

VAŽNI TEHNIČKI PARAMETRI POVEZANI SA KVALITETOM SAOBRAĆAJNICE, KROZ PRIZMU PRIMENE ARMATURNIH MREŽA ZA ASFALT, PROIZVEDENIH OD RAZLIČITIH SIROVINA

Ilija Radenović¹

¹HUESKER Synthetic GmbH, radenovic@huesker.com

Marija Bakrač²

²GEOESTETIKA D.O.O., mbakrac@geoestetika.rs

Rezime: Sažetak iskustava primene armaturnih mreža za asfalt, proizvedenih od različitih sirovina. Mogu se izvući jasne smernice neophodnih tehničkih parametara, u vezi sa tehničkim karakteristikama samog proizvoda u zavisnosti od sirovine od koje je proizveden, kao i na osnovu rezultata ispitivanja u nezavisnim laboratorijama povezanim sa institutima i fakultetima.

Kao rezultat ćemo dobiti nedvosmislene smernice primene i postizanja najboljih rezultata u sistemu armaturnih mreža za asfalt, koje povezuju produženje životnog veka kolovozne konstrukcije sa dobijanjem odlične adhezije dva asfaltna sloja koja se nalaze ispod i iznad armaturne mreže za asfalt. Prikazani rezultati se odnose na ugradnju armaturne mreže za asfalt na postojeću / novu izravnavajuću podlogu kao i na postavljanje na fino i grubo struganu podlogu.

Ključne reči: armaturne mreže za asfalt, održavanje puteva, ušteda, smanjenje CO₂

IMPORTANT TECHNICAL PARAMETERS RELATED TO THE QUALITY OF THE ROAD, THROUGH THE PRISM OF THE APPLICATION OF ASPHALT REINFORCEMENT GRIDS FOR ASPHALT, PRODUCED FROM DIFFERENT RAW MATERIALS

Ilija Radenovic¹

¹HUESKER Synthetic GmbH, radenovic@huesker.com

Marija Bakrac²

²GEOESTETIKA D.O.O., mbakrac@geoestetika.rs

Abstract: A summary of experience in the application of Asphalt Reinforcement Grids, produced from different raw materials. Clear guidelines of the necessary technical parameters can be drawn, regarding the technical characteristics of the product itself depending on the raw material from which it was produced, as well as through the test results of independent laboratories connected to institutes and faculties.

As a result, we will receive unequivocal guidelines for the application and achievement of the best results in the system of Asphalt Reinforcement Grids, which connect the extension of the life of the pavement structure, by obtaining excellent adhesion of the two asphalt layers, which are located below and above the Asphalt Reinforcement Grids. The presented results refer to the installation of Asphalt Reinforcement Grids on the existing / new leveling layer as well as to the installation on fine and rough milled surface.

Keywords: Asphalt Reinforcement Grids, road maintenance, savings, reduction of CO₂

¹ Ilija Radenović: radenovic@huesker.com

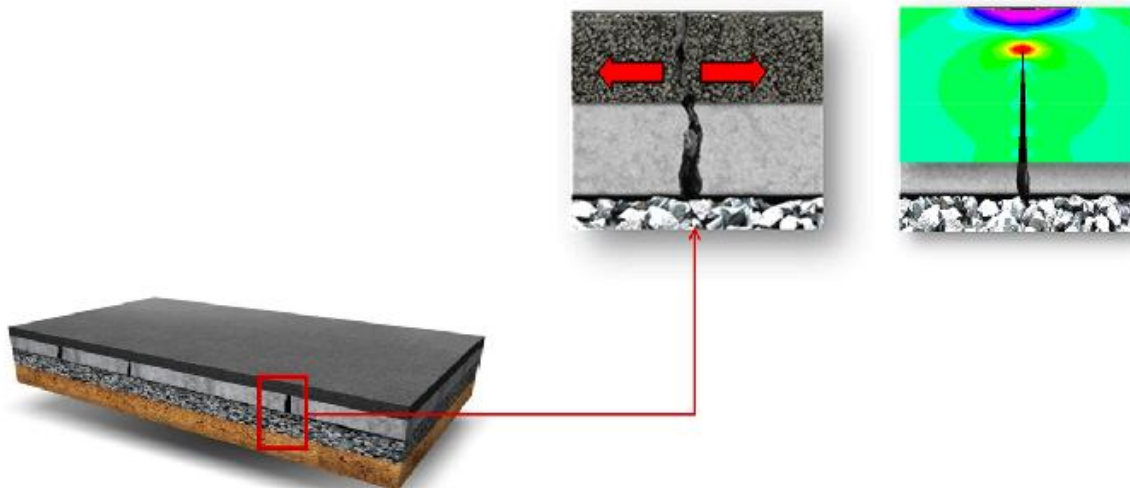
1. OSNOVNI PRINCIPI I FUNKCIJA PRIMENE ARMATURNIH MREŽA ZA ASFALT

Kada se govori o primeni armaturnih mreža za asfalt, neophodno je naglasiti i konstantno podsećati na osnovno pravilo koje je vezano za odluku u vezi sa primenom armaturnih mreža za asfalt.

Ukoliko je nosivost podtla i nevezanih slojeva saobraćajnice loša, primena armaturnih mreža za asfalt nije adekvatno rešenje. Ukoliko je nosivost saobraćajnice dobra, ali je asfalt ispucao, usled starenja bitumena, saobraćajnog opterećenja i temperaturnih promena, to je školski primer korišćenja armaturnih mreža za asfalt.

Osnovna funkcija armaturnih mreža za asfalt je povećanje trajnosti novih asfaltnih slojeva usporavanjem napredovanja pukotina (reflektujućih pukotina) iz postojećih asfaltnih slojeva.

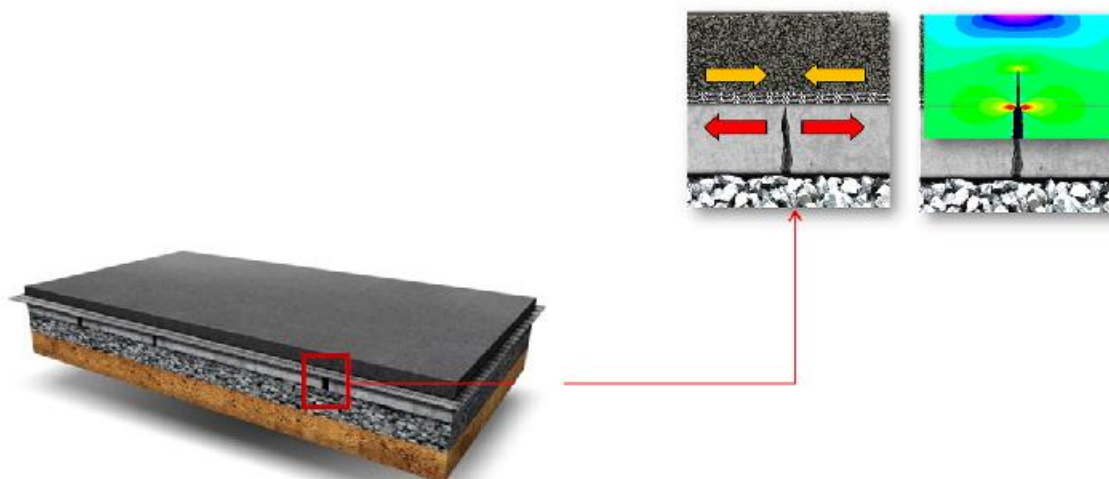
Prilikom održavanja putne mreže, standardni način održavanja podrazumeva struganje oštećenog asfalta, najčešće, u debljini 4-5cm, nanošenje bitumenske emulzije i ponovnu ugradnju novog sloja asfalta iste debljine. Ovaj proces je potrebno ponavljati, u proseku na 3 do 5 godina, obzirom da je poznata brzina napredovanja pukotina iz donjih (starih) asfaltnih slojeva u gornji (novi) asfaltni sloj, u prosedu 1.5 cm godišnje (slika 1).



Slika 1. Propagacija pukotina iz starog u novi sloj asfalta

Source: Montestruque G. E., 2002, *Contribuição para a Elaboração de Método de Projeto de Restauração de Pavimentos Asfálticos Utilizando Geossintéticos em Sistemas Anti-Reflexão de Trincas* (Contribution to the preparation of a method of a project for rehabilitation of asphaltic pavements using geosynthetics on anti-reflective crack systems). Doctor's Thesis, Technological Institute of Aeronautics, São José dos Campos, Brazil.

Ukoliko se na spoju starog i novog sloja asfalta ugradi armaturna mreža za asfalt, njena funkcija je da prihvati deo napona zatezanja, distribuirajući ih na veću površinu i time smanji brzinu napredovanja pukotina u novi sloj asfalta (slika 2).



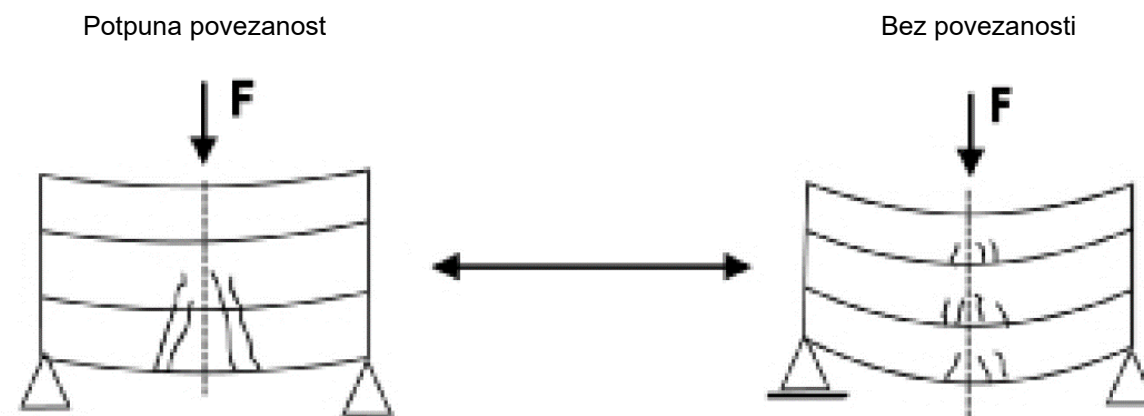
Slika 2. Uloga geomreže na raspodelu napona na vrhu pukotine

Source: Montestruque G. E., 2002, *Contribuição para a Elaboração de Método de Projeto de Restauração de Pavimentos Asfálticos Utilizando Geossintéticos em Sistemas Anti-Reflexão de Trincas* (Contribution to the preparation of a method of a project for rehabilitation of asphaltic pavements using geosynthetics on anti-reflective crack systems). Doctor's Thesis, Technological Institute of Aeronautics, São José dos Campos, Brazil.

Osim primene prilikom redovnog održavanja putne mreže, armaturne mreže za asfalt se koriste na projektima održavanja aerodroma i luka, gde se često susrećemo sa polukrutom kolovoznom konstrukcijom. U ovim slučajevima za preporuku je da se na sastavu betona i asfalta ugradi armaturna mreža za asfalt, kako bi se usporila brzina napredovanja pukotina i dilatacija kroz nove asfaltno slojeve.

2. PRIONLJIVOST SLOJEVA - RELEVANTNI TEHNIČKI PARAMETRI

Prilikom primene armaturnih mreža za asfalt, kao i kod uobičajenog održavanja, potrebno je voditi računa o što boljoj prionljivosti asfaltnih slojeva, jer to utiče na performanse kolovoza. Loša veza između asfaltnih slojeva dovodi do većih naprezanja i deformacija što rezultira smanjenjem veka trajanja kolovoza (slika 3).



Slika 3. Razlika u razvoju pukotina u zavisnosti od adhezije slojeva

Source: Raab und Gubler

Uzimajući sve navedeno u obzir i posmatrajući kroz prizmu armaturnih mreža za asfalt, koje se proizvode duže od pola veka, gde se vremenom došlo do nekoliko značajnih promena u vidu poboljšanja karakteristika proizvoda koji se danas koriste, kako bi se osigurala procesna pouzdanost tehnologije. Rastom primene

Važni tehnički parametri povezani sa kvalitetom saobraćajnice, kroz prizmu primene armaturnih mreža za asfalt, proizvedenih od različitih sirovina.

tehnologije se vremenom povećavao i broj proizvođača širom sveta, koji su počeli da uvode različite vrste materijala kao sirovine od kojih se danas proizvode armaturne mreže za asfalt. Sirovine od kojih se danas najčešće proizvode armaturne mreže za asfalt su, bazalt, karbon, staklo, polivinil alkohol (PVA), čelik i poliestar (PET).

Obzirom na veliki broj različitih sirovina od koji se proizvode finalni proizvodi iste namene, neophodno je definisati tehničke parametre kako bi se kao krajnji rezultat ostvarilo povećanje životnog veka kolovozne konstrukcije od minimum 300%, posmatrano kroz odlaganje pojave reflektujućih pukotina.

2.1. Uklještenje agregata iz asfaltnih slojeva, adhezija asfalta i mreže

Kako bi se ostvarila što bolja prionljivost asfaltnih slojeva, kao osnov za duži životni vek saobraćajnice prilikom upotrebe armaturnih mreža za asfalt, neophodno je osigurati odlično uklještenje agregata asfaltnih slojeva, adheziju asfalta i mreže i visoko trenje materijala (posebno važno u postupku zbijanja asfaltne mešavine).

2.1.1. Važnost dimenzija okca mreže

Na rezultate uklještenja agregata iz asfaltnih slojeva, prilikom primene armaturnih mreža za asfalt, najviše utiču dimenzije okca mreže. Kako bi kontaktna površina bila što veća, potrebno je da veličina okca armaturne mreže za asfalt bude najmanje dvostruko veća od najvećeg zrna asfaltne mešavine koje se ugrađuje kao naredni sloj preko mreže.

Primer: ukoliko je projektom predviđeno da se na armaturnu mrežu za asfalt kao sledeći sloj ugradi asfaltna mešavina AC16, minimalna dimenzija okca mreže treba da bude $16 \text{ mm} \times 2 = 32 \text{ mm}$.

2.1.2. Parametri koji utiču na adheziju

Na kvalitet adhezije asfaltnih slojeva i armaturne mreže za asfalt utiču kako sama mreža odnosno njen zaštitni premaz tako i postupak ugradnje tj. kvalitet i količina bitumenske emulzije po m^2 . Kvalitet ugradnje se dokazuje testiranjem prionljivosti (metodologijom „HOOK Test“). Testiranje je potrebno sprovoditi na svakih 300 m^2 , nakon ugradnje mreže i razbijanja emulzije. Zadovoljavajućim rezultatom se smatra vrednost veća od 15 kg, a da se tom prilikom ne podigne mreža veće površine od 50 x 50 cm (slike 4 i 5).



Slika 4. HOOK test
Source: Jens Bauman



Slika 5. HOOK test
Source: Jens Baumann

Kada govorimo o samoj mreži, na kvalitet sadejstva geomreže sa asfaltnim slojevima posebno kada imamo u vidu dnevne i sezonske temperaturne promene utiče sirovina od koje je geomreža proizvedena. Koeficijent

termičkog širenja poliestera (PET) sličan je onom kod bitumena tako da sloj PET geomreže ugrađen između dva asfaltna sloja pri temperaturnim promenama ne izaziva dodatne napone na kontaktu sa njima. Odnos termičkih koeficijenata betona i armature je 1, asfalta i PET geomreže je 4, dok ovaj odnos u slučaju asfalta i staklene mreže iznosi 130, što pod dejstvom dnevnih i sezonskih promena temperature neminovno dovodi do odvajanja staklene mreže od asfaltnih slojeva.

Na tržištu armaturnih mreža za asfalt se ne posvećuje dovoljno pažnje zaštitnom premazu, bez obzira što je on taj koji je u kontaktu sa starim asfaltom, sirovinom od koje je mreža proizvedena i novim asfaltnim slojem. Ukoliko proizvod uopšte poseduje zaštitni premaz, pažnja se posvećuje postojanju crne boje, kako bi premaz ličio na bitumen i eventualno povećao mehanička svojstva mreže, tj. umanjio stepen oštećenja armaturne mreže za asfalt prilikom ugradnje.

Vizuelnim pregledom uzorka ili rolne armaturne mreže za asfalt se može utvrditi da li proizvod ima ili nema zaštitni premaz.

Ukoliko proizvod nema zaštitni premaz, iskustveno je poznato da takav proizvod prilikom ugradnje gubi do 60% svoje početne zatezne čvrstoće, i to se može dokazati metodom ispitivanja SRPS EN ISO 10722:2020. Prilikom korišćenja rezultata ispitivanja po navedenom standardu izuzetno je važno povesti računa o godini usvajanja standarda, jer je došlo do značajne promene u interpretaciji rezultata 2019. godine. Početna zatezna čvrstoća se određuje prema SRPS EN ISO 10319:2016 na neoštećenom uzorku armaturne mreže za asfalt. Nedostatak zaštitnog premaza može dovesti i do izazova prilikom valjanja asfalta, tj. da asfalt „beži“ pod pritiskom valjka.

Proizvodi koji poseduju zaštitni premaz se mogu grupisati u dve kolone. Proizvodi koji imaju zaštitni premaz crne boje, koji je namenjen da poboljša mehaničke performanse proizvoda ali ne utiče na poboljšanje prionljivosti mreže i asfaltnih slojeva. Takvi proizvodi u svojim tehničkim listovima, najčešće, poseduju terminologiju kao: „Polymer / Modified polymer coating“, „Bitumen compatible“, „Bitumen friendly“, „Bituminous coating / containing bitumen“, „Oxidized bitumen“ ili slični izrazi ali sadržaj bitumena nije deklarisan.

Druga kolona su proizvodi čiji zaštitni premaz pospešuje prionljivost asfaltnih slojeva i armaturne mreže, takav zaštitni sloj je proizveden od polimer modifikovanog bitumena, gde je udeo PmB-a veći od 65%.

Da se za bitumen ništa ne lepi bolje od bitumen (srodni materijali) je sasvim jasno.

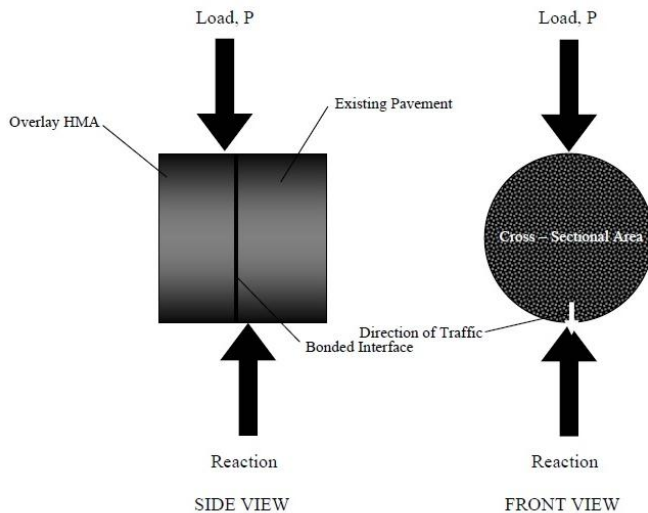
To dokazuje i istraživanje De Bondt-a (3) koji je uveo pojam „bond stiffnes“ ili „krutosti spoja“ koju je određivao testovima čupanja armaturnih mreža za asfalt iz kernova i za koju je dokazao da ima odlučujući uticaj na rezultate koji se ugradnjom armaturnih mreža za asfalt postižu. Rezultati su nedvosmisleno pokazali da najveću vrednost „krutosti veze“ u njegovim istraživanjima ima armaturna mreža za asfalt koja je proizvedena od sirovine poliestera (PET) sa tankim netkanim geotekstilom oko 20g (kao pomoć pri ugradnji) i sa zaštitnim premazom koji sadrži više od 65% bitumena.

2.1.3. Leutner test, ispitivanje adhezije

Krajem 1970-ih godina, u Nemačkoj je razvije Lojtnerov opit (Leutner test) za određivanje slepljenosti između slojeva (slika 6.). Ovaj opit je nastao zbog uočenih problema sa razdvajanjem asfaltnih slojeva, posebno između habajućeg i veznog. Cilj razvoja opita bio je jednostavno i brzo određivanje kvaliteta izvedenih radova na uzorcima izvađenim iz izvedenog sloja, tzv. kernovima, najčešće prečnika 150 mm (slika 7.). Rezultat opit je sila smicanja ili sila slepljivanja potrebna za smicanje dva sloja asfalta, izražena u MPa ili kN. Nemačkim standardom (ZTV Asphalt-StB 07) i Tehničkim uslovima puteva Srbije iz 2012. godine je definisano da se slepljivost između slojeva iskazuje u kN i definisani su sledeći minimalni parametri:

- veza između habajućeg i veznog sloja asfalta: čvrstoća na smicanje ≥ 15 kN,
- veza između ostalih asfaltnih slojeva: čvrstoća na smicanje ≥ 12 kN,
- kada se upotrebe armaturne mreže za asfalt, minimalna čvrstoća na smicanje treba da bude 80% od propisane čvrstoće za vezu između habajućeg i veznog asfaltnog sloja, $15\text{kN} \times 80\% = 12\text{kN}$

Važni tehnički parametri povezani sa kvalitetom saobraćajnice, kroz prizmu primene armaturnih mreža za asfalt, proizvedenih od različitih sirovina.



Slika 6. Leutner test



Slika 7. Kern za Leutner test

3. UGRADNJA ARMATURNIH MREŽA ZA ASFALT

Postupak ugradnje armaturnih mreža za asfalt je svakako tema za sebe, i treba je detaljnije obraditi. Bez obzira koliko proizvod bio dobar, ukoliko izvođač radova zadužen za postavljanje armaturne mreže za asfalt ne ispoštuje sve neophodne korake kako bi osigurao procesnu pouzdanost tehnologije i time postigao izuzetno visok kvalitet „sendvič“ sistema kolovozne konstrukcije, proizvod i njegova primena mogu biti kompromitovani.

Ono na šta se nedvosmisleno mora obratiti pažnja i što je zajedničko za sve slučajeve ugradnje armaturnih mreža za asfalt su:

- # podloga mora biti suva, čista i odmašćena, bez ikakvih zaostalih finih čestica,
- # definisati potrebnu količinu bitumenske emulzije kao veziva armaturne mreže za asfalt i podlogu, u zavisnosti od vrste podloge (npr. za izravnavajući asfaltni sloj, strugani asfalt ili beton), spoljašnjih uslova i karakteristika same mreže,
- # preporučeni tipovi emulzije: PmB KN-60 ili PmB KN-70 (brzo razbijajuća)
- # armaturna mreža za asfalt MORA da sadrži pomoćno sredstvo za postavljanje u obliku geotekstila (preporučuje se, PP netkani geotekstil sa oko 20 g/m²)
- # testiranje prionjivosti (metodologijom „HOOK Test“). Testiranje je potrebno sprovoditi na svakih 300m², nakon ugradnje mreže i razbijanja emulzije. Zadovoljavajućim rezultatom se smatra vrednost veća od 15 kg, a da se tom prilikom ne podigne mreža veće površine od 50 x 50 cm.
- # nakon postavljanja armaturne mreže za asfalt, potrebno je sačekati da se bitumenska emulzija razbije i površina postane suva na dodir, kako bi se moglo početi sa procesom asfaltiranja. U suprotnom, nastaću problemi sa podizanjem i gužvanjem armaturne mreže za asfalt.

3.1. Oštećenja prilikom ugradnje

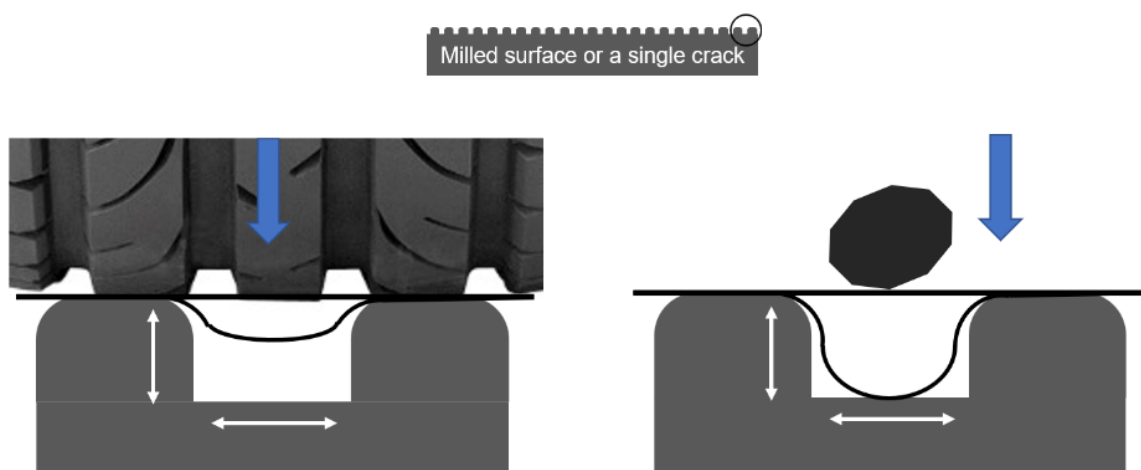
Nakon što je uspešno završen postupak ugradnje armaturne mreže za asfalt sledi postupak ugradnje asfalta. Tokom tri faze asfaltiranja nastaju oštećenja na armaturnoj mreži za asfalt:

1. doprema asfalta kamionima do finišera, kada su u pitanju projekti rehabilitacije autoputa, navedeni kamioni mogu i nekoliko hiljada metara da se kraću u rikverc, preko armaturne mreže za asfalt, kako bi dopremili asfaltnu mešavinu do finišera,
2. kretranje finišera sa gusenicama, prilikom asfaltiranja po armaturnoj mreži za asfalt,
3. zbijanje (valjanje) asfaltnih mešavina valjcima. Tokom postupka valjanja rotiranjem i zbijanjem lomljenog agregata dolazi do oštećenja armaturne mreže za asfalt.

Jasno je da su u sva oštećenja nastala u sve tri faze mehanička. Stoga je izuzetno važno, da armaturna mreža za asfalt poseduje laboratorijski izveštaj za ispitivanje SRPS EN ISO 10722:2020 na oštećenja (gubitak zatezne čvrstoće) prilikom ugradnje. Nezvanično, je u većini zemalja EU, prihvaćen rezultat ispitivanja $\geq 80\%$ preostale zatezne čvrstoće kao zadovoljavajući.

Na nivo oštećenja svakako utiče i vrsta podloga na koju se armaturne mreže za asfalt ugrađuju. Najmanja oštećenja se javljaju kada se mreža ugradi na postojeću ravnu podlogu ili na izravnavajući sloj. Armaturna mreža za asfalt svakako mora posedovati pomenuti zaštitni sloj. Prelascima kamiona, finišera i prilikom postupka valjanja, na tim vrstama podloge, zahtevi za izduženje armaturne mreže za asfalt su minimalni te se mogu koristiti armaturne mreže za asfalt proizvedene od sirovina čije izduženje pri kidanju ne prelazi 3% a krutost takve mreže može biti visoka.

Oštećenja su značajno veća kada se armaturne mreže za asfalt postavljaju na struganu podlogu, i ovde moramo razlikovati da li je u pitanju fino ili grubo strugana podloga. Na struganim podlogama zahtevi kvaliteta koje armaturne mreže za asfalt moraju da zadovolje su bitno drugačiji i mnogo veći, pre svega kada je u pitanju izduženje pri kidanju i krutost, kako bi armaturna mreža za asfalt, na grubo struganim podlogama, mogla idealno da se prilagodi podlozi zarad ostvarenja što bolje prionljivosti (slika 8).



Slika 8. Geomreža na struganoj podlozi

Jednostavnom računicom moguće je definisati granični uslov prekoračenja izduženja od 3% prilikom ugradnje armaturne mreže za asfalt na struganu podlogu (slika 9)

Ukoliko je odnos $a / b < 7,5$; izduženje je veće od 3 % i armaturne mreže za asfalt proizvedene od sirovina sa izduženjem pri kidanju od 3%, se ne mogu primeniti!



Slika 9. Izduženje geomreže na struganoj podlozi

Mark Marienfeld je u svom radu izneo zaključak vezan za primenu jedne od najčešće korišćenih sirovina za proizvodnju armaturnih mreža za asfalt. Citat iz zaključka: „Glass-based interlayers cannot be used on a milled surface. At 3 % elongation they cannot conform without rupture.”

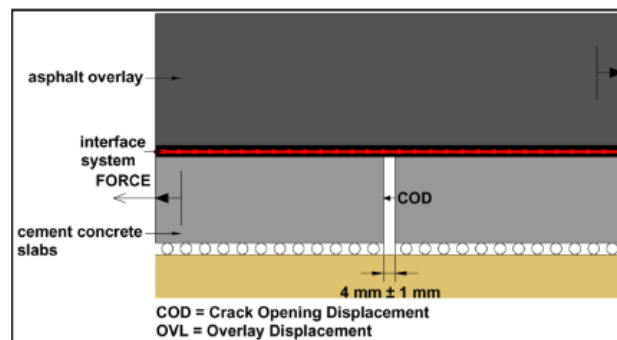
Važni tehnički parametri povezani sa kvalitetom saobraćajnice, kroz prizmu primene armaturnih mreža za asfalt, proizvedenih od različitih sirovina.

Izazovi koji se postavljaju pred armaturne mreže za asfalt, koje treba da se koriste u sistemima polukrutih kolovoznih konstrukcija ugradnjom direktno na betonsku podlogu, su drugačije prirode u odnosu na one za fleksibilne kolovozne konstrukcije. U takve kolovozne konstrukcije se preporučuje ugradnja armaturnih mreža za asfalt koje su proizvedene od sirovine koja je 100% otporna na alkalije iz betona. Jedna od takvih sirovina je polivinil alkohol (PVA) koji ne gubi svoju čvrstoću na zatezanje u sredinama čija je pH vrednost u rasponu 2-12.5, pa ga možemo koristiti kada se radi o projektima rehabilitacija polukrute kolovozne konstrukcije ili promeni iz krute u polukrutu kolovoznu konstrukciju. Prilikom pripremnih radova neophodno je betonsku podlogu mehanički tretirati kako bi se dobila čista, suva i odmašćena podloga bez nevezanih delova. Osim hemijske otpornosti, PVA geomreže imaju izduženje pri kidanju od 6% koje neće biti prekoračeno prilikom ugradnje na tako pripremljenoj neravnoj podlozi.

4. UTICAJ SIROVINE NA EFEKTE PRIMENE GEOMREŽA ZA ASFALT

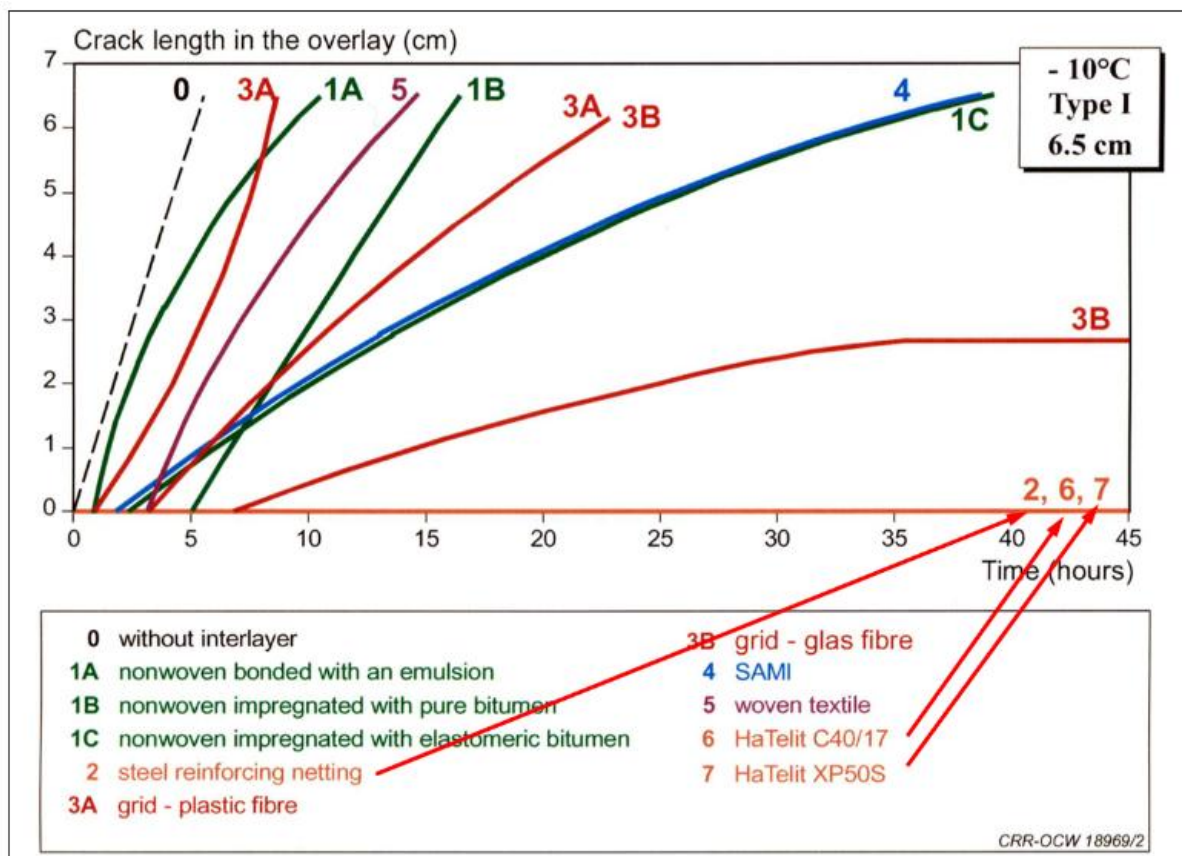
Istraživači Belgijskog Instituta za puteve (BELGIUM ROAD RESEARCH CENTRE) su vršili ispitivanje termičkog pucanja asfaltnih slojeva (Thermal Cracking Test).

Uzorci su napravljeni kao polukruta kolovozna konstrukcija kod koje je prvi sloj bio beton u debljini od 4cm sa predefinisanim pukotinom od 4mm +/- 1mm. Kao drugi sloj nanescena je asfaltna mešavina u debljini od 6cm (slika 10). Između dva sloja su, u svrhu ispitivanja, ugrađivane različite opcije među sloja, netkani geotekstil u nekoliko varijanti, tkani geotekstil, čelična mreža, plastične i staklene armaturne mreže za asfalt, SAMI sloj, PET i PVA armaturne mreže za asfalt.



Slika 10. *Uzorak za ispitivanje termičkog pucanja asfaltnih slojeva*

Na kontrolnom uzorku se pukotina pojavila na vrhu asfaltnog sloja nakon 5 sati ispitivanja, ostali uzorci su pokazali pukotinu na vrhu između 7 i 40 sata ispitivanja. Jedino se kod tri uzorka, nakon 45 sati ispitivanja, predefinisana pukotina nije počela preslikavati u asfaltni sloj. U pitanju su čelična mreža, PET i PVA armaturne mreže za asfalt. (slika 11)



Slika 11. Rezultati ispitivanja termičkog pucanja asfaltnih slojeva

4.1. Zatezna čvrstoća geomreža od različitih sirovina

Na našim prostorima, kada se govori o kvalitetu armaturnih mreža za asfalt, kao reper se najčešće koristi zatezna čvrstoća (50kN/m, 100kN/m, 120kN/m, 200kN/m). Kada se sagledaju sve prethodno spomenute tehničke karakteristike i pojmovi neophodno je sagledati i zateznu čvrstoću. Čelične mreže se proizvode isključivo u jednoj opciji i to sa zateznom čvrstoćom od 40kN/m, mreže od poliestera i polivinil alkohola se proizvode sa zateznom čvrstoćom od 50kN/m, mreže od staklenih vlakana se proizvode u nekoliko varijanti počev od 50kN/m pa sve do 200kN/m, karbonske mreže se proizvode u kombinaciji sa staklenim vlaknima i najčešće su čvrstoće od 120kN/m ili 200kN/m. Iz marketinških brošura različitih proizvođača, može se primetiti da se svi proizvođači koriste procentualnim vrednostima (%) kako bi iskazali uticaj primene mreža na produžetak životnog veka novog sloja asfalta (u odnosu na reflektujuće pukotine). Vrednost koja se kod svih proizvođača pojavljuje, bilo kao maksimalna ili kao minimalna jeste 300%.

Navedenoj temi su se posvetili Montestruque G. i Rodrigues, R. (12) koji su izneli sledeći zaključak: "The performance of polyvinyl alcohol (PVA) 50kN/m in retarding reflective and / or fatigue cracking was superior to the polyester grid and exceeded almost twice the glass grid product." Istoj temi se posvetio i profesor Erol Guler (13) koji je u svom naučnom radu zaključio: "The in-isolation tensile strength of the reinforcement is not the major parameter that effects the pavement behaviour.

In the paper it is described that the mobilization of tensile forces in the asphalt with the Asphalt Reinforcement out of PET is much higher compared to glass and PET with 50 kN/m tensile strength is much more effective against reflective cracking than a 100 kN/m Asphalt Reinforcement from glass. This also counts for the reduction of rutting."

5. ZAKLJUČAK

U cilju postizanja produženja životnog veka kolovoza odlaganjem pojave reflektovanih pukotina za minimum 300% u odnosu na životni vek istog kolovoza bez upotrebe geomreže, autori smatraju da je značajno uzeti u obzir sledeće preporuke:

- kako bi se osiguralo odlično uklještenje agregata asfaltnih slojeva: veličina okca armaturne mreže za asfalt treba da bude najmanje dvostruko veća od najvećeg zrna asfaltne mešavine koje se ugrađuje kao naredni sloj preko mreže,
- za visok kvalitet adhezije asfaltnih slojeva i armaturne mreže za asfalt, mreža treba da ima zaštitni premaz od minimum 70% polimer modifikovanog bitumena.
- Ugradnja armaturnih mreža na asfalt:
 - na postojeću podlogu ili izravnavajući sloj, mogu se koristiti armaturne mreže čije je izduženje pri kidanju do 3%,
 - na struganu podlogu savetuje se ugradnja armaturnih mreža za asfalt čije je izduženje pri kidanju veće od 4%.
- Ugradnja armaturnih mreža na betonsku podlogu:
 - mreža treba da bude proizvedena od čelika ili polivinil alkohola (PVA),
 - na neravno pripremljeni beton savetuje se ugradnja mreža koje imaju izduženje pri kidanju veće od 4%.
- Minimalne preporučene zatezne čvrstoće armaturnih mreža za asfalt u zavisnosti od sirovine od koje su proizvedene:
 - za čelik.....min 40kN/m
 - za karbon.....min 100kN/m
 - za poliester (PET).....min 50kN/m
 - za staklo.....min 100kN/m
 - za polivinil alkohol (PVA)...min 50kN/m.

Literatura

- [1] Marc, K., Mladenović, G. (2011). Rehabilitation works on motorway E70/E75 through Belgrade, 13th Colloquium on asphalt and bitumen, Bled, Slovenia, 24-25. November 2011, pp.20-29.
- [2] Leite-Gembus, F., Hilpert, D., (2016). Theory and Practical Experiences in Pavement Rehabilitation Using Asphalt Reinforcement Grids
- [3] De Bondt, A.H., (1999.) Anti-Reflective Cracking Design of (Reinforced) Asphaltic Overlays, Ph.D.-thesis, Delft, Netherlands.
- [4] Monser, C. A., Montestruque, G. E., Silva, A. E. F., (2010.) Evaluation of an airport pavement after almost 8 years of overlay rehabilitation with a polyester geogrid asphalt reinforcement. Proceedings of the 9th International Conference on Geosynthetics, Brazil.
- [5] Montestruque Vilchez, G., Rodrigues, R.M., Nods, Ir. M. (2004), Stop of Reflective Crack Propagation with the Use of PET Geogrid as Asphalt Overlay reinforcement, Fifth International RILEM Conference
- [6] Helsinki University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Surveying, 1992. Research Project Georeinforcements Part B: Laboratory Testing of Reinforcements, Proceedings of the Fifth International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products
- [7] N.H. Thom, 2003. Grid Reinforced Overlays: Predicting the Unpredictable, Proceedings of the 3rd International Conference On Maintenance And Rehabilitation Of Pavements And Technological Control
- [8] Sakou L., 2011, Überprüfung der Wirksamkeit von Asphaltbewehrungssystemen unter Berücksichtigung der Einbaubedingungen, Diploma Thesis, RWTH Aachen, Institute of Road and Traffic Engineering, unpublished.
- [9] Institut für textile Bau- und Umwelttechnik GmbH (tBU), Test Report Nr. 1.1/17810/493-2003e and 1.1/17810/494-2003e, Test method: Procedure for simulating damage during installation (acc. to ISO EN DIN 10722-1)
- [10] SRPS EN 15381:2009, Geotekstil I geotekstilu srodni proizvodi – Zahtevana svojstva koja su potrebna u izradi kolovoza I gornjeg asfaltnog sloja
- [11] ERA-Report 2004-0173: Short Report on the Durability of Glass Fibres in Geogrids
- [12] Montestruque, G.; Rodrigues, R., 2004. Stopping of reflective crack propagation with the use of PET geogrid as asphalt overlay reinforcement, Proceedings of the Fifth International RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements

- [13] Guler, E., (2016.) The Effects of Geosynthetics on Mitigation of Rutting in Flexible Pavements, 6th Euroasphalt & Eurobitumen Congress
- [14] Vanelstraete, Dr. A.; de Visscher, Dr. Ir. J.; Belgium Road Research Centre 2005. Thermal cracking tests on layered structures reinforced with various interface systems
- [15] SRPS EN ISO 10722:2020, Indeksna procedura ispitivanja za ocenu mehaničkog oštećenja pod ponovljenim opterećenjem – Oštećenje prouzrokovano zrnastim materijalom (laboratorijska metoda ispitivanja)
- [16] SRPS EN ISO 10319:2025, Geosintetika, Ispitivanje zatezanjem uzorka u obliku široke trake