

# Ocjena stanja kolnika stajanke međunarodne zračne luke Zagreb izračunom pci broja

---

**Pavić, Filip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:155632>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-08**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,  
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Filip Pavić

**OCJENA STANJA KOLNIKA STAJANKE  
MEĐUNARODNE ZRAČNE LUKE ZAGREB  
IZRAČUNOM PCI BROJA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Filip Pavić

**OCJENA STANJA KOLNIKA STAJANKE  
MEĐUNARODNE ZRAČNE LUKE ZAGREB  
IZRAČUNOM PCI BROJA**

DIPLOMSKI RAD

Prof.dr.sc. Tatjana Rukavina

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Filip Pavić

**AIRPORT ZAGREB APRON PAVEMENT  
CONDITION INDEX**

MASTER THESIS

Prof.dr.sc.Tatjana Rukavina

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Student/ica :

Filip Pavić

(Ime i prezime)

0082057067

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu diplomskog rada pod naslovom:

OCJENA STANJA KOLNIKA STAJANKE MZL ZAGREB IZRAČUNOM PCI BROJA

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

PAVEMENT CONDITION INDEX OF ZAGREB AIRPORT APRON PAVEMENT

(Naslov teme diplomskog rada na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

-

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio diplomskog rada izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

-

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

26. lipnja 2024.

Mentor:

prof. dr. sc. Tatjana Rukavina

Potpis mentora:

*Tatjana Rukavina*

Komentor:



Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet



OBRAZAC 5

### IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja:

Filip Pavić, 0082057067

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio diplomskog rada pod naslovom:

Ocjena stanja kolnika stajanke MZL Zagreb izračunom PCI broja

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mogega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum: 26.6.2024.

Potpis: *Filip Pavić*





Sveučilište u Zagrebu  
Građevinski fakultet



OBRAZAC 6

### IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA DIPLOMSKOG RADA

Ja :

Filip Pavić, 30385272424

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela diplomskog rada i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela diplomskog rada pod naslovom:

Ocjena stanja kolnika stajanke MZL Zagreb izračunom PCI broja

(Naslov teme diplomskog rada na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom diplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

prof.dr.sc. Tatjana Rukavina

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

4.7.2024.

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio diplomskog rada u cijelosti bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

26.6.2024.

Potpis:

*Filip Pavić*

## ZAHVALE

Zahvaljujem mentorici prof.dr.sc. Tatjani Rukavini na izdvojenom vremenu, podršci i vodstvu pri izradi diplomskog rada.

Hvala svima koji su na bilo koji način sudjelovali u mom studentskom putovanju, od profesora i kolega do prijatelja.

I veliko hvala obitelji bez koje ništa ovo ne bi bilo moguće.



**SAŽETAK**

Kolnici zračnih luka od iznimne su važnosti za sigurnost i funkcionalnost zračnih luka. Iz tog se razloga njihovom stanju kako funkcionalnom tako i vizualnom posvećuje velika pažnja.

Dokument FAA AC 150/5380-7B navodi smjernice za gospodarenje kolnicima aerodroma koje uključuju i izračun PCI broja. U radu će se detaljno opisati vrste oštećenja, njihov stupanj, koji je od izuzetne važnosti pri evaluaciji stanja kolnika, u ovom slučaju betonskog kolnika stajanke. Temeljem dobivenih rezultata vizualnog pregleda površine stajanke Međunarodne zračne luke Zagreb, u radu će se provesti ocjena stanja iste izražena kroz PCI broj. Pri samoj ocjeni korišten je računalni program PAVER™ kojim se izračunava indeks stanja kolnika (PCI). Na temelju ukupnog broja jediničnih ispitnih uzoraka na dionici te broja pregledanih uzoraka određen je PCI pregledanog kolnika stajanke. Provedenom analizom temeljem vizualnog pregleda površine kolnika stajanke ocijenjeno je da je PCI vrijednost ove površine 65.49 što ju svrstava u razred „dobro“ na PCI skali ocjenjivanja.

**Ključne riječi:** PCI broj; stajanka; kolnik; aerodrom; MZL Zagreb, PAVER™

## SUMMARY

Airport pavements are of the extreme importance for the security and functionality of the airports. Great attention is therefore paid to their condition, both functional and visual.

The document FAA AC 150/5380-7B provides guidelines for managing airport pavements that include the PCI number calculation. The paper will describe in detail the types of damages and their degree, which is of great importance during the evaluation of the pavement's condition, the apron, in this case. Based on the results of the visual examination, the condition of the apron at the Zagreb Airport will be assessed and expressed through PCI value. The PAVER™ computer program, which calculates Pavement Condition Index (PCI), is used during the assessment. The PCI of the apron was determined based on the total number of the unit test samples at the section and the number of examined samples. The analysis of the visual examination of the apron's surface has shown that the PCI value was 65.49, which places it in the class „fair“ on the PCI assessment scale.

**Keywords:** PCI index, apron, pavement, airport, MZL Zagreb, PAVER™

---

**SADRŽAJ**

<b>ZAHVALE</b> .....	<b>i</b>
<b>SAŽETAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>iii</b>
<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>iv</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2 METODE I TEHNIKE RADA</b> .....	<b>8</b>
<b>3 GOSPODARENJE KOLNICIMA AERODROMA</b> .....	<b>9</b>
<b>4 METODA PCI BROJA</b> .....	<b>11</b>
4.1 Sustavi i metode upravljanja kolnicima za izračun PCI broja .....	14
4.2 Proces evaluacije kolnika zračnih luka .....	17
4.3 Izračun PCI broja za betonski kolnik (PCC) .....	21
<b>5 OŠTEĆENJA KOLNIKA ZRAČNIH LUKA</b> .....	<b>26</b>
5.1 Očuvanje kolnika .....	37
<b>6 OCJENA STANJA STAJANKE MZL ZAGREB</b> .....	<b>39</b>
6.1 Stajanka komercijalnog zrakoplovstva - glavna stajanka .....	40
6.2 Vizualni pregled stanja kolnika stajanke .....	43
6.3 Ocjena stanja kolnika stajanke - PCI vrijednost .....	52
<b>7 ZAKLJUČAK</b> .....	<b>58</b>
<b>POPIS LITERATURE</b> .....	<b>59</b>
<b>POPIS SLIKA</b> .....	<b>62</b>
<b>POPIS TABLICA</b> .....	<b>64</b>
<b>PRILOZI</b> .....	<b>66</b>

## 1 UVOD

Stanje kolnika od iznimne je važnosti za sigurnost prometa zrakoplova na aerodromima. Ovisno o funkciji, razlikujemo uzletno - sletne staze (USS), rulne staze i stajanke. Budući da se u ovom radu provodi ocjena stanja kolnika stajanke MZL Zageb preko PCI broja, u prvom poglavlju „Gospodarenje kolnicima aerodroma“ će se iznijeti važne napomene i smjernice za upravljanje, održavanje i rekonstrukciju kolnika. Opisati će se koje su to bitne komponente na koje treba obratiti pažnju kako bi se donosila najisplativija rješenja.

Obzirom da se u diplomskom radu procenjuje stanje stajanke, bitno je reći da su to površine koje služe kraćem ili dužem zadržavanju zrakoplova u svrhu prihvata i otpreme putnika, robe, pošte i servisiranja aviona (uzimanja goriva). Prema namjeni se dijele na:

- stajanka za ukrcaj/iskrcaj putnika
- stajanke za prekrcaj tereta
- stajanke za pauze između letova
- stajanke za održavanje aviona (izvan ili u hangaru)
- površine za čekanje i mimoilaženje uz rulnu stazu
- stajanke za izolirane zrakoplove

Oblik i veličina stajanke ovisi o :

- potrebnom broju mjesta za stajanje
- tipovima aviona
- načinu smještaja aviona
- načinu ukrcaja putnika
- perspektivama razvoja. [1]

Kolnik stajanke najčešće se izrađuje kao betonski zbog velikog opterećenja zrakoplova koje asfaltni kolnik ne bi izdržao. [1]

Nagibi na stajankama moraju omogućiti otjecanje vode, ali se ne preporuča da budu veći od 1,0% jer je pri većim nagibima otežano potpuno punjenje zrakoplova gorivom.[1]

Za vrijeme korištenja stajanki može doći do izlijevanja manjih količina goriva (kerozin i benzin) na površinu kolnika. Kako ova goriva imaju svojstvo rastvaranja bitumenskih veziva (kod asfaltnih kolnika), u slučaju čestih izlijevanja na istom mjestu moglo bi doći do manjih ili većih oštećenja habajućeg sloja kolnika ukoliko bi se on radio od bitumenskih mješavina.[2]

Kako bi se smanjio nepovoljni utjecaj izlivenog goriva, kolnik stajanke izvodi se uz uvjet povećane otpornosti na djelovanje goriva, a što se postiže slijedećim rješenjima:

- Izradom gornjeg (habajućeg) sloja asfaltnog kolnika mješavinom po principu asfaltbetona, izrađenog s vezivom otpornim na kerozin i benzin ili
- Izradom tanke zaštitne presvlake preko asfaltne površine, (površinske obrade) s vezivom otpornim na kerozin i benzin
- Izradom betonske kolničke konstrukcije, koja je još uvijek najbolje rješenje [2]

Nosivost stajanke trebala bi zadovoljiti zrakoplove za koje je namijenjena, a opterećenja su zbog male brzine kretanja i stajanja zrakoplova veća nego na uzletno - sletnoj stazi. [2]

Sami izgled stajanke može se vidjeti na slici 1.[3]



**Slika 1.** Stajanke zračne luke [3]

Ocjena stajanke Zračne luke Zagreb se provodi preko PCI (Pavement condition index) broja, odnosno PAVER metode. U poglavlju „Metoda PCI broja“ govori se o značaju i upotrebi vizualne nerazorne metode koja na pouzdan način daje sliku, odnosno stanje kolnika.

PAVER™ metoda je elektronička aplikacija koji omogućuje prikupljanje i obradu podataka stanja kolnika. To je jedna od najpopularnijih metoda u određivanju PCI-broja te je iz tog razloga u poglavlju „Metoda PCI broja“ prvi dio posvećen sustavima i metodama upravljanja kolnicima za izračun PCI broja.

Sam proces određivanja PCI broja zahtijeva određene radnje koje su detaljnije opisane u podpoglavlju „Proces evaluacije kolnika zračnih luka“. Sam proces je metodičan, prvo je potreban vizualni pregled pa podjela na točno određene površine. Postupak se temelji na popisu oštećenja te zapisu. Opisano je i određivanje broja uzotaka i njihovih razmaka za ispitivanje.

Kao što je već rečeno, stajanka je površina koja se izvodi na betonskom kolniku. Za izračun PCI broja potrebne su sve vrste kombinacija oštećenja. U podpoglavlju „Izračun PCI broja za betonski kolnik“ iznesen je detaljan primjer proračuna sa svim potrebnim formulama, dijagramima za računanje te korigirane vrijednosti odbitka koja se oduzima od broja 100.

Obzirom da je tema rada u diplomskom radu vezana uz stajanku te da su na stajanci kruti kolnici sa završnim slojem cementbetonske ploče, u poglavlju „Oštećenja kolnika“ će biti obrađena oštećenja kolnika koja se mogu javiti na betonskoj površini, a u podpoglavlju „Očuvanje kolnika“ će biti opisane metode koje se koriste pri održavanju ovisno o PCI broju te koliko je važno pravilno održavanje iz sigurnosnih i ekonomskih razloga.

U zadnjem poglavlju „Ocjena stanja kolnika stajanke - PCI broj“ prikazana je kolnička konstrukcija glavne stajanke te su detaljno obrađeni rezultati vizualnog pregleda. Zapisana su oštećenja za svaki ogranak te za svaku dionicu posebno. Unosom podataka u PAVER™ dobiven je PCI broj koji na objektivan način opisuje stanje stajanke na Međunarodnoj zračnoj luci Zagreb.



## 2 METODE I TEHNIKE RADA

Na temelju vizualnog pregleda dobivenog od mentorice, u ovom radu će se preko izračuna PCI broja dobiti stanje kolnika stajanke Zračne luke Zagreb. Obzirom da se radi procjena stajanke čija je površina kruta, vizualni pregled će se temeljiti na uočavanju te zapisivanju oštećenja kod betonskog kolnika. Ispitna metoda koja će se koristiti u ovom radu pri vizualnom pregledu je „Standardna ispitna metoda za ispitivanje indeksa stanja kolnika u zračnoj luci“ oznake ASTM D5340-20.

Oštećenja se analiziraju pomoću računalnog programa PAVER™ koji će dati objektivan indeks stanja kolnika (PCI broj) na skali od 0(loše) do 100(odlično). PAVER™ je sustav koji služi za upravljanje kolnicima. Razvio ga je Inženjerski korpus kopnene vojska SAD-a, to jest laboratorij za građevinsko inženjerstvo (CERL). Razvoj PAVER™ -a podržavaju sljedeće agencije: Zračne snage SAD-a, vojska i mornarica SAD-a, Savezna uprava za zrakoplovstvo i Savezna uprava za autoceste.

PAVER™ pruža mogućnosti upravljanja kolnicima za: (1) razvoj i organiziranje popisa kolnika; (2) ocjenu trenutnog stanja kolnika; (3) razvoj modela za predviđanje budućih uvjeta; (4) izvješće o prošlim i budućim performansama kolnika; (5) razvoj scenarija za M&R na temelju zahtjeva proračuna ili uvjeta i (6) planiranje projekata. [4]

### 3 GOSPODARENJE KOLNICIMA AERODROMA

Za upravljanje kolnicima potrebno je slijediti niz regulativa, smjernica te programa. Savjetodavno udruženje Ministarstva SAD-a za zrakoplovstvo izdalo je smjernice za gospodarenje kolnicima koje govore o konceptu Programa upravljanja kolnicima zračne luke (PMP - Airport Pavement Management Program), njegovim osnovnim i važnim komponentama te načinu na koji se koristi za donošenje isplativih odluka o održavanju i obnovi kolnika (M&R - maintenance and rehabilitation). [5]

PMP je skup definiranih postupaka za prikupljanje, analizu, održavanje i izvješćivanje podataka o kolniku. Pomaže zračnim lukama u pronalaženju odgovarajućih strategija za održavanje kolnika u sigurnom i upotrebljivom stanju tijekom određenog razdoblja uz mali trošak. Pri ocjeni kolnika, treba uzeti u obzir inspekcijske postupke i procjenu stanja, protokole, postupke održavanje, upravljanje i nadzor dovršenih radova te potrebe za stručnošću osoblja. Implementacija programa poboljšava proces donošenja odluka, odnosno proširuje njegov opseg. [5]

PMP pruža dosljednu, objektivnu i sustavnu proceduru za uspostavu sustava održavanja objekata, uspostavu prioriteta i rasporeda, raspodjelu resursa i proračun za održavanje i obnovu kolnika. Ne samo da ocjenjuje sadašnje stanje kolnika, već također predviđa njegovo buduće stanje korištenjem indikatora stanja kolnika. [5]

#### **Komponente PMP-a**

1. Baza podataka - nekoliko je ključnih elemenata za donošenje dobrih odluka o održavanju i rekonstrukciji (M&R) kolnika : popis kolnika, kolnička konstrukcija, M&R povijest. Uz to treba uključiti i troškove; podatke o stanju kolnika i podatke o prometu. [5]

- Popis kolnika - sadrži položaj svih uzletno-sletnih staza, dimenzije, vrsta kolnika, godina izgradnje i zadnje velike sanacije
- Kolnička konstrukcija - sadrži informacije kada je kolnik izvorno izgrađen, strukturni sastav (materijal i debljina) te naknadne slojeve, sanaciju itd. Zapisi o tome kako je izgrađen kolnik ključni su za analizu problema i odgovarajućeg rješenja. Ako zapisi nisu dostupni, trebaju se izvršiti nerazorna i destruktivna

ispitivanja za određivanje postojeće debljine kolnika i sastava konstrukcijskih slojeva

- M&R povijest - povijest svih provedenih M&R postupaka i povezanih troškova pružit će vrijedne informacije o učinkovitosti različitih M&R postupaka na kolnicima.
- Podaci o stanju kolnika - temeljna komponenta svakog PMP-a je mogućnost praćenja stanja kolnika. To zahtijeva proces evaluacije koji je objektivan, sustavan i ponovljiv. [5]

Standardna metoda koja se koristi za ispitivanje kolnika je PCI (Pavement Condition Index) indeks stanja kolnika. Ona daje ocjenu stanja površine kolnika s implikacijama konstrukcijske izvedbe. Redovito prikupljanje podataka o stanju kolnika bitno je za praćenje svojstava kolnika, modeliranje svojstava kolnika i određivanje vremena planiranja održavanja i rekonstrukcije (M&R).

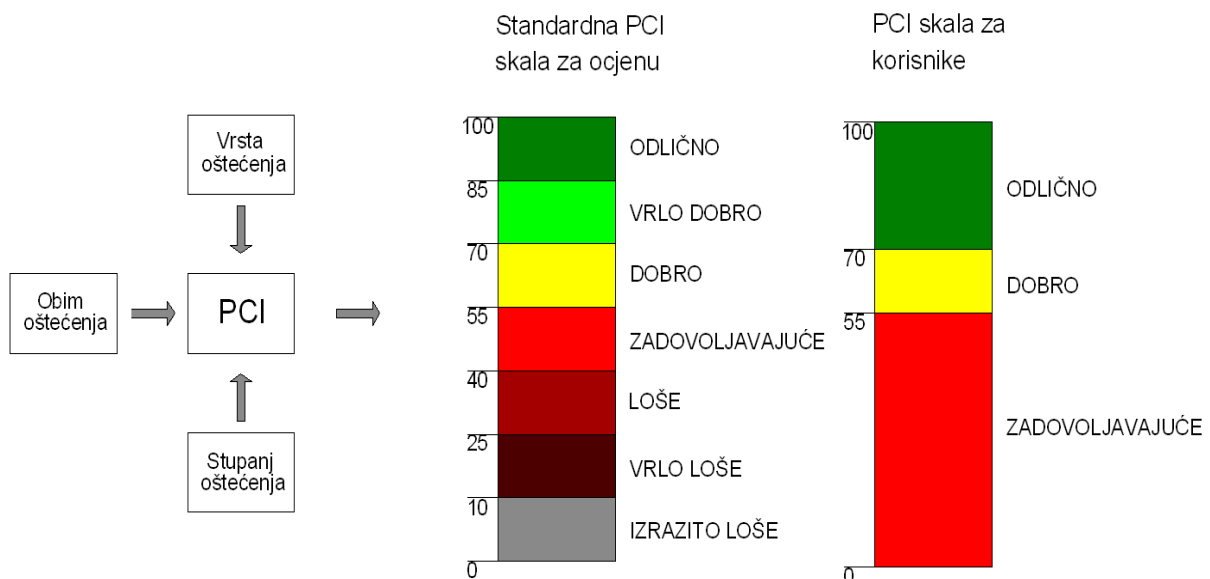
## 4 METODA PCI BROJA

PCI je numerički pokazatelj odnosno indeks stanja kolnika koji ocjenjuje trenutno stanje površine kolnika na temelju vizualnim pregledom prikupljenih oštećenja koja ukazuju na čvrstoću i stanje površine (lokalizirana oštećenost i sigurnost). [6]

Kontinuirano praćenje PCI broja koristi se za utvrđivanje stope propadanja kolnika što omogućuje identifikaciju problema te posezanje za odgovarajućim rješenjima obnove kolnika. PCI daje informacije o stanju kolnika za evaluaciju ili poboljšanje trenutnog dizajna površine i postupaka održavanja. [6]

PCI postupak daje izvrsne informacije o funkcionalnom stanju kolnika. Međutim, vizualni podaci o oštećenju mogu pružiti samo neizravnu mjeru konstruktivnog stanja kolničke konstrukcije. [7]

Mjerenje indeksa stanja kolnika je najpopularnija metoda među inženjerima vezana uz ocjenu tehničkog stanja kolnika zračnih luka. Tijekom pregleda uzimaju se u obzir vrsta, količina i ozbiljnost oštećenja.[9] Ljestvica za procjenu površine kolnika na temelju PCI indeksa prikazana je na slici 2. Ista slika prikazuje generaliziranu PCI ljestvicu za procjenu oštećenosti površine. [10]



**Slika 2.** Standardna i prilagođena PCI skala ocjenjivanja. [10]

Vrijednosti PCI broja koje su navedene u inch-pound(lbf/in<sup>2</sup>) trebaju se smatrati standardnima. Vrijednosti navedene u zagradama su pretvorbe u SI jedinice koje služe kao informacija i ne smatraju se standardnim.[9]

Indeks stanja kolnika (PCI) je koristan alat za procjenu stanja kolnika. Vrijednosti PCI kreću se od 100 za kolnik bez nedostataka do 0 za kolnik bez preostalog vijeka trajanja. Indeks može poslužiti kao zajednička osnova za opisivanje oštećenja kolnika i usporedbu kolnika. [7]

Za izračun PCI broja najčešće se koriste programi FAA PAVEAIR ili PAVER.

### **Značaj i upotreba APCI metode u zračnim lukama**

Indeks stanja kolnika aerodroma (APCI-Aerodrom pavement condition index) usvojen je i verificiran od strane FAA (saveznog zrakoplovnog udruženja) i Inženjerskog zapovjedništva američkih mornaričkih objekata (USN, 1988.) i jedno je od najvažnijih mjerila za kvantificiranje stanja krutog i fleksibilnog kolnika aerodroma. APCI je prvobitno razvio Inženjerski korpus vojske kao namjenu korištenja u Zračnim snagama SAD-a. [11]

Ova ispitna metoda pokriva određivanje stanja kolnika u zračnoj luci vizualnim pregledima kolnika s asfaltnom površinom ili površinom od portland cementa korištenjem metode indeksa stanja kolnika (PCI) za kvalificiranje stanja kolnika. [6]

Ocjena stanja kolnika zračnih luka APCI metodom temelji se na rezultatima terenskih ispitivanja. Širu sliku stanja podloge daje razina tehničkog stanja podloge koja osim terenskih ispitivanja uključuje i laboratorijska ispitivanja. Terenski testovi uključuju:

1. Mjerenje oštećenja i sanacija kolnika;
2. Ispitivanje nosivosti kolnika metodom ACN-PCN (ACN-Aircraft Classification Number; PCN-Pavement Classification Number) u skladu sa zahtjevima standarda (od 24. XI 2024. nosivost kolnika treba biti izražna novim ACR-PCR brojem);
3. Ispitivanje otpornosti kolnika na klizanje u skladu sa zahtjevima norme;
4. Ispitivanje ravnosti kolnika u skladu sa zahtjevima norme ;

5. Sila odvajanje (Pull off test) u skladu sa zahtjevima standarda.

U međuvremenu, laboratorijski testovi uključuju:

1. Strukturna ispitivanja;
2. Ispitivanja razorne čvrstoće;
3. Klimatska ispitivanja. [9]

### **Uređaji**

Potrebna aparatura pri određivanju PCI broja su liste s podacima o povijesti kolnika, instrumenti za snimanje na terenu. Instrumenti za snimanje moraju bilježiti sljedeće podatke:

- datum
- lokaciju
- dionicu
- veličinu jedinice uzorka
- broj i veličinu ploče
- vrste oštećenja
- razine ozbiljnosti oštećenja
- broj oštećenja
- imena geodeta. [6]

Osim podataka o kolniku i instrumenata za snimanje, potrebno je imati

- Ručni kotač koji mjeri prijeđenu duljinu s preciznošću od 30 mm,
- ravnalo (samo za asfaltne kolnike) od 3 metra koje mjeri kolničku hrapavost
- ravnalo s preciznošću do 300 mm potrebno za mjerenje (određivanje) pukotina na betonskim kolnicima
- plan rasporeda za zračnu luku koju treba pregledati. [6]

Pri procjeni stanja kolnika, postoji opasnost od prometa jer inspektori moraju hodati po kolniku kako bi izvršili ispitivanje stanja. Inspekciju mora odobriti i koordinirati operativno osoblje zračne luke. Također buka iz zrakoplova može predstavljati opasnost. Zaštita sluha mora biti osigurana cijelo vrijeme dok se obavljaju inspekcije u zračnoj zoni. [6]



## 4.1 Sustavi i metode upravljanja kolnicima za izračun PCI broja

Postoje mnoge metode diljem svijeta za procjenu stanja kolnika koje su izvedene iz postupka Indeksa stanja kolnika (PCI).

FAA PAVEAIR je javna, web-bazirana aplikacija dizajnirana za pomoć organizacijama u procjeni, upravljanju i održavanju njihovih kolničkih mreža. PAVEAIR je projektiran da ispuni zahtjeve upravljanja kolnicima zračnih luka. [12]

PAVER - Sustav upravljanja održavanjem kolnika -- izvorno je razvijen kasnih 1970-ih kako bi pomogao Ministarstvu obrane (DOD-Department of defense) u upravljanju M&R za svoj inventar kolnika. Koristi provjerene podatke i ocjenu indeksa stanja kolnika (PCI) od nule (nije uspješno) do sto (izvrsno) za dosljedno opisivanje stanja kolnika i za predviđanje njegovih potreba za M&R u budućnosti. PCI za zračne luke postao je ASTM standard 2020. (D5340-20). [13]

PAVER je elektronički sustav razvijen od strane Inženjerskog korpusa kopnene vojske SAD-a, koji omogućava prikupljanje i razvoj podataka dobivenih kao rezultat pregleda kolnika i njihovo grafičko prikazivanje na dijagramima kolnika. Jedan je od najpopularnijih postupaka izvedenih iz PCI metode. [9]

Virginia Department of Transportation (VDOT) razvila je ocjenu održavanja u slučaju opasnosti (DMR), u kojoj se upravljanje površinama aerodroma provodi po načelu "prvo najgore". Prema ovom pravilu izrađuju se planovi rekonstrukcije kolnika. Opći pristup ocjeni kolnika temelji se na PCI metodi i sustavu PAVER, dok je VDOT razvio vlastite indikatore stanja kolnika kompatibilne s uvjetima u Virginiji. Sličan postupak izveli su i Talijani. Usvojili su PCI katalog oštećenja i prilagodili ga svojim potrebama i morfološkim uvjetima kolnika. Dodane su dvije vrste oštećenja (šahtovi i korijenje drveća) i dodana je nova krivulja gustoće/odbitka. Osim toga, cijeli ciklus obrade podataka uvelike je automatiziran implementacijom aplikacije u okviru Visual Basic. [9]

Kako se PCI metoda temelji samo na vizualnoj procjeni površine, to ima prednosti u vidu niske cijene, ali ima i neke nedostatke. Najozbiljniji od njih je nedostatak sveobuhvatne procjene površine. Zbog toga su mnogi istraživači odlučili proširiti metodu dodatnim parametrima. Primjer takvog rješenja može biti metoda

uzimajući u obzir, osim vizualne procjene površine, i parametar Međunarodnog indeksa hrapavosti (IRI). Ovaj parametar odnosi se na ravnost površine, odnosno svojstva površine koja opisuju udobnost putovanja. Osim toga, autori su prikazali odnos između IRI parametra i PCI, te predstavili model za procjenu PCI indeksa na temelju izmjerenog IRI. [9]

Znanstvenici iz Kazahstana pokazali su vlastitu metodu procjene stanja kolnika, koji je osim IRI indeksa koristio i mjerenje elastičnog otklona. Osim toga, uključili su makro-neravnine, kolotrage i pukotine. Predložili su ocjenu stanja kolnika (PCR) kao parametar koji opisuje stanje površine. Na temelju njega procjenjuje se površina u funkcionalnom kontekstu i temelj je za donošenje odluka o održavanju. [9]

U Indiji, metoda procjene cestovnog kolnika temeljena na indeksu ukupnog stanja kolnika (OPCI) razvijena je za upravljanje cestovnom mrežom grada Noide. OPCI model uključuje četiri pokazatelja: Indeks pritiska stanja kolnika, Indeks hrapavosti stanja kolnika, Indeks strukturne nosivosti stanja kolnika i Indeks otpornosti na klizanje stanja kolnika. Svaki od pokazatelja izračunava se zasebno, a zatim se na temelju navedenih pokazatelja izračunava OPCI. [9]

Osim informacija o trenutnom tehničkom stanju kolnika, važnu ulogu u upravljanju infrastrukturom zračne luke ima i mogućnost predviđanja stanja kolnika u budućnosti. Iranski znanstvenici u svom radu pokušavaju razviti alternativnu metodu određivanja PCI pokazatelja korištenjem optimizacijskih tehnika temeljenih na umjetnim neuronskim mrežama. Ovakav pristup bi u budućnosti mogao omogućiti pouzdanu ekstrapolaciju PCI pokazatelja, a time i racionalno planiranje mjera. Upravljanje kolnicima također se može temeljiti na alternativnoj metodi koja se temelji na indikatoru preostalog vijeka trajanja (RSL) koji opisuje trenutno i buduće stanje kolnika zračne luke. S druge strane, u Indoneziji je statistička metoda ANOVA korištena za prognozu RSL-a na temelju PCI procijenjenog za cestovne površine na Sumatri. Nešto drugačiji pristup koristi se u državi Indianapolis, pri čemu je PCI pokazatelj osnova za određivanje je li površina dosegla razinu minimalnog vijeka trajanja (MSL). Ovo je razina koja znači dovoljno vremena za poduzimanje korektivnih radnji na danom funkcionalnom elementu zračne luke. [9]

Imajući na umu važnost pružanja kvalitetnih podataka sustavu upravljanja kolnicima zračne luke, autori predlažu proceduru procjene kolnika zračne luke temeljenu na **Indeksu stanja kolnika zračne luke (APCI)**. Ovaj pokazatelj uzima u obzir i oštećenje površine kolnika i popravke izvršene u prošlosti. Osim toga, modelu se dodaju podaci o nosivosti konstrukcije, teksturi površine, uzdužnoj i poprečnoj ravnosti kolnika te hvatljivosti. Posljednji od ovih parametara čini se važnim, posebno u objektima zračnih luka u kojima lete zrakoplovi na mlazni pogon, posebno zbog mogućnosti usisavanja stranih tijela s površine pomoću motora. Ovaj pristup daje široku sliku stvarnog tehničkog stanja kolnika zračne luke. [9]

## 4.2 Proces evaluacije kolnika zračnih luka

Procjena stanja kolnika zračnih luka je metodičan proces. Prije svega se izvršava temeljit pregled podataka o konstrukciji i povijesti, razmatranja projekta, specifikacija, metode ispitivanja i rezultata, crteže izvedenog stanja i povijest održavanja. [7]

Nakon pregleda podataka treba napraviti vizualni pregled kako bi se lakše utvrdilo stanje kolnika. Osim kolnika, treba ustanoviti stanje postojećih površinskih i podzemnih drenažnih struktura i uzoraka na lokaciji te zabilježiti bilo kakve dokaze o štetnom utjecaju djelovanja mraza, tla koje bubri ili reaktivnih agregata. [7]

Pregled površine provodi se na strogo definiran način. Prva faza rada je podjela aerodromskog objekta na istraživačke uzorke. Objekt se najprije dijeli na funkcionalne elemente zračne luke, odnosno uzletno-sletne staze, rulne staze i stajanke. Zatim se svaki element dijeli na pojedinačne uzorke. Podjela se provodi u skladu s uputama. [9]

Površine se dijele na temelju prometa, projektiranog kolnika, povijesti izgradnje i stanja. Ako ploče kolnika u PCC-u (Portland cement betonskom kolniku) imaju razmake spojeva veće od 8 metara, svaku ploču je potrebno podijeliti na manje ploče koje bi trebale biti do 8 metara, a spojevi koji dijele ploče trebaju biti u savršenom stanju. [6]

Pojedinačne jedinice uzorka koje je potrebno pregledati treba označiti na način koji omogućava inspektorima i osoblju za kontrolu kvalitete lako lociranje na površini kolnika. Prihvatljivo je označiti bojom cijelu dužinu ruba i povezati skice lokacija s značajkama kolnika. Ne preporuča se upotreba čavala. Potrebno je moći točno premjestiti jedinice uzorka kako bi se omogućila provjera trenutnih podataka o oštećenju, ispitati promjene u stanju određene jedinice uzorka s vremenom i omogućiti buduće inspekcije iste jedinice uzorka ako je potrebno. [6]

Sam postupak pregleda temelji se na popisu uočenih oštećenja na površini kolnika prema legendi sadržanoj u standardima. Uzimanje u obzir i procjena razine ozbiljnosti oštećenja kod izračuna PCI broja detaljnije je opisana u poglavlju 6. Popis oštećenja unosi se tablično uz oznaku njihove vrste,

štetnosti, količine i približnog mjesta na uzorku. Za svaki analizirani uzorak utvrđuje se broj pojedinačnih oštećenja, njihova štetnost i gustoća nastanka. Na temelju popisa utvrđuje se PCI pokazatelj za pojedini uzorak. Konačna vrijednost PCI indeksa za ocjenjivani element izračunava se kao prosječna vrijednost svih vrijednosti PCI indeksa dobivenih na analiziranim uzorcima. Ako uzorci odabrani za ispitivanje imaju različite površine, prosjek PCI pokazatelja smatra se konačnom vrijednošću PCI pokazatelja. Površine pojedinačnih uzoraka uzimaju se kao težine. [9]

### Broj ispitivanih jedinica uzorka

Najmanji broj jedinica uzorka koji se moraju ispitati unutar određenog odjeljka kako bi se dobila statistički primjerena procjena (95% pouzadnosti) PCI odjeljka izračunava se pomoću sljedeće formule i zaokruživanjem  $n$  na sljedeći najveći cijeli broj.

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1) + s^2\right)} \quad [6]$$

gdje je:

$e$  = prihvatljivo odstupanje odjeljka u procjeni PCI broja, obično je  $e = \pm 5$  PCI bodova

$s$  = standardna devijacija jedne jedinice uzorka od druge unutar istog odjeljka. Prilikom početnog pregleda, pretpostavlja se da je standardna devijacija 10 za asfaltne kolnike (AC) i 15 za betonske kolnike (PCC). Ovu pretpostavku treba provjeriti nakon utvrđivanja vrijednosti PCI broja. Za naknadne preglede treba koristiti standardno odstupanje koje je utvrđeno prethodnim pregledom za " $n$ ",

$N$  = ukupan broj jedinica uzorka u odjeljku. [6]

Ukoliko nije dosegnuta razina pouzdanosti od 95%, mora se potvrditi primjerenost broja ispitanih jedinica uzorka. Broj jedinica uzorka procijenjen je na temelju pretpostavljene standardne devijacije. Za računanje stvarne standardne devijacije koristi se sljedeća formula:

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(PCI_i - PCI_f)^2}{(n-1)}} \quad [6]$$

gdje je:

$PCI_i$  = PCI broj ispitivane jedinice uzorka,

$PCI_f$  = prosječan PCI broj ispitanih jedinica uzorka

$n$  = ukupan broj ispitanih jedinica uzorka. [6]

Potrebno je izračunati minimalni broj jedinica uzorka "n" preko jednadžbe (1) koju treba ispitati koristeći izračunatu standardnu devijaciju (2). Ako je revidirani broj jedinica uzorka koje treba ispitati veći od broja već ispitanih uzoraka, potrebno je odabrati i ispitati dodatne uzorke. [5]

Postupak se mora ponavljati sve dok ukupan broj ispitanih jedinica uzorka ne bude jednak ili veći od minimalne tražene jedinice uzorka "n" u jednadžbi 1, koristeći stvarnu standardnu devijaciju ukupnog uzorka. Jedinice uzorka moraju biti ravnomjerno raspoređene po presjeku. [6]

### **Razmak između jedinica uzorka**

Nakon što je određen broj jedinica uzorka koje treba pregledati za izračun PCI broja, potrebno je izračunati razmak između jedinica koristeći sustavno nasumično uzorkovanje. Uzorci su jednako raspoređeni po cijelom odjeljku, a prvi se uzorak odabire slučajnim odabirom.

Interval razmaka jedinica koje se uzorkuju izračunava se sljedećom formulom zaokruženom na sljedeći najmanji cijeli broj:

$$i = \frac{N}{n} [6]$$

gdje je:

$N$  = ukupan broj jedinica uzoraka u odjeljku,

$n$  = broj jedinica uzoraka koje treba pregledati

### **Inspekcijski postupak – betonski kolnici (PCC)**

Potrebno je pregledati svaku odabranu jedinicu uzorka posebno. Skicirati jedinicu uzorka pokazujući položaj ploča. Nakon toga zabilježiti veličinu jedinice uzorka, vrstu i broj jedinice uzorka, broj odjeljenja, broj ploča u jedinici uzorka i veličinu ploče izmjerenu ručnim odometrom. Inspekcija se obavlja u hodu po svakoj ploči jedinice uzorka koja se istražuje te se bilježi svako oštećenje koje postoji zajedno s njegovom razinom ozbiljnosti. [6]



Vrste ozbiljnosti oštećenja moraju odgovarati onima opisanim u poglavlju 5. Za svaku jedinicu uzorka važno je uočiti vrste oštećenja, njihovu razinu oštećenja i broj ploča. [6]

### 4.3 Izračun PCI broja za betonski kolnik (PCC)

Kod izračuna PCI broja potrebno je za svaku jedinstvenu kombinaciju vrste oštećenja i razine ozbiljnosti zbrojiti ukupan broj ploča u kojima se određeno oštećenje pojavilo. Uzmimo za primjer sliku 3 gdje se mogu vidjeti dvije ploče koje sadrže prekid kuta male ozbiljnosti. [6]

Da bi dobili gustoću svake vrste i razine oštećenja, (density) mora se podijeliti broj ploča određene vrste oštećenja s ukupnim brojem ploča u jedinici uzorka te rezultat pomnožiti sa 100. [6]

Primjer zapisa oštećenja kod betonskih kolnika može se vidjeti na slici 2. S lijeve strane redom se zapisuje vrsta oštećenja, razina ozbiljnosti, broj oštećenja, gustoća u određenom uzorku te vrijednost odbitka za svako oštećenje koje služi pri izračunu PCI broja. [6]



Nakon određivanja vrijednosti odbitka (DV), potrebno je odrediti maksimalnu ispravljenu vrijednost odbitka (CDV).

U slučaju da je samo jedna ili nijedna vrijednost odbitka veća od 5, treba upotrijebiti ukupnu vrijednost odbitka (DV) umjesto maksimalne vrijednosti odbitka (CDV). [7]

### Određivanje CDV-a

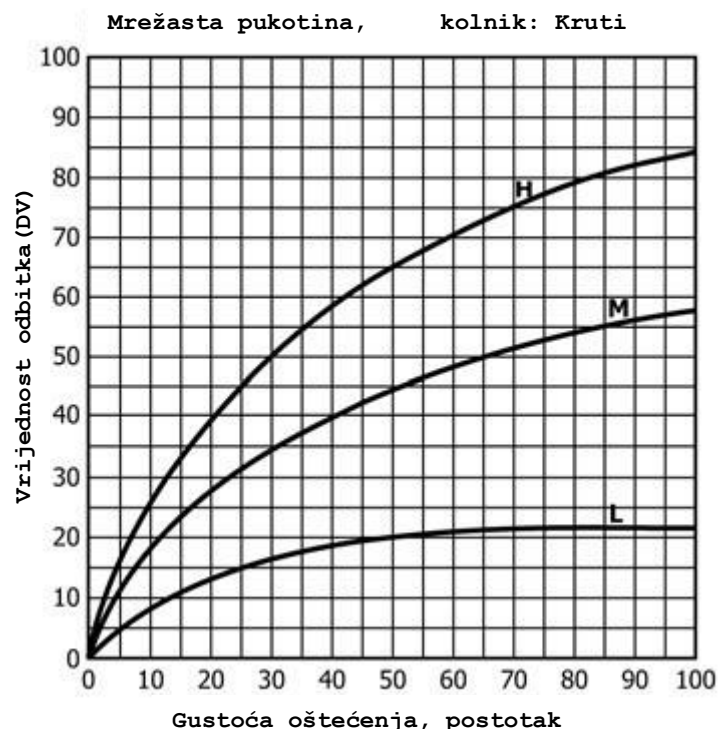
Za određivanje CDV-a potrebno je prvo izračunati najveći dopušteni broj odbitaka "m" preko sljedeće formule:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right)(100 - HDV) \leq 10, [6]$$

Iz ovog primjera slijedi da je HDV (najveći pojedinačni DV) = 32.0, s time

$$m = 1 + \left(\frac{9}{95}\right)(100 - 32.0) = 7.44 [6]$$

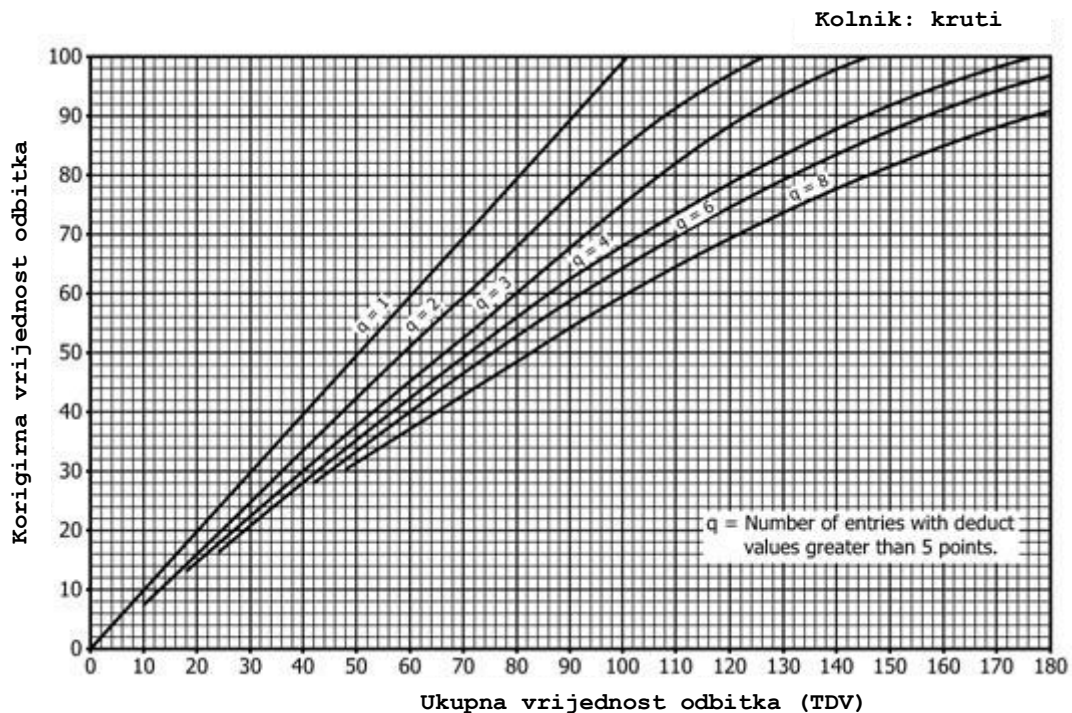
DV za svaku razinu ozbiljnosti nekog oštećenja dobije se korištenjem odgovarajuće krivulje odbitka. U ovom primjeru najveći DV je 32 kod poprečne ili dijagonalne pukotine srednje ozbiljnosti i gustoće 25% koju zauzima u jedinici uzorka. Krivulja odbitka korištena za prethodno navedeni primjer prikazana je na slici 3. [6]



**Slika 4.** Krivulja koja pokazuje vrijednost odbitka (DV) za linijsku pukotinu na betonskom kolniku [6]

Ako je  $m >$  broj DV-ova, potrebno je u proračun uzeti u obzir sve DV - ove. Broj pojedinačnih DV - ova je smanjen na broj "m" najvećih DV-ova, uključujući frakcijski dio. Na primjer, na slici 2 vrijednosti su : 32.0, 12.0, 11.0, 10.0, 9.0, 8.0, 6.0 i 1.3 (dobiveno kao  $(7,44-7)*3$ ). [6]

Zbroj svih DV-ova se unese u tablicu pod "Ukupno", a broj DV-ova većih od 5,0 se stavi u stupac "q" (broj koji pokazuje koliko je DV-ova većih od 5,0). Uz ta dva podatka očitava se odgovarajući CDV pomoću odgovarajuće krivulje korekcije. Nakon toga se ponovi postupak tako da se kopiraju DV-ovi iz 1. Retka u sljedeći mijenjajući najmanji DV veći od 5,0 te mu se pridodaje vrijednost 5,0. Ponavlja se postupak sve dok "q" ne bude jednak jedan. Slika 4. Prikazuje kako se pomoću DV-a i parametra "q" računa ispravljena vrijednost odbitka CDV. [6]



**Slika 5.** Krivulja CDV-a za krute kolnike aerodroma [6]

Maksimalan CDV je najveća dobivena vrijednost nakon odrađenog postupka. Slika 5 prikazuje određivanje PCI - broja nakon izvršenog postupka evaluacije betonskog kolnika. [6]

#	Vrijednost odbitka										Total	q	CDV
1	32.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	6.0	1.3			89.3	7	56.0
2	32.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	5.0	1.3			88.3	6	58.0
3	32.0	12.0	11.0	10.0	9.0	5.0	5.0	1.3			85.3	5	58.0
4	32.0	12.0	11.0	10.0	5.0	5.0	5.0	1.3			81.3	4	58.0
5	32.0	12.0	11.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.3			76.3	3	57.0
6	32.0	12.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.3			70.3	2	61.0
7	32.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.3			63.3	1	63.3
8													
9													
10													

$$\text{Max CDV} = \underline{63.3}$$

$$\text{PCI} = 100 - \text{Max CDV} = \underline{36.7}$$

$$\text{RATING} = \underline{\text{POOR}}$$

Slika 6. Izračun ispravljene PCI vrijednosti za betonski kolnik [6]

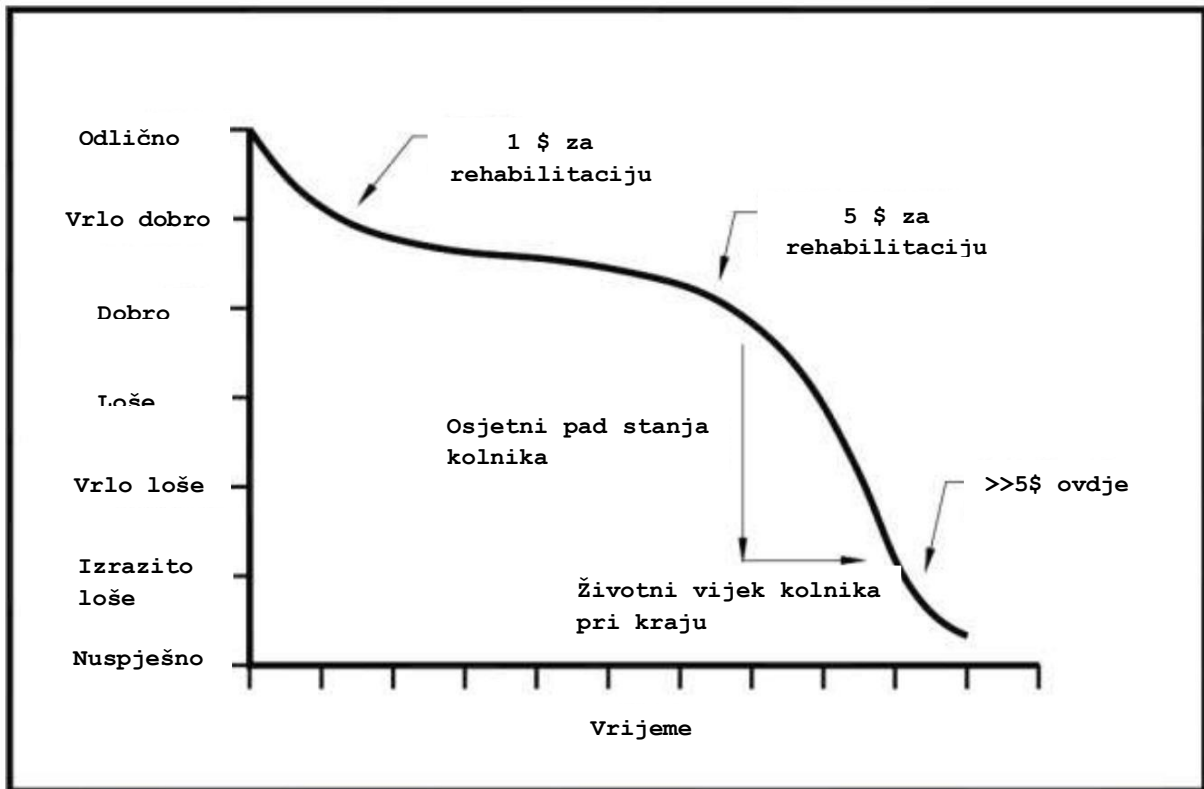


## 5 OŠTEĆENJA KOLNIKA ZRAČNIH LUKA

Površine treba ne samo održavati, već i njima upravljati. Većina nastalih troškova može se izbjeći dijagnostičiranjem problema prije nego što je kolnik vidljivo oštećen što je povezano sa životnim ciklusom kolnika. Ispravno prepoznavanje trenutnog tehničkog stanja u određenom trenutku životnog vijeka kolnika i predviđanje tog stanja u budućnosti omogućuje nam da poduzmemo radnje puno ranije nego da se oslanjamo samo na vizualnu procjenu kolnika. Rano reagiranje na promjene u tehničkom stanju kolnika omogućuje značajno smanjenje financijskih i društvenih troškova. [9]

U životnom vijeku kolnika proces degradacije u prvoj fazi je spor, a troškovi popravka oštećenja kolnika su mali i ne razlikuju se od godine do godine. Vremenom se dinamika degradacije kolnika povećava i dostiže toliku razinu da troškovi popravka iz godine u godinu značajno rastu. To je vrijeme kada su već vidljiva velika oštećenja na površini i njeno tehničko stanje se može ocijeniti kao „DOBRO“ (FAIR) . Troškovi popravka mogu se povećati do pet puta u kratkom životnom vijeku površine. [9]

Slika 7. shematski prikazuje životni ciklus kolnika u kontekstu njegovog tehničkog stanja. [9]



Slika 7. Shematski životni ciklus kolnika [9]

Vrijeme u kojem kolnik ostaje u „dobrom“ stanju prije nego što dođe do točke brzog propadanja ovisi o nekoliko čimbenika, uključujući vrstu i kvalitetu konstrukcije, korištenje kolnika, vremenske okolnosti i održavanje. [5]

Slika 7 također prikazuje kako je idealno vrijeme za veliku sanaciju upravo vrijeme kada se stopa propadanja kolnika počne povećavati. Rješenja za održavanje i sanaciju bilo bi lako planirati kada bi kolnici pokazivali jasne znakove da su došli do ove točke propadanja, ali nažalost to ne pokazuju. [5]

Oblik krivulje dotrajalosti, optimalne točke održavanja i popravaka značajno variraju unutar kolničke mreže. Kolnik koji doživljava nagli porast operacija ili opterećenja zrakoplova imaće tendenciju bržeg propadanja nego kolnik koji propada isključivo zbog ekoloških razloga. Kolnik koji propada zbog ekoloških razloga, može imati brojne pukotine koje je potrebno ispuniti, ali i dalje ostaje strukturalno stabilan. [5]

Nasuprot tome, kolnik može biti u ranim fazama propadanja uslijed opterećenja što se može otkriti samo ispitivanjem. Budući da je teško odrediti kada je kolnik dosegao kritično stanje, PMP pomaže identificirati optimalnu točku rehabilitacije i omogućuje donositeljima odluka da ciljaju

dostupne resurse tamo gdje će biti najučinkovitiji. Program za upravljanje kolnicima to čini korištenjem podataka iz sustava ocjenjivanja stanja kolnika koji pomaže u predviđanju budućih uvjeta i pokazuje je li problem povezan s opterećenjem ili okolišem. [5]

Najčešća oštećenja koja se javljaju kod kolnika na aerodromima ovise o podlozi koja može biti asfaltna (AC), cement betonska (PCC) ili kombinacija jedne i druge. Cement betonska je kvalitetnija i izdržljivija, dok je asfaltna do tri puta jeftinija. [5]

Najčešća oštećenja koja se javljaju na betonskim kolnicima :

- Denivelacija ploča - događa se po vrućem vremenu, uglavnom na poprečnoj pukotini ili razdjelniku koji nije dovoljno širok da dopusti širenje betonskim pločama. Nedovoljna širina obično je uzrokovana infiltracijom nestlačivih materijala u razdjelni prostor. Ova vrsta oštećenja se gotovo uvijek popravljaju zbog potencijalne ozbiljne štete na zrakoplovu. [14] Primjer denivelacije ploča vidljiv je na slici 8. [15]

Za potrebe PCI broja, na pukotini se oštećenje računa kao da se nalazi u jednoj ploči, dok su na spoju (razdjelniku) zahvaćene dvije ploče. [14]



**Slika 8.** Denivelacija ploča (malo oštećenje) [15]

- Corner break (odlamanje kuteva, kutna pukotina) - pukotina koja presijeca razdjelnike (spojeve) na duljini manjoj ili jednakoj od polovice duljine obje stranice ploče, mjereno od kuta betonske ploče. Ukoliko pukotina prelazi duljinom bilo koju polovicu dužine ploče, takva pukotina se smatra

dijagonalna. Za potrebe PCI broja, oštećenja se bilježe u ovisnosti broja pukotina u kutovima te stupnju ozbiljnosti oštećenja. Primjer kutne pukotine vidljiv je na slici 9. [15]



**Slika 9.** Kutna pukotina (srednje oštećenje) [15]

- Tanke uzdužne, poprečne i dijagonalne mrežaste pukotine (LTD) – ovakve pukotine ploču dijele na dva ili tri dijela. Obično su uzrokovane kombinacijom ponavljanja opterećenja te naprezanjem i savijanjem. Primjer LTD pukotine vidljiv je na slici 10. [15]

Za računanje PCI broja potrebno je utvrditi ozbiljnost pukotine. Ako se pukotina popravljiva uskom zakrpom (npr. širine 100 do 250 mm), samo se pukotina bilježi na odgovarajućoj razini ozbiljnosti. [14]



**Slika 10.** LTD pukotine (malo oštećenje) [15]

- „D” pukotine ili pukotine koje u nastale zbog nedovoljne trajnosti (durability) - pukotine uzrokovane nesposobnošću betona da izdrži čimbenike okoline kao što su ciklusi smrzavanja i odmrzavanja. Obično se može vidjeti tamna boja oko pukotine te takvo oštećenje na kraju može dovesti do raspadanja betona unutar 0,3 do 0,6 metara od spoja (razdjelnika) do pukotine. Primjer „D” pukotine vidljiv je na slici 11. [14]

Za računanje PCI broja potrebno je locirati i procijeniti ozbiljnost oštećenja. Što je više oštećenja, to je veći stupanj ozbiljnosti problema.



**Slika 11.** „D” pukotina (veliko oštećenje) [15]

- Oštećenje ispune razdjelnica- svako stanje koje omogućuje nakupljanje zemlje i kamenja u spojevima ili omogućuje značajnu infiltraciju vode. Nakupljanje materijala sprječava širenje ploča i može dovesti do izvijanja, lomljenja ili pucanja. Savitljiva punila za fuge zalijepljena na rubove ploča štite fuge od nakupljanja materijala. Primjer oštećenja ispune razdjelnica vidljiv je na slici 12.

Za računanje PCI broja procjenjuje se ukupno stanje brtvila u jedinici uzorka. Brtvilo je u zadovoljavajućem stanju ako onemogućuje ulazak vode u fuge. [15]





**Slika 12.** Oštećenje ispune razdjelnica (srednje oštećenje) [15]

- Zakrpa - područje s kojeg je originalni kolnik uklonjen i zamijenjen dodatnim materijalom. Za procjenu stanja, krpanje se dijeli na dvije vrste: malo (0,5 četvornih metara) i veliko (preko 0,5 četvornih metara). Primjer zakrpe vidljiv je na slici 13. [12]

Za računanje PCI broja promatra se broj oštećenja na jednoj ploči pa se samo bilježi stupanj ozbiljnosti problema. Što je više oštećenja, to je problem veći.



**Slika 13.** Zakrpa (srednje oštećenje) [14]

- Odvajanje zrna agregata (popouts) - uslijed djelovanja smrzavanja i odmrzavanja, dolazi do odvajanja pojedinačnih zrna agregata od kolnika što je vidljivo na slici 14. [15]  
Za računanje PCI broja mora se izračunati gustoća oštećenja. Ako postoji bilo kakva sumnja da je prosjek veći od tri odvojena zrna po kvadratnom metru, potrebno je provjeriti najmanje tri nasumična područja od jednog

kvadratnog metra. Kad je prosjek veći od ove gustoće, ploču treba uzeti u obzir. [14]



**Slika 14.** Odvajanje zrna agregata [15]

- Ljuštenje (scaling)- propadanje površine uzrokovano greškama konstrukcije, greškama materijala i čimbenicima okoline. Ljuštenje se pokazuje raslojavanjem ili dezintegracijom površine ploče. U građevinske nedostatke ubrajaju se: prekomjerna obrada, dodavanje vode na površinu kolnika tijekom završne obrade, nedostatak njegovanja, pokušaj površinskih popravaka svježeg betona mortom. Primjer ljuštenja vidljiv je na slici 15. [12]

Za računanje PCI broja gleda se broj uočenih nepravilnosti na površini. Ukoliko su prisutna dva ili više oštećenja, bilježi se oštećenje na jednoj ploči s najvećom razinom ozbiljnosti. [14]



**Slika 15.** Ljuštenje (veliko oštećenje) [15]

- Slijeganje ili denivelacija - razlika u visini razdjelnice (spoja) ili pukotine uzrokovana uzdizanjem ili slijeganjem što je vidljivo na slici 16. [14]  
Za računanje PCI broja, denivelacija između dviju ploča se bilježi kao problem na jednoj ploči. Uz to treba izmjeriti razliku u visini između dviju ploča.



**Slika 16.** Slijeganje (veliko oštećenje) [15]

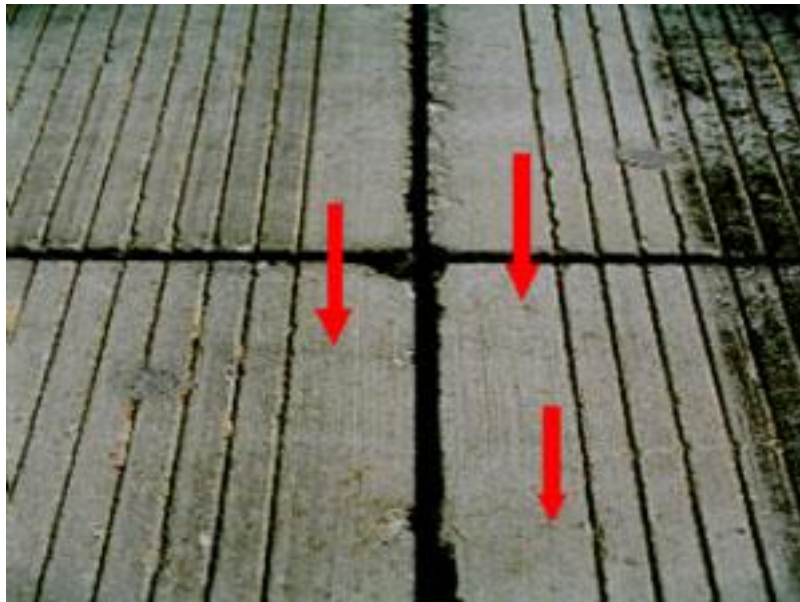
- Pukotine koje se presijecaju - one pukotine koje lome ploču na četiri ili više dijelova zbog preopterećenja ili neadekvatnog oslonca. Primjer takvih pukotina vidljiv na slici 17. [15]  
Za računanje PCI broja gleda se ozbiljnost problema (na koliko dijelova pukotine presijecaju ploču i stupanj oštećenja oblika pukotina). Ozbiljnost ovog oštećenja značajno utječe na ocjenu ploče. Ukoliko je ploča srednjeg ili visokog stupnja oštećenja, sva druga oštećenja kao što su ljuštenje te pucanje uslijed nedovoljne trajnosti se ne bi trebale uzeti u obzir. [14]





**Slika 17.** Pukotine koje se presijecaju (veliko oštećenje) [15]

- Pukotine uslijed skupljanja – pukotine koje su obično duge nekoliko centimetara i ne protežu se preko cijele ploče. Nastaju tijekom vezivanja i stvrdnjavanja betona. Za računanje PCI broja uzima se u obzir samo ploča na kojoj su uočena sitna oštećenja. Primjer pukotina nastalih uslijed skupljanja vidljiv na slici 18. [14]



**Slika 18.** Pukotine uslijed skupljanja [15]

- Odlamanje ruba betonske ploče duž razdjelnica (uzdužne i poprečne) – lomljenje rubova ploče (uzduž razdjelnice) u dužini do 60 cm. Lomljenje je posljedica prekomjernih naprezanja na spoju razdjelnice ili djelovanja prometnog opterećenja. Slab beton na razdjelnici (uzrokovan zamorom) u kombinaciji s prometnim opterećenjem također uzrokuje

pucanje. Odlamanje ruba betonske ploče duž razdjelnicu vidljivo na slici 19.[16]

Za računanje PCI broja promatra se jedna ploča i broj oštećenja uz njezin rub. Ako je više rubova oštećeno, uzima se u obzir onaj s najvećim oštećenjem. [14]



**Slika 19.** Pukotina uz razdjelnicu (srednje oštećenje) [15]

- Lom u kutu - lomljenje ploče unutar približno 60 cm od kuta. Lom u kutu razlikuje se od kutne pukotine po tome što lom presijeca razdjelnik pod kutom, a kutne pukotine se protežu okomito na razdjelnik. Primjer loma u kutu vidljiv na slici 20. [14]

Za računanje PCI broja gleda se broj lomova iste razine oštećenja na jednoj ploči. Ako se na istoj ploči nađe više različitih stupnjeva oštećenja, automatski se ploča svrstava na veću razinu problema. [14]



**Slika 20.** Lom u kutu (malo oštećenje) [15]

- Alkalno - silikatna reakcija (ASR) - uzrokovan kemijskom reakcijom između lužina i određenih reaktivnih minerala silicija koji tvore gel. Gel upija vodu uzrokujući širenje koje može oštetiti beton i okolne strukture. Lužine se najčešće unose portland cementnim betonom unutar kolnika. Primjer ASR-a vidljiv na slici 21 [13]  
Za računanje PCI broja ako se bilježi ASR oštećenje visokog stupnja, nikakvo drugo oštećenje se ne bi trebalo bilježiti. [14]

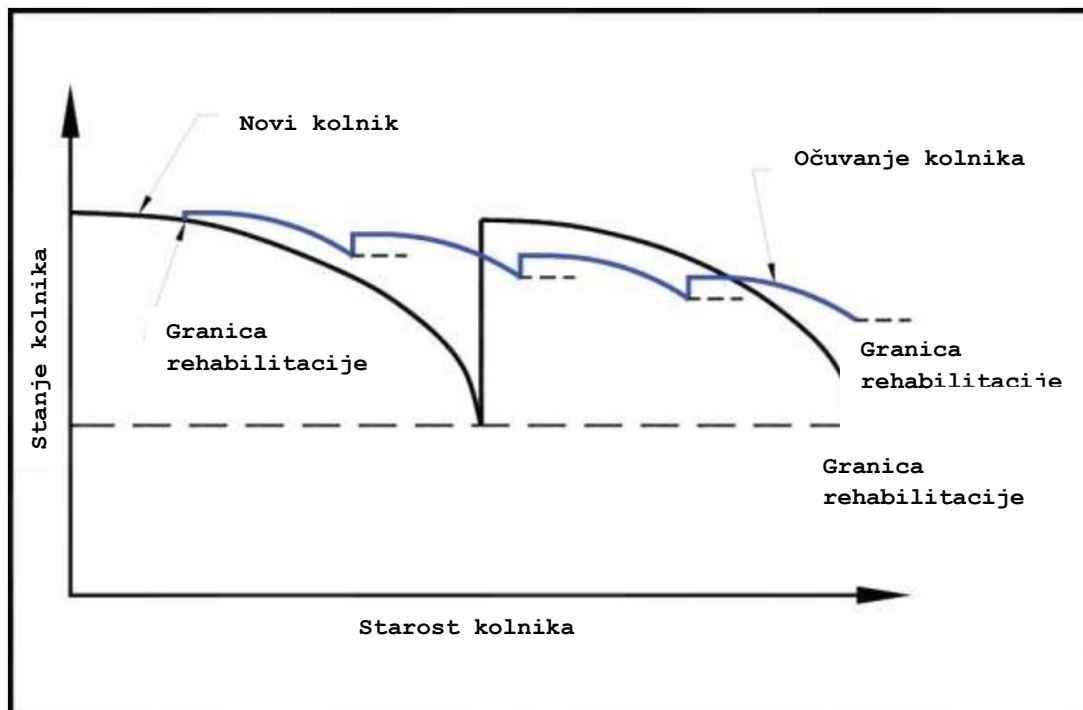


**Slika 21.** ASR (veliko oštećenje) [15]

## 5.1 Očuvanje kolnika

Tijekom životnog vijeka kolnika, kumulativni trošak niza mjera poduzetih sa ciljem očuvanja stanja kolnika znatno je manji od troška opsežnije rekonstrukcije i općenito ekonomičniji od troška velike obnove. Osim toga, izvođenje niza uzastopnih mjera očuvanja kolnika tijekom životnog vijeka kolnika manje je ometajuće za korisnike od dugih zatvaranja koja se obično povezuju s projektima rekonstrukcije. [9]

Slika 22 ilustrira koncept očuvanja kolnika koji počinje primjenom M&R tehnika u ranoj fazi životnog vijeka kolnika. Učinkovit program očuvanja kolnika odnosi se na kolnike dok su još u dobrom stanju, odnosno prije bilo kakvog oštećenja. [9]



Slika 22. Koncept očuvanja kolnika [9]

Primjenom isplativih mjera u pravo vrijeme poboljšava se stanje kolnika. Kumulativni učinak sustavnih, uzastopnih mjera očuvanja je minimiziranje ili eliminiranje skupih popravaka te odgađanje skupe rehabilitacije i rekonstrukcije. [9]

Preporuke za održavanje kolnika temeljem izračunatog PCI broja[16]:

- **PCI 86-100 (Odlično):** Rutinsko održavanje u vidu čišćenja i manjih popravaka

- **PCI 71-85 (Vrlo dobro):** Preventivno održavanje koje uključuje krpanje pukotina
- **PCI 56-70 (Dobro):** Površinska obrada u vidu tanke prevlake
- **PCI 41-55 (Zadovoljavajuće):** Opsežna krpanja za rješavanje problema srednje težine
- **PCI 26-40 (Loše):** Velika sanacija koja uključuje djelomičnu rekonstrukciju ili deblje slojeve.
- **PCI 11-25 (Vrlo loše):** Potrebna velika rekonstrukcija
- **PCI 0-10 (Izrazito Loše):** Kompletna rekonstrukcija kolničke konstrukcije. [17]

## 6 OCJENA STANJA STAJANKE MZL ZAGREB

Zračna luka Zagreb, odnosno od 2016. godine pod nazivom "Zračna luka Franjo Tuđman" je najveća i najprometnija luka u Hrvatskoj. Nalazi se 10 kilometara jugoistočno od središta Zagreba na području grada Velike Gorice. Civilnog je i vojnog karaktera jer se u sklopu nje nalazi vojarna koja je 2012. godine nazvana "Pukovnik Marko Živković". Unutar Zračne luke smješteno je upravno sjedište Hrvatske kontrole zračne plovidbe te Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina. [18]

U 2023. kroz luku je prošlo 3,72 milijuna putnika te oko 10 859 tona tereta. Zračna luka nalazi se pod koncesijom od 2012. godine na temelju ugovora kojeg je državna vlada sklopila s francuskim konzorcijem ZAIC (Zagreb Airport International Company) na rok od 30 godina. Ugovor je sklopljen pod uvjetom da koncesionar, ZAIC, izgradi novi putnički terminal (u promet stavljen u ožujku 2017.godine) te poveća promet za što je dobio i upravljačka prava nad zračnom lukom. U tu svrhu ZAIC je osnovao tvrtku "Međunarodna zračna luka Zagreb d.d." (MZLZ) koja trenutačno upravlja ZL Zagreb, a bivša tvrtka "ZL Zagreb d.o.o.". sada ima funkciju pružanja stručne i tehničke pomoći Vladi Republike Hrvatske kao davatelju koncesije u nadzoru provedbe spomenutog ugovora o koncesiji. [18]

U ovom dijelu će se provesti ocjena stajanke Zračne luka Zagreb pa će se u idućem podpoglavlju govoriti o kolničkoj konstrukciji same stajanke.

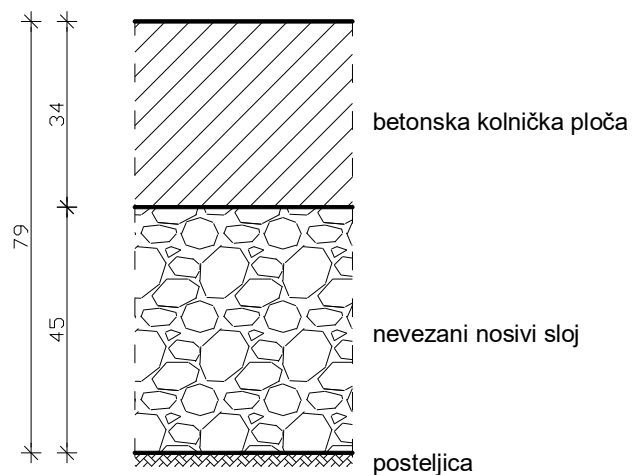
## 6.1 Stajanka komercijalnog zrakoplovstva - glavna stajanka

Glavna stajanka se obzirom na vrijeme izgradnje te sastav i debljinu slojeva sastoji od tri osnovna dijela, stajanke faze I+II, stajanke faze III te prijelaznog dijela između faza. [10]

### Stajanka faza I+II

Stajanka, faza I izgrađena je 1978. godine. Izvedena je kao klasičan betonski kolnik s pločom debljine 34 cm na sloju nevezanog mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala (šljunka) debljine 45 cm.

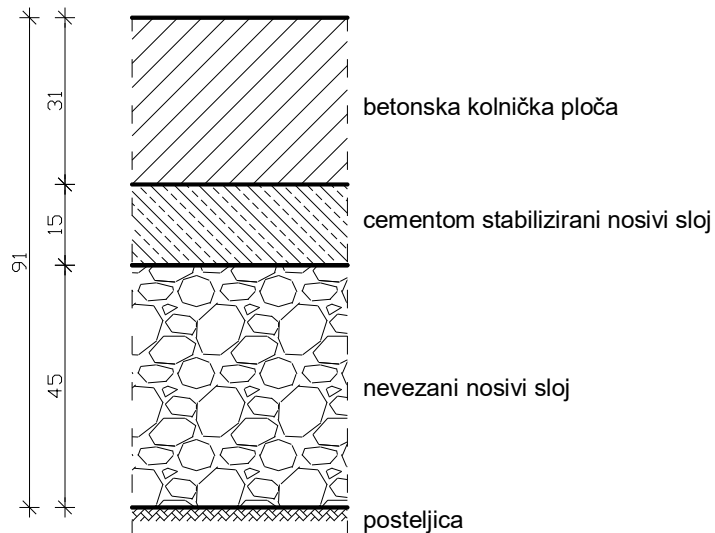
Stajanka faza II izvedena je 1987. godine s kolničkom konstrukcijom istog sastava i debljine slojeva kao kolnička konstrukcija faze I. Presjek kolničke konstrukcije glavne stajanke, faza I+II prikazan je na slici 23. [10]



**Slika 23.** Kolnička konstrukcija glavne stajanke, faza I+II [10]

### Stajanka faza III

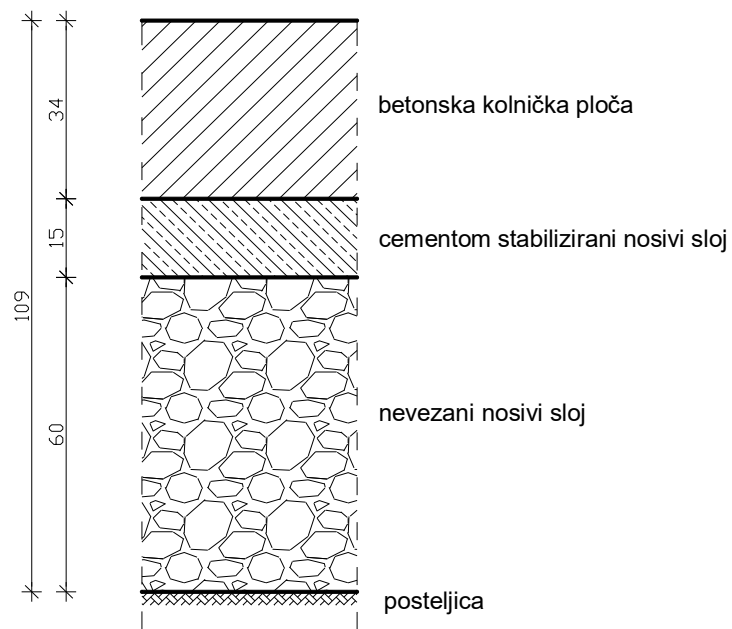
Stajanka, faza III izgrađena je 1989. godine. Izvedena je kao klasičan betonski kolnik s pločom debljine 31 cm na sloju cementnom stabiliziranog zrnatog kamenog materijala debljine 15 cm položenog na mehanički zbijeni nosivi sloj debljine 45 cm kao što se vidi na slici 24. [10]



**Slika 24.** Kolnička konstrukcija glavne stajanke, faza III [10]

### Spoj faze I+II i faze III

Stajanka faza I+II i faza III spojene su redom ploča koje su prilikom rekonstrukcije praga 05 2010. godine, zamijenjene novima debljine 34 cm izrađenim na cementom stabiliziranom nosivom sloju ispod kojeg se nalazi mehanički zbijeni nosivi sloj debljine 60 cm. Kolnička konstrukcija prijelaznog područja između stajanke faze I+II i faze III prikazana je na slici 25. [10]



**Slika 25.** Kolnička konstrukcija prijelaznog područja između stajanke faze I+II i faze III [10]



**Tablica 1.** Kolničke konstrukcije glavne stajanke [10]

Glavna stajanka	Kolnička konstrukcija
glavna stajanka, faza I+II	34 cm betonska kolnička ploča 45 cm nevezani nosivi sloj (MNS) posteljica
glavna stajanka, faza III	31 cm betonska kolnička ploča 15 cm cementom stabilizirani nosivi sloj (CNS) 45 cm nevezani nosivi sloj (MNS) posteljica
glavna stajanka, prijelazni dio	34 cm betonska kolnička ploča 15 cm cementom stabilizirani nosivi sloj (CNS) 60 cm nevezani nosivi sloj (MNS) posteljica

## 6.2 Vizualni pregled stanja kolnika stajanke

Vizualni pregled i ocjena stanja kolnika stajanke ZL Zagreb provedeni su u skladu s PAVER™ sustavom za upravljanje kolnicima.

Sustav PAVER™ bazira se na nekoliko osnovnih zadaća:

- funkcionalna podjela postojećih kolnika imajući u vidu namjenu, karakteristike kolničkih konstrukcija te predviđene strategije održavanja
- definiranje prepoznatljivih dijelova mreže (ogranke, dionice i ispitne uzorke)
- prikaz stanja kolnika na temelju pregleda i postupaka priocijene kroz Indeks stanja kolnika (Pavement Condition indeks), PCI, razvijenog od strane US Army corps of Engineers
- izrada baze podataka, PCI, izvješća inspekcije i planova gospodarenja. [19]

Mogućnosti korištenja ovog sustava su vrlo široke. Obzirom na definiciju projektnog zadatka korišten je modul sustava naziva PAVER™, kojim se ocjenjuje stanje kolnika (Pavement Condition Index - PCI), u okviru ovog diplomskog rada stajanke MZL Zagreb. [19]

Način pregleda, odnosno detekcija vrste i obima oštećenja te postupak ocjene stanja kolnika propisani su standardom ASTM D5340 (Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys) i relevantnom literaturom.

Na temelju podataka prikupljenih vizualnim pregledom provodi se ocjena stanja stajanke na način da se odredi PCI broj. Posljednja vizualna ocjena kolnika Zračne luke Zagreb obavljena je 2023. godine od strane Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. [10]

### Definiranje prepoznatljivih dijelova mreže

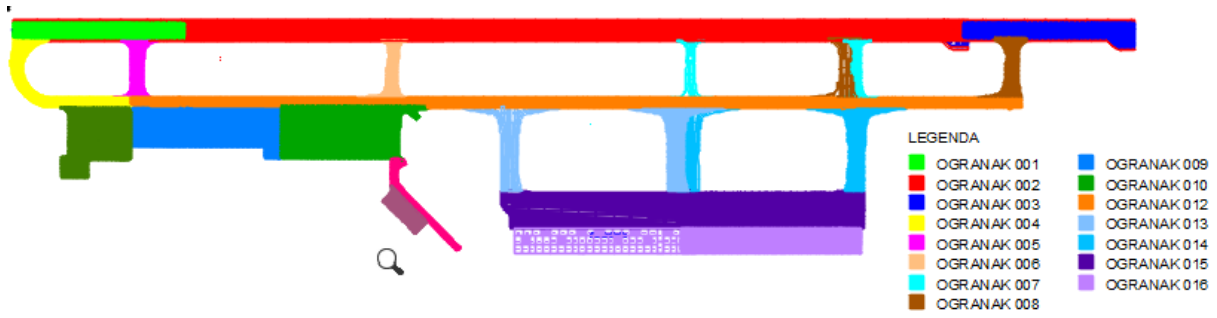
Operativna površina (uzletno-sletna staza, staze za vožnju i stajanka) predstavlja mrežu (network) Zračne luke Zagreb. Definirana je kroz ogranke (branches) i dionice (sections). [10]

Ogranak (branch) je prepoznatljiv dio mreže kao što je npr. stajanka i prema toj definiciji Zračna luka Zagreb podijeljena

je u 16 ogranaka (branches) od kojih su ogranci 9 i 10 (stajanke) u ovom radu detaljno analizirani:

- ogranak (Branch) 1           USS - prag 05
- ogranak (Branch) 2           USS - središnji dio
- ogranak (Branch) 3           USS - prag 23
- ogranak (Branch) 4           Staza za vožnju A-F
- ogranak (Branch) 5           Staza za vožnju B
- ogranak (Branch) 6           Staza za vožnju C
- ogranak (Branch) 7           Staza za vožnju D
- ogranak (Branch) 8           Staza za vožnju E
- **ogranak (Branch) 9           Glavna stajanka faza III**
- **ogranak (Branch) 10        Glavna stajanka faza I+II**
- ogranak (Branch) 11        Staza za vožnju T
- ogranak (Branch) 12        Staza za vožnju S
- ogranak (Branch) 13        Staza za vožnju R
- ogranak (Branch) 14        Stajanka Vlade RH
- ogranak (Branch) 15        Stajanka GZ
- ogranak (Branch) 16        Stajanka istok

Navedeni ogranci su grafički prikazani na slici 26. Navedeni ogranci su podijeljeni na dionice (sections). Dionice su najmanja gospodarstvena cjelina kada odlučujemo o primjeni i selekciji postupaka održavanja i rehabilitacije. Parametri koji odlučuju o dijeljenju ogranaka u dionice su vrsta kolnika, promet, faze izgradnje, važnost kolnika i stanje kolnika. [10]



Slika 26. Skup definiranih ogranaka u PAVER™ bazi podataka [10]

### Odabir ispitnih dionica i uzoraka

Za određivanje PCI broja, definirane je dionice bilo potrebno podijeliti na ispitne uzorke. Vizualni pregled svih uzoraka dugotrajan je proces i zahtijeva izuzetan napor.

Za prihvatljivu točnost proračuna PCI-a zahtijeva se vizualni pregled određenog broja uzoraka. Za inspekciju kolnika na razini definiranoj projektnim zadatkom zahtijeva se određeni broj uzoraka prema kriteriju u tablici 2. [10]

**Tablica 2.** Kriterij odabira broja ispitnih uzoraka za inspekciju [10]

Broj uzoraka	Broj ispitnih uzoraka
1-5	1
6-10	2
11-15	3
16-40	4
>40	10%

Vizualni pregled je proveden na svim ispitnim uzorcima dok je ocjena stanja stvarno provedena na određenom broju odabranih ispitnih uzoraka pri čemu je kao minimalni zahtjev za opću ocjenu stanja mreže postavljen uvjet da ocijenjeno bude barem 10% ispitnih uzoraka unutar dionice. Na ovih 10% ispitnih uzoraka u svakom se trenutku može dodati još jediničnih uzoraka kako bi se povećala detaljnost ocjene. [10]

Pri odabiru ispitnih uzoraka unutar pojedinih dionica nastojalo se što je moguće više slijediti prethodne odabire kako bi se moglo usporediti stanje kao i održati sljedivost rezultata.

Podjela na ogranke, dionice i ispitne uzorke može se vidjeti u tablici 3. [10]

**Tablica 3.** Detaljni podaci o ograncima, dionicama i ispitnim uzorcima glavne stajanke [10]

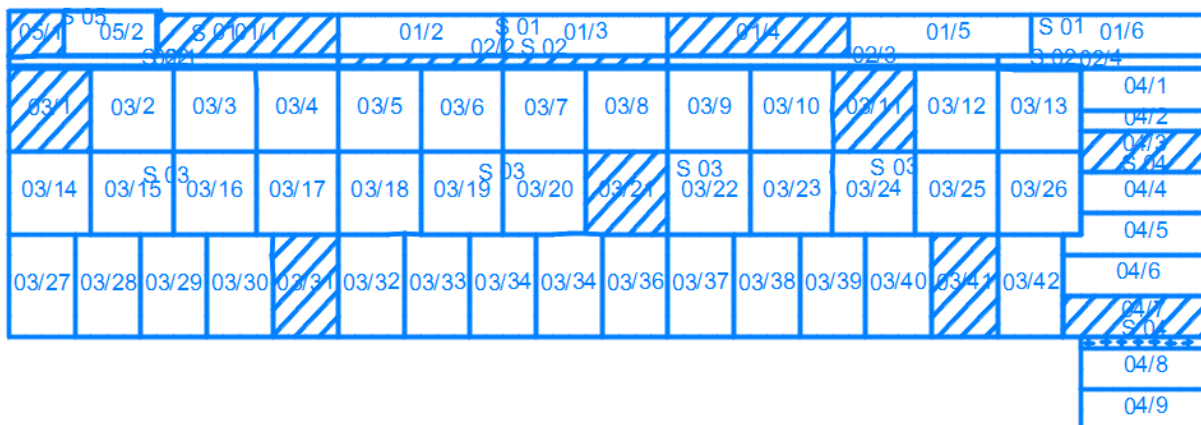
Ogranak	Broj dionice	Opis	Ispitni uzorci		
			Ukupno	Pregledano	Ocijenjeno
009 glavna stajanka, faza III	1	Staza za vožnju - odvodnja	6	6	2
	2	uzdužna odvodnja	4	4	1
	3	red 10 - red 48	42	42	5
	4	red 1 - red 9	9	9	2
	5	novi betonski kolnik	2	1	1
010 glavna stajanka, faza I+II	1	staza za vožnju - odvodnja	12	12	3
	2	uzdužna odvodnja	12	12	3
	3	odvodnja - servisna cesta (jug)	39	39	4
	4	prijelaz između faze I+II i faze III	1	1	1
	5	rame uz istočni rub stajanke	3	1	1

**Rezultati vizualnog pregleda**

U nastavku se daje opis glavnih oštećenja koja se javljaju na stajanci po ograncima i dionicama.

- **Ogranak 09-Glavna stajanka, faza III**

Na slici 27 može se vidjeti shematski prikaz stajanke faze III te označene dionice za vizualni pregled oštećenja.

**Slika 27.**shematski prikaz dionica stajanke faze III

### **Dionica 1    **Betonski kolnik - Staza za vožnju****

Glavni tipovi oštećenja su uzdužne i tanke mrežaste pukotine, ispadanje većih zrna agregata (popouts) te odlamanje betona duž razdjelnica. Na nekim pločama vidljive su zakrpe manjih dimenzija. Uočeno minimalno ljuštenje cementnog morta na dijelu površine ploče. Na dijelu ploča pojavile su se pukotine od skupljanja.

Masa za ispunu razdjelnica i pukotina mjestimice je izgubila elastična svojstva, popucala je i odvojila se od bočnih stjenki urezanih žljebova na razdjelnicama ili pukotinama. Mjestimice masa za ispunu nedostaje.

### **Dionica 2    **Betonski kolnik - dva reda ploča sjeverno i južno od odvodnog kanala****

Glavni tipovi oštećenja su ispadanje većih zrna agregata (popouts), malo do srednje jako ljuštenje, odlamanje betona duž razdjelnica te male zakrpe.

Ploče su mjestimice denivelirane kao posljedica greške pri izvedbi. Usljed odlamanja ili ljuštenja manjih komada kolnika, postoji potencijalna opasnost oštećenja stranim tijelima (FOD).

Masa za ispunu razdjelnica i pukotina mjestimice je izgubila elastična svojstva, popucala i odvojila se od bočnih stijenki urezanih žljebova na razdjelnicama ili pukotinama. Mjestimice masa za ispunu nedostaje.

### **Dionica 3    **Betonski kolnik - pozicije zrakoplova, redovi 10 do 48****

Glavni tipovi oštećenja su mrežaste pukotine svih smjerova pružanja, odlamanje betona duž razdjelnica, ispadanje većih zrna agregata, denivelacija ploča nastala kao posljedica diferencijalnog slijeganja te kao greška u izvedbi.

Masa za ispunu razdjelnica i pukotina mjestimice je izgubila elastična svojstva, popucala i odvojila se od bočnih stijenki urezanih žljebova na razdjelnicama ili pukotinama. Mjestimice masa za ispunu nedostaje.

Na većem broju ploča uočena su ispadanja većih zrna agregata (popouts udubine)

Uočeno minimalno ljuštenje cementnog morta na dijelu površine ploče bez potencijalne opasnosti oštećenja zrakoplova stranim tijelima (FOD). Primijećeno nešto malih zakrpa niske razine ozbiljnosti.

#### Dionica 4    **Betonski kolnik - pozicije zrakoplova, redovi 1 do 9**

Glavni tipovi oštećenja su ispadanje većih zrna agregata (popouts) te uzdužne, poprečne i dijagonalne mrežaste pukotine male do srednje razine ozbiljnosti. Pukotine srednje razine ozbiljnosti imaju FOD potencijal.

Uočeno minimalno ljuštenje cementnog morta na dijelu površine ploče. Zakrpe su različitih dimenzija niske razine ozbiljnosti oštećenja.

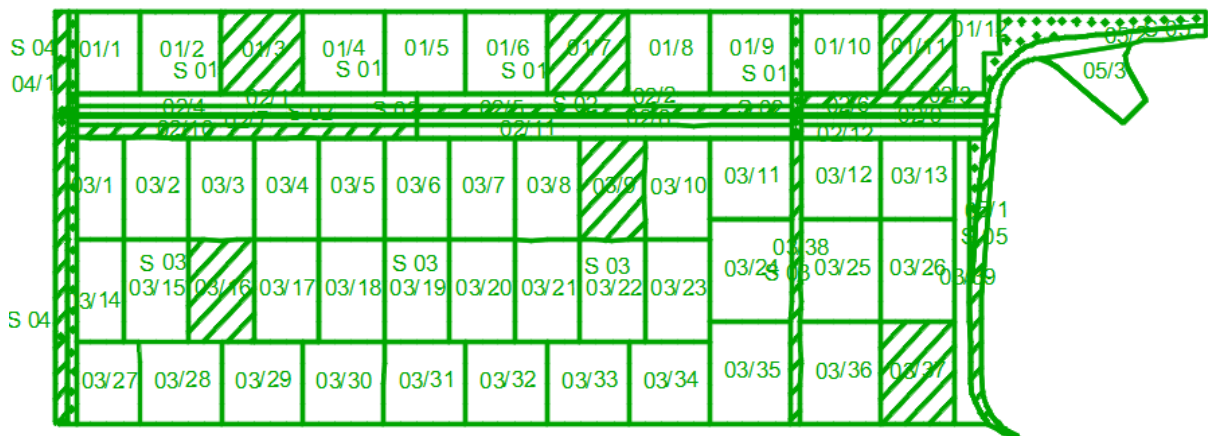
U kutevima malog broja ploča uočena pojava pukotina (lom u kutu). Na malom broju ploča uočeno je odlamanje betona duž razdjelnica.

#### Dionica 5    **Betonski kolnik**

Glavni tip oštećenja je ispadanje većih zrna agregata (popouts) na nekim pločama. Uočene su male zakrpe na nekim pločama niske razine ozbiljnosti te odlamanje betona duž razdjelnica. Vidljivo je i minimalno ljuštenje cementnog morta na dijelu površine ploče.

- **Ogranak 010-Glavna stajanka, faza I+II**

Na slici 28 može se vidjeti shematski prikaz stajanke faze I+II te označene dionice za vizualni pregled oštećenja.



Slika 28. shematski prikaz dionica stajanke faze III [10]

#### Dionica 1    **Betonski kolnik - staza za vožnju**

Glavni tip oštećenja su odlamanje betona duž razdjelnica, ispadanje većih zrna agregata (popouts) na pojedinim pločama.



Ploče su mjestimice denivelirane kao posljedica diferencijalnog slijeganja, a negdje kao posljedica greške pri izvedbi. Vidljive su i mrežaste pukotine svih smjerova pružanja, od manjih pukotina do pukotina koje su nešto veće širine te kod kojih može doći do odlamanja materijala te potencijalne ugroze zrakoplova. U kutevima malog broja ploča uočena je pojava pukotina (lom u kutu). Masa za ispunu razdjelnica i pukotina mjestimice je izgubila elastična svojstva, popucala i odvojila se od bočnih stijenki urezanih žljebova na razdjelnicama ili pukotinama. Mjestimice masa za ispunu nedostaje.

### **Dionica 2 - Betonski kolnik - staza za odvodnju**

Glavni tip oštećenja su zakrpe malih i većih dimenzija, ispadanje većih zrna agregata (popouts) na mnogim pločama.

Ploče su mjestimice denivelirane kao posljedica greške pri izvedbi. Uočeno minimalno ljuštenje cementnog morta na dijelu površine ploče.

Mrežaste pukotine srednje razine oštećenja uočene na jednom dijelu ploče. To su pukotine veće širine gdje dolazi do odvajanja materijala (FOD) koje može naštetiti zrakoplovu

Masa za ispunu razdjelnica i pukotina mjestimice je izgubila elastična svojstva, popucala i odvojila se od bočnih stijenki urezanih žljebova na razdjelnicama ili pukotinama. Mjestimice masa za ispunu nedostaje. Na pojedinim pločama vidljivo i odlamanje betona duž razdjelnica. U kutevima ploča uočljive su D-pukotine.

### **Dionica 3 - Betonski kolnik - servisna cesta (jug)**

Glavni tipovi oštećenja su odlamanje betona duž razdjelnica, velike zakrpe te ispadanje većih zrna agregata (popouts).

U kutevima ploča uočljive su D - pukotine, a na dijelu ploča kutevi su odlomljeni i nedostaju. Na pločama postoji dosta velikih i malih zakrpa. Postoji potencijalna opasnost oštećenja stranim tijelima (FOD) uslijed odlamanja ili ljuštenja manjih komada kolnika odnosno materijala zakrpe.

Masa za ispunu razdjelnica i pukotina mjestimice je izgubila elastična svojstva, popucala i odvojila se od bočnih stijenki urezanih žljebova na razdjelnicama ili pukotinama. Mjestimice masa za ispunu nedostaje.

U kutevima malog broja ploča uočena je pojava pukotina (lom u kutu). Ploče su mjestimice denivelirane kao posljedica diferencijalnog slijeganja.

Oštećenja na dionici 4 i 5 nisu uzeta u obzir iz razloga što je dionica 4 ustvari prijelazni dio sa stajanke faze I+II na stajanku faze III te je vrlo male površine koja ne utječe bitno na konačnu ocjenu stajanke ZL Zagreb. Dionica 5 (rame uz istočni rub stajanke) nije uzeta u obzir jer je završni sloj od bitumenske mješavine.

### 6.3 Ocjena stanja kolnika stajanke - PCI vrijednost

Ocjena stanja kolnika stajanke Zračne luke Zagreb u skladu sa standardnom ASTM D5340 (Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys) provedena je nakon unosa svih potrebnih podataka pomoću računalnog programa PAVER™. Na temelju ukupnog broja jediničnih uzoraka na dionici te broja pregledanih uzoraka određen je PCI pregledanog kolnika.

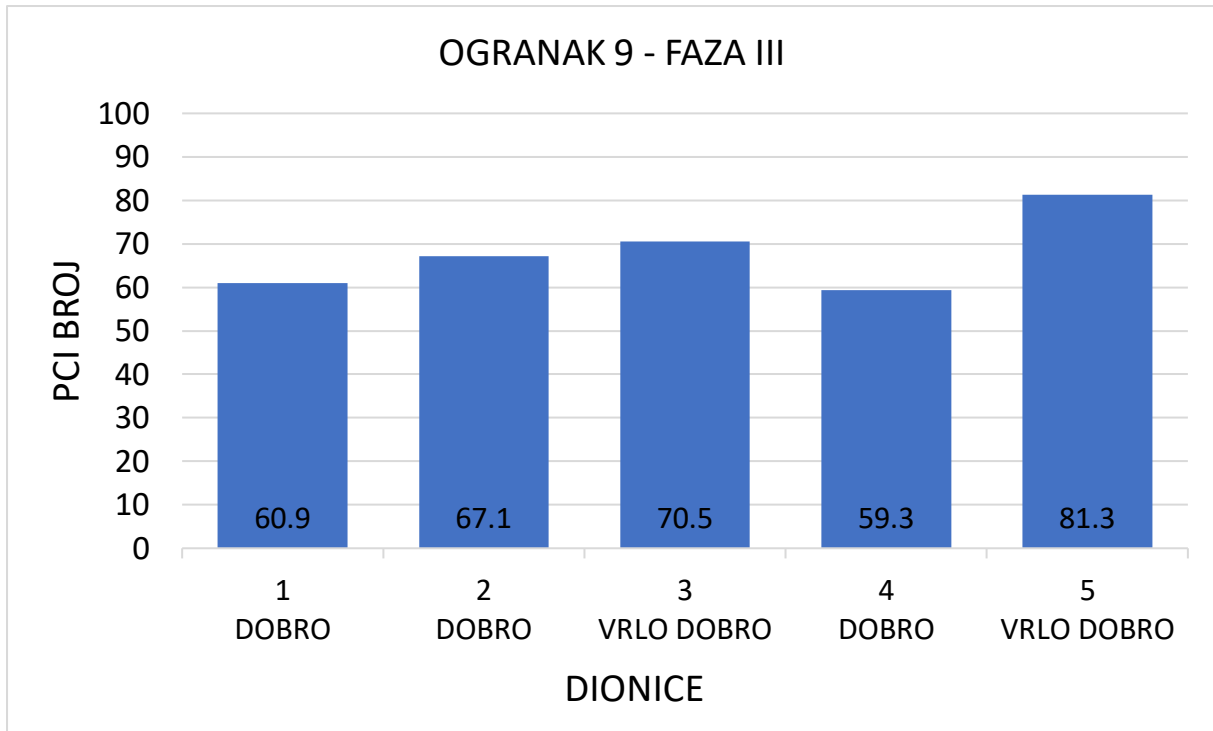
Izračunane PCI vrijednosti pojedinih ogranaka i dionica navedene su u tablici 4.

**Tablica 4.** Prosječna ocjena stanja kolnika stajanke Zračne luke Zagreb (PCI) po ograncima (branches) i dionicama (sections) [10]

Broj ogranka	Ime ogranka	Dionica	Opis	PCI	Prosjek PCI	Ponderirani prosjek PCI
<b>009</b>	Stajanka faza III	1	staza za vožnju-odvodnja	60.9	<b>67.82</b>	<b>68.21</b>
		2	uzdužna odvodnja	67.1		
		3	red 10 – red 48	70.5		
		4	red 1 – red 9	59.3		
		5	prijelaz između faze I+II i faze III	81.3		
<b>010</b>	Stajanka faza I+II	1	staza za vožnju-odvodnja	56.9	<b>62.87</b>	<b>62,77</b>
		2	uzdužna odvodnja	66.5		
		3	odvodnja-servisna cesta (jug)	65.2		

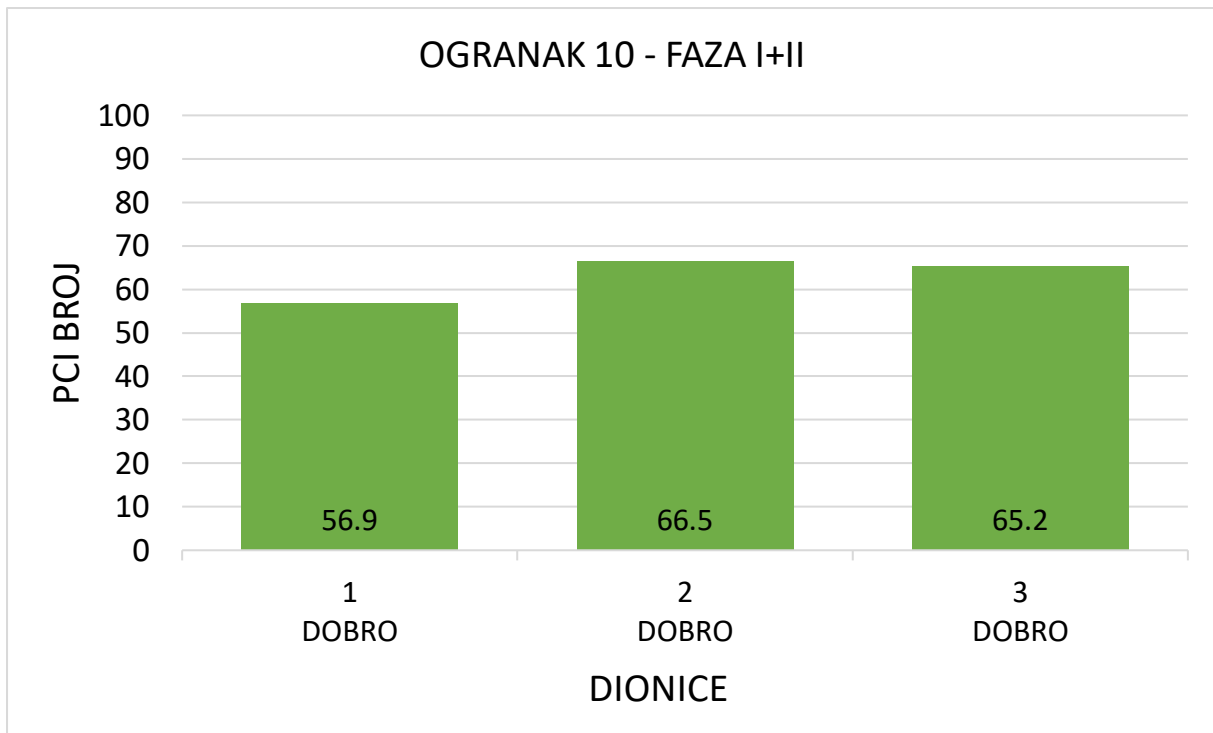
Zbrojem PCI broja faze I+II i faze III za stajanku Zračne luke Zagreb dobije se rezultat od 65,49 što betonski kolnik stajanke svrstava pod ocjenu "**dobro**" prema ljestvici ocjenjivanja pomoću PCI broja.

Grafikoni na slikama 29 i 30 prikazuju ocjenu pojedine dionice ogranaka stajanke faze III i faze I+II.



**Slika 29.** Ocjena dionica stajanke faze III preko PCI broja

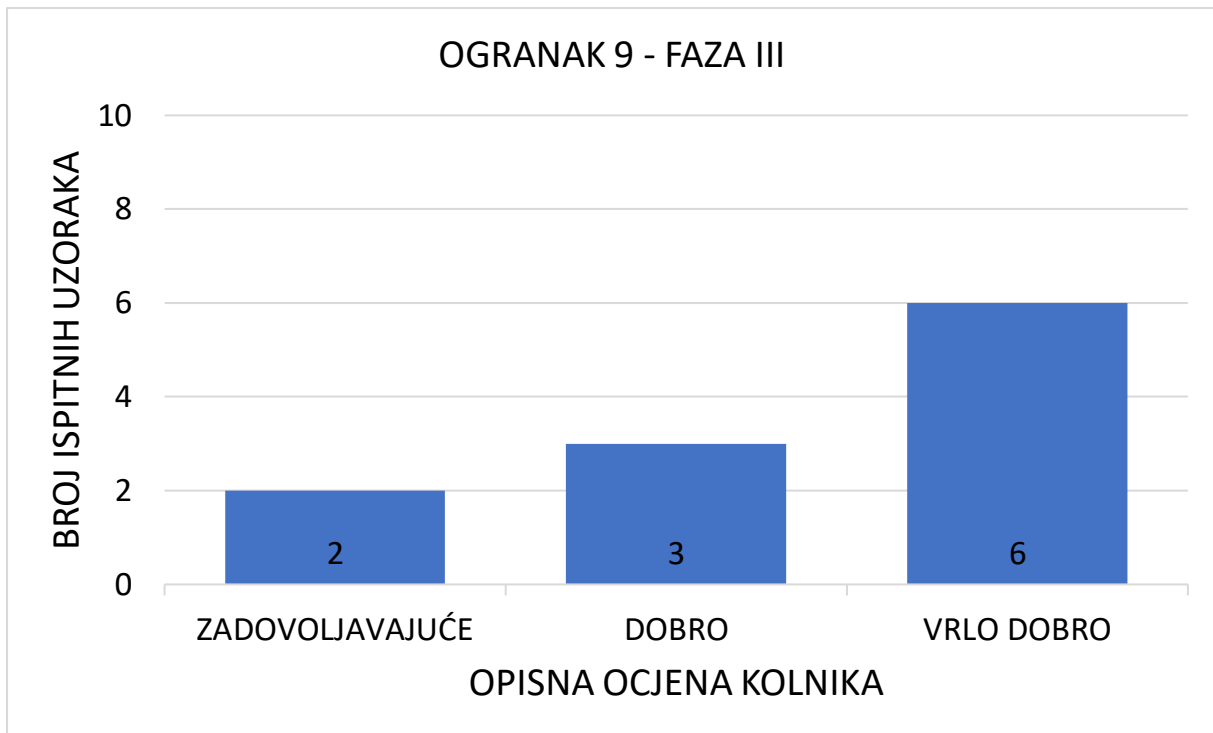
Kod ogranka stajanke faze III najbolju ocjenu daje dionica 5 – prijelaz između faze I+II i faze III u iznosu 81.3 dok najlošiju ocjenu kolnika daje dionica 4 u iznosu 59.3. Tri od pet dionica imaju ocjenu kolnika “dobro” dok dvije dionice imaju ocjenu “vrlo dobro”. Ogranak ima ponderirani prosjek PCI broja u iznosu 68.21 što kod ljestvice za ocjenu kolnika spada u kategoriju “dobro”.



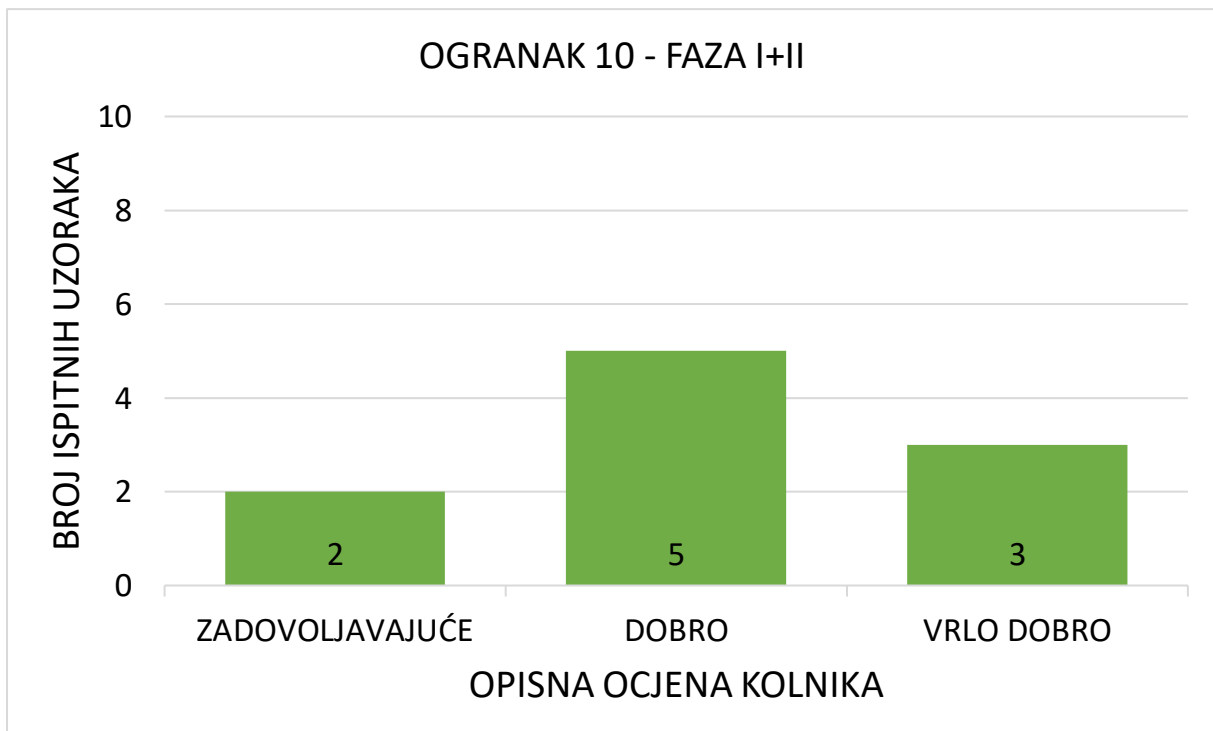
**Slika 30.** Ocjena dionica stajanke faze I+II preko PCI broja

Kod ogranka stajanke faze I+II najbolju ocjenu daje dionica 2 - uzdužna odvodnja u iznosu 66,5 dok najlošiju ocjenu kolnika daje dionica 1 - staza za vožnju u iznosu 56.9. Sve tri dionice su sličnog stanja kolnika što ih također sve svrstava u ocjenu "dobro". Ogranak ima ponderirani prosjek PCI broja u iznosu 62.77 što kod ljestvice za ocjenu kolnika spada u kategoriju "dobro".

Pored navedenog, iz grafikona na slikama 31 i 32 vidljiv je broj ispitnih uzoraka prema ocjeni kolničke površine za svaki ogranak.



**Slika 31.** Ocjena stanja kolničke površine (PCI) u odnosu na broj ispitnih uzoraka za ogranak 9 glavne stajanke



**Slika 32.** Ocjena stanja kolničke površine (PCI) u odnosu na broj ispitnih uzoraka za ogranak 10 glavne stajanke

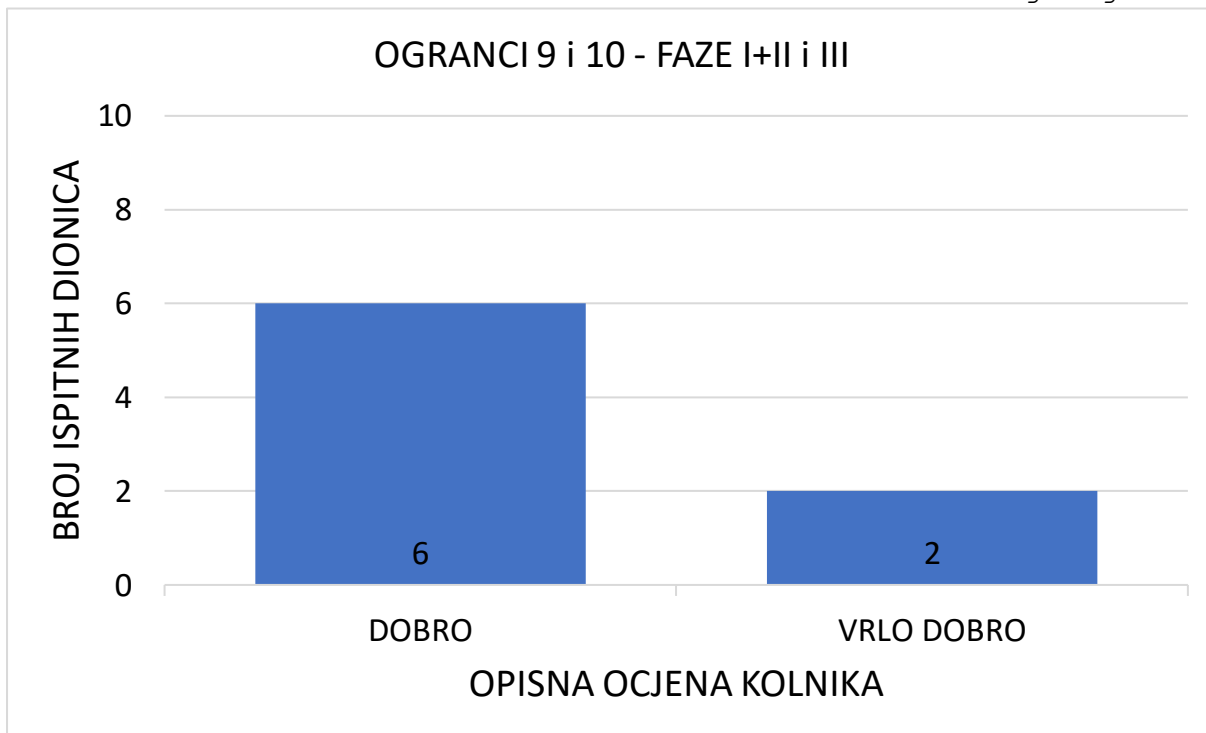
Kod ogranka 9 vidljivo je da većina ispitnih uzoraka (šest) spada u kategoriju "vrlo dobro", tri spadaju u "dobro" te dva u "zadovoljavajuće".

Kod ogranka 10 većina ispitnih uzoraka (pet) spada u kategoriju "dobro" dok tri spadaju u "vrlo dobro", a dva u "zadovoljavajuće"

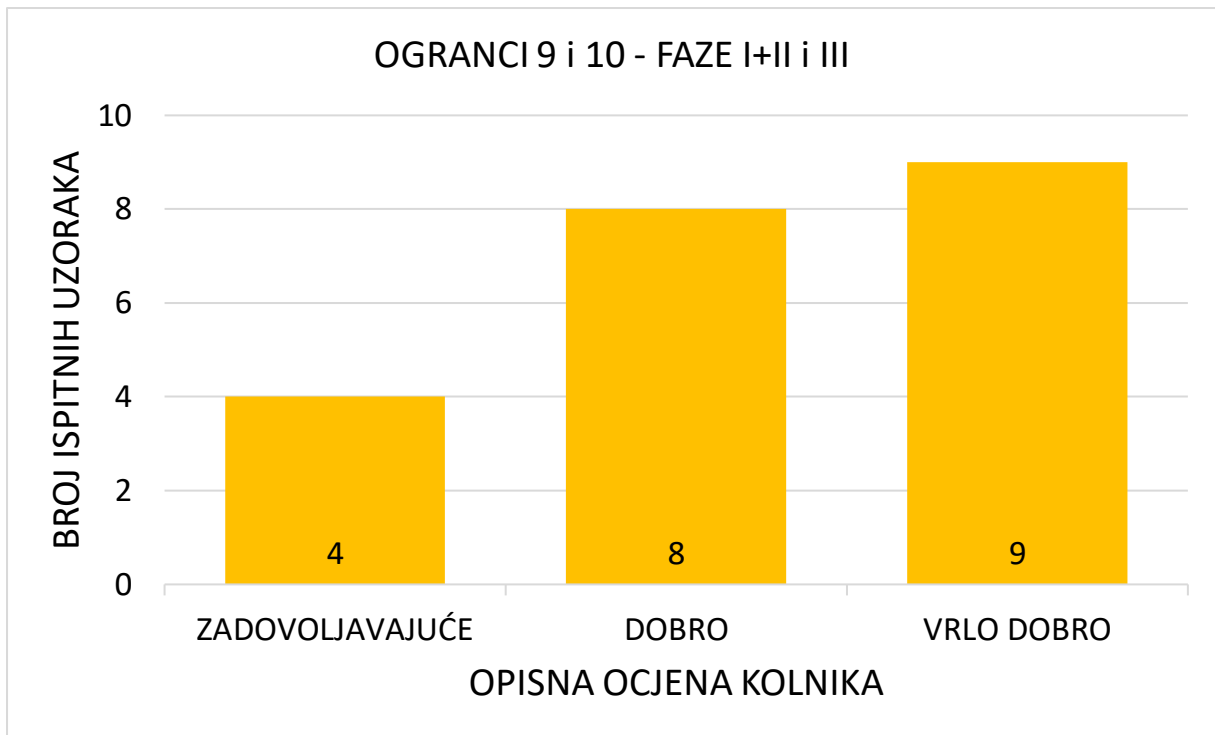
Na slici 33 vidljiva je ocjena kolnika obzirom na broj svih dionica glavne stajanke (ogranak 9 + ogranak 10), a na slici 34 ocjena kolnika obzirom na sve ispitne uzorke (ogranak 9 + ogranak 10).

Uočljivo je da većina ispitnih dionica (šest) spada u kategoriju "dobro" a dvije u kategoriju "vrlo dobro".

Kod ispitnih uzoraka većina (devet) spada u ocjenu "vrlo dobro", osam u "dobro" te četiri u "zadovoljavajuće".



**Slika 33.** Ocjena stanja kolničke površine (PCI) u odnosu na broj ispitnih dionica glavne stajanke



**Slika 34.** Ocjena stanja kolničke površine (PCI) u odnosu na broj ispitnih uzoraka glavne stajanke



## 7 ZAKLJUČAK

Betonski kolnik stajanke generalnog zrakoplovstva (faza I+II, faza III) Međunarodne zračne luke Zagreb vizualno je pregledan i ocijenjen u skladu s ASTM D 5340 (Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys) standardom. Prilikom tumačenja rezultata u obzir treba uzeti da se ovdje radi o prosječnoj ocjeni stanja kolnika pojedinog ogranka koja ne reprezentira stvarno stanje pojedinih dionica unutar ogranka. Tek razmatranjem ocjene pojedine dionice moguće je razlučiti na kojim je dijelovima potrebno planirati, odnosno provesti određene radove na održavanju ili sanaciji.

Temeljeno na vizualnom pregledu te pomoću računalnog programa PAVER™ provedenoj ocjeni stanja kolnika može se zaključiti da je stajanka ocijenjena ocjenom „dobro“. To znači da nisu potrebne rekonstrukcije, nego rutinsko održavanje kao npr.nova presvlaka.

Preporuča se redovita provedba vizualnih pregleda stanja kolnika s unošenjem u bazu podataka PAVER™ kako bi se stvorila solidna osnova za razvijanje modela kod predviđanja ponašanja čime bi se omogućilo predviđanje optimalnog trenutka poduzimanja određenih mjera preventivnog održavanja ili sanacije.

---

**POPIS LITERATURE**

[1]Rukavina T. Predavanje 5-Vozne staze\_stajanka. *Merlin*. (2014)

Dostupno:

<https://moodle.srce.hr/2022-2023/mod/folder/view.php?id=2831619>

[Pristupljeno:23. travnja 2024.]

[2]RukavinaT. ,5\_Aerodromske\_povrsine\_2012.pdf.*Merlin*. 2012

Dostupno:

<https://moodle.srce.hr/2022-2023/mod/folder/view.php?id=2831620>

[Pristupljeno:23. travnja 2024.]

[3]Aviation. Why do we call it apron?. *Aviation*

Dostupno:

<https://aviation.stackexchange.com/questions/23650/why-do-we-call-it-an-apron>

[Pristupljeno: 7.svibnja 2024.]

[4]PAVER™ 7. *Pavement Management System*. Colorado State University (CSU). US army corps of engineers, 2013.

[5]Advisory Circular br: 150/5380-7B; Airport Pavement Management Program (PMP). Federal Aviation Administration, US Department of Transportation. 2014;str. 3-5

[6]ASTM D5340-20. Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys: *ASTM International*: West Conshohocken, PA: USA, 2020, str.1-7

[7]Bennett, M."Factors affecting airfield pavement performance in the United States Air Force enterprise wide." Master of Science, Dept. of Civil Engineering. Pennsylvania State Univ;2019.

[8]Advisory Circular br: 150/5320-6G. Airport Pavement Design and Evaluation; Federal Aviation Administration. US Department of Transportation. 2021.

[9]Wesolowski M., Iwanowski P., Evaluation of Asphalt Concrete Airport Pavement Conditions Based on the Airfield Pavement Condition Index (APCI) in Scope of Flight Safety. *Aerospace* 2020, 7(6):78, str 4-8.

[10]Rukavina T., Dragčević V., Stančerić I., Domitrović J., Džambas T. Procjena stanja kolnika manevarske površine i stajanke. Mjerenje defleksije teškim deflektografom i vizualni pregled. *Građevinski fakultet sveučilišta u Zagrebu*, br. 170-S-215-I-1/2013, 2013.

[11]Pietersen R.A. Automated Method for Airfield Pavement Condition Index Determination (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology); *Department of Civil and Environmental Engineering*. 2022.

[12]Federal Aviation Administration (FAA). Welcome to FAA PAVEAIR. *Federal Aviation Administration*.

Dostupno: <https://faapaveair.faa.gov/>

[Pristupljeno: 25. svibnja 2024.]

[13]PAVER™. About PAVERTM. PAVERTM

Dostupno: <https://www.paver.colostate.edu/>

[Pristupljeno: 28. svibnja 2024.]

[14]Shahin M.Y., US Army Engineering Research and Development Center- Construction Engineering Research Laboratory. Concrete Surfaced Airfields: Paver Distress Identification Manual. *Federal Aviation Administration*. 2009. str. 6-38.

[15]Indiana 2022 IDEA, Pavement Inspection: PCC Distress Measurement. *Indiana Department of Transportation, Office of Aviation*.

Dostupno: <https://www.in.gov/indot/div/aviation/pavement-inspection/pci-review/distress-measurement-pcc-main.html>

[Pristupljeno: 5. lipnja 2024.]

[16]Concrete Airfield Pavements PASER Manual. University of Wisconsin-Madison: Federal Aviation Administration by Engineering Professional Development. 2014.

[17]Wesołowski M, Iwanowski P. APCI evaluation method for cement concrete airport pavements in the scope of air operation safety and air transport participants life. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020 Mar;17(5):1663

[18]Wikipedija, „Zračna luka „Franjo Tuđman“.

Dostupno:

[https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna\\_luka\\_%E2%80%9EFranjo\\_Tu%C4%91man%E2%80%9D](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dna_luka_%E2%80%9EFranjo_Tu%C4%91man%E2%80%9D)

[Pristupljeno: 2. lipnja 2024.]

[19] PAVER™. *Software description: PAVER™*

Dostupno: <https://www.paver.colostate.edu/Paver.php>

[Pristupljeno: 2.lipnja 2024.]

**POPIS SLIKA**

- Slika 1.** Stajanke zračne luke, str.6
- Slika 2.** Standardna i prilagođena PCI skala ocjenjivanja, str.11
- Slika 3.** Primjer istraživanja stanja krutog kolnika, str.22
- Slika 4.** Krivulja koja pokazuje vrijednost odbitka (DV) za linijsku pukotinu na betonskom kolniku, str.23
- Slika 5.** Krivulja CDV-a za krute kolnike aerodroma, str.24
- Slika 6.** Izračun ispravljene PCI vrijednosti za betonski kolnik, str. 25
- Slika 7.** Shematski životni ciklus kolnika, str.27
- Slika 8.** Izdizanje kolnika (malo oštećenje), str.28
- Slika 9.** Kutna pukotina (srednje oštećenje), str.29
- Slika 10.** LTD pukotine (malo oštećenje), str.29
- Slika 11.** D pukotina (veliko oštećenje), str.30
- Slika 12.** Oštećenje ispune razdjelnica (srednje oštećenje), str.31
- Slika 13.** Zakrpa (srednje oštećenje), str.31
- Slika 14.** Odvajanje zrna agregata, str.32
- Slika 15.** Ljuštenje (veliko oštećenje), str.32
- Slika 16.** Slijeganje (veliko oštećenje), str.33
- Slika 17.** Pukotine koje se presijecaju (veliko oštećenje), str.34
- Slika 18.** Pukotine uslijed skupljanja, str.34
- Slika 19.** Pukotina uz razdjelnicu (srednje oštećenje), str.35
- Slika 20.** Lom u kutu (malo oštećenje), str.35
- Slika 21.** ASR (veliko oštećenje), str.36
- Slika 22.** Koncept očuvanja kolnika, str.37
- Slika 23.** Kolnička konstrukcija glavne stajanke, faza I+II, str.40
- Slika 24.** Kolnička konstrukcija glavne stajanke, faza III, str.41
- Slika 25.** Kolnička konstrukcija prijelaznog područja između stajanke faze I+II i faze III, str.41

**Slika 26.** Skup definiranih ogranaka, str.45

**Slika 27.**shematski prikaz dionica stajanke faze III, str.47

**Slika 28.**shematski prikaz dionica stajanke faze III, str.49

**Slika 29.** Ocjena dionica stajanke faze III preko PCI broja, str. 53

**Slika 30.** Ocjena dionica stajanke faze I+II preko PCI broja, str.54

**Slika 31.** Ocjena stanja kolničke površine (PCI) u odnosu na broj ispitnih uzoraka za ogranak 9 glavne stajanke, str.55

**Slika 32.** Ocjena stanja kolničke površine (PCI) u odnosu na broj ispitnih uzoraka za ogranak 10 glavne stajanke, str.55

**Slika 33.** Ocjena stanja kolničke površine (PCI) u odnosu na broj ispitnih dionica glavne stajanke, str.57

**Slika 34.** Ocjena stanja kolničke površine (PCI) u odnosu na broj ispitnih uzoraka glavne stajanke, str.56

## POPIS TABLICA

**Tablica 1.** Kolničke konstrukcije glavne stajanke, str.42

**Tablica 2.** Kriterij odabira broja ispitnih uzoraka za inspekciju, str.46

**Tablica 3.** Detaljni podaci o ograncima, dionicama i ispitnim uzorcima glavne stajanke, str.47

**Tablica 4.** Prosječna ocjena stanja kolnika stajanke Zračne luke Zagreb (PCI) po ograncima (branches) i dionicama (sections), str.52

## POPIS KRATICA

**FAA** (Federal Aviation administratin)- Federalna uprava za zrakoplovstvo

**PCI** (Pavement Condition Index)- indeks stanja kolnika

**PMP** (Airport Pavement Management Program)- program za upravljanje kolnicima aerodroma

**ASTM**(Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys)- standardna testna metoda određivanja PCI broja za aerodrome

**M&R**(Maintenance and Rehabilitation)- održavanje i rekonstrukcija

**MZLZ**- Međunarodna zračna luka Zagreb



## PRILOZI

### PRILOG A: Rezultati vizualnog pregleda - PCI broj

PCI broj	Datum	Broj ispitnog uzorka	Veličina ispitnog uzorka	Jedinica ispitnog uzorka	Nema oštećenja
Ogranak 9_Dionica 1					
49.60	10-17-2023	1	22.00	Ploče	Netočno
72.25	10-17-2023	4	22.00	Ploče	Netočno
Ogranak 9_Dionica 2					
67.07	10-17-2023	2	20.00	Ploče	Netočno
Ogranak 9_Dionica 3					
71.38	10-17-2023	1	20.00	Ploče	Netočno
50.52	10-17-2023	11	20.00	Ploče	Netočno
78.36	10-17-2023	21	20.00	Ploče	Netočno
75.06	10-17-2023	31	20.00	Ploče	Netočno
76.99	10-17-2023	41	20.00	Ploče	Netočno
Ogranak 9_Dionica 4					
59.39	10-17-2023	3	16.00	Ploče	Netočno
59.22	10-17-2023	7	18.00	Ploče	Netočno
Ogranak 9_Dionica 5					
81.31	10-17-2023	1	15.00	Ploče	Netočno
Ogranak 10_Dionica 1					
62.15	10-17-2023	11	20.00	Ploče	Netočno
51.49	10-17-2023	3	20.00	Ploče	Netočno
57.14	10-17-2023	7	20.00	Ploče	Netočno
Ogranak 10_Dionica 2					
53.43	10-17-2023	10	21.00	Ploče	Netočno
81.14	10-17-2023	3	12.00	Ploče	Netočno
70.69	10-17-2023	5	23.00	Ploče	Netočno
Ogranak 10_Dionica 3					
63.83	10-17-2023	16	20.00	Ploče	Netočno
59.12	10-17-2023	37	25.00	Ploče	Netočno
82.15	10-17-2023	38	14.00	Ploče	Netočno
62.27	10-17-2023	9	20.00	Ploče	Netočno

## PRILOG B: Rezultati vizualnog pregleda - vrste oštećenja

Ogranak 9_dionica 1					
Broj ispitnog uzorka	Oštećenje	Vrsta oštećenja	Razina	Količina	Jedinica ispitnog uzorka
1	63.	LTD pukotine	L	4.00	Ploče
1	63.	LTD pukotine	M	4.00	Ploče
1	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	22.00	Ploče
1	66.	Mala zakrpa	L	4.00	Ploče
1	68.	Odvajanje zrna agregata	H	8.00	Ploče
1	70.	Ljuštenje	L	1.00	Ploče
1	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	3.00	Ploče
4	66.	Mala zakrpa	L	4.00	Ploče
4	68.	Odvajanje zrna agregata	H	11.00	Ploče
4	70.	Ljuštenje	L	1.00	Ploče
4	73.	Pukotine uslijed skupljanja	H	1.00	Ploče
4	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	2.00	Ploče
Ogranak 9_dionica 2					
Broj ispitnog uzorka	Oštećenje	Vrsta oštećenja	Razina	Količina	Jedinica ispitnog uzorka
2	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
2	66.	Mala zakrpa	L	7.00	Ploče
2	68.	Odvajanje zrna agregata	H	3.00	Ploče
2	70.	Ljuštenje	M	3.00	Ploče
2	70.	Ljuštenje	L	9.00	Ploče
2	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	3.00	Ploče
Ogranak 9_dionica 3					
Broj ispitnog uzorka	Oštećenje	Vrsta oštećenja	Razina	Količina	Jedinica ispitnog uzorka
1	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
1	66.	Mala zakrpa	L	6.00	Ploče
1	68.	Odvajanje zrna agregata	H	7.00	Ploče
1	70.	Ljuštenje	L	4.00	Ploče
1	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	2.00	Ploče
11	63.	LTD pukotine	M	5.00	Ploče
11	63.	LTD pukotine	L	1.00	Ploče
11	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
11	66.	Mala zakrpa	L	2.00	Ploče
11	70.	Ljuštenje	L	8.00	Ploče
11	71.	Slijeganje	L	2.00	Ploče
11	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	2.00	Ploče
21	63.	LTD pukotine	L	1.00	Ploče
21	66.	Mala zakrpa	L	5.00	Ploče
21	68.	Odvajanje zrna agregata	H	2.00	Ploče
21	70.	Ljuštenje	L	7.00	Ploče
21	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	2.00	Ploče

31	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
31	66.	Mala zakrpa	L	5.00	Ploče
31	68.	Odvajanje zrna agregata	H	6.00	Ploče
31	70.	Ljuštenje	L	4.00	Ploče
31	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	1.00	Ploče
41	66.	Mala zakrpa	L	1.00	Ploče
41	68.	Odvajanje zrna agregata	H	8.00	Ploče
41	70.	Ljuštenje	L	4.00	Ploče
41	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	1.00	Ploče
Ogranak 9_dionica 4					
Broj ispitnog uzorka	Oštećenje	Vrsta oštećenja	Razina	Količina	Jedinica ispitnog uzorka
3	63.	LTD pukotine	M	2.00	Ploče
3	63.	LTD pukotine	L	2.00	Ploče
3	66.	Mala zakrpa	L	3.00	Ploče
3	68.	Odvajanje zrna agregata	H	2.00	Ploče
3	70.	Ljuštenje	L	3.00	Ploče
3	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	2.00	Ploče
7	63.	LTD pukotine	L	3.00	Ploče
7	66.	Mala zakrpa	L	4.00	Ploče
7	67.	Velika zakrpa	L	1.00	Ploče
7	68.	Odvajanje zrna agregata	H	12.00	Ploče
7	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	3.00	Ploče
7	75.	Lom u kutu	L	1.00	Ploče
Ogranak 9_dionica 5					
Broj ispitnog uzorka	Oštećenje	Vrsta oštećenja	Razina	Količina	Jedinica ispitnog uzorka
1	66.	Mala zakrpa	L	5.00	Ploče
1	68.	Odvajanje zrna agregata	H	2.00	Ploče
1	70.	Ljuštenje	L	4.00	Ploče
1	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	1.00	Ploče
Ogranak 10_dionica 1					
Broj ispitnog uzorka	Oštećenje	Vrsta oštećenja	Razina	Količina	Jedinica ispitnog uzorka
11	63.	LTD pukotine	L	3.00	Ploče
11	63.	LTD pukotine	M	1.00	Ploče
11	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
11	66.	Mala zakrpa	L	9.00	Ploče
11	70.	Ljuštenje	L	14.00	Ploče
11	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	3.00	Ploče
11	75.	Lom u kutu	L	3.00	Ploče
3	63.	LTD pukotine	L	2.00	Ploče
3	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
3	66.	Mala zakrpa	L	2.00	Ploče
3	67.	Velika zakrpa	L	1.00	Ploče
3	68.	Odvajanje zrna agregata	H	2.00	Ploče
3	70.	Ljuštenje	M	2.00	Ploče

3	70.	Ljuštenje	L	13.00	Ploče
3	71.	Slijeganje	M	2.00	Ploče
3	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	4.00	Ploče
3	75.	Lom u kutu	L	2.00	Ploče
7	63.	LTD pukotine	L	1.00	Ploče
7	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
7	66.	Mala zakrpa	L	6.00	Ploče
7	68.	Odvajanje zrna agregata	H	5.00	Ploče
7	70.	Ljuštenje	M	1.00	Ploče
7	70.	Ljuštenje	L	13.00	Ploče
7	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	4.00	Ploče
7	75.	Lom u kutu	L	2.00	Ploče
Ogranak 10_dionica 2					
Broj ispitnog uzorka	Oštećenje	Vrsta oštećenja	Razina	Količina	Jedinica ispitnog uzorka
10	63.	LTD pukotine	M	1.00	Ploče
10	64.	"D"pukotina	L	2.00	Ploče
10	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	21.00	Ploče
10	66.	Mala zakrpa	L	10.00	Ploče
10	67.	Velika zakrpa	L	2.00	Ploče
10	68.	Odvajanje zrna agregata	H	10.00	Ploče
10	70.	Ljuštenje	L	11.00	Ploče
10	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	1.00	Ploče
3	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	12.00	Ploče
3	66.	Mala zakrpa	L	4.00	Ploče
3	70.	Ljuštenje	L	12.00	Ploče
3	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	2.00	Ploče
5	64.	"D"pukotina	L	1.00	Ploče
5	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	23.00	Ploče
5	66.	Mala zakrpa	L	15.00	Ploče
5	68.	Odvajanje zrna agregata	H	4.00	Ploče
5	70.	Ljuštenje	M	1.00	Ploče
5	70.	Ljuštenje	L	15.00	Ploče
Ogranak 10_dionica 3					
Broj ispitnog uzorka	Oštećenje	Vrsta oštećenja	Razina	Količina	Jedinica ispitnog uzorka
16	64.	"D"pukotina	L	1.00	Ploče
16	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
16	66.	Mala zakrpa	L	7.00	Ploče
16	67.	Velika zakrpa	L	6.00	Ploče
16	70.	Ljuštenje	L	9.00	Ploče
16	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	4.00	Ploče
16	75.	Lom u kutu	L	2.00	Ploče
37	63.	LTD pukotine	L	2.00	Ploče
37	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	25.00	Ploče

37	66.	Mala zakrpa	L	4.00	Ploče
37	67.	Velika zakrpa	L	3.00	Ploče
37	68.	Odvajanje zrna agregata	H	6.00	Ploče
37	70.	Ljuštenje	L	13.00	Ploče
37	71.	Slijeganje	L	1.00	Ploče
37	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	2.00	Ploče
37	75.	Lom u kutu	L	2.00	Ploče
38	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	14.00	Ploče
38	66.	Mala zakrpa	L	3.00	Ploče
38	68.	Odvajanje zrna agregata	H	1.00	Ploče
38	70.	Ljuštenje	L	5.00	Ploče
38	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	2.00	Ploče
9	63.	LTD pukotine	L	1.00	Ploče
9	65.	Oštećenje ispune razdjelnica	L	20.00	Ploče
9	66.	Mala zakrpa	L	10.00	Ploče
9	68.	Odvajanje zrna agregata	H	4.00	Ploče
9	70.	Ljuštenje	L	15.00	Ploče
9	74.	Pukotina uz razdjelnicu	L	4.00	Ploče
9	75.	Lom u kutu	L	2.00	Ploče