Razvoj metodologije za ocjenu stanja kolnika primjenom podataka prikupljenih bespilotnim letjelicama uz primjenu umjetne inteligencije

*(**D**evelopment of a methodology for the **p**avement **c**ondition assessment using data collected by **u**nmanned **a**erial **v**ehicles with the application of **a**rtificial **i**ntelligence – DAPCUAV AI)*

Rijeka, 26. l0. 2026.

TPA STRABAG WORK ON PROGRESS

Sadržaj

1. Uvod
2. Bespilotne letjelice u građevinarstvu
3. Cilj istraživanja
4. Metodologija istraživanja
5. Zaključak

Sadržaj

1. Uvod
2. Bespilotne letjelice u građevinarstvu
3. Cilj istraživanja
4. Metodologija istraživanja
5. Zaključak

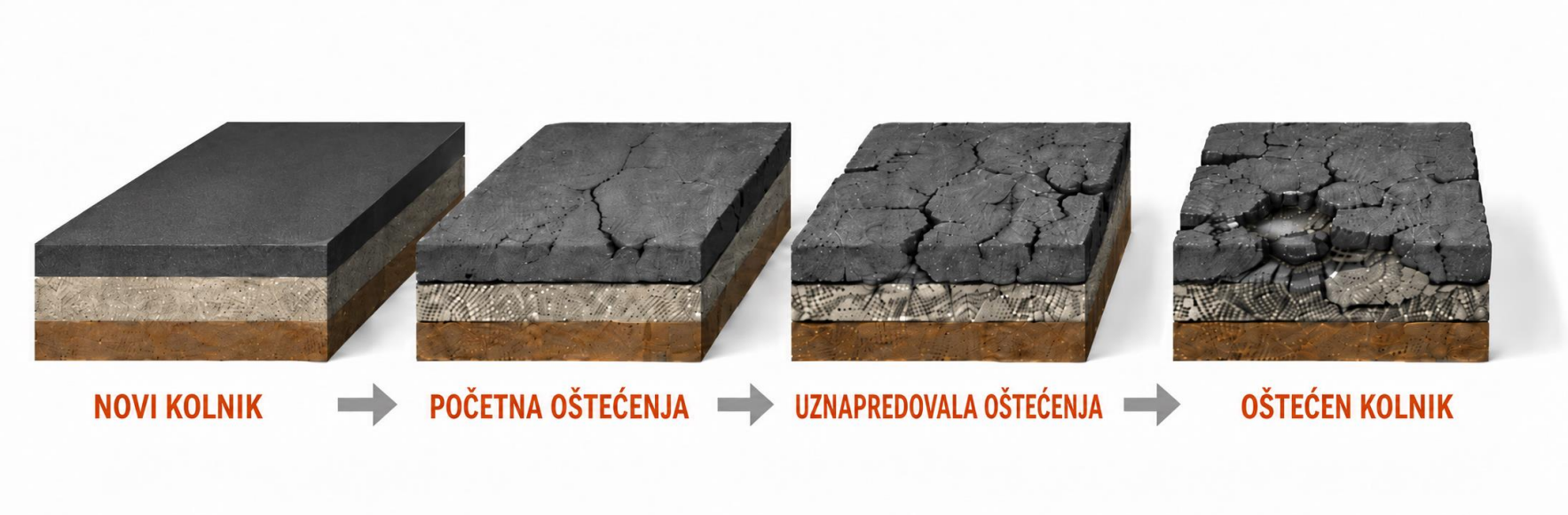
Uvod

Uzroci degradacije

- prometno opterećenje
- okolišni čimbenici
- starenje materijala

Posljedice

- pogoršanje stanja kolnika
- smanjenje udobnosti vožnje i sigurnosti
- smanjenje uporabne vrijednosti



Uvod

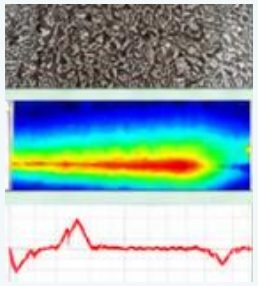
1 Vizualni pregled



- Opažanje i evidentiranje površinskih oštećenja
- Procjena vrste, opsega i intenziteta oštećenja

2 Terenska mjerenja





- Korištenje specijaliziranih vozila i opreme
- Procjena nosivosti i površinskih karakteristika

3 Laboratorijska ispitivanja



- Određivanje fizikalno-mehaničkih svojstava
- Ispitivanje sastava i kvalitete materijala

Uvod

1 Vizualni pregled

Tradicionalni pregled

Digitalni pregled





Uvod

1 Vizualni pregled

Tradicionalni pregled







Sadržaj

1. Uvod
2. Bespilotne letjelice u građevinarstvu
3. Cilj istraživanja
4. Metodologija istraživanja
5. Zaključak

Bespilotne letjelice u građevinarstvu

- **Polat**, 2023.

Model za izračun uzdužne ravnosti kolničke konstrukcije.

- **Abed**, 2021.

Model predviđanja krutosti asfaltnih mješavina.

- **Mousa**, 2017.

Model koji omogućava korekciju modula elastičnosti na temelju uvjeta povezanosti između slojeva.

- **Mosa**, 2017.

Model za procjenu oštećenja kolnika te model strategije održavanja.

- **Lin**, 2003.

Model predviđanja uzdužne ravnosti.

- **Ghanizadeh**, 2015.

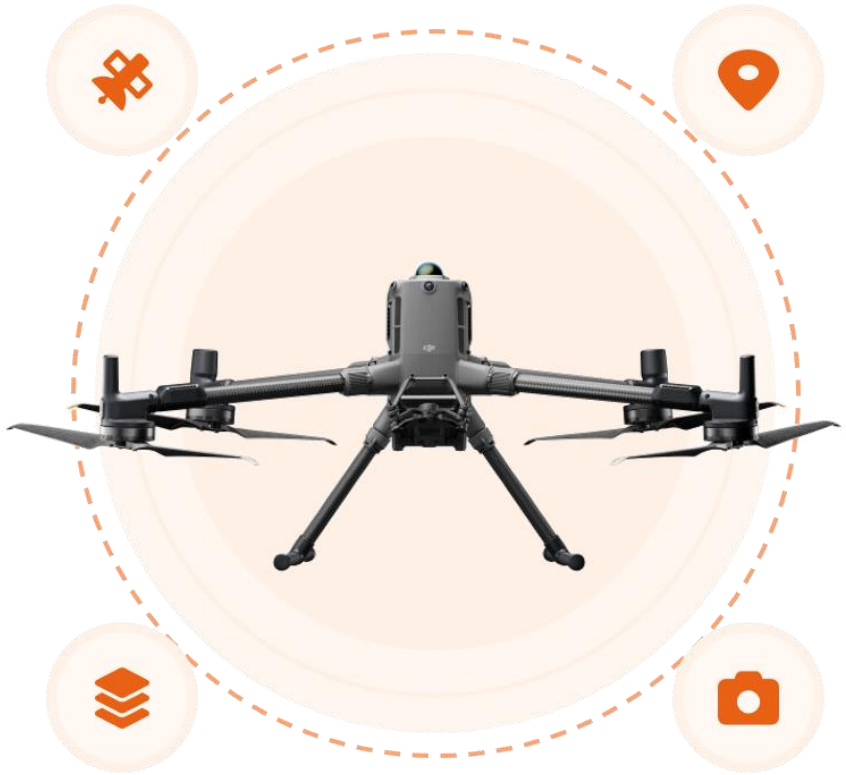
Model predviđanja kritičnih deformacija.

- **Thube**, 2012.

Model predviđanja stupnja degradacije pojedinih indikatora nosivosti kolničke konstrukcije.

Bespilotne letjelice u građevinarstvu

Digitalni pregled



- **Brzo i učinkovito** prikupljanje podataka s velikih površina.
- **Siguran pregled** opasnih i teško dostupnih područja.
- **Ušteda vremena** i smanjenje troškova terenskog rada.
- **Kvalitetne snimke** i točni prostorni georeferencirani podaci.
- **Pravovremeno otkrivanje** oštećenja i promjena.
- **Lakše donošenje odluka** i planiranje održavanja.

Bespilotne letjelice u građevinarstvu

1 BESPILOTNA LETJELICA



2 OBRADA PODATAKA



SNIMANJE IZ ZRAKA



OBRADA PODATAKA



PROSTORNI PODACI



DIGITALNI PRIKAZ

3 3D MODEL KOLNIKA



Sadržaj

1. Uvod
2. Bespilotne letjelice u građevinarstvu
3. Cilj istraživanja
4. Metodologija istraživanja
5. Zaključak

Cilj istraživanja

Razvoj metodologije za ocjenu stanja kolnika primjenom podataka prikupljenih bespilotnim letjelicama uz primjenu umjetne inteligencije

1. **Model kolničke konstrukcije temeljem podataka prikupljenih bespilotnim letjelicama.**
2. **Algoritam umjetne inteligencije koji će inicirati strategiju održavanja.**

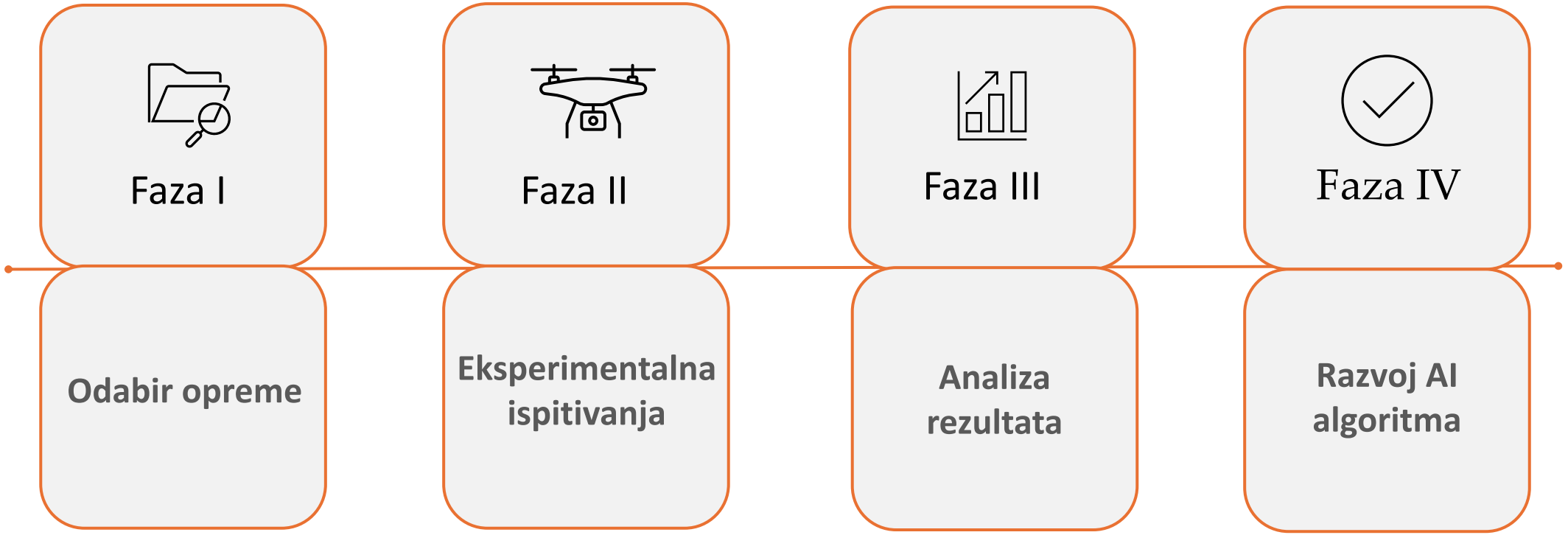
TPA Hrvatska (4)
TPA Poljska (3)
Strabag SID Austrija (4)
Vanjski partner (1)

04/2025 – 03/2028

Sadržaj

1. Uvod
2. Bespilotne letjelice u građevinarstvu
3. Cilj istraživanja
4. Metodologija istraživanja
5. Zaključak

Metodologija istraživanja



Metodologija istraživanja



Metodologija istraživanja

Faza I – Odabir opreme

DJI Matrice 400





Zenmuse L2
LIDAR
RGB kamera 20 MP
Točnost 5 cm/150 m



Zenmuse H30T
Termalna kamera
2 RGB leće



Zenmuse P1
RGB fotogrametrijska kamera
45 MP
mehanički okidač

Metodologija istraživanja

LiDAR – lasersko skeniranje



LiDAR (Light Detection and Ranging) tehnologija daljinskog istraživanja koja laserskim impulsima mjeru udaljenosti i stvara precizne 3D prostorne podatke.

01
Oblak točaka
Detaljan 3D zapis snimljene površine.

02
3D modeli
Prostorni prikaz terena i prometnica.

03
Model terena (DTM)
Prikaz visinskih karakteristika terena.

04
Geometrija kolnika
Analiza nagiba, visina i neravnina.

05
Deformacije
Prepoznavanje promjena na površini.

06
Kontrola izvedbe
Usporedba izvedenog i projektiranog stanja.

Metodologija istraživanja

Termografija – toplinsko snimanje



Termografija je metoda daljinskog istraživanja koja pomoću infracrvene kamere bilježi raspodjelu temperature na površini i omogućuje uočavanje toplinskih odstupanja na kolniku.

01
Termalna ortofoto karta
Prostorni prikaz temperaturnih podataka snimljene površine.

02
Temperaturne mape
Vizualizacija raspodjele temperature na kolniku.

03
Delaminacija slojeva
Uočavanje mogućih odvajanja i nepravilnosti u slojevima.

04
Kontrola asfaltiranja
Praćenje temperature i ujednačenosti tijekom ugradnje.

05
Temperaturni gubici
Prepoznavanje zona s bržim hlađenjem materijala.

06
Kvaliteta spojeva
Otkrivanje problema na uzdužnim i poprečnim spojevima.

Metodologija istraživanja

RGB fotogrametrija



Fotogrametrija je metoda kojom se iz preklopljenih fotografija dobivaju precizni prostorni podaci, ortofoto prikazi i 3D modeli prometne infrastrukture.

01
RGB ortofoto karta
Detaljan i georeferenciran prikaz snimljene površine.

02
Pukotine i oštećenja
Prepoznavanje površinskih oštećenja kolnika.

03
Kontrola nagiba
Analiza poprečnih i uzdužnih nagiba prometnice.

04
Procjena deformacija
Uočavanje promjena i nepravilnosti na površini.

05
Završna obrada
Vizualna provjera izvedene površine kolnika.

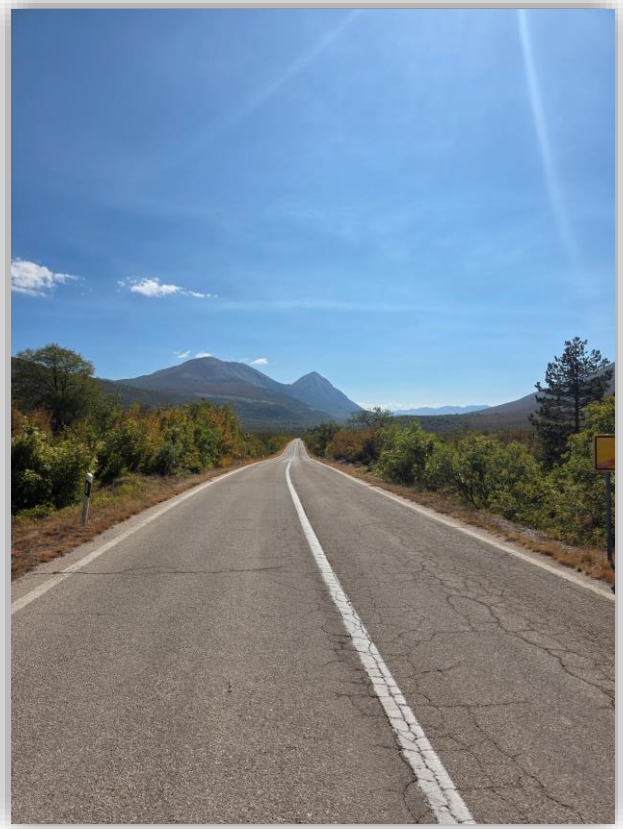
06
Volumen i odvodnja
Izračun volumena te analiza otjecanja vode.

Metodologija istraživanja

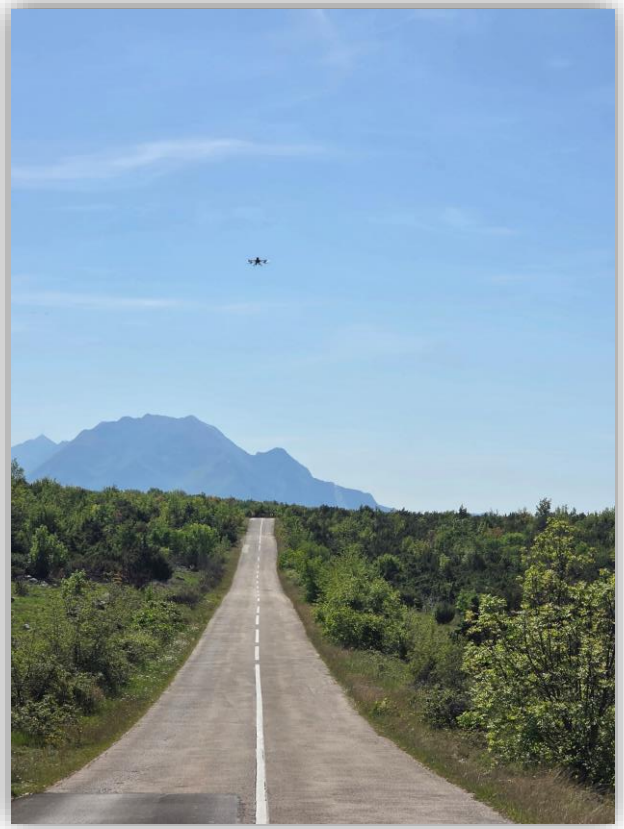


Metodologija i plan istraživanja

Faza II – Eksperimentalna ispitivanja



Ravča

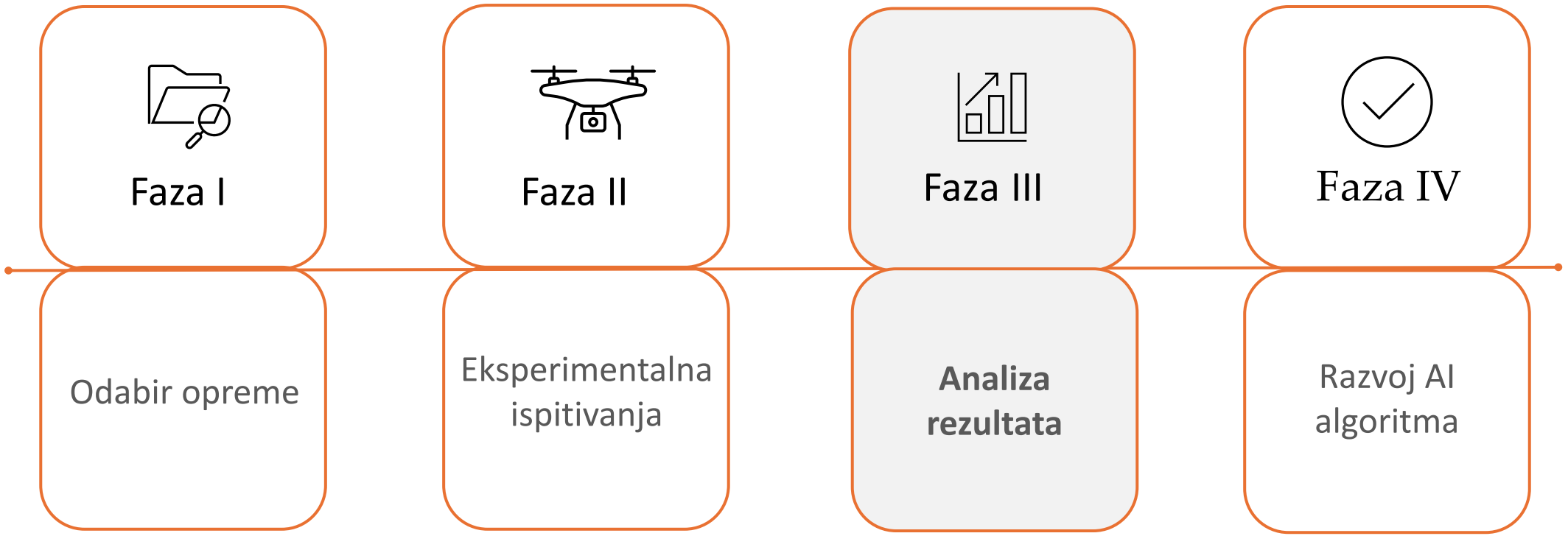


Blato na Cetini



Ugljane

Metodologija istraživanja



Metodologija i plan istraživanja

Faza III – Analiza rezultata

LiDAR



Blato na Cetini



Kerestinec



Dicmo

Metodologija i plan istraživanja

Faza III – Analiza rezultata

Fotogrametrija



Blato na Cetini



Ugljane

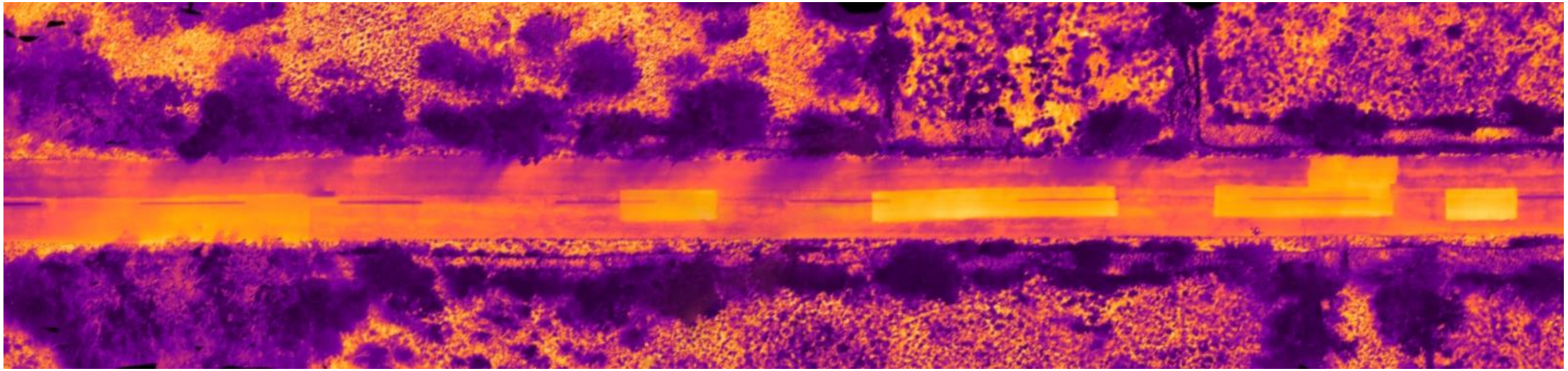


Dicmo

Metodologija i plan istraživanja

Faza III – Analiza rezultata

Termografija



Blato na Cetini

Metodologija istraživanja



Metodologija i plan istraživanja

Faza IV – Razvoj AI algoritma

Baza podataka

LiDAR

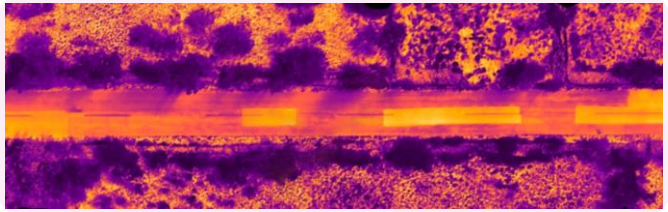
3D oblak točaka



GEOMETRIJA I VISINE

Termografija

Termalne snimke



TEMPERATURNI PODACI

Fotogrametrija

RGB / 3D model



BOJA I TEKSTURA

01

Priprema podataka

Georeferenciranje, usklađivanje i označavanje oštećenja

02

Baza podataka

Objedinjeni prostorni, toplinski i vizualni podaci

Metodologija i plan istraživanja

1 Baza podataka

LiDAR

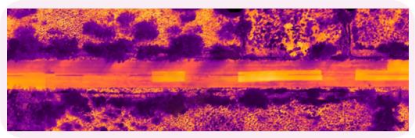
3D oblak točaka



GEOMETRIJA I VISINE

Termografija

Termalne snimke



TEMPERATURNI PODACI

Fotogrametrija

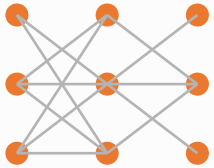
RGB / 3D model



BOJA I TEKSTURA

2 Treniranje modela

Učenje na podacima



prepoznavanje obrazaca

3 Testiranje modela

Provjera modela



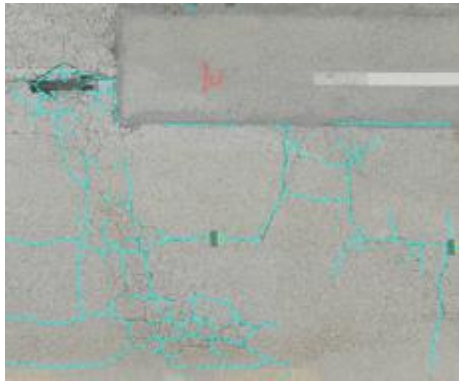
usporedba s poznatim rezultatima

4 Analiza rezultata

Izlazni rezultati



Odabir optimalne mjere održavanja



Metodologija i plan istraživanja

PREPORUKA STRATEGIJE ODRŽAVANJA

SANACIJA

Manja oštećenja

Lokalni popravci i površinska obrada radi očuvanja kvalitete.



REHABILITACIJA

Srednji stupanj oštećenja

Nosivi slojevi zadovoljavajući; obnova površinskih slojeva.



REKONSTRUKCIJA

Teška oštećenja

Narušena nosivost i funkcionalnost kolničke konstrukcije.



Sadržaj

1. Uvod
2. Bespilotne letjelice u građevinarstvu
3. Cilj istraživanja
4. Metodologija istraživanja
5. Zaključak

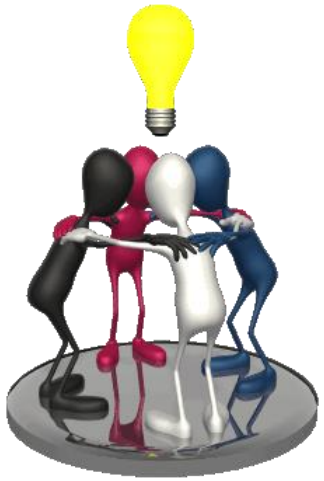
Zaključak

klasično iskustvo u održavanju cesta nije dostatno

učinkovito prikupljanje podataka – bespilotna letjelica

konačnim implementiranje u SGK dobiva se pomoćni alat za donošenje odluke oko usvajanja određene strategije održavanja kolnika

umrežavanje između industrije, znanosti i politike



Kontakt



Ana Rudeš, mag.ing.aedif.
ana.rudes@tpaqi.com

www.tpaqi.com

Hvala na pažnji!

