

DIMENZIONISANJE KOLOVOZNIH KONSTRUKCIJA

Izazovi i unapređenje aktuelne prakse

Ubrzano propadanje kolovoznih konstrukcija se najčešće povezuje sa ugrađenim materijalima slabog kvaliteta ili sa loše izvedenim radovima. Međutim, mehanizmi nastanka oštećenja su vrlo kompleksni i uglavnom su posledica nepovoljnih kombinacija saobraćajnog opterećenja, klimatskih uslova, neadekvatnog izbora asfaltnih mešavina, slabe kontrole kvaliteta tokom izvođenja radova itd. Kako bi nove ili rehabilitovane kolovozne konstrukcije imale zahtevani kvalitet tokom projektnog perioda, neophodno je da se prilikom projektovanja i izvođenja radova u potpunosti poštuje odgovarajuća regulativa. U Srbiji se i dalje koriste postupci za projektovanje kolovoznih konstrukcija i tehnički uslovi stari više od 30 godina, iako postoji novija regulativa (npr. Smernice JP „Putevi Srbije“ iz 2018. godine) koju treba unaprediti, a zatim i redovno ažurirati. Naime, bilo bi poželjno razviti smernice koje su prilagođene saobraćajnom opterećenju, klimatskim i geološkim uslovima Republike Srbije, ali istovremeno i usklađene sa evropskim normama.

Projektovanje kolovoznih konstrukcija dugo je bilo zasnovano na empirijskim metodama, tj. na podacima nastalim posmatranjem ponašanja konstrukcije tokom eksploatacije. Razvojem računarske tehnike i opreme za ispitivanje, sve više je u primeni analitički postupak proračuna kolovoznih konstrukcija. Za razliku od empirijskog pristupa, gde se u zavisnosti od uticajnih parametara određuje debljina i vrsta slojeva kolovozne konstrukcije, analitički postupak je iterativni proces u kojem se do debljina dolazi posredno, analizom napona i deformacija koji se pojavljuju u konstrukciji. Projektant na osnovu prognoziranog saobraćajnog opterećenja, klimatskih uslova, nosivosti tla i stanja postojeće konstrukcije (u slučaju rehabilitacije), najpre pretpostavi strukturu kolovozne konstrukcije, a zatim proverava njenu otpornost na zamor i trajnu deformaciju. Ukoliko pretpostavljena struktura ne ispunji zahtevane kriterijume, vrši se njena korekcija i ponovna provera kritičnih napona i deformacija sve do zadovoljenja svih uslova.

Postupak projektovanja se može podeliti u četiri osnovne faze:

- Prikupljanje ulaznih podataka (poda-

ci o saobraćajnom opterećenju, klimatski uticaji, istražni radovi u cilju utvrđivanja strukture, nosivosti i drenažnih osobina tla, ocena strukturalnog i funkcionalnog stanja postojeće konstrukcije (kod rekonstrukcije/rehabilitacije), raspoloživost građevinskih materijala i opreme za primenu specifičnih tehnoloških postupaka izvođenja radova i dr.);

- Analiza prikupljenih podataka i izrada varijantnih rešenja;
- Izbor optimalnog tehničkog rešenja;
- Izrada projekta kolovozne konstrukcije.

Procedura dimenzionisanja polukrutih ili krutih kolovoznih konstrukcija je slična kao i kod fleksibilnih, s tim što se takve konstrukcije obično projektuju za saobraćajnice sa vrlo teškim saobraćajnim opterećenjem ili za površine specijalne namene (npr. na objektima za naplata putarine, na terminalima za multimodalni saobraćaj i dr.). S obzirom na to da su u Republici Srbiji i okruženju najzastupljenije fleksibilne kolovozne konstrukcije, u okviru ovog rada je prikazan osvrt na dosadašnju praksu, kao i preporuke za unapređenje postojećih smernica za dimenzionisanje.

Metodologije projektovanja kolovoznih konstrukcija

Za projektovanje fleksibilnih kolovoznih konstrukcija, u Srbiji se koriste empirijski (SRPS U.C4.012:1981 i SRPS U.C4.015:1994) i analitički postupci. Dimenzionisanje primenom prvopomenutog standarda prema kriterijumu nosivosti se vrši na osnovu projektnog perioda, planiranog nivoa usluge, saobraćajnog opterećenja, klimatsko-hidroloških uslova, nosivosti materijala u posteljici i kvaliteta primenjenih materijala u kolovoznoj konstrukciji.

Standard SRPS U.C4.015 je izrađen u skladu sa AASHTO priručnikom za dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija iz 1986. godine (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures). U odnosu na standard SRPS U.C4.012 razlikuje se u tome što se umesto indeksa nosivosti tla koristi vrednost povratnog modula tla (MR), koeficijenti zamene materijala su u funkciji modula sloja, a preko nivoa pouzdanosti je uveden faktor sigurnosti kojim se kontrolišu uticaji varijacije pojedinih parametara.

Za dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija primenom analitičkog postupka u Srbiji ne postoji obavezujuća procedura, već projektanti po sopstvenom nađenju i iskustvu primenjuju opšteprihvaćene postupke. Dimenzionisanje se sprovodi tako što se za pretpostavljenu strukturu kolovozne konstrukcije, primenom mehaničkog modela višeslojnog elastičnog sistema ili metode konačnih elemenata, vrši proračun stanja napona i deformacija u konstrukciji. Na osnovu izračunatih vrednosti dilatacije zatezanja na dnu bitumenom vezanih slojeva ili napona zatezanja

u cementom vezanim slojevima i dilatacije pritiska na površini posteljice, proverava se da li je kolovozna konstrukcija pravilno dimenzionisana, pa ukoliko nije, vrši se korekcija i ponovni proračun do zadovoljenja uslova.

Od početka primene standarda za empirijske postupke dimenzionisanja (SRPS U.C4.012 pre 41 godine i SRPS U.C4.015 pre 28 godina) došlo je do značajnog napredovanja u metodologiji projektovanja, kao i u kvalitetu materijala koji se koriste u izgradnji (npr. modifikacija veziva različitim aditivima). Tako je AASHTO priručnik za projektovanje, koji je bio osnov za izradu standarda SRPS U.C4.015, inoviran u više iteracija, pa je prvo u izdanju od 2008., a kasnije i 2015., napuštena koncepcija empirijskog postupka i uveden je mehanicističko-empirijski postupak (Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide - MEPDG) dimenzionisanja. Ovaj postupak predstavlja kombinaciju analitičkog postupka po kojem se vrši proračun napona, dilatacija i ugiba i empirijskog postupka za ocenu kumulativne oštećenosti konstrukcije. Pokazalo se da postoje značajne razlike u analizi konstrukcija po ranijim i inoviranim AASHTO postupcima dimenzionisanja, a posebno u domenu definisanja stanja kolovoza i značajno manjoj ukupnoj debljini konstrukcije izračunatoj po MEPDG postupku. Ovo je posledica toga što se pri čisto empirijskim metodama, sa vrlo ograničenim uticajnim podacima, primenjuju veći koeficijenti sigurnosti.

Primena analitičko-empirijskog

postupka omogućava precizniju procenu ponašanja konstrukcije (uglavnom zasnovanu na laboratorijskim ispitivanjima - novim i ažuriranim bazama podataka, kao i hidrološkim i meteorološkim podacima od interesa), pa samim tim i potencijalnu uštedu u materijalu i troškovima izgradnje. Usled niza specifičnosti koje se u značajnoj meri oledaju u inoviranim bazama podataka za specifične kombinacije materijala (kompozitni materijali, modifikovana veziva, novi tipovi mešavina, unapređena karakterizacija nevezanih podloga), opsežnim hidrološkim i meteorološkim podacima, poznavanju saobraćajnog opterećenja itd., direktna primena MEPDG postupka nije moguća, već je potrebno uraditi niz modifikacija.

Kod primene analitičke metode dimenzionisanja osnovni problem je što ne postoji propisana procedura za izračunavanje modula krutosti asfaltnih mešavina, kao ni definisani kriterijumi zamora u odnosu na dopuštenu horizontalnu dilataciju na dnu bitumenom vezanih slojeva i vertikalnu dilataciju na površini posteljice u odnosu na projektovano saobraćajno opterećenje. Kako je ranije napomenuto, projektanti ma je na raspolaganju niz metodologija i mehanizama pomoću kojih mogu da vrše proračune, ocene stanje trenutne

nosivosti i nosivosti u odnosu na projektno saobraćajno opterećenje, pa se u praksi često koriste kriterijumi preuzeti iz drugih zemalja, što za posledicu može imati upotrebu projektnih uslova neprimerenih uslovima eksploatacije u Srbiji. Usled toga je neophodno objediniti pristupe i metodologije dimenzionisanja primenom analitičkih metoda. U tu svrhu mogu poslužiti iskustva evropskih zemalja koje su već izradile slične standarde, npr. Austrije (Mechanistic Asphalt Pavement Design RVS 03.08.68:2018).

Uslov za izradu novih postupaka dimenzionisanja kolovoznih konstrukcija treba da bude prethodna izrada studije u kojoj bi se izvršila analiza primenljivosti savremenih postupaka za analitičko-empirijsko i analitičko dimenzionisanje konstrukcija. Sadržaj studije treba da obuhvati prikaz i predlog primenljivih postupaka dimenzionisanja i uslova za primenu u Srbiji, uključujući višekriterijumsko vrednovanje analiziranih postupaka.

Analiza saobraćajnog opterećenja

Jedan od ulaznih parametara koji treba pažljivo analizirati prilikom dimenzionisanja kolovoznih konstrukcija predstavlja saobraćajno opterećenje. Iako je u okviru Smernica JP „Putevi Srbije“ iz 2012. godine prikazana metodologija za određivanje saobraćajnog opterećenja preko uticaja standardne osovine od 100 kN u skladu sa evropskom regulativom, u Srbiji se i dalje često primenjuje standard iz 1981. godine (SRPS U.C4.010). U okviru pomenutog standarda nisu razmatrane osovine sa super-single pneumaticima, kao ni vozila sa trostrukim osovinama, dok se pod standardnom osovinom podrazumeva jednostruka osovina s opterećenjem od 82 kN. Putevi u Srbiji su sve više izloženi uticajima teških teretnih vozila koja su opremljena upravo



Izvor: en.neurosoft.pl

Slika 1. Način rada WiM metodologije

super-single pneumaticima montiranim na tri osovine vučene prikolice, što ne odgovara rezultatima analize saobraćajnog opterećenja prema pomenutoj metodologiji za proračun saobraćajnog opterećenja. Ovakva vrsta opterećenja, u kombinaciji sa većim pritiskom u pneumaticima i prekomernim teretom, rezultuje ubrzanim propadanjem kolovozne konstrukcije.

Kako bi se obezbedili merodavni ulazni podaci za potrebe dimenzionisanja, u okviru analize saobraćajnog opterećenja neophodno je koristiti što realnije podatke. Jedan od najpouzdanijih načina za određivanje saobraćajnog opterećenja na putnoj mreži, u vidu broja vozila i njihovog opterećenja, jeste merenje tereta u pokretu (*Weigh-in-Motion* - WiM, slika 1). Preko WiM-a je moguće doći do tačnih podataka o merodavnom saobraćajnom opterećenju, a posledično se mogu uvesti korekcionni faktori kod određivanja merodavnog opterećenja dobijenog standardnim analitičkim metodama.

Prilikom razvijanja inoviranih smernica za dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija, pored uvođenja WiM-a, potrebno je:

- Definisati standardnu metodologiju za prikupljanje i obradu podataka o saobraćajnom opterećenju (brojanje saobraćaja, klasifikaciju vozila i godišnji rast);
- Koristiti merodavno saobraćajno opterećenje izraženo preko osovine od 100 kN;
- Razviti postupak proračuna korekcionnih faktora za merodavno saobraćajno opterećenje nakon prikupljanja podataka primenom WiM-a;
- Definisati 5-7 klasa izgradnje kolovo-

znih konstrukcija (saobraćajne kategorije) preko izračunatog uticajnog efekta za dimenzionisanje kolovozne konstrukcije (broj ekvivalentnih osovine od 100 kN u toku projektnog perioda na najopterećenijoj saobraćajnoj traci, uzimajući u obzir širinu trake, podužni i poprečni nagib kolovoza);

- Izraditi listu saobraćajnica razvrstanih prema kategorijama sa dodeljenim rasponom klase gradnje za potrebe izrade planskih procedura.

Klimatske zone

Prilikom dimenzionisanja kolovoznih konstrukcija u predelima sa niskim temperaturama, obavezno je analiza potencijalnog uticaja mraza na kolovoznu konstrukciju. Teritorija Srbije je umereno-kontinentalnog karaktera i prema raspoloživim klimatskim kartama se može svrstati pretežno u jednu klimatsku zonu prema broju dana sa temperaturama ispod tačke zamrzavanja (60-90). Druga zona sa većim brojem takvih dana (90-120) se prostire na uzanom pojasu uz istočnu granicu sa Rumunijom i Bugarskom i jugoistočno, u zoni Kosova i granice sa Crnom Gorom. Treća zona sa najvećim brojem dana sa temperaturama ispod tačke zamrzavanja (120-200) se nalazi na maloj teritoriji Sandžaka. S obzirom na prisustvo različitih klimatskih zona, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu je 1992. godine objavio studiju o maksimalnim dubinama smrzavanja pomoću sondi na svega nekoliko mernih mesta u Srbiji i ti podaci se i dalje koriste prilikom projektovanja kolovoznih konstrukcija.

Kako se klimatski uticaji menjaju svake godine, za potrebe izrade inoviranih smernica neophodno je prikupiti i obraditi podatke od Hidrometeorološkog zavoda i sprovesti dodatna istraživanja sa preciznim merenjem dubine zamrzavanja tla u svrhu tačnog definisanja klimatskih područja. Ovo je potrebno sprovesti u cilju određivanja potrebne debljine donjeg nosećeg sloja od nevezanog kamenog materijala kada se u posteljici nalazi materijal osetljiv na štetno dejstvo mraza. U tu svrhu treba uključiti i podatke prikupljene sa RWIS (*Road Weather Information System*) sistema lociranih širom Srbije.

Prilikom određivanja debljine i vrste materijala za zaštitu od mraza, potrebno je, prema osetljivosti na uticaj mraza, ustanoviti kategorije tla (nisko, srednje i visoko osetljivo) na nivou putne podloge - posteljice, kombinacijom tri komplementarna podatka:

1. Klimatske zone i odgovarajuće dubine zamrzavanja (npr. 0.8 m, 1.0 m, 1.2 m i više od 1.2 m).
2. Nivo podzemne vode u odnosu na podlogu-posteljicu i uticaj na podlogu.
3. Vrste tla na nivou podloge u odnosu na vodopropusnost i osetljivost na uticaj od zamrzavanja (bubrenje).

Agregati za izradu kolovoznih konstrukcija

Za izgradnju puteva se pretežno koriste kameni agregati krečnjačkog (karbonatnog) i eruptivnog porekla. Krečnjački kameni materijali se koriste za izradu nevezanih nosećih slojeva, kao i za izradu bitumenom ili cementom vezanih slojeva, prevashodno nosećih, a mogu se koristiti i za izradu habajućih slojeva kod puteva sa srednjim i lakšim saobraćajnim opterećenjem. Eruptivni kameni materijali se koriste isključivo za izradu habajućih slojeva kod saobraćajnica sa srednjim, teškim i vrlo teškim saobraćajnim opterećenjem, kao i u habajućim slojevima prilikom redovnog ili pojačanog održavanja, bez obzira na kategoriju puta (Smernice JP „Putevi Srbije“ iz 2012. godine).

Nalazišta kamenog materijala su rasprostranjena pretežno na zapadnoj teritoriji uže Srbije. Kvalitet materijala koji je do sada korišćen u izgradnji puteva varira, naročito iz razloga neadekvatno primenljivane kontrole proizvodnje u kamenolomima. Posebno je kritičan kvalitet eruptivnog materijala, što često



Slika 2. Primena RWIS-a na putnoj mreži u Republici Srbiji

dovodi do pojave oštećenja pre isteka projektne dobe. Takođe su izraženi i problemi sa superponiranjem nestandardnog kvaliteta kamenog agregata i bitumenskog veziva, kao i sa ograničenim izvorima nalazišta, posebno eruptivnog kamena. Ograničeni kapaciteti proizvodnje i neadekvatna kontrola kvaliteta takođe mogu dovesti do visokog rizika u dostizanju zahtevanih kriterijuma kvaliteta propisanih u „Pravilniku o tehničkim zahtevima za frakcionisani agregat za beton i asfalt“, SG RS broj 78 iz 2020. godine.

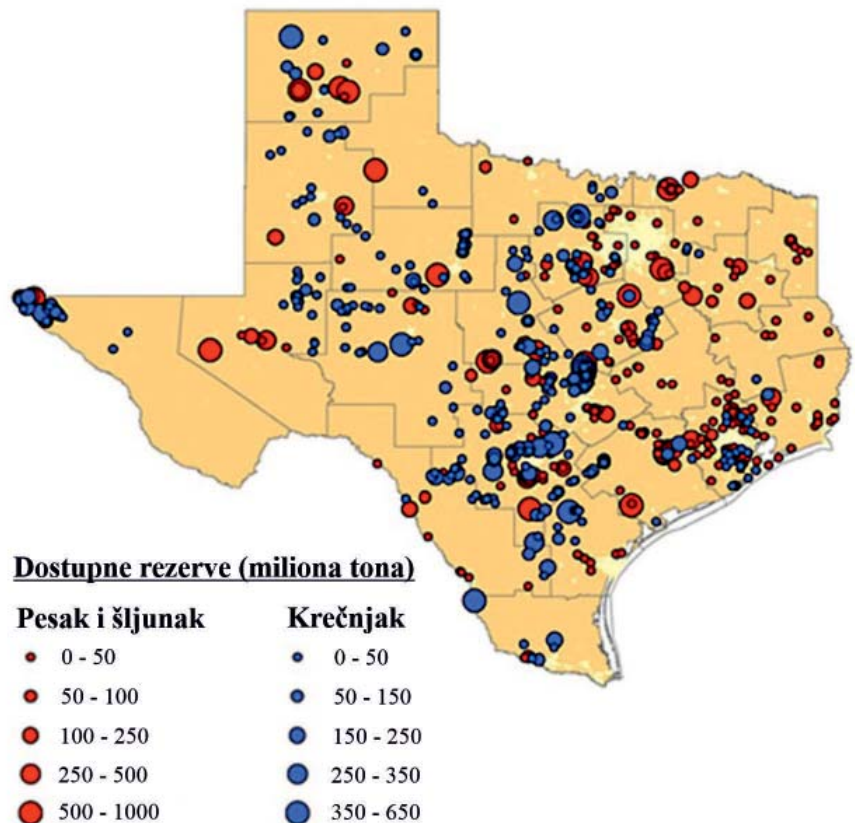
U cilju racionalnog principa dimenzionisanja kolovoznih konstrukcija i izboru mešavina koje su prilagođene nameni, projektanti moraju da razrade projektne rešenja i samim tim, u okviru izrade tehničkih specifikacija, da uzmu u obzir lokalno dostupne materijale. Upravljač puta, kao nosilac posla, treba da razmišlja dugoročno i u odnosu na mesta na kojima je potrebno unapređenje, da definiše tzv. mape dostupnih materijala i nalazišta materijala sa karakteristikama od interesa. S obzirom na to da su količine ovih materijala

ograničene i neravnomerno raspoređene širom države, potrebno je sagledati i mogućnost upotrebe alternativnih (npr. strugani asfalt, drobljeni beton, bakarna i čelična šljaka, elektrofilterski pepeo, guma itd.) umesto kamenih materijala, a zatim identifikovati njihove lokacije, količine i karakteristike. Jedan od načina na koji je moguće sagledati opravdanost rešenja i moguća buduća ulaganja je i pravljenje mapa u okviru prostornih baza podataka GIS (*Geographic Information System*), kao što je ilustrovano na slici 3. Primenom pozdanih prostornih mapa, projektanti bi mogli da pristupe analizama, a upravljači puteva upravljanju finansijskim planiranjem infrastrukturnih projekata na nivou cele putne mreže. Kriterijumi koje treba ustanoviti, a koji su presudni za odluku o upotrebi materijala su sledeći:

1. Vrsta kamena/alternativnih materijala.
2. Raspoloživi kapaciteti proizvodnje kamenoloma/količine dostupnih alternativnih materijala.
3. Lokacija (dužina transporta).
4. Sertifikat o kvalitetu (atest).
5. Nivo usklađenosti sa propisanim zahtevima.
6. Kritični parametri kvaliteta (upijanje, otpornost na drobljenje, prionljivost...), nivo rizika kod upotrebe, mogućnost korekcije (aditivi, ograničenja...) itd.
7. Istorijski podaci o primeni materijala, rezultati kontrole kvaliteta, kontrola u toku eksploatacije. Takođe, važno je naglasiti da razvijeni sistemi moraju biti predmet stalnog usklađivanja, kontrole i ažuriranja i široko dostupni.

Istražni radovi

Osnovni preduslov za izradu održivog projekta kolovozne konstrukcije je obezbeđenje realnih i sveobuhvatnih podataka o nosivosti tla kao podloge nove kolovozne konstrukcije, tj. o stanju postojeće kolovozne konstrukcije u slučaju rekonstrukcije/rehabilitacije. Na osnovu dosadašnje prakse u Srbiji, inicijalni program i obim istražnih radova se obično propisuje u projektnom zadatku ili je projektantu prepušteno da, u zavisnosti od procene stanja, sam predloži istražne radove. Visoki troškovi istražnih radova su često ograničavajući faktor prilikom donošenja odluke o obimu radova, pa projektanti često raspolazu ograničenim količinama po-



Slika 3. Lokacije nalazišta i dostupne količine kamenih materijala u Teksasu (SAD)

dataka, koji se ponekad čak zasnivaju na pretpostavkama umesto na činjenicama, što može dovesti do neplaniranih povećanja troškova realizacije projekta.

S obzirom na uticaj istražnih radova na projektno rešenje i troškove izgradnje, potrebno je izraditi uputstvo za izradu programa istražnih radova i utvrđivanje nosivosti podloge za projekte novih kolovoznih konstrukcija u slučaju rekonstrukcija i rehabilitacija.

Uputstvom treba obuhvatiti sve korake u procesu realizacije istražnih radova: od uputstva za izradu programa, postupka verifikacije i usvajanja programa, izvođenja terenskih i laboratorijskih ispitivanja, pa sve do sastavljanja izveštaja. Shodno tome treba dati generalne preporuke u vezi vrste i obima istražnih radova u zavisnosti od klase puta, saobraćajnog opterećenja, uslova na trasi i nivoa projektne dokumentacije. Uputstvo treba da sadrži listu primenljivih terenskih i laboratorijskih opita sa referencom na odgovarajući standard ili detaljnim opisom i uslovima za njegovo izvođenje. Pored standardnih opita u cilju klasifikacije tla, posebnu pažnju treba obratiti na opite utvrđivanja nosivosti tla preko povratnog ili dinamičkog modula tla.

Za ocenu stanja nosivosti postojećih kolovoza, potrebno je propisati detalj-

nu metodologiju postupka utvrđivanja funkcionalnog i strukturnog stanja. Od velike pomoći pri oceni stanja i definisanju programa istražnih radova je ažurna baza podataka o stanju konstrukcije po izgradnji i tokom eksploatacije, pa redovnom ažuriranju i održavanju ovih baza treba posvetiti pažnju tokom eksploatacije. Prikupljanje i analiziranje podataka na nivou mreže, trebalo bi da bude prvi korak u definisanju strategije održivog dimenzionisanja i metodologije donošenja odluka. Pri izradi metodologije prioritet treba dati savremenim nedestruktivnim metodama za kontinualno prikupljanje podataka o stanju kolovoza: snimanje i automatska obrada oštećenja zastora, merenje ugiba u pokretu, merenje i obrada podataka o ravnosti, makro strukturi i koeficijentu trenja zastora, skeniranje konstrukcije i podloge georadarom itd. U okviru istražnih radova za potrebe rehabilitacije/rekonstrukcije potrebno je utvrditi stanje i svih ostalih elemenata putne infrastrukture (drenažni sistem, bankine, zaštitne ograde, ivičnjaci itd.).

Program uzorkovanja i laboratorijskog ispitivanja treba da se zasniva na analizi svih relevantnih podataka prikupljenih nedestruktivnim ispitivanjem kolovozne konstrukcije. Podaci

i rezultati dobijeni uzorkovanjem i laboratorijskim ispitivanjem, pored ocene stanja materijala ili sloja na koji se odnose, treba da posluže za kalibraciju i proveru rezultata iz računске analize modela konstrukcije dobijenih primenom nedestruktivnih metoda. Pored standardnih laboratorijskih opita treba uključiti i savremene metode ispitivanja bazirane na realnim uslovima ponašanja u fazi eksploatacije materijala i mešavina u kolovoznoj konstrukciji (na primer set standarda za ispitivanje asfaltnih mešavina: SRPS EN 12697-1 do SRPS EN 12697-56).

Tehnički uslovi

Na osnovu dosadašnje prakse može se zaključiti da se u Srbiji pretežno primenjuju fleksibilne kolovozne konstrukcije čija tehnologija izvođenja radova je propisana kroz tehničke specifikacije, koje se oslanjaju na sledeće dokumente:

1. Opšti tehnički uslovi za izvođenje radova, JP „Putevi Srbije“ 2003/2008.
2. SRCS Tehnički uslovi za građenje puteva, JP „Putevi Srbije“, Beograd 2012.
3. SRCS Tehnički uslovi za građenje puteva, JP „Putevi Srbije“, Beograd 2018.
4. Tehničke specifikacije - PKK RRSP - Izdanje 01, Beograd 2017.

Ovi dokumenti u dovoljnoj meri propisuju kriterijume kvaliteta, u obimu u kojem je to bilo moguće u trenutku formiranja dokumenata, ali treba i napomenuti da još uvek nisu u potpunosti napušteni tehnički uslovi stari više od 30 godina (npr. SRPS U.E9.021:1986 - za izradu gornjih nosećih slojeva od bitumeniziranog materijala po vrućem postupku, SRPS U.E4.014:1990 - za izradu habajućih slojeva od asfaltnih betona po vrućem postupku i dr.). Prvi dokument se poziva na izdanja standarda i klasifikuje materijale prema nacionalnim SRPS standardima (nekadašnji JUS). Druga dva dokumenta su u znatnoj meri prilagođena zahtevima novih nacionalnih SRPS EN standarda i ažurirani su da obuhvate sve faze kontrole kvaliteta. PKK RRSP plan poseduje sistematizovan pristup za neposredno izvođenje, npr. za izradu prethodnog i radnog sastava asfaltna mešavine. Kod bilo kojeg od ovih dokumenata očigledno mesto unapređenja predstavlja tzv. fino podešavanje kriterijuma kvaliteta u odnosu na iskustva koja su do sada poznata.

Dosadašnja primena ove tehničke regulative ukazuje na potrebu izrade dopuna i korekciju postojećeg dokumenta, posebno sa aspekta usklađenosti sa SRPS - EN standardima i dopunu u domenu primene novih tehničko-tehnoloških rešenja, primene alternativnih i novih građevinskih materijala

i usklađivanje sa karakteristikama lokalnih materijala.

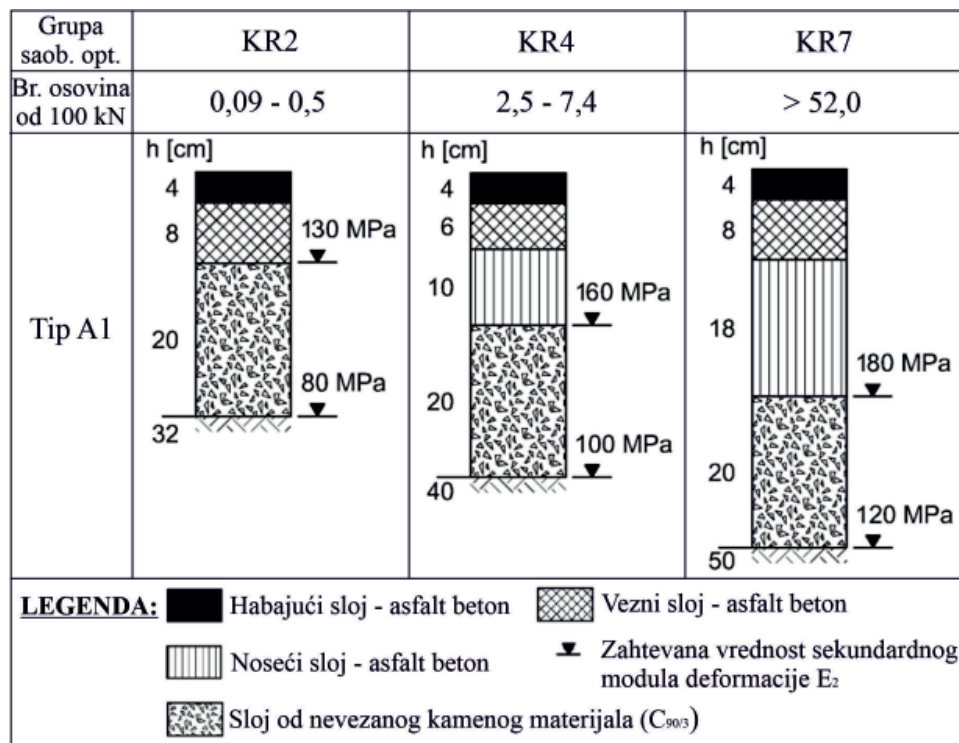
Kod rehabilitacija postojećih saobraćajnica se primenjuju postupci recikliranja postojećeg kolovoza na licu mesta iz razloga racionalizacije. Ove tehnologije zahtevaju upotrebu specijalizovane opreme i visok stepen tekuće kontrole kvaliteta. Dosadašnja iskustva u primeni postupaka recikliranja na licu mesta pokazuju pozitivan trend, pa se nameće zaključak da ovu oblast treba obraditi u okviru posebnih smernica (za dimenzionisanje kolovoznih konstrukcija) i izraditi dopunu prateće tehničke regulative.

Primeri iz evropskih država

Proces projektovanja kolovozne konstrukcije je kompleksan postupak sa aspekta vremenskog trajanja i troškova. U cilju pojednostavljenja ovog postupka, moguće je primeniti tipsko projektovanje. Primena ovog postupka projektovanja i dalje zahteva aktivnosti na prikupljanju ulaznih podataka, ali značajno skraćuje vreme i troškove u ostalim fazama projektovanja, jer nudi već definisana rešenja konstrukcije u zavisnosti od predefinisanih lokalnih uslova.

Prepoznajući pogodnost kataloškog projektovanja, direkcije za puteve pojedinih evropskih država (npr. Poljska (slika 4), Austrija, Nemačka) su izradile procedure za primenu ove metode.

Njihova primena je moguća jedino pod uslovom postojanja procedura i standarda kojima se definišu svi podaci bitni za izgradnju kolovozne konstrukcije. U okviru primera kataloškog projektovanja, primetna je delimična razlika u metodologiji same procedure. Naime, u zemljama gde je kataloško projektovanje (npr. Nemačka i Austrija) u primeni već duže vreme, postoje detaljne procedure za definisanje svih ulaznih podataka, pa se postupak sprovodi preko referenci na te dokumente. Zemlje koje nemaju toliko iskustva i gde je u toku izrada i harmonizacija procedura i standarda (npr. Poljska), koriste proceduru kataloškog projektovanja koja je mnogo opširnija i u kojoj su date detaljne instrukcije za izbor tipske konstrukcije.



Slika 4. Izvod iz poljskog kataloga za projektovanje kolovoznih konstrukcija tipa A1

Uvođenje kataloškog projektovanja kolovoznih konstrukcija u Srbiji ima opravdanje imajući u vidu postojeću praksu i iskustva u zemljama gde je ova procedura u dugogodišnjoj praksi. Pogodnost primene ove metode projektovanja je skraćivanje rokova izrade projekata, smanjenje troškova i smanjenje rizika od primene ekonomski i tehnički neadekvatnih projektnih rešenja. Po uvođenju ove metode projektovanja, ona bi se prvenstveno koristila kod dimenzionisanja novih kolovoznih konstrukcija, da bi se tokom vremena, na osnovu iskustvenih podataka, izvršilo prilagođavanje i dopuna u cilju primene na rehabilitaciji postojećih puteva. Takođe je važno napomenuti da bi za sve nestandardne uslove, ostale u primeni i druge metode dimenzionisanja kolovoznih konstrukcija.

Predlog plana za izradu smernica

Empirijske metode dimenzionisanja kolovoznih konstrukcija zaostaju za savremenom praksom. Za analitičke metode dimenzionisanja ne postoji uputstvo za primenu, niti odgovarajući pravilnik kojim bi se bliže definisao postupak proračuna i kriterijumi za ocenu trajnosti projektovane konstrukcije. Posledica navedenog stanja je da se u praksi javlja velika heterogenost u izboru metoda projektovanja, pa projektna rešenja često nisu optimalna sa tehničkog i/ili ekonomskog aspekta.

U cilju unapređenja postupka projektovanja kolovoznih konstrukcija potrebno je pristupiti inoviranju postojećih i izradi novih postupaka za dimenzionisanje. Na osnovu prakse većine evropskih uprava za puteve, najčešće su u primeni tri postupka projektovanja kolovoznih konstrukcija:

- Analitičko-empirijski postupak (MEPDG);
- Analitički postupak (Mechanistic Asphalt Pavement Design);
- Katalog tipskih kolovoznih konstrukcija (Catalogue - Typical Asphalt Pavement).

Da bi se stekli uslovi za izradu inoviranih i novih postupaka projektovanja, neophodno je implementirati standarde harmonizovane sa EU regulativom i pravilnike kojima se definišu svi elementi za usvajanje ulaznih podataka za



dimenzionisanje kolovozne konstrukcije. Ovo se posebno odnosi na:

- Klasifikaciju i određivanje saobraćajnog opterećenja;
- Određivanje klimatskih zona i dubine prodiranja mraza;
- Klasifikaciju putne podloge prema kapacitetu nosivosti tla uz režim različitog uticaja od prisustva vlage;
- Razvijanje priručnika za ispitivanje i ocenu stanja kolovoznih konstrukcija;
- Uvođenje kataloga oštećenja kolovoznih konstrukcija u skladu sa nekom od postojećih metodologija (npr. Pavement Condition Index - PCI).
- Izradu i redovno ažuriranje baze podataka o nalazištima materijala koji se koriste za izgradnju puteva i njihovih karakteristikama,
- Izradu tehničkih uslova za izradu kolovoznih konstrukcija u skladu sa evropskim normama.

Značajan deo gorenavedenih pratećih dokumenata postoji u različitim stepenu usaglašenosti, kao i na različitim nivoima obrade, pa je potrebno sprovesti niz aktivnosti na dovođenju postojeće tehničke regulative na isti nivo. Nakon toga, povezivanje kompletne dokumentacije u jedan sistem bi omogućilo izradu tipskih rešenja kolovoznih konstrukcija u vidu kataloga. Takva rešenja treba da budu rezultat dimenzionisanja po analitičko-empirijskom ili analitičkom postupku za

kategorisane ulazne podatke i standardizovani kvalitet materijala i mešavina u slojevima kolovozne konstrukcije.

Imajući u vidu izazove sa kojima se susreću projektanti, a istovremeno i investitori, nameće se opšti zaključak da postoji visok stepen opravdanosti za upotrebom smernica za projektovanje kolovoznih konstrukcija u formi kataloga. Na osnovu analize kataloga tipskih konstrukcija država EU, došlo se do zaključka da bi katalog poljske uprave za puteve mogao da posluži kao model za izradu odgovarajućeg kataloga u Srbiji. Postojeća praksa, iskustvo, stručno znanje, nivo opremljenosti i raspoloživi stručni kapaciteti u Srbiji i regionu mogu dati adekvatan odgovor na ovako kompleksan zadatak, ali da bi se to uspešno sprovelo potrebno je:

1. Uključiti širu stručnu javnost i specijalizovane ustanove (posebno institute i univerzitete) u sprovođenje daljih aktivnosti na pripremi smernica.
2. Izraditi smernice i tehničke podatke koji prate smernice.
3. Sprovesti postupak verifikacije i usvajanja nacрта dokumenta.
4. Uvesti razvijene smernice u projektantsku praksu kroz projektne zadatke za sve nivoe projektovanja.
5. Vršiti nadzor nad primenom smernica i vršiti njihovo periodično nadograđivanje i ažuriranje u skladu sa uočenim nedostacima. ■