 A4	nosilno-obrajna plast	4	nova plast
AC22 base B50/70 A4	nosilno-obrajna plast	6	nova plast
NNP – drobljenec 0/32	nevezana nosilna plast	5	nova plast
BNOP16	nosilna plast	-5	odstranitev
NNP – prodec	nevezana nosilna plast	35	obstoječe
NKM – drobljen kamen 0/63	posteljica	23	obstoječe
NKM (kolovoz) – prodec	posteljica	20	obstoječe
Skupaj:		88	

Vir: lastni vir, 2024

Z obnovo prične teči nova življenjska doba ceste.



Slika 22: Karakteristični profil ceste Šalovci–Adrijanci z izvedbo ukrepa obnove vozišča

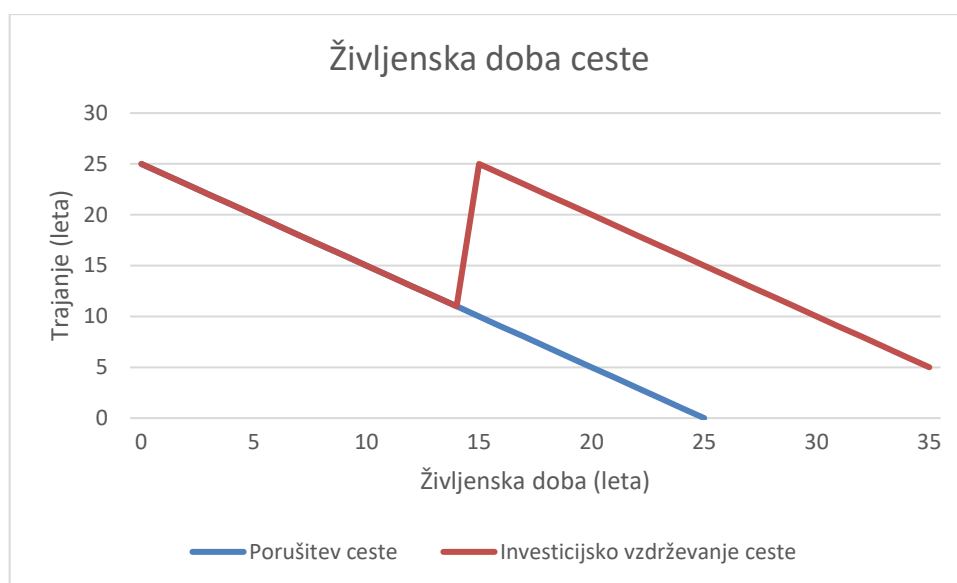
Vir: lastni vir, 2024

5.4 Življenjska doba

Zaradi staranja asfaltnih zmesi se na voziščni konstrukciji pojavijo poškodbe, ki jih ni več možno sanirati z ukrepi investicijskega vzdrževanja. Glede na trenutne predpise in obravnavani primer je življenjska doba voziščne konstrukcije od 20 do 25 let, če se izvajajo ustrezna dela rednega vzdrževanja.

Pravočasna izvedba investicijskega vzdrževanja, izvedba asfaltne prevleke, ponovno vzpostavlja življenjsko dobo voziščne konstrukcije. Če bi v obdobju med 15. in 20. letom izvedli asfaltno prevleko, bi se življenjska doba podaljšala za 20 oziroma 25 let, kar pomeni, da bi bila skupna življenjska doba cest 35 oziroma 45 let.

Graf 2: Prikaz trajanja življenjske dobe ceste po izvedenih ukrepih v obdobju 30 let



Vir: lastni vir, 2024

Življenjska doba ceste se poviša s 25 let na 35 oz. 40 let, kar predstavlja podaljšanje življenjske dobe za 40 % oz. 60 %.

Hipoteza H1 je delno potrjena.

6 OCENA STROŠKOV PREDVIDENIH UKREPOV

Pri izračunu stroškov posameznega ukrepa so uporabljene količine obravnavane ceste in primerljive cene, dostopne na javnih portalih oziroma v evidencah.

6.1 Ocena stroškov za ukrep rednega vzdrževanja

V nadaljnjih analizah se uporabi podatek, da letni strošek ukrepa po izvedenih posameznih aktivnostih znaša:

- **Redno vzdrževanje** **3,59 EUR/m**
- **Krpanje udarnih jam ročno** **0,24 EUR/m**
- **Strojno krpanje sanacij** **0,36 EUR/m**

Podrobni izračuni letnega stroška posameznih aktivnosti s predvidenimi količinami, cenami in dinamiko izvajanja aktivnosti so opisani v tabelah 19, 20 in 21.

Tabela 19: Ocena stroškov rednega vzdrževanja za 1 leto

Št.	Opis	EM	Kol	Cena	Znesek	Opomba
1.	Redni pregledi	m	66.300,00	0,005	331,50	1 x tedensko x 52 tednov
2.	Porez bankin – strojno (zatravljen bankine v debelini 10 cm) s profiliranjem in nalaganjem materiala ter odvozom v trajno deponijo do 10 km brez odlaganja	m ²	357,00	3,80	1.356,60	1 x porez na 5 let
3.	Dosip bankin – ročno s kamnitim drobljenim materialom 0/16 mm v debelini do 10 cm	m ²	178,50	4,00	714,00	1 x dosip na 10 let
4.	Čiščenje jarkov – strojno, 0,30 do 0,50 m ³ /ml, z nalaganjem materiala in odvozom v trajno deponijo do 10 km brez odlaganja	m	329,80	5,75	1.896,35	1 x čiščenje na 5 let
5.	Košnja trave – strojno in ročno v širini bankine ali pregledne berme	m ²	5.610,00	0,050	280,50	1 x letno 4 rezi in 2 x letno 1 rez
				Skupaj:	4.578,95	
				Dolžina ceste:	1.275,00	
Strošek letnega vzdrževanja odseka na 1 m:					3,59	EUR/m

Vir: lastni vir, 2024

Tabela 20: Ocena stroškov krpanja udarnih jam ročno za 1 leto

Št.	Opis	EM	Kol	Cena	Znesek	Opomba
1.	Krpanje udarnih jam – ročno s predhodnim oblikovanjem in čiščenjem jame	t	1,00	300,00	300,00	1 tona na leto
				Skupaj:	300,00	
				Dolžina ceste:	1.275,00	
Strošek letnega krpanja udarnih jam od 7. do 15. leta na tem odseku ceste na 1 m:					0,24	EUR/m

Vir: lastni vir, 2024

Tabela 21: Ocena stroškov strojnega krpanja (sanacij) od 11. do 15. leta za 1 leto

Št.	Opis	EM	Kol	Cena	Znesek	Opomba
1.	Izvedba krpanja – strojno z rezkanjem obstoječega asfalta v debelini 5 do 6 cm, premazom robov z bitumensko pasto in strojnim asfaltiranjem z asfaltno maso AC16 surf B70/100 A4 v debelini 5 cm	m ²	17,08	27,00	461,16	od 11. do 15. leta
				Skupaj:	461,16	
				Dolžina ceste:	1.275,00	
Strošek letnega krpanja (sanacij) od 11. do 15. leta na tem odseku ceste na 1 m:					0,36	EUR/m

Vir: lastni vir, 2024

6.2 Ocena stroškov za ukrepe investicijskega vzdrževanja

V nadaljnji analizi se uporabi podatek, da letni strošek ukrepa znaša **75,25 EUR/m**. Podrobni izračun letnega stroška s predvidenimi količinami, cenami in dinamiko izvajanja je opisan v tabeli 22.

Tabela 22: Ocena stroškov izvedbe asfaltne prevleke v 15. letu od izgradnje ceste

Št.	Opis	EM	Kol	Cena	Znesek	Opomba
1.	Izvedba asfaltne prevleke s predhodnim čiščenjem in pobrizgom vozišča ter vgrajevanje asfalta v izvedba AC11 surf B70/100 A4 v debelini 4 cm	m ²	6.831,40	13,0000	88.808,20	prevleka – 15. leto
2.	Dosip bankin ročno s kamnitim drobljenim materialom 0/16 mm v debelini do 4 cm	m ²	1.785,00	4,000	7.140,00	
				Skupaj:	95.948,20	
				Dolžina ceste:	1.275,00	
Strošek izvedbe preplastitve v 15. letu na tem odseku ceste na 1 m:					75,25	EUR/m

Vir: lastni vir, 2024

6.3 Ocena stroškov za ukrep obnove ceste

V nadaljnji analizi se uporabi podatek, da strošek ukrepa znaša **338,64 EUR/m**. Podrobni izračun stroška s predvidenimi količinami, cenami in dinamiko izvajanja je opisan v tabeli 23.

Tabela 23: Ocena stroškov izvedbe obnove ceste

Št.	Opis	EM	Kol	Cena	Znesek	Opomba
1.	Porez zatravljene bankine – strojno v debelini 10 cm z nalaganjem materiala ter odvozom v trajno deponijo do 10 km brez odlaganja	m ²	1.785,00	3,8000	6.783,00	
2.	Rezkanje obstoječega asfalta v debelini do 5 cm z nalaganjem materiala in odvozom v začasno deponijo do 10 km (material se lahko uporabi za dosip bankin)	m ²	6.831,40	4,0000	27.325,60	
3.	Nadgradnja nevezane nosilne plasti, dobava in vgradnja tamponskega drobljenca 0/32 mm v debelini 5 cm z valjanjem	m ³	414,38	40,0000	16.575,00	
4.	Fino planiranje pred asfaltiranjem	m ²	8.287,50	1,0000	8.287,50	

5.	Izvedba nosilne plasti asfalta iz asfaltne zmesi AC22 base B50/70 A4 v debelini 6 cm	m ²	6.831,40	18,0000	122.965,20	
6.	Pobrizg nosilnega sloja asfalta s kationsko bitumensko emulzijo v porabi do 0,50 kg/m ²	m ²	6.831,40	1,0000	6.831,40	
7.	Izvedba obrabno-zaporne plasti iz asfaltne zmesi AC11 surf B70/100 A4 v debelini 4 cm	m ²	6.831,40	13,0000	88.808,20	
8.	Dosip bankin – ročno s kamnitim drobljenim materialom 0/16 mm v debelini do 10 cm	m ²	1.785,00	4,0000	7.140,00	
				Skupaj:	284.715,90	
				Dolžina ceste:	1.275,00	
Strošek obnove ceste na tem odseku na 1 m:					223,31	EUR/m

Vir: lastni vir, 2024

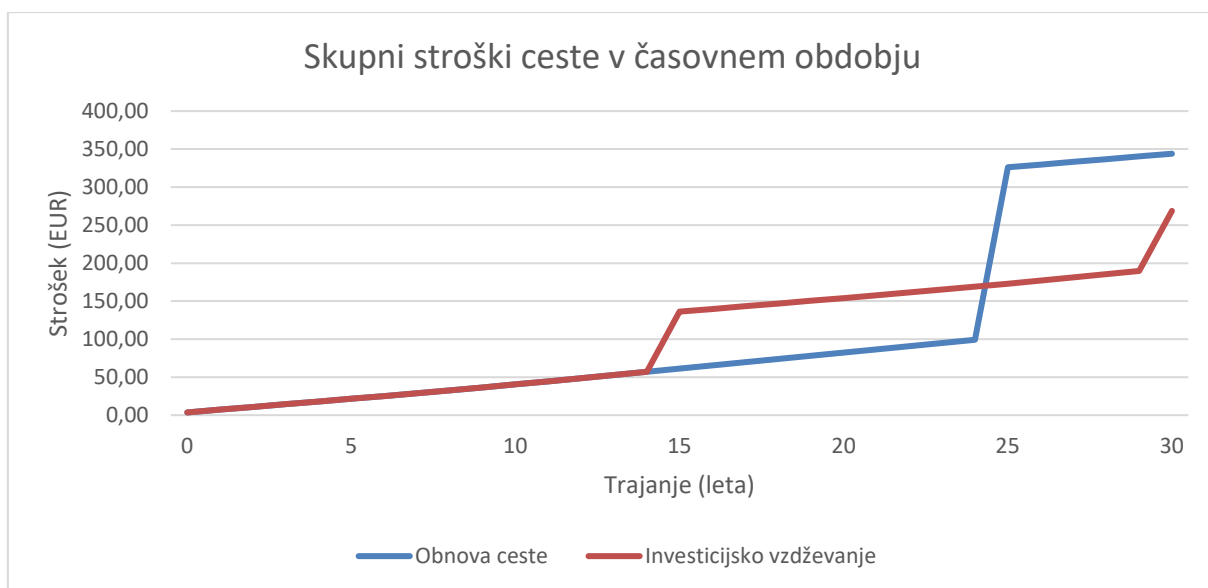
6.4 Stroški vzdrževanja in investicij cest v določenem obdobju

Obravnavamo dva scenarija v obdobju 30 let.

V prvem scenariju predpostavimo, da se redna vzdrževalna dela izvajajo v skladu s pravilnikom in jih po preteku 15 let, ko je cesta še primerna za izvedbo ukrepa investicijskega vzdrževanja, izvedemo in s tem zagotovimo podaljšanje življenjske dobe ceste. Skupni strošek v obdobju 30 let znaša 268,73 EUR/m, kar je podrobneje prikazano v prilogi 5 tega diplomskega dela.

V drugem scenariju predpostavimo, da se redna vzdrževalna dela izvajajo v skladu s pravilnikom. Po 15. letu se zaradi nastalih poškodb poveča obseg izvedbe aktivnosti strojnega krpanja, ki se izvaja do porušitve ceste, ko se izvede obnova ceste. Skupni strošek drugega scenarija po preteku 30 let znaša 343,94 EUR/m, kar je podrobneje prikazano v prilogi 6 tega diplomskega dela.

Graf 3: Prikaz skupnih stroškov po ukrepih sanacij v obdobju 30 let



Vir: lastni vir, 2024

Strošek v primeru obnove dotrajane ceste (scenarij 2) je za 28 % višji od stroška vzdrževanja ceste (scenarij 1).

Hipoteza H2 je potrjena.

7 VPLIV VZDRŽEVANJA CEST NA OBREMENJEVANJE OKOLJA IN IZPUSTE CO₂ Z IZBIRO USTREZNIH IN PRAVOČASNIH UKREPOV SANACIJE CEST

Živimo v dobi, ko nas mediji nenehno obveščajo o kakšnih vremenskih katastrofah ali elementarnih dogodkih. Ti naj bi nastali zaradi segrevanja ozračja, na kar vplivajo izpusti CO₂.

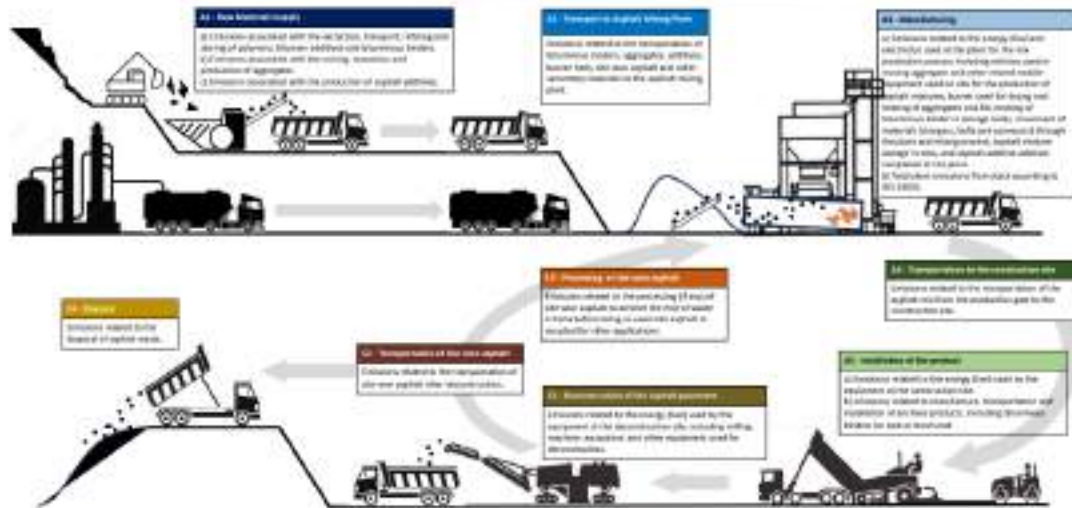
Z vidika prometa na obstoječih cestah se na podlagi PLDP v primeru dotične lokalne ceste LC 109011 Šalovci–Adrijanci izpusti CO₂ glede na letno rast prometa, ki je do 1 %, bistveno ne povečujejo. Prav tako se izpusti CO₂ bistveno ne povečujejo zaradi izvajanja del rednega vzdrževanja, izbire tehnologij oziroma opreme in strojev, če izvajamo dela v skladu s prioriteta rednega vzdrževanja.

Na osnovi upoštevanja pravilnikov se predvidi, kakšni bi bili izpusti CO₂ pri vgraditvi potrebnih asfaltnih zmesi, če bi se cesta od izgraditve leta 1997 pravilno vzdrževala in sanirala iz naslova krpanja v primerjavi z izvedbo rednega vzdrževanja s preplastitvijo pred iztekom življenjske dobe ter v primerjavi z obnovo ceste na dani trenutek, ko je cesta že poškodovana in je potrebna obnova.

Za potrebe primerjave izpustov CO₂ zaradi vgraditve asfaltnih zmesi se uporabijo podatki glede na predvidene ukrepe iz poglavja 5 in poglavja 6 tega diplomskega dela.

Količine izpustov za vgrajeno asfaltno zmes so povzete s spletne strani Evropskega združenja asfalterjev EAPA (<https://eapa.org>), kjer med drugim dajejo velik poudarek tudi izpustom CO₂ zaradi polaganja asfalta, vzdrževanja in proizvodnje asfaltnih zmesi.

Z željo po zmanjšanju izpustov CO₂ so raziskali količino izpustov CO₂ pri proizvodnji asfaltne zmesi od začetka do konca procesa, tj. vse od pridobivanja potrebnih agregatov, bitumnov, transportov do asfaltne baze pa vse do proizvedene asfaltne zmesi kot končnega produkta.

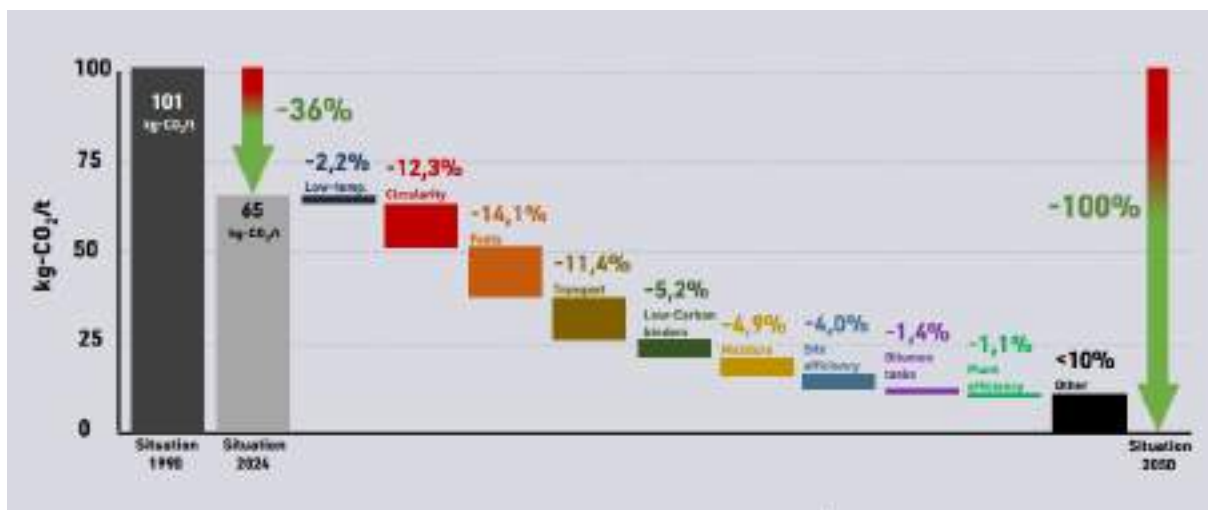


Slika 23: Življenjski cikel proizvodnje asfaltne zmesi s proizvedeno količino CO₂ na tono asfalta

Vir: eapa.org, junij 2024

V publikaciji »Towards Net Zero, A Decarbonisation Roadmap for the Asphalt industry« (EAPA, European Asphalt Pavement Association, junij 2024) so predstavili obstoječe izpuste v proizvodnji asfaltov, recikliranju materialov in uvedbi novih tehnologij s ciljem zmanjšati izpuste CO₂ do leta 2050 za 90 % v primerjavi z letom 1990. Pri tem je upoštevana izbira novih tehnologij za zmanjšanje porabe goriv, povečanje električne energije ter samega transporta in vgrajevanja asfaltnih zmesi.

Kot izhaja iz publikacije, v življenjskem ciklu proizvodnje asfaltne zmesi nastane 65 kg CO₂ na tono asfaltne zmesi.



Slika 24: Cilji zmanjševanja količine CO₂ na tono asfalta zaradi uvedbe novih tehnologij do leta 2050

Vir: eapa.org, junij 2024

V diplomskem delu se na podlagi predvidenih ukrepov iz poglavja 5 in 6, kjer opisujemo vzdrževanje cest s krpanjem, sanacijami, preplastitvijo vozišča in obnovo že dotrajanega vozišča, lahko določijo predvideni izpusti CO₂ na tono vgrajenih asfaltnih zmesi.

Upoštevajo se predvideni ukrepi, predvidena poškodovanost za pridobitev površin in izračun porabe asfaltne zmesi na tono. Specifična teža vgrajene asfaltne zmesi za 1 cm je 25 kg/m².

Tabela 24: Poraba asfaltnih zmesi po določenih ukrepih z izpusti CO₂

Št.	Varianta izvedbe	Predvidena in predpostavljena izvedba	Asfalt (t)	Faktor porabe kg CO ₂ /t	Poraba kg CO ₂ /t	Skupna poraba kg CO ₂ /t	%
I.	Vzdrževanje cest, krpanje udarnih jam in sanacije s strojnim krpanjem ter asfaltno prevleko (pravočasni ukrep 15. leto in 30. leto)						
1.	Krpanje udarnih jam – ročno (5 cm)	od 7. do 30. leta	30,00	65	1.950,00	47.461,70	100
2.	Sanacije strojnega krpanja (5 cm)	od 10. do 15. leta	17,08	65	1.110,20		
3.	Asfaltna prevleka (4 cm)	15. in 30. leto	683,10	65	44.401,50		
II.	Redno vzdrževanje, krpanje udarnih jam in obnova ceste (ko je vozišče poškodovano; po življenjski dobi)						
1.	Krpanje udarnih jam – ročno (5 cm)	od 7. do 30. leta	28,08	65	1.825,20	112.828,95	238
2.	Obnova ceste (10 cm)	27. leta (2024)	1.707,75	65	111.003,75		

Vir: lastni vir, 2024

Iz analize je razvidno, da se s pravočasnimi ukrepi vzdrževanja cest v življenjski dobi ceste v primerjavi z obnovo ceste lahko izpusti CO₂, vsaj glede porabe asfaltnih zmesi, zmanjšajo za 138 %.

Hipoteza H4 je potrjena.

8 VPLIV REDNEGA VZDRŽEVANJA JAVNIH CEST NA PROMETNO VARNOST

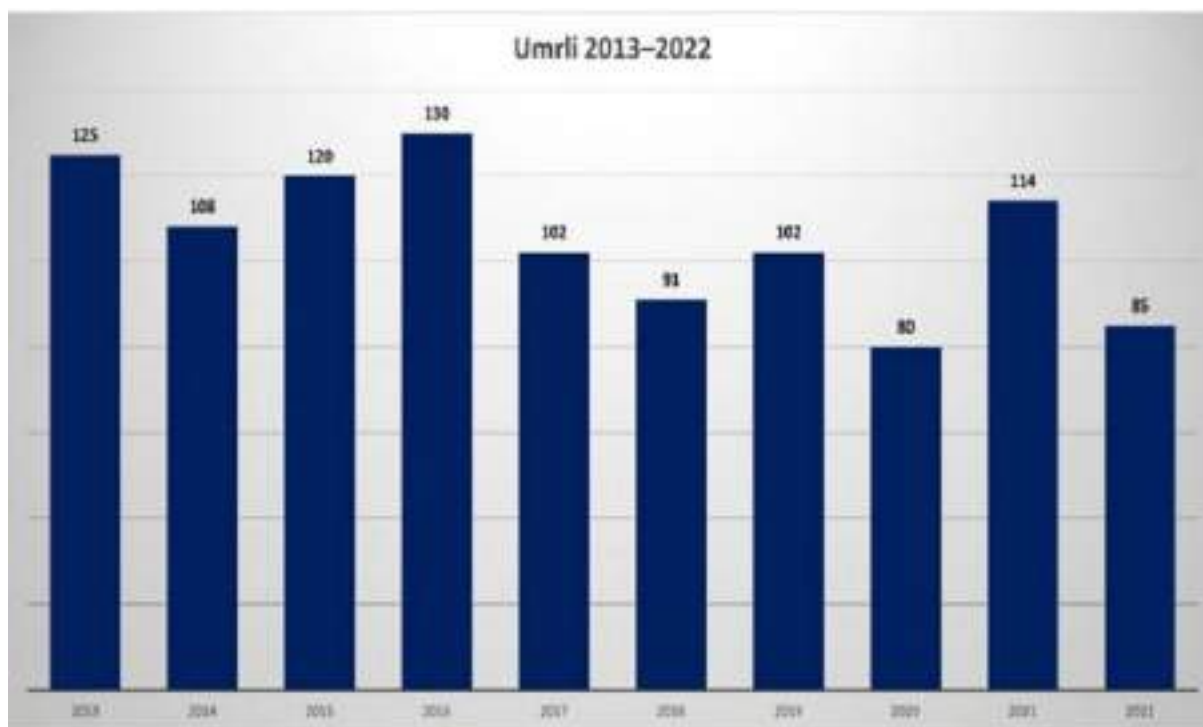
Prometna varnost vpliva na vse udeležence v prometu, od pešcev, kolesarjev do uporabnikov vozil. Na njo ima zelo pomemben vpliv tudi ustrezno grajena in vzdrževana prometna infrastruktura.

Skozi zgodovino je prišlo do različnih sprememb zakonodaje s področja prometne infrastrukture, zakonodaje in predpisov s področja gradnje in vzdrževanja ter s področja varnosti v cestnem prometu.

Zaradi naraščajočega števila prometnih nesreč se je ob zavedanju pomembnosti ohranjanja življenja tudi v Republiki Sloveniji spreminjala zakonodaja s področja prometne varnosti, projektiranja, gradnje in vzdrževanja. Nazadnje je bila sprejeta resolucija o nacionalnem programu varnosti cestnega prometa za obdobje od 2023 do 2030 (ReNPVCP23-30).

Kazalnik prometne varnosti v resoluciji je število najtežjih prometnih nesreč na slovenskih cestah (po podatkih policije od leta 2013 do leta 2022).

Tabela 25: Umrli v prometnih nesrečah na slovenskih cestah, obdobje 2013–2022



Vir: ReNPVCP23-30

Po statističnih podatkih je glavni vzrok za nastanek prometnih nezgod in s tem zmanjšanja prometne varnosti udeležencev v prometu neprilagojena hitrost.

Po podatkih policije so v kategoriji neprilagojene hitrosti navedene vse prometne nesreče, ki nastanejo tudi zaradi slabše prometne infrastrukture:

- o poškodbe vozila zaradi udarnih jam;
- o zdrsa vozila zaradi zastajanja vode na vozišču;
- o zdrsa vozila zaradi poledice ali snega na vozišču;
- o zdrsa vozila zaradi pomanjkljive prometne signalizacije.

Prometne nezgode se lahko zgodijo tudi zaradi elementarnih dogodkov, zaradi višje sile ali povoženja divjadi in niso posledica stanja ceste.

V resoluciji se navaja 9 varnih stebrov, med katere sodita tudi:

- o varna cestna infrastruktura (globalni steber) in
- o varna uporaba cest (globalni steber).

Z vidika obravnave varnosti cestne infrastrukture se navajajo naslednji vzroki za predviden nastanek prometnih nesreč:

- o pomanjkljivo vodenje prometa (neustrezna prometna signalizacija in oprema);
- o neurejene bankine;
- o poškodbe na vozišču in
- o nevzdrževana vegetacija.

Na podlagi zgoraj napisanega lahko zaključimo, da se ob izvajanju ukrepa rednega vzdrževanja prometna varnost ohranja.

Prvi del hipoteze H3 je potrjen.

Delež poškodovanosti ceste se brez ukrepa investicijskega vzdrževanja z leti povečuje eksponentno, kar je razvidno iz grafa 1 in navedeno v tabeli 4 tega diplomskega dela. Zato ugotavljamo, da s samimi ukrepi rednega vzdrževanja ni več možno zagotavljati ustrezne prometne varnosti, kar pomeni, da je za potrebe ohranjanja zahtevane prometne varnosti treba izvesti omejitve prometa, kot so zmanjšanje hitrosti, zapiranje dela cestišča in v skrajnih primerih zaprtje ceste.

Iz tega lahko sklepamo, da se z izvedbo ukrepa investicijskega vzdrževanja prometna varnost poveča. Za izračun odstotka povečanja prometne varnosti, ki je posledica izvedbe ukrepa investicijskega vzdrževanja, bi za posamezno cesto potrebovali poleg števila prometnih nesreč v obravnavanem obdobju tudi podatek o stanju cest v obravnavanem obdobju in podrobnejši vzrok nastanka prometnih nesreč, ki so evidentirane kot prometne nesreče zaradi neprilagojene hitrosti.

Drugi del hipoteze H3 je pogojno potrjen.

9 ZAKLJUČEK

Namen diplomskega dela je bilo izvesti primerjavo del in ukrepov rednega vzdrževanja z obnovo asfaltnega vozišča na primeru lokalne ceste Šalovci–Adrijanci. Cilj diplomskega dela pa je bil primerjati, kako različni ukrepi pri sanaciji asfaltnega vozišča vplivajo na podaljšanje življenjske dobe ceste, povečanje prometne varnosti, stroške in obremenjevanje okolja, če bi se lokalna cesta vzdrževala v skladu s predpisi, stroko in s pravočasno izvedbo sanacij v primerjavi z izvedbo nujne obnove asfaltnega vozišča, ko je to že poškodovano do te mere, da se več ne da sanirati z deli rednega vzdrževanja, krpanja ter investicijskega vzdrževanja in je možna le še obnova ceste.

Na podlagi zastavljenih hipotez se je izvedlo pridobivanje podatkov o obstoječi cesti, o njeni voziščni konstrukciji in obstoječih materialih, iz katerih je bila lokalna cesta Šalovci–Adrijanci zgrajena. Na podlagi pridobljenih podatkov so se ob uporabi literature in upoštevanju veljavne zakonodaje izvedla dimenzioniranja predvidene nove asfaltne voziščne konstrukcije in izračunale potrebne nove dimenzije vozišča ter določile vrste asfaltnih zmesi.

Ob ugotovitvi, da se na lokalni cesti Šalovci–Adrijanci niso pravočasno izvajale sanacije za preprečitev nastanka in popravila poškodb na asfaltnem vozišču, se je določil predviden potreben terminski potek sanacij asfaltnega vozišča v sklopu del vzdrževanja cest, če bi se asfaltno vozišče saniralo pravočasno.

Z analizo določitve ukrepov se je ugotovilo, da če bi se upoštevala dela rednega in investicijskega vzdrževanja na podlagi zakonskih določil in pravilnika o rednem vzdrževanju in bi se sanacije na asfaltnem vozišču izvedle še pred iztekom življenjske dobe ceste, bi se življenjska doba lokalne ceste oziroma asfaltnega vozišča podaljšala vsaj za 10 let oziroma med 40 in 60 %. S tem je bila hipoteza (H1), da se z ustreznimi ukrepi rednega vzdrževanja da za 50 % podaljšati življenjsko dobo asfaltnega vozišča, delno potrjena. Zaključimo lahko, da se s pravnimi in pravočasnimi ukrepi vzdrževanja da podaljšati življenjsko dobo asfaltnega vozišča.

V diplomskem delu se je izvedla finančna primerjava sanacije asfaltnega vozišča z rednim in investicijskim vzdrževanjem z obnovo ceste po preteku življenjske dobe in ko je vozišče zelo poškodovano. Z analizo se je zastavljena hipoteza (H2), da je strošek obnove dotrajane ceste za 25 % večji od stroška vzdrževanja ceste, ki tudi vključuje strošek investicijskega vzdrževanja, potrdila in se lahko zaključi, da se na že poškodovanem in dotrajanem asfaltnem vozišču

sredstva za potrebno obnovo povečujejo v primerjavi z ustreznim izvajanjem del vzdrževanja cest.

Ker investitorji nimajo vedno dovolj sredstev za sanacijo vseh cest oziroma za nujna dela vzdrževanja, se na predvideno in nujno sanacijo večkrat čaka tudi po koncu življenjske dobe ceste, zaradi česar pa lahko pride do zmanjšanja prometne varnosti. Zaradi nepravočasnih ukrepov vzdrževanja cest se je zastavljena hipoteza (H3), da se s pravočasnimi in ustreznimi ukrepi rednega vzdrževanja javnih cest za 10 % ohranja in povečuje prometna varnost, potrdila in se lahko zaključi, da se prometna varnost z rednim vzdrževanjem ohranja.

Z analizo vgrajenih asfaltnih zmesi po predvidenih ukrepih se je ob potrjeni hipotezi (H4), da se s pravilno in pravočasno izbiro ukrepov pri sanaciji vozišč lahko za 15 % zmanjšajo izpusti CO₂ in s tem obremenjevanje okolja, ugotovilo, da se s pravilnimi, predvsem pa pravočasnimi ukrepi rednega vzdrževanja pri sanaciji asfaltnih vozišč znatno zmanjšujejo izpusti CO₂ zaradi vgrajenih asfaltnih zmesi.

Sklep diplomskega dela je, da je za vse deležnike pri gradnji in vzdrževanju cest ključnega pomena, da se izvaja nadzor nad zgrajenimi cestami, s čimer se pridobijo pomembni podatki, kdaj se pričnejo poškodbe na posameznih asfaltnih voziščih, kar je osnova za vse nadaljnje ukrepe, od izvedbe del rednega vzdrževanja, beleženja večanja poškodb in planiranja ukrepov do sanacije asfaltnih vozišč iz naslova rednega in investicijskega vzdrževanja, predvsem pa osnova za planiranje kratkoročnih in dolgoročnih finančnih izdatkov z ozirom na pomanjkanje sredstev v proračunih različnih investorjev.

10 VIRI IN LITERATURA

- Zakon o cestah (ZCes-2), (Uradni list RS, št. 132/2022). Pridobljeno iz <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2022-01-3113>
- Gis.iobcina.si. Pridobljeno iz <https://gis.iobcina.si/gisapp/Default.aspx?a=salovci>
- Odlok o kategorizaciji občinskih cest v občini Šalovci, (Uradni list RS, št. 79/2017). Pridobljeno iz <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2017-01-3834/odlok-o-kategorizaciji-obcinskih-cest-v-obcini-salovci>
- ASFALT 3, (ZAS 2006). Lastna knjiga.
- TSC 06.300/06.410:2009 Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti, (Uradni list RS, št. 65/09, z dne 14. 8. 2009). Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_06_300_410_2009_Smernice_in_tehnicni_pogoji_za_graditev_asfaltnih_plasti.pdf
- TSC 08.311/1:2005 Redno vzdrževanje cest, Vzdrževanje prometnih površin. Asfaltna vozišča (Uradni list RS, št. 41-3080/2005 z dne 22. 4. 2025). Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_08_311_1_2005_Redno_vzdrzevanje_cest_Vzdrzevanje_prometnih_povrsin_Asfalna_vozisca_1_del.pdf
- TSC 06.720:2003 Meritve in preiskave – deformacijski moduli vgrajenih materialov (Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, št. 9/2003). Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_06_720_2003_Meritve_in_preiskave_Deformacijski_moduli_vgrajenih_materialov.pdf
- TSC 06.200:2003 Nevezane nosilne in obrabne plasti, Direkcija Republike Slovenije za ceste. Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_06_200_Nvezane_nosilne_in_obrabne_plasti.pdf
- TSC 06.511:2009 Prometne obremenitve – določitev in razvrstitev (Uradni list RS, št. 91/09 z dne 13. 11. 2009). Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/Ukinjene-TSC/TSC_06_511_2009_Prometne_obremenitve_Dolocitev_in_razvrstitev.pdf

- Tehnične specifikacije za projektiranje cest in prometna varnost (TSG-211-002:2023, Uradni list RS, št. 132/22). Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSPI-Prometne-studije_osnutek.docx
- Prometne obremenitve od leta 1997 dalje, Direkcija RS za infrastrukturo. Pridobljeno iz <https://podatki.gov.si/dataset/pldp-karte-prometnih-obremenitev>
- TSC 06.541:2009 Projektiranje – dimenzioniranje ojačitev obstoječih asfaltnih voziščnih konstrukcij (Uradni list RS, št. 65/09 z dne 14. 8. 2009). Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_06_541_2008_Projektiranja_Dimenzioniranje_ojacitev_obstojecih_asfaltnih_voziscnih_konstrukcij.pdf
- TSC 06.512:2003 Projektiranje – klimatski in hidrološki pogoji (Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, št. 9/2003). Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_06_512_2003_Projektiranje_klimatski_in_hidroloski_pogoji.pdf
- TSC 06.520:2009 Projektiranje – dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij (Uradni list RS, št. 65/09 z dne 14. 8. 2009). Pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_06_520_2009_Projektiranje_Dimenzioniranje_novih_asfaltnih_voziscnih_konstrukcij.pdf
- Pravilnik o rednem vzdrževanju javnih cest (Uradni list RS, št. 38/2016, z dne 27. 5. 2016). Pridobljeno iz <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2016-01-1702>
- <https://www.google.com/maps> (slika stanja, oktober 2013) Pridobljeno iz (https://www.google.com/maps/@46.8183426,16.2575992,3a,75y,272.1h,78.81t/data=!3m8!1e1!3m6!1sxKUallSeiwhSzpbrkJ-Y0w!2e0!5s20131001T000000!6shttps:%2F%2Fstreetviewpixels-pa.googleapis.com%2Fv1%2Fthumbnail%3Fcb_client%3Dmaps_sv.tactile%26w%3D900%26h%3D600%26pitch%3D11.19137935704532%26panoid%3DxKUallSeiwhSzpbrkJ-Y0w%26yaw%3D272.1000295093983!7i13312!8i6656?coh=205410&entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MDkxOC4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D)
- <https://www.google.com/maps> (slika stanja, september 2023). Pridobljeno iz <https://www.google.com/maps/@46.818361,16.2576034,3a,75y,272.1h,78.81t/data=!3m8!1e>

1!3m6!1swA_crRm7dtT0QoeTd0_4g!2e0!5s20230901T000000!6shttps:%2F%2Fstreetview
pixels-
pa.googleapis.com%2Fv1%2Fthumbnail%3Fcb_client%3Dmaps_sv.tactile%26w%3D900%2
6h%3D600%26pitch%3D11.19137935704532%26panoid%3DwA_crRm7dtT0QoeTd0_4g%
26yaw%3D272.1000295093983!7i16384!8i8192?coh=205410&entry=tu&g_ep=EgoyMDI0
MDkxOC4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D

- Tehnična specifikacija TSC 06.300 / 06.410 : 2009 Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti (Uradni list RS, št 65/09 z dne 14. 8. 2009). pridobljeno iz https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/Tehnicne-specifikacije/TSC_06_300_410_2009_Smernice_in_tehnicni_pogoji_za_graditev_asfaltnih_plasti.pdf
- EAPA (eapa.org) Pridobljeno iz <https://eapa.org/towards-net-zero-view-online/>
- Resolucija o nacionalnem programu varnosti cestnega prometa za obdobje od 2023 do 2030 (Uradni list RS, št. 124/23, z dne 8. 11. 2023). Pridobljeno iz <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=RESO151>

11 PRILOGE

- Priloga 1: Zapisnik o odvzemu vzorca NNP (nevezane nosilne plasti)
- Priloga 2: Sejalna analiza NNP (nevezane nosilne plasti)
- Priloga 3: Zapisnik o odvzemu vzorca NNP (nevezane nosilne plasti)
- Priloga 4: Sejalna analiza NNP (nevezane nosilne plasti)
- Priloga 5: Prikaz stroškov ukrepa vzdrževanja cest v obdobju 30 let
- Priloga 6: Prikaz stroškov ukrepa obnove cest v obdobju 30 let