

Ocjena stanja kolnika

Izv.prof. dr.sc. Irena Ištoka Otković

SVEUČILIŠTE
JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
U OSIJEKU



JOSIP JURAJ STROSSMAYER
UNIVERSITY OF OSIJEK

SADRŽAJ



1. Ocjena stanja kolnika
2. PCI
3. Mjerenje trenja
4. Ocjena nosivosti kolnika
 1. Terenska ispitivanja
 1. Destruktivne metode - jezgrovanje
 2. Nedestruktivne metode – Uređaj sa padajućim teretom FWD, Ground Penetrating Radar GPR
 3. Analiza rezultata
5. Ojačanje



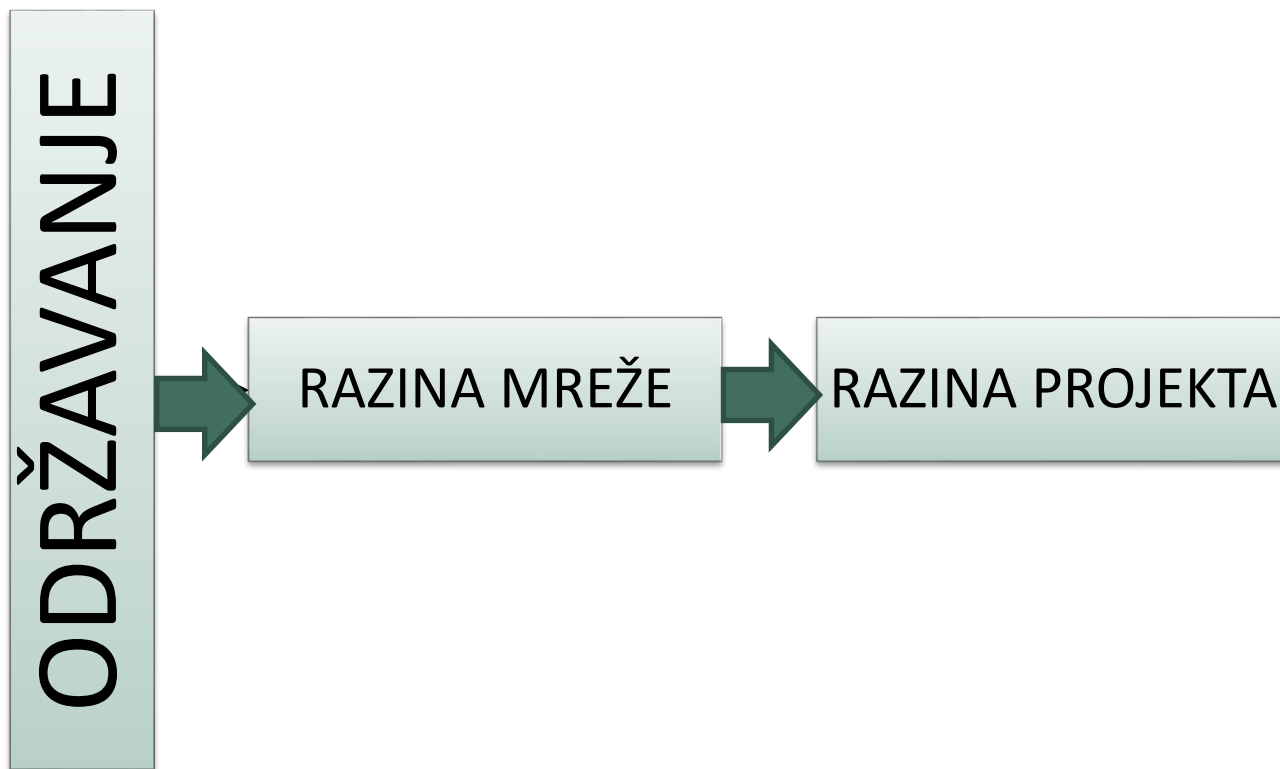
OCJENA STANJA KOLNIKA radi se

Sustav upravljanja kolnicima zračnih luka podrazumijeva redoviti monitoring stanja kolničkih konstrukcija zbog identifikacije potrebnih mjera održavanja

- redovita vizualna inspekcija
- periodične nedestruktivne metode ispitivanja kolničke konstrukcije.

U okviru toga se identificiraju lokacije u mreži kolničkih konstrukcija aerodroma koje je potrebno detaljnije analizirati.

OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA AERODROMA



OCJENA STANJA KOLNIKA radi se

NA RAZINI MREŽE

- u okviru redovitog održavanja kolnika
- zbog procjene faze životnog vijeka kolničke konstrukcije i donošenje odluke o potrebnim mjerama održavanja kolnika

NA RAZINI PROJEKTA

- da bi se utvrdilo stanje kolnika prije rekonstrukcije ili ojačanja
- procjene utjecaja zrakoplova povećane težine na kolničku konstrukciju
- procjene stanja materijala u kolničkoj konstrukciji i strukturnih oštećenja
- zbog verifikacije PCN koda zbog ubrzanog dotrajanja kolnika tijekom eksploatacije
- zbog naglih i iznenadnih oštećenja kolnika nepoznatog uzroka
- zbog procjena utjecaja izvanrednih događaja na kolničku konstrukciju i drugih razloga.

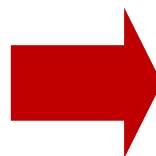
OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA AERODROMA

- Sigurnost prometa

- Vizualni pregledi

- Mjerenje trenja

- Mjerenje ravnosti

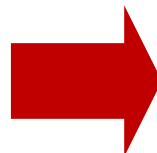


**ICAO propisana razina
stanja kolnika**

- Očuvanje imovine

- Vizualni pregledi

- Nosivost kolničke
konstrukcije



ACN/PCN klasifikacija

OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA AERODROMA

Pavement Condition Index (PCI)

- Temeljem ASTM Standard D5340-04, PCI ocjena se sastoji se od:
 - identifikacije oštećenja fleksibilne i krute kolničke konstrukcije
 - mjerenje učestalosti (količine) oštećenja
 - mjerenje i bilježenje vrste i dubine oštećenja kolnika
 - ocjena stanja kolnika



OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA AERODROMA

Pavement Condition Index (PCI)

Identifikacija i mjerenje dubine oštećenja kolnika





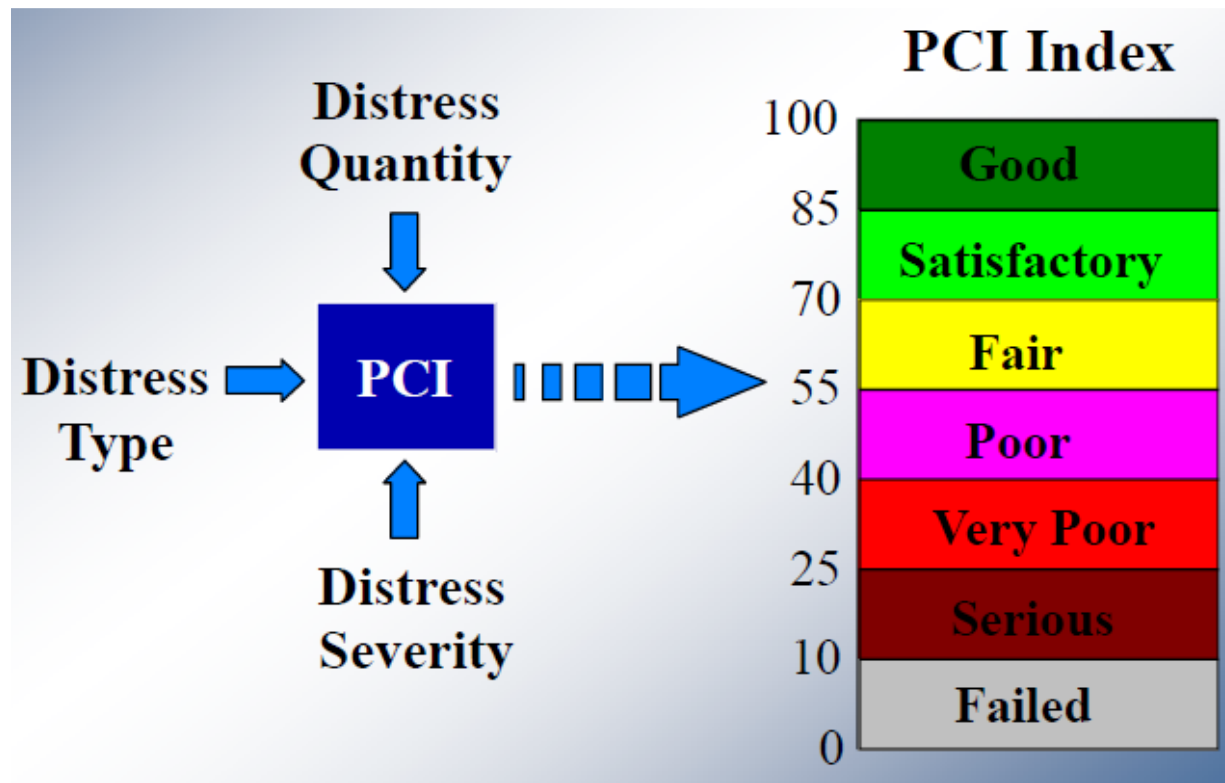
Pukotine na uzletno-sletnoj stazi



Pukotine i rupe na kolniku uzletno-sletne staze

OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA AERODROMA

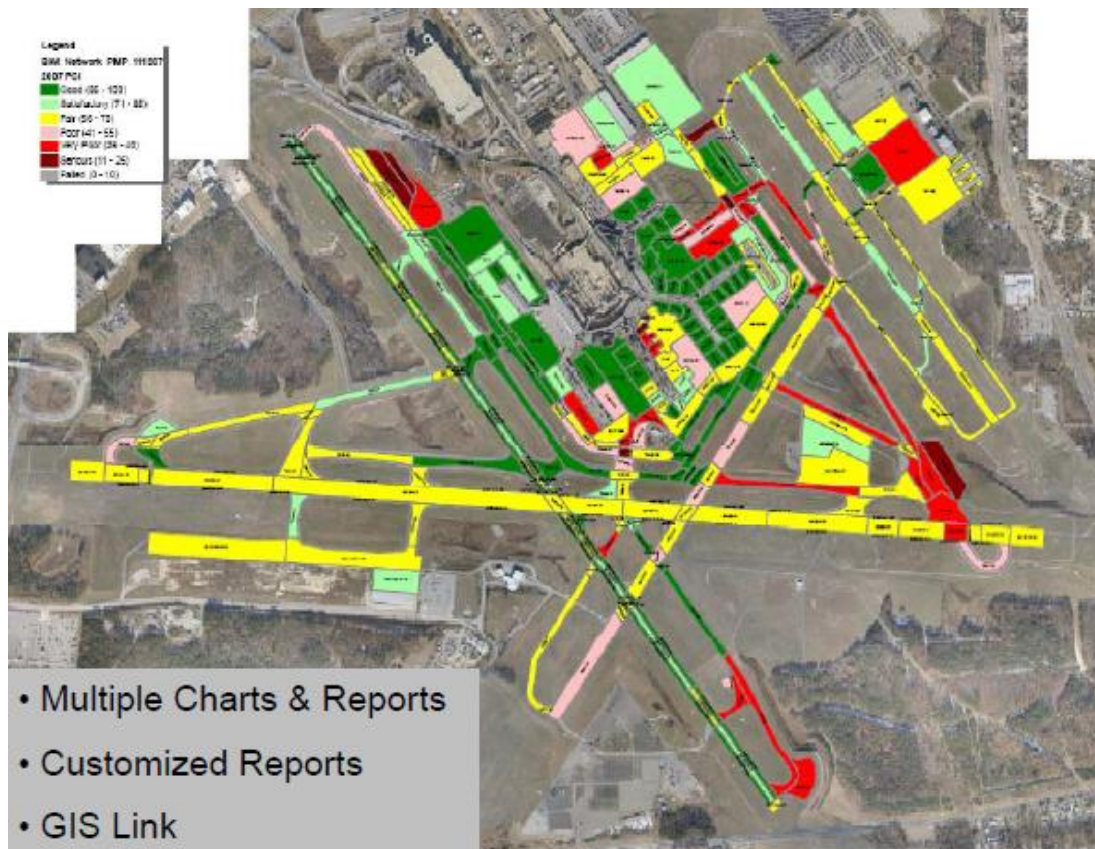
Pavement Condition Index (PCI)



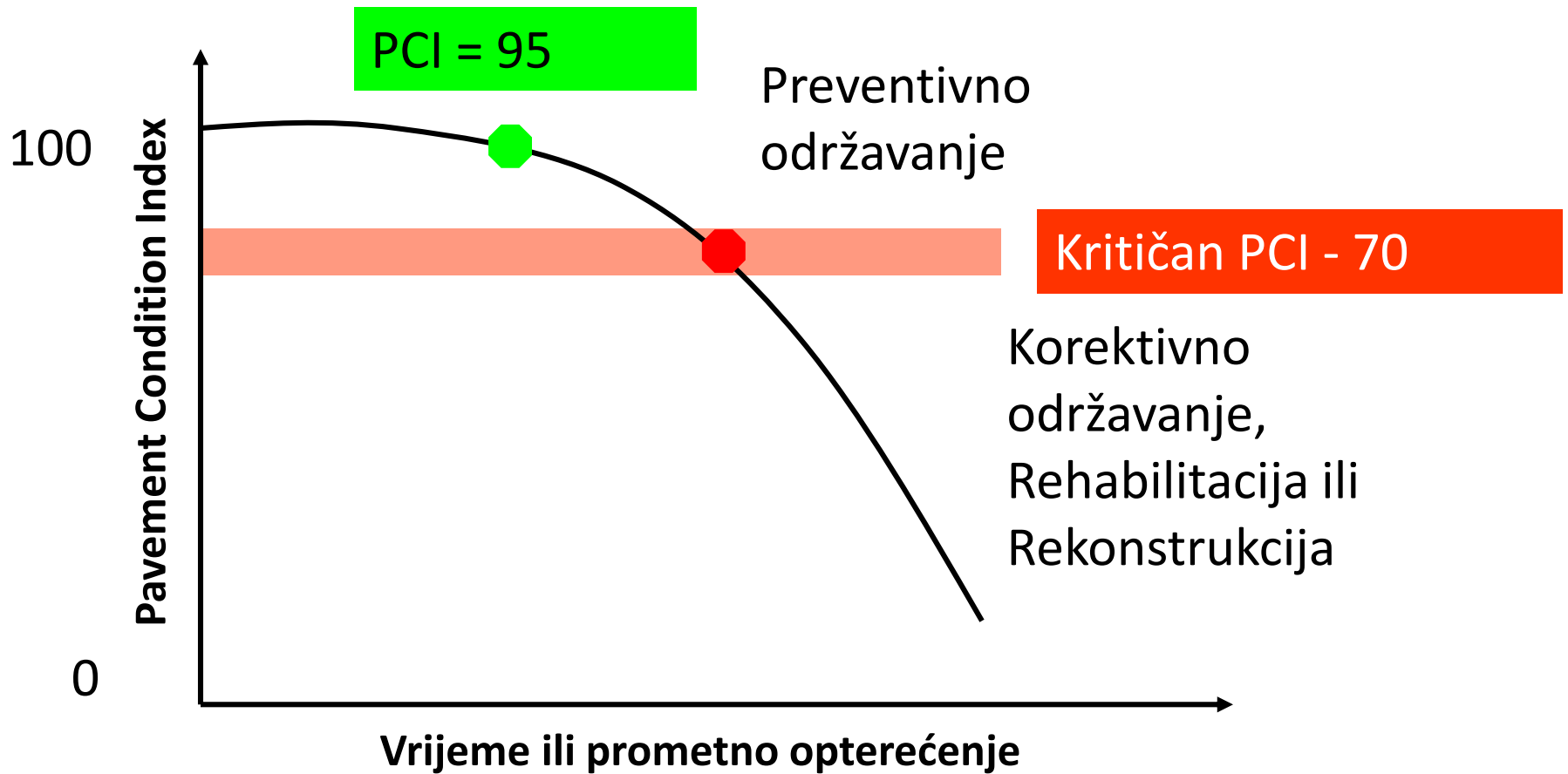
OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA

Pavement Condition Index (PCI)

PCI izvješće – ocjena stanja kolnika operativnih površina aerodroma



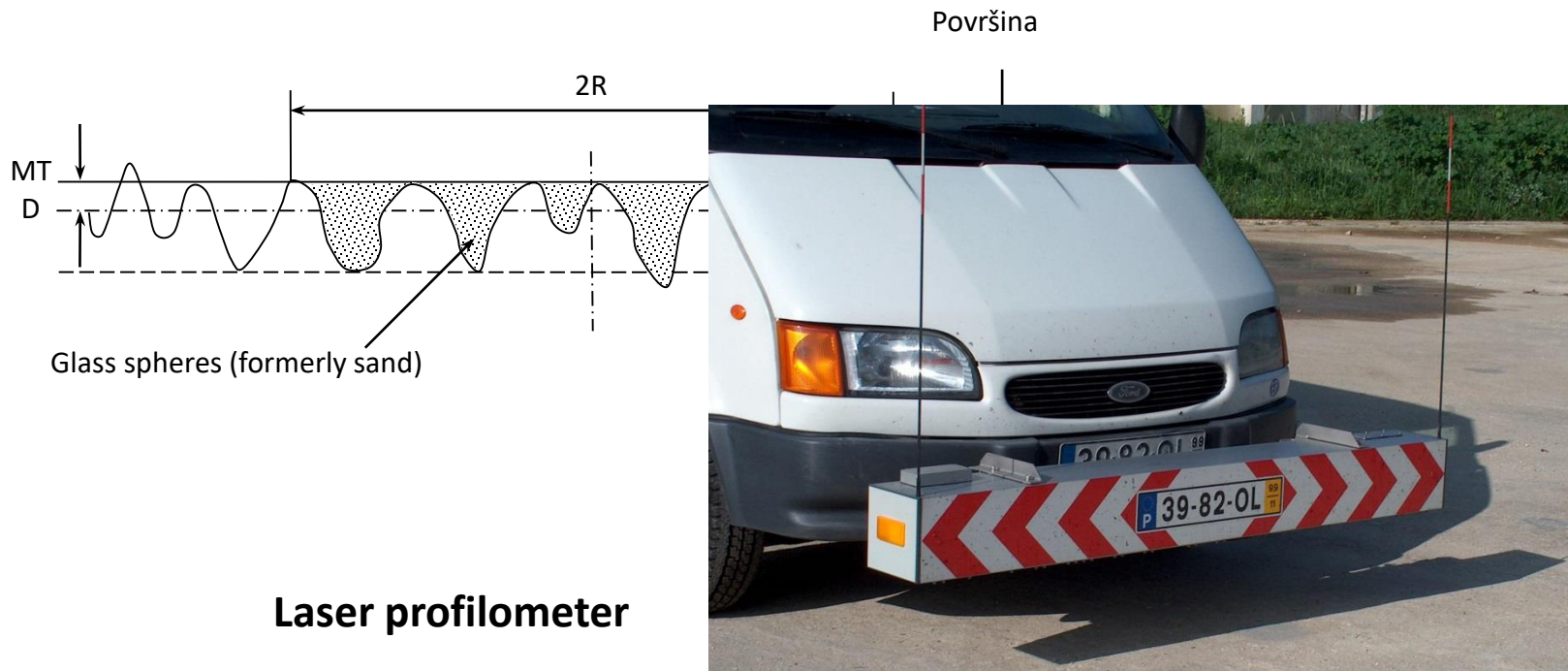
OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA



(McQueen R, 2013)

OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA

Mjerenje dubine oštećenja



OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA

Mjerenje trenja



GRIP TESTER - 65km/h; 1mm

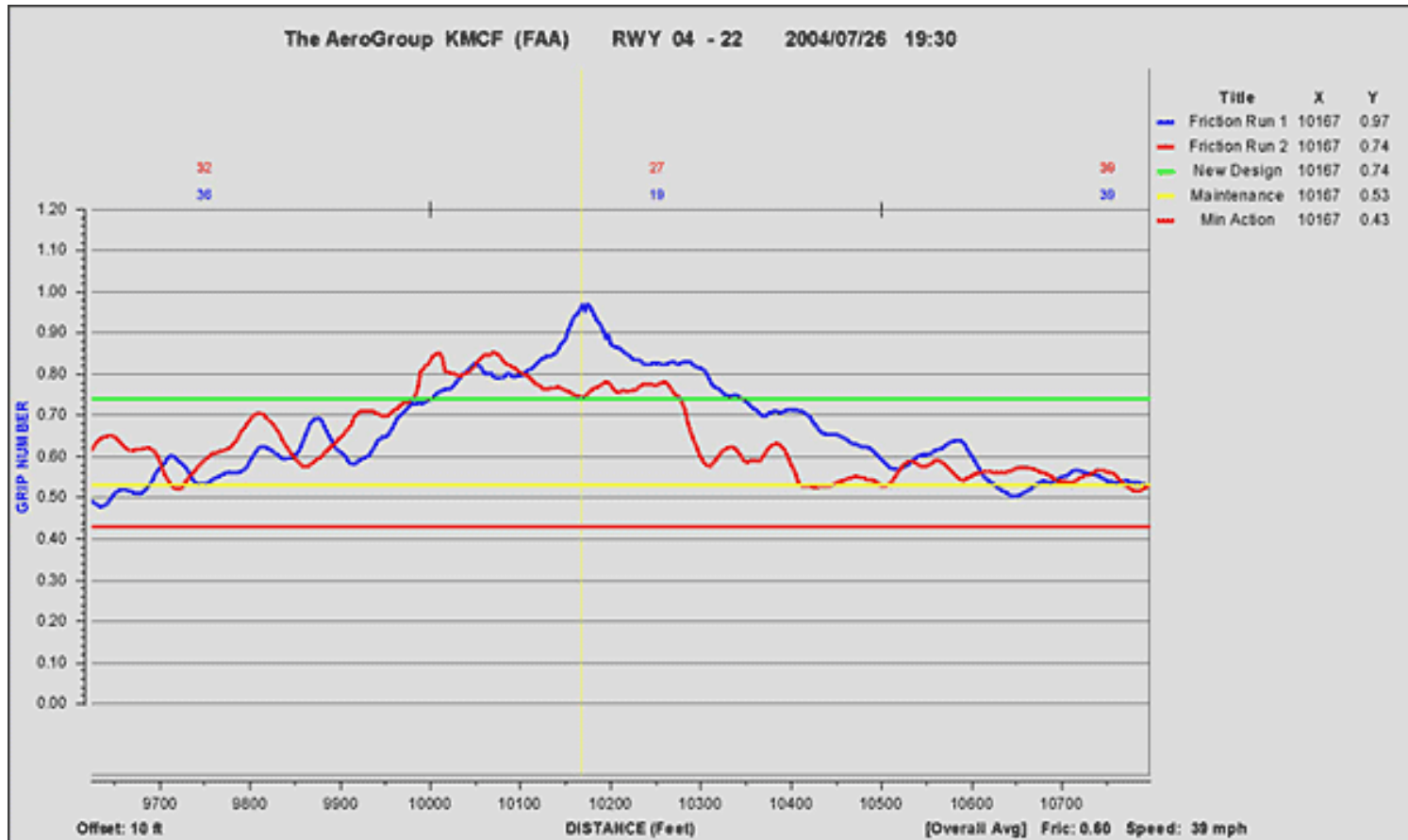
OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA

Mjerenje trenja

- ICAO kriteriji
 - Nove USS.....0,74
 - Granica za planiranje rehabilitacije/rekonstrukcije.....0,53
 - Minimum za USS pod prometom.....0,43
- Minimum propisanih mjerenja
 - Na svakoj trećini USS
 - Na svakom uzdužnom profilu
 - Na udaljenostima os 100 m

OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA

Mjerenje trenja – rezultati - primjer



OCJENA STANJA KOLNIKA OPERATIVNIH POVRŠINA



Ocjena nosivosti kolnika

OCJENA STANJA KOLNIKA – OCJENA NOSIVOSTI KOLNIKA

ŠTO JE NOSIVOST KOLNIČKE KONSTRUKCIJE?

- skup pozitivnih karakteristika koje kolničku konstrukciju određenog tipa čine sposobnom da, bez obzira na različite klimatske uvjete, preuzme i prenese na tlo posteljice određeno opterećenje od prometa (dosadašnjeg i budućeg) bilo po intenzitetu ili po težini, bez većih štetnih djelovanja na njenu eksploatacijsku sposobnost (izraženu ravnošću površine kolničkog zastora, vijekom trajanja, PCN brojem ili na neki drugi način).

OCJENA STANJA KOLNIKA – OCJENA NOSIVOSTI KOLNIKA

Ne postoji direktna „in situ” metoda kojom se mjeri nosivost kolničke konstrukcije.

Najčešće se primjenjuje metoda *obrnutog proračuna* (“backcalculation”) sa ulaznim podacima koji se prikupljaju istražnim radovima na terenu.

Potrebni su podatci o kolničkoj konstrukciji dobijeni analizom

- sadašnjeg stanja i usporedbe sa podacima iz baze podataka periodičnog mjerenja i inspekcije stanja kolničke konstrukcije,
- podataka o karakteristikama posteljice,
- apliciranih mjera održavanja
- podataka o promjenama u dinamici prometa zrakoplova i strukturi zrakoplova koji prometuju.

OCJENA STANJA KOLNIKA – OCJENA NOSIVOSTI KOLNIKA

Nosivost kolnika određuje se kroz ocjenu mehaničkih svojstava svakog sloja kolničke konstrukcije kroz pokazatelje kao što su:

- modul elastičnosti,
- svojstava umora materijala,
- uvjeta deformacija
- preostalih vlačnih naprezanja.

OCJENA STANJA KOLNIKA – OCJENA NOSIVOSTI KOLNIKA

Ocjena nosivosti kolnika mora uzeti u obzir:

- trenutno stanje kolničke konstrukcije,
- opterećenje kojem je kolnik izložen,
- buduće zahtjeve za nosivošću,
- procjenu preostalog vijeka trajanja kolničke konstrukcije.

Podatke koje je potrebno prikupiti na terenu za metodu „*obrnutog proračuna*“:

- utvrditi tip i karakteristike slojeva postojeće kolničke konstrukcije,
- utvrditi stanje kolnika,
- utvrditi stanje materijala u kolničkoj konstrukciji.

OCJENA STANJA KOLNIKA – OCJENA NOSIVOSTI KOLNIKA

Strukturalna oštećenja slojeva kolničke konstrukcije smanjuju njenu nosivost.

Jedan od bitnih elemenata u ocjenjivanju kolničke konstrukcije je **faktor stanja** konstrukcije koji uzima u obzir pukotine i oštećenja.

Ako konstrukcija pokazuje značajna strukturalna oštećenja mora joj se dodjeliti niži **strukturni broj**, što znači da više nije u stanju prihvatiti i prenositi opterećenje za koje je projektirana.

OCJENA STANJA KOLNIKA – OCJENA NOSIVOSTI KOLNIKA

Pod utjecajem opterećenja za koje je projektirana i uobičajenih vremenskih uvjeta, kolnička konstrukcija bi trebala zadržati zahtjevanu nosivost do kraja svog životnog vijeka i predviđene rekonstrukcije.

Zbog povećanja prometnog opterećenja ili nekih drugih izvanrednih okolnosti dotrajavanje kolnika može biti brže što ima za posljedicu:

- skraćanja životnog vijeka (rekonstrukcija se mora napraviti prije planiranog vremena)
- smanjenje PCN kolničke konstrukcije (smanjenje dopuštenog opterećenja na kolničku konstrukciju).

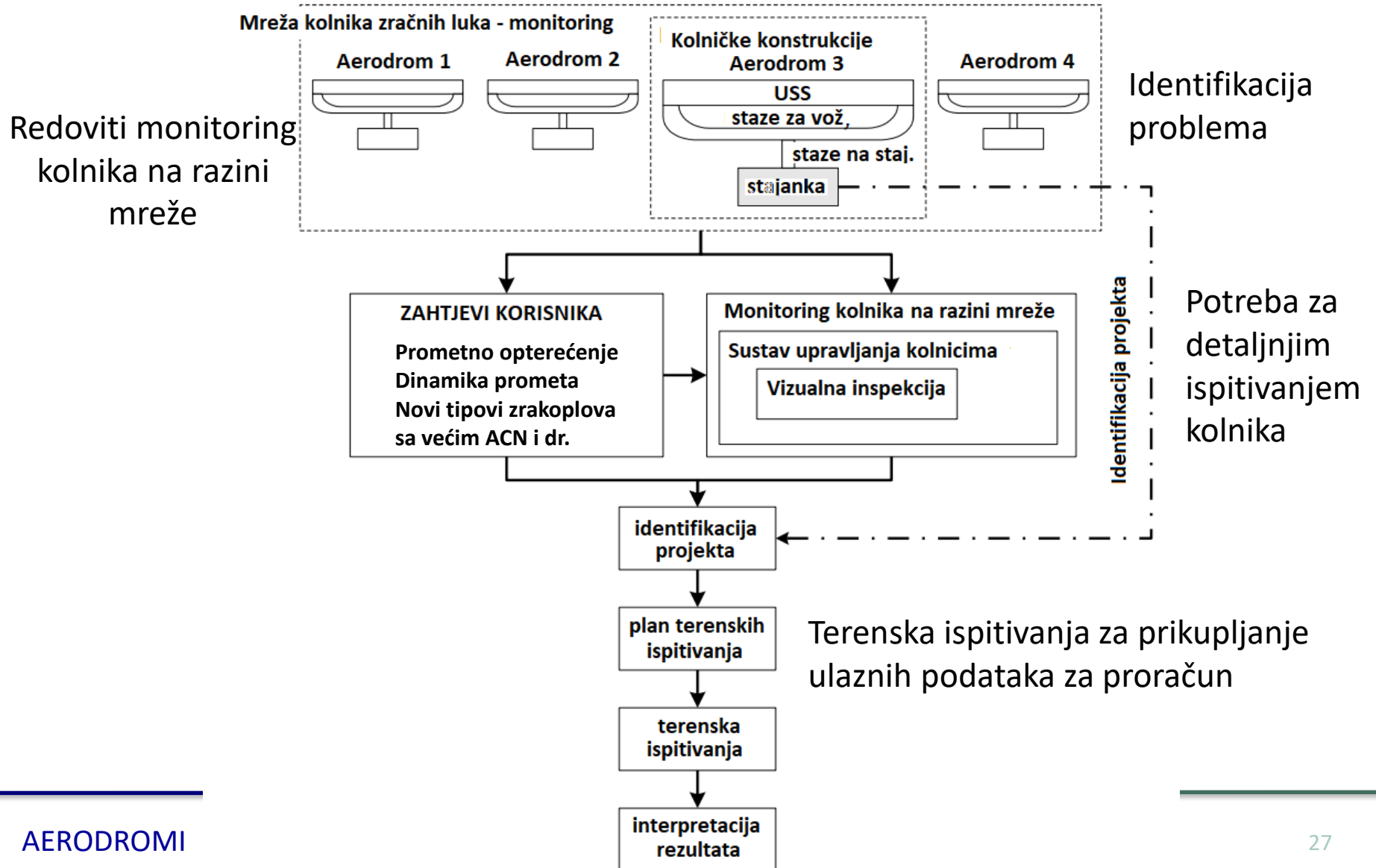


Pukotine na uzletno-sletnoj stazi



Pukotine na kolniku operativnih površina aerodroma

TERENSKA ISPITIVANJA



TERENSKA ISPITIVANJA

Terenska ispitivanja su neophodna za prikupljanje ulaznih podataka za proračun strukturnog broja SN i određivanje nosivosti kolničke konstrukcije. U okviru terenskih ispitivanja:

- prikupljaju se projektni podatci, podatci o apliciranim mjerama održavanja, redovitom monitoringu,
- vrši se vizualna inspekcija,
- odabire se skup neophodnih terenskih ispitivanja
 - destruktivnih metoda
 - jezgrovanje koje podrazumijeva laboratorijska ispitivanja izvađenih uzoraka
 - nedestruktivnih metoda koje se izvode in-situ
 - npr. Uređaj sa padajućim teretom - Falling Weight Deflectometer (FWD) i Ground Penetrating Radar (GPR)

OCJENA STANJA KOLNIKA – OCJENA NOSIVOSTI KOLNIKA

Prethodne analize

Vizualni pregled
Povjesni podatci

Nedestruktivna metoda mjerenja defleksije

Uređaj sa padajućim teretom
FWD

Podatci o strukturi kolnika

jezgrovanje
GPR

Analize

Homogene zone
Strukturni modeli
Preostali životni vijek / nosivost

TERENSKA ISPITIVANJA - PLAN

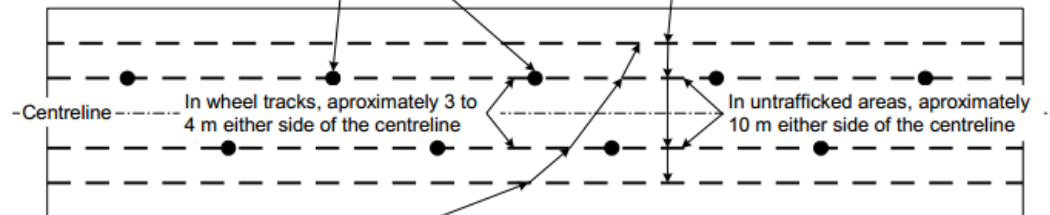
Odabir lokcije provođenja određene vrste terenskih ispitivanja i njihova učestalost.

Cores or trial pits and subgrade strength tests (essential):

- Minimum number should be three in each area known pavement construction, or one per homogenous section after a GPR or FWD survey.
- 50 m to 100 m spacing without non-destructive test data.
- Approximately 300 m spacing with non-destructive test data.
- Transverse spacing as FWD test lines
- In trafficked areas.

Lines of GPR tests (optional):

- As FWD tests.
- In trafficked areas, and untrafficked areas where possible.
- Continuous measurements.



Lines of FWD tests (optional) - see paragraph 9.1.1.3:

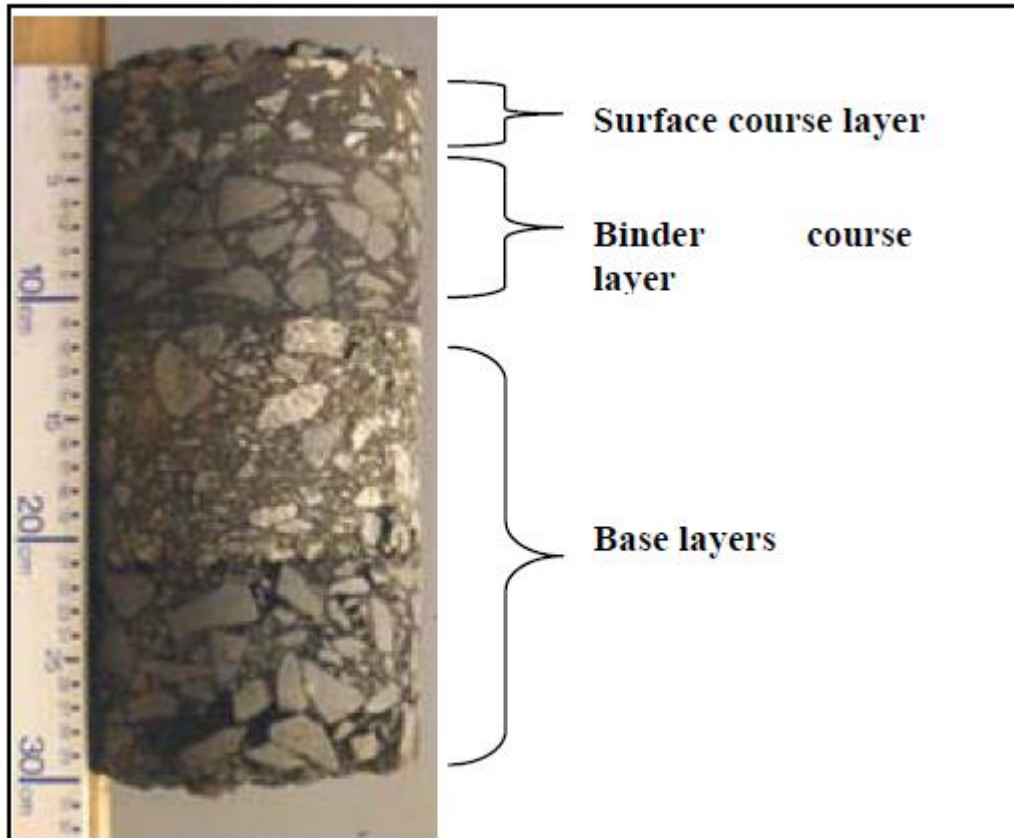
- 20 m to 30 m intervals.
- In trafficked areas, and untrafficked areas where possible.
- At bay centres and joints on concrete pavements.

Visual inspection (essential):

- Entire pavement area.

TERENSKA ISPITIVANJA

Destruktivne metode - jezgrovanje

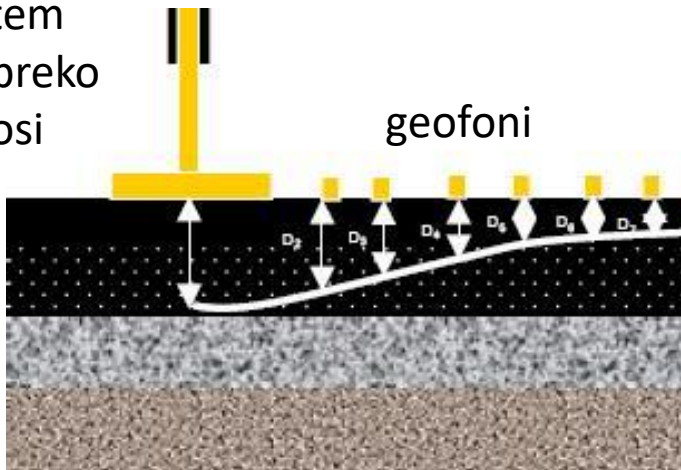


Uzorak fleksibilne kolničke konstrukcije

TERENSKA ISPITIVANJA

Uređaj sa padajućim teretom - (FWD)

- jedan od najraširenijih nerazornih mjernih uređaja, kojim se određuje strukturalno stanje kolnika, a može se odrediti i preostali životni vijek kolničke konstrukcije
- uređaj kojim je moguće dobiti brzu i ponovljivu terensku karakterizaciju krutosti slojeva kolničke konstrukcije
- kontrolni sistem
- uteg i ploča preko koje se prenosi opterećenje
- hidraulika



TERENSKA ISPITIVANJA – nedestruktivne metode

Uređaj sa padajućim teretom - (FWD)

- dinamičkim se opterećenjem simulira veličina i trajanje opterećenja koje se prenosi preko kotača vozila
- pomoću serije geofona ili seizmometara – senzora za mjerenje defleksije mjeri se odgovor kolnika u obliku vertikalne deformacije ili defleksije na različitim udaljenostima od mjesta predaje impulsnog opterećenja
 - geofoni mjere brzinu pomaka kolnika i pretvaraju je u defleksiju
 - seizmometri mjere direktno vertikalni pomak - defleksiju
- udaljenost geofona moguće je prilagoditi, ovisno o zahtjevima korisnika - uobičajeno na međusobnoj udaljenosti od 30 cm

TERENSKA ISPITIVANJA

Uređaj sa padajućim teretom - Falling Weight Deflectometer (FWD)



TERENSKA ISPITIVANJA

Uređaj sa padajućim teretom - Falling Weight Deflectometer (FWD)

hidraulika



TERENSKA ISPITIVANJA

Uređaj sa padajućim teretom - Falling Weight Deflectometer (FWD)

Padajuća ploča – impulsno opterećenje i geofoni



TERENSKA ISPITIVANJA

Uređaj sa padajućim teretom - (FWD)

Uređaj sa padajućim teretom - (FWD) se koristi:

- prilikom projektiranja pojačanja kolničkih konstrukcija,
- odabira strategije održavanja ili rekonstrukcije,
- ocjena nosivosti kolnika na razini mreže ili projekta,
- utvrđivanje zona smanjene nosivosti u trenutku kad još nije došlo do pojave oštećenja koja se mogu vizualno detektirati
- i dr.

Izuzetno je bitna pravilna i stručna intepretacija rezultata mjerenja.

TERENSKA ISPITIVANJA

Ground Penetrating Radar (GPR)

Ground Penetrating Radar (GPR) je nerazorna metoda ispitivanja kolničkih konstrukcija i najčešće se koristi se za:

- kartiranje,
- prikupljanje podataka na razini mreže i na razini projekta,
- opisivanje i lociranje karakteristika potpovršinskih slojeva kolničkih konstrukcija,
- određivanje debljine slojeva konstrukcije,
- određivanje promjena nastalih u slojevima konstrukcije,
- detektiranje pukotina,
- lociranje armature u pločama,
- otkrivanje praznina – rupa ispod betonskih ploča,
- lociranje prodora vode u konstrukciju ili miješanja materijala slojeva i dr.

TERENSKA ISPITIVANJA

Ground Penetrating Radar (GPR)



TERENSKA ISPITIVANJA

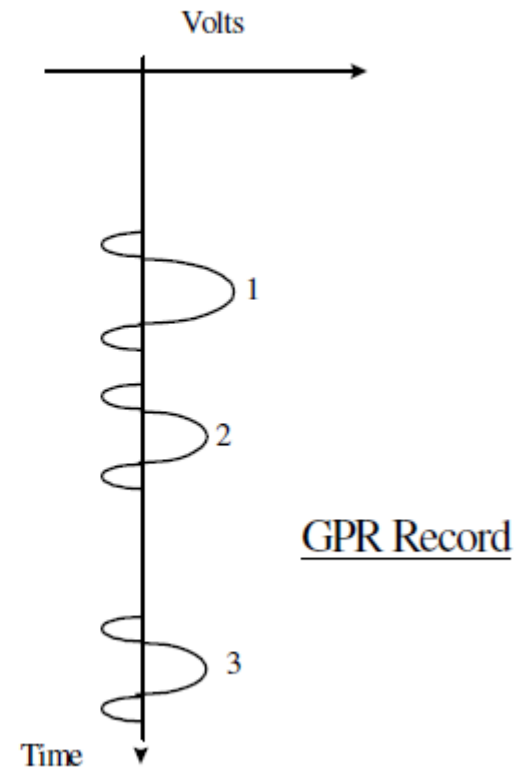
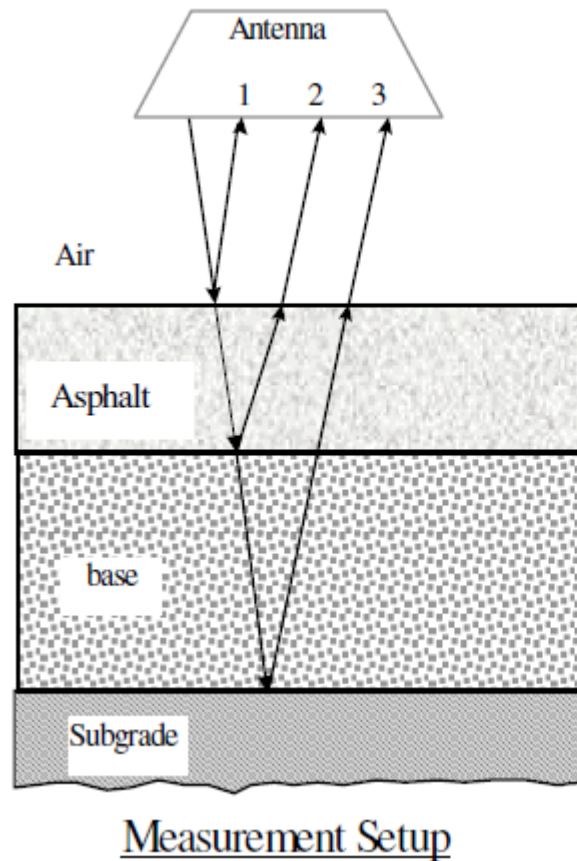
Ground Penetrating Radar (GPR)

Način rada:

- antene odašilju elektromagnetske valove u tlo
- nerazorno za tlo koje se snima
- nije štetno za okolinu
- snop EM valova je niske energije i usmjeren je u tlo
 - frekvencije antena su od 50 MHz do 3 GHz
 - niža frekvencija - manja rezolucija - veća dubina snimanja
 - viša frekvencija - veća rezolucija - manja dubina snimanja

TERENSKA ISPITIVANJA

Ground Penetrating Radar (GPR)

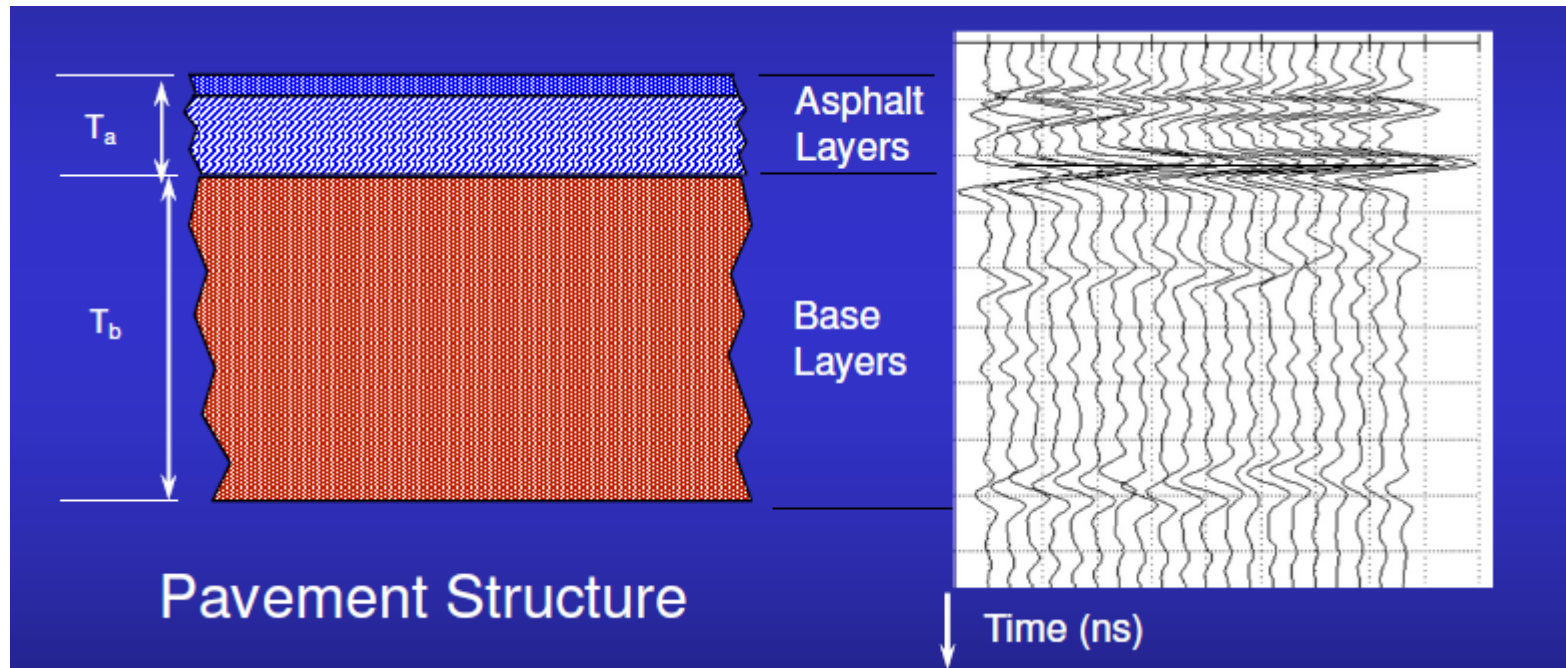


TERENSKA ISPITIVANJA

Ground Penetrating Radar (GPR)

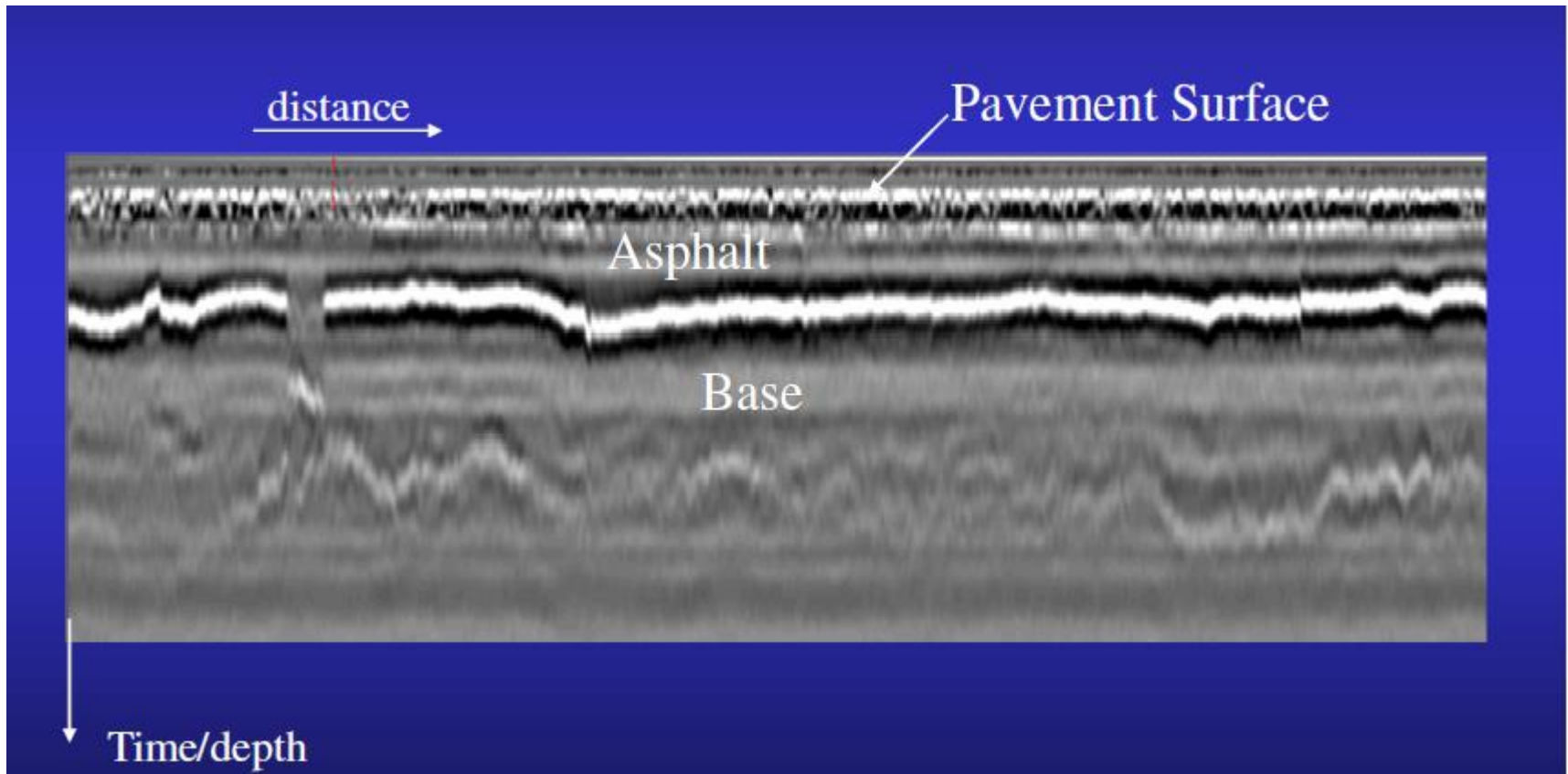
Slojevi kolničke konstrukcije

Rezultat GPR-a

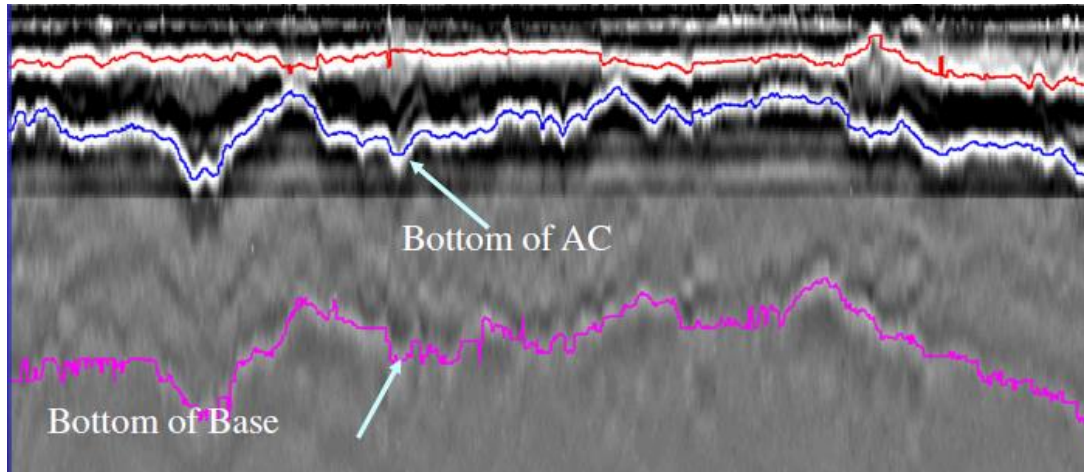


TERENSKA ISPITIVANJA

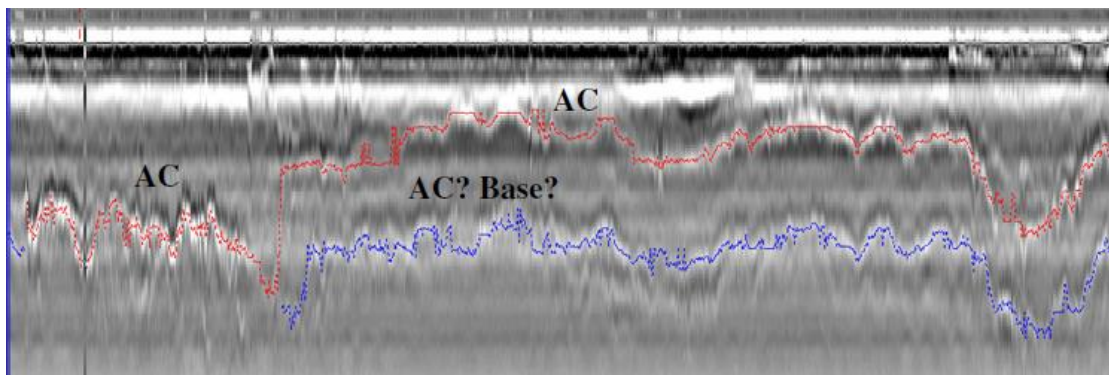
Ground Penetrating Radar (GPR)



TERENSKA ISPITIVANJA Ground Penetrating Radar (GPR)



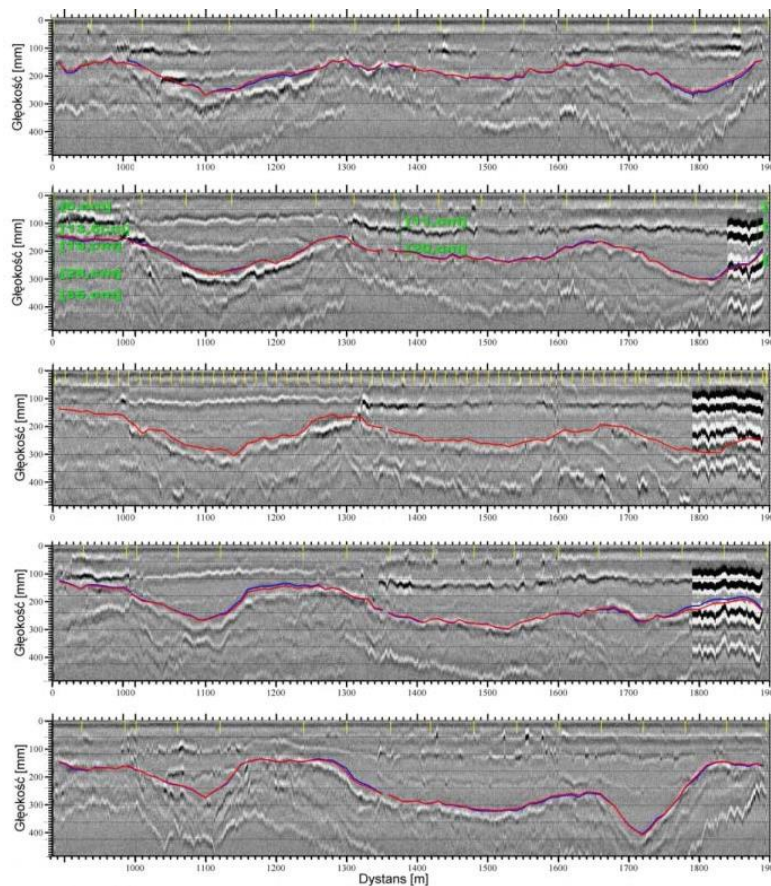
Jasni rezultati za interpretaciju



Nejasni rezultati – teška interpretacija

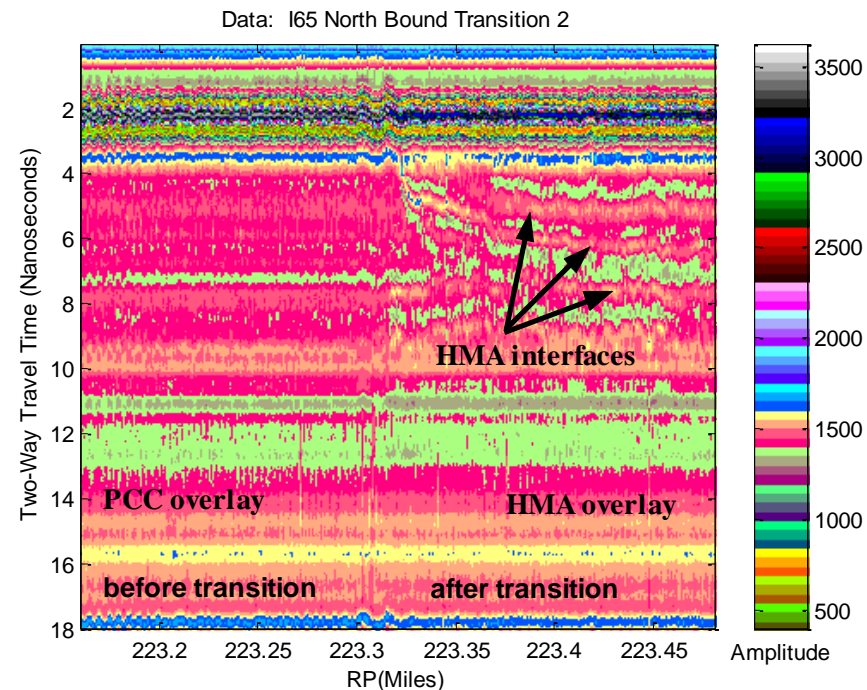
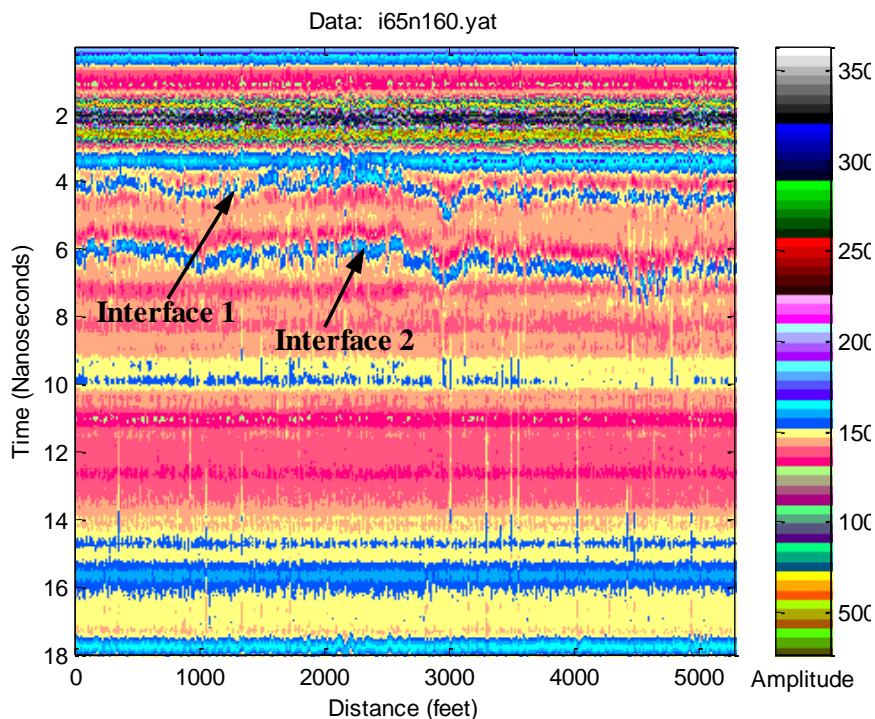
TERENSKA ISPITIVANJA Ground Penetrating Radar (GPR)

Interpretacija rezultata

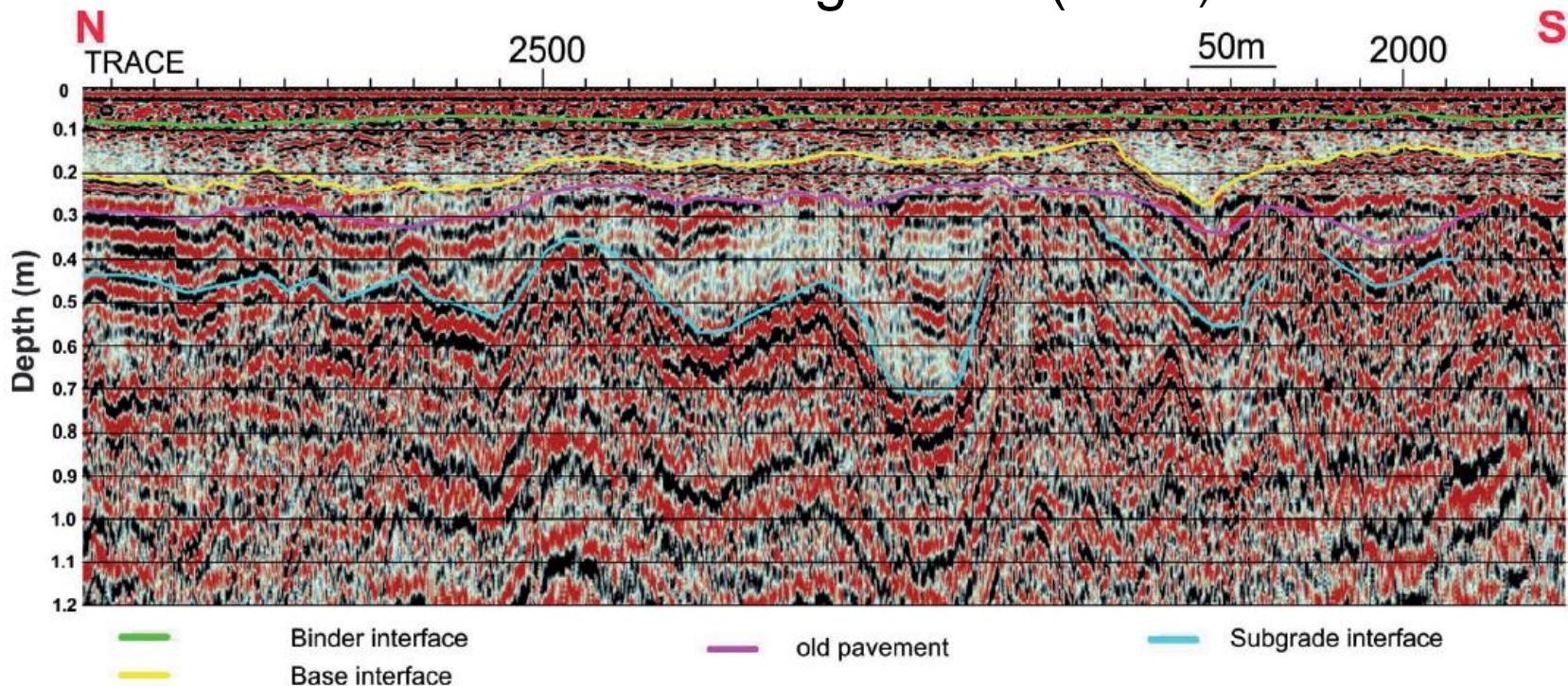


TERENSKA ISPITIVANJA Ground Penetrating Radar (GPR)

Interpretacija rezultata



TERENSKA ISPITIVANJA Ground Penetrating Radar (GPR)



Obrađena snimka dobijena kombinacijom snimaka 2 antene - do 25 cm antena od 2,3 GHz i antene od 800 MH za slojeve od 25 cm do 1,2 m. Varijacije debljine slojeva od nevezanog materijala i posteljice su evidentne.

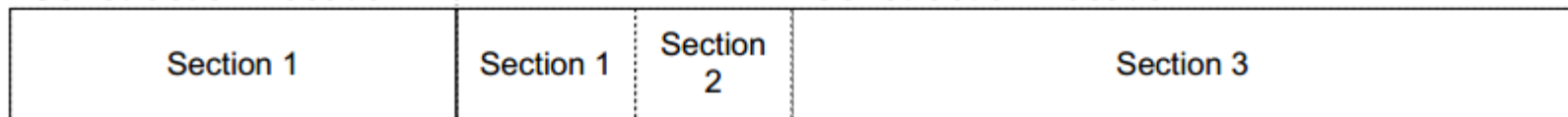
TERENSKA ISPITIVANJA - ANALIZA

Odabir homogenih dionica sličnih karakteristika

Plan

Construction Location 1

Construction Location 2



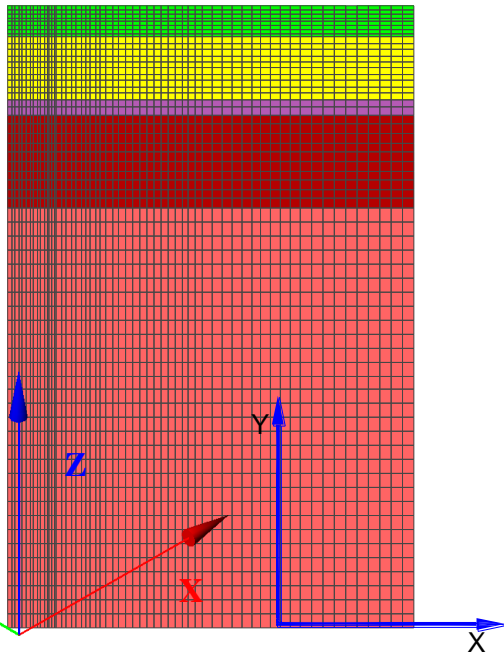
Longitudinal Section



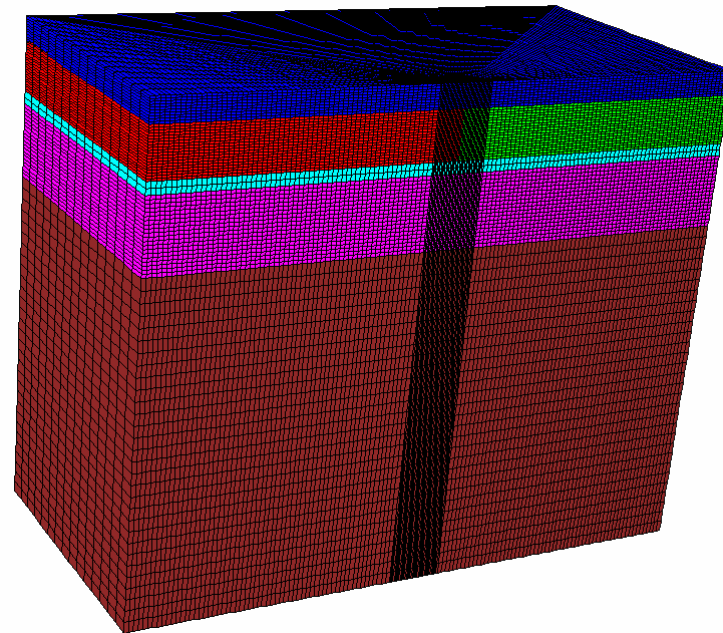
TERENSKA ISPITIVANJA - ANALIZA

Izrada numeričkog modela kolnika

2D model



3D model



Proračun nosivosti metodom *obrnutog proračuna* radi se primjenom računinskih programa – npr. **BISAR** ili **FLAC 3D** i detaljno je opisana u literaturi.

TERENSKA ISPITIVANJA - ANALIZA

STRUKTURNO PROPADANJE je

- stanje kolnika pri kojemu on više ne može prenositi opterećenje za koje je projektiran
- tijekom vremena uslijed djelovanja prometnog opterećenja kao i klimatskih prilika smanjuje se mogućnost kolnika za preuzimanje opterećenja, pa je potrebno dimenzionirati pojačanje kako bi se povećala sposobnost kolnika da tijekom budućeg projektog razdoblja preuzima opterećenja
- zahtijevana debljina mora biti takva da kolnik nakon pojačanja ima dovoljan strukturni kapacitet za preuzimanje opterećenja od prometa u nekom budućem razdoblju
- temeljem prikupljenih podataka

OJAČANJE KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

- OJAČANJE KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
- temeljem prikupljenih podataka određuje se strukturni broj postojeće kolničke konstrukcije, odnosno njena nosivost i preostali životni vijek
- ako su dobiveni rezultati nezadovoljavajući za sadašnje i/ili buduće planirano prometno opterećenje projektira se pojačanje kolnika
- zahtijevana debljina pojačanja mora biti takva da kolnik nakon pojačanja ima dovoljan strukturni kapacitet za preuzimanje opterećenja od prometa u nekom budućem razdoblju



Rekonstrukcija uzletno-sletne staze



Rekonstrukcija uzletno-sletne staze



Rekonstrukcija kolnika stajanke



Rekonstrukcija kolnika stjanke

Literatura:

1. Rukavina, T.: *Korištenje deflektografa s padajućim teretom i georadara za utvrđivanje postojeće i projektiranje potrebne nosivosti kolnika*, prezentacija na seminaru Asfaltni kolnici, Zagreb 2014
2. Fontul, S: *Ground Penetrating Radar applied to airports. Advanced case studies and combination with other NDT*, COST Action TU1208 Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar, Roadshow Event on GPR, Osijek 2017
3. *A Guide to Airfield Pavement Design and Evaluation*, Construction Support Team, Defence Estates, Ministry of Defence, West Midlands, England, 3rd edition, February 2011
4. Graczyk, M. et al., 2016: *The use of three-dimensional analysis of GPR data in evaluation of operational safety of airfield pavements* , Transportation Research Procedia 14 (2016) pp. 3704 – 3712
5. Moropoulou ,A. et al.,2002: *Infrared thermography and ground penetrating radar for airport pavements assessment*, Nondestructive Testing And Evaluation, 18:1, pp. 37-42
6. Saarenketo, T., ScullionrT., 2000: *Road evaluation with ground penetrating radar*, Journal of Applied Geophysics 43 (2000), pp.119–138



Hvala na pozornosti!