

Upotrebljivost jutjenih geotekstila u neasfaltiranim cestama kod različitih kišnih uvjeta

Izv.prof. **Vinay Kumar Midha**, dipl.ing.
Suresh Kumar S., doktorad dipl.ing.
Mr.sc. **Neeraj Sharma**, dipl.ing.
Nacionalni institut za tehnologiju Dr. B.R. Ambedkar
Zavod za tekstilnu tehnologiju
Jalandhar, Indija
e-mail: midhav@rediffmail.com
Prispjelo 3.1.2016.

UDK 677.13:677.017:677.019.3
Izvorni znanstveni rad

Geotekstili u cestama osiguravaju bolje pojačanje i funkcije odvodnjavanja. Za potrebe ispitivanja, čiji rezultati su objavljeni u ovom radu, položeno je jutenoj geotekstilu/geojute površinske mase 760 g/m² u neasfaltiranim cestama s pješčanim slojem i bez pješčanog sloja, u trajanju od 30, 60 i 90 dana koji su bili izloženi simuliranoj kiši 50 i 100 mm/h. Uočeno je da na prekidnu čvrstoću, prekidno istezanje i otpornost na probijanje, koji utječu na funkciju pojačavanja jutjenim tekstilom, značajno utječe prisutnost pješčanog sloja u konstrukciji ceste. Zatim su ispitani utjecaj intenziteta kiše i vrijeme upotrebe. Pješčani sloj i intenzitet kiše su značajno utjecali na prosječnu veličinu pora koja utječe na funkciju drenaže jutjenog tekstila.

ključne riječi: juteni geotekstil, ojačanje, odvodnjavanje, neasfaltirane ceste, intenzitet kiše

1. Uvod

Ceste su važne za prijevoz a utječu na razvoj infrastrukture i ekonomski razvoj zemlje. U svijetu postoje razne vrste cesta; među njima su najčešće asfaltirane i neasfaltirane ceste. Asfaltirane ceste su trajne ceste s agregatima i materijalima za pojačavanje, dok su neasfaltirane ceste privremene ceste s jednostavnom podlogom i agregatima. Upotreba geotekstila u asfaltiranim i neasfaltiranim cestama povećava njihovu trajnost i minimizira troškove periodičnog popravka. Geotekstil omogućuje bolje pojačavanje i drenažu strukture posteljice (planuma), čime se izbjegava pucanje cesta [1-2]. Posljednjih godina provedena su mnogobrojna istraživanja i

pokusi na licu mjesta o starenju asfaltiranih i neasfaltiranih cesta koje su ojačane geotekstilom. Velik broj tih istraživanja izvještava o povećanju vrijednosti kalifornijskog indeksa nosivosti CBR (California Bearing Ratio – kalifornijski indeks nosivosti, tj. omjer između otpornosti na probijanje cestovnih posteljica (planuma) na gradilištu prema nosivim slojevima istog tla) cesta nakon ugradnje geotekstila [3-6].

Pojačavanje (podlaganje) geotekstilom neasfaltiranih cesta obično je poznato kao sustav tlo-tkanina-agregat (soil-fabric-aggregate – SFA) kojim se smanjuje potrošnja agregata do 33 % zbog boljeg djelovanja membranske potpore ili membranskog ojačanja, smičnog ojačanja u odnosu

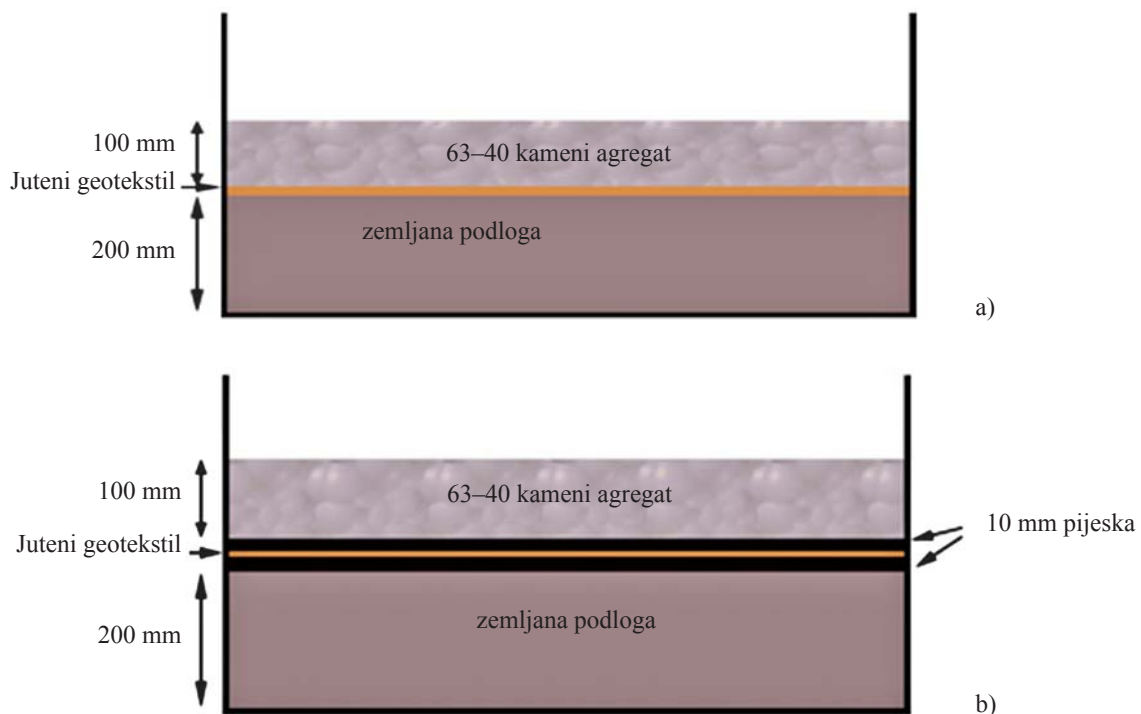
na smično naprezanje i bočno ograničenje. Osim toga, geotekstili razdvajaju agregate od tla posteljice i odvođe vodu iz cestovne strukture [7-9]. Geotekstili koji se upotrebljavaju za podlaganje u cestama općenito se izrađuju od prirodnih ili sintetičkih vlakana ili njihovih kombinacija. Geotekstili od sintetičkih vlakana kao polipropilena, polietilena itd. su postojani i imaju veliku čvrstoću te omogućuju pojačavanje dok su geotekstili od prirodnih vlakana kao što su jutena ili kokosova vlakna itd. manje otporni, ali omogućuju biorazgradljivost i veći sadržaj vlage. Prema tome, sintetički geotekstili se upotrebljavaju za postojeane ili asfaltirane ceste, a biorazgradljivi prirodni geotekstili za privremene ceste (gra-

dilište i rudarske ceste) ili neasfaltirane ceste. Zbog svoje biorazgradljivosti prirodni geotekstili su željeni izbor zbog ekoloških razloga [10-13]. Dosadašnja istraživanja dokazuju da upotreba jutelih geotekstila za neasfaltirane ceste s mekanom posteljom osigurava veću učinkovitost i smanjuje stupanj plastične deformacije (stvaranje kolotečina ili pukotina) [14-17]. Međutim, očekuje se da neasfaltirane ceste postižu zahtjevanu konsolidaciju i ojačanje prije nego se geotekstili od prirodnih vlakana počnu razgrađivati. Neki istraživači tvrde da su poboljšali čvrstoću jutelih vlakana ili geotekstila modifikacijom vlakana [18-19]. Međutim, nisu provedena istraživanja o čvrstoći i učinkovitosti ovih jutelih geotekstila nakon upotrebe u tlu. Smatra se da na trajnost upotrebljivosti geotekstila od prirodnih vlakana utječu vrsta tla, konstrukcija ceste, intenzitet kiše (definiran kao omjer ukupne količine dubine kiše tijekom zadanog vremena prema trajanju kiše, izraženo u jedinicama dubine po vremenskoj jedinici, normalno mm/h) i intenzitet prometovanja. Uočeno je da su prije-

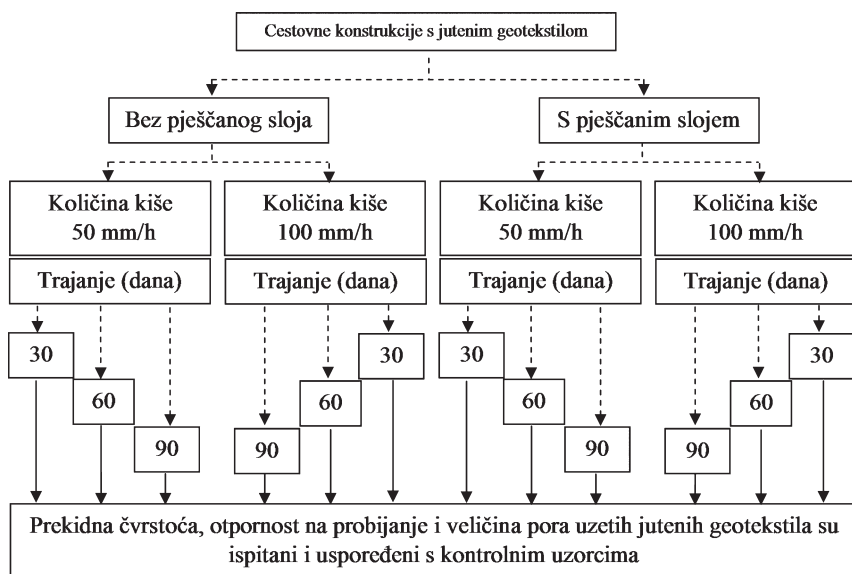
nos vlage i vrijednost kalifornijskog indeksa nosivosti CBR povećani upotrebom pješčanog sloja zajedno s jutelim geotekstilom u strukturi posteljice za konstrukciju ceste [9, 20-21]. U ovom radu opisuje se vremenski ovisna upotrebljivost jutelog geotekstila za posteljicu površinske mase 760 g/m² ispitivana kod različitog intenziteta kiše (50 i 100 mm/h) i konstrukcija ceste (s pješčanim slojem i bez pješčanog sloja) pri čemu je korištena himalajska zemlja. Među različitim svojstvima geotekstila, prekidna čvrstoća utječe na smično ponašanje tla (funkcija ojačavanja), otpornost na probijanje utječe na funkciju razdvajanja agregata, dok veličina pora geotekstila utječe na funkciju drenaže cestovne posteljice. Ove tri funkcije su najvažnije za ocjenu učinkovitosti i upotrebljivosti geotekstila. Zbog toga su za vrednovanje upotrebljivosti jutelih geotekstila proučavani prekidna čvrstoća, otpornost na probijanje i veličina pora jutelog geotekstila prije upotrebe (kontrolni uzorci) te ista svojstva nakon njihove upotrebe u neasfaltiranim cestama tijekom 1, 2 i 3 mjeseca.

Tab.1 Svojstva ispitivanog jutelog geotekstila (nazivne površinske mase 760 g/m²)

Br. uzorka	Svojstva	Vrijednosti (osnova x potka)
1	Stvarna površinska masa (g/m ²)	745
2	Vez	2/1 keper (rebrast po potki)
3	Gustoća tkanine u smjeru: osnove (niti/cm) potke (niti/cm)	10 5
4	Finoća (tex): osnove potke	385 640
5	Prekidna čvrstoća (kN/m) u smjeru: osnove potke	25 25
6	Prekidno istezanje (%) u smjeru: osnove potke	10 10
7	Debljina tkanine (mm)	2
8	Veličina otvora (μm)	110,29



Sl.1 Laboratorijski model cestovnih konstrukcija: a) bez pješčanog sloja, b) s pješčanim slojem



Sl.2 Shema provođenja eksperimentalnog istraživanja jutjenog geotekstila u različitim cestovnim konstrukcijama, količinama kiše i vremena trajanja

2. Materijali i metode

2.1. Materijali

Za potrebe ovoga rada korišteni su jutjeni geotekstili za posteljicu površinske mase 760 g/m² (Tosa juta) [22]. U tab.1 navedena su svojstva jutjenih geotekstila koji su analizirani prema standardnim postupcima i standardu ASTM D 4751-12 [23-24].

2.2. Metode

Za ispitivanje korištena je zemlja iz nižih predjela Himalaje koja je pješčana ilovača s 40 % pijeska, 40 % praha i 20 % gline te pH vrijednosti od 6 - 8. Dvije vrste konstrukcija neasfaltiranih cesta s pješčanim slojem i bez pješčanog sloja pripremljene su u laboratoriju koristeći limene kutije dimenzija dužine 600 mm, širine 450 mm i visine 350 mm (sl.1). Kod kon-

strukcije ceste bez pješčanog sloja, jutjeni geotekstil (dimenzija 600 x 450 mm) položen je preko tla visine 200 mm i pokriven sa slojem pješčanog agregata visine 100 mm (sl.1a). Kod konstrukcije ceste s pješčanim slojem položen je pješčani sloj visine 20 mm između tla i kamenog agregata, a ispitivani jutjeni geotekstil položen je na sredini pješčanog sloja (po 10 mm pijeska iznad i ispod jutjenog geotekstila (sl.1b) [16].

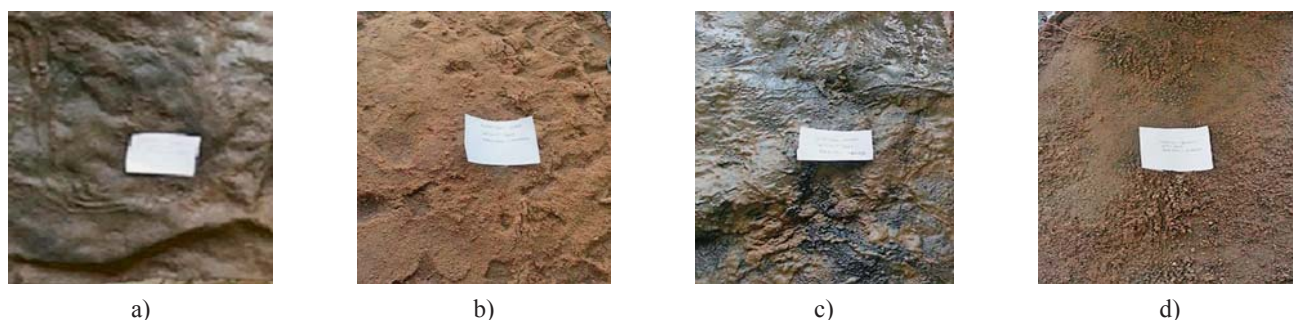
Vrtna prskalica korištena je za opskrbu cestovnih konstrukcija mekom vodom ekvivalentno količini intenziteta kiše do 50 i 100 mm/h prema prosječnoj kiši koja pada u nižoj regiji Himalaje [25]. Prema tome, kori-

šteno je 1125 i 2250 ml vode (ovisno o površini posuda za ispitivanje) u posudama koje predstavljaju različite cestovne konstrukcije. Mali otvor promjera 1 cm izrađen je na dnu četiri kuta posude za drenažu čime se simulira cijeđenje tla u stvarnim uvjetima. Na sl.2 shematski je prikazan način provođenja istraživanja ovog eksperimenta.

2.3. Metodologija ispitivanja

Jutjeni geotekstili su izvađeni iz svih modela cestovnih konstrukcija nakon 30, 60 i 90 dana upotrebe. Uzorci su zatim sušeni u standardnim atmosferskim uvjetima tijekom 3 dana (27 ± 2 °C; 65 % relativne vlage) (sl.3). Osušena zemlja omogućila je jednostavno uklanjanje zemljanih čestica s površine geotekstila. Na osušenim i kontrolnim uzorcima su tada ispitivani prekidna čvrstoća, otpornost na probijanje i veličina pora kako bi se ocijenili ojačanje i drenaža geotekstila. Prekidna čvrstoća i prekidno istezanje geotekstila ispitivani su po osnovi i potki na dužini od 100 mm prema standardu ASTM D4595-11 na univerzalnom dinamometru. Veličina ispitivanih uzoraka bila je dužine 300 mm i širine 200 mm [26-29]. Da bi se ocijenila vremenski ovisna upotrebljivost jutjenog geotekstila, izračunata je stabilnost prekidne čvrstoće kod različitog vremena upotrebe prema jednadžbi (1). Na taj način je izračunata i stabilnost prekidnog istezanja.

$$Stabilnost [\%] = \frac{Prekidna\ čvrstoća\ uzorka\ kod\ različitog\ vremena\ upotrebe}{Prekidna\ čvrstoća\ kontrolnog\ uzorka} \times 100 \quad (1)$$



Sl.3 Uzorci jutjenih geotekstila koji su izvađeni iz različitih cestovnih konstrukcija i izloženi količini kiše od 100 mm/h: a) 60 dana bez pješčanog sloja, b) 60 dana s pješčanim slojem, c) 90 dana bez pješčanog sloja, d) 90 dana s pješčanim slojem

Ispitivanje otpornosti na probijanje geotekstila provedeno je prema indijskom standardu IS 13162-4 (1992) na izrađenom uređaju i na uzorcima površine 20 mm² [28]. Uređaj za ispitivanje se sastoji od mjedenog stošca, stošca za mjerenje i montažnih stezaljki sa spremnikom za vodu. Mjedeni stožac ima promjer baze 50 ± 0,1 mm, kut 45° i masu 1000 ± 1 g. Mjerni stožac ima kut od 14°15' i upotrebljava se za mjerenje promjera otvora koji se oblikuju u uzorcima pomoću mjedenog stošca kad se on ispusti tijekom pokusa. Montažni prstenovi su pričvršćeni na spremnik za vodu, a uzorci za ispitivanje se montiraju na te prstenove s razmakom od 5 mm od vode. Mjedeni stožac treba pasti slobodno s visine od 500 mm, a maksimalni promjer probijenog otvora zbog pada mjedenog stošca izmjeren je pomoću mjernog stošca (IS 13162-4; 1992). Što je manji promjer probijenog otvora, to je veća otpornost geotekstila na probijanje. Za očekivati je da će se pore jutjenog geotekstila odstranjene iz cestovne konstrukcije blokirati česticama zemlje. Veličina pora geotekstila ispitana je na uređaju „PMI Capillary flow porometer (CFP-1100 AN)“ (PMI porometar kapilarnog protoka) prema normi, odnosno standardu ASTM D 6767: 2014 [29].

3. Rezultati i rasprava

3.1. Prekidna čvrstoća i prekidno istežanje

U tab.2 navedeni su prekidna čvrstoća i prekidno istežanje jutjenih geotekstila nakon njihove upotrebe u različitim neasfaltiranim cestovnim konstrukcijama kod različitih kišnih uvjeta različitog vremena trajanja.

Uočljivo je da se prekidna čvrstoća i prekidno istežanje jutjenih geotekstila smanjuju nakon njihove upotrebe u neasfaltiranim cestama. Značajno smanjenje prekidne čvrstoće uočeno je nakon 30 dana upotrebe u cestama, a smanjenje se nastavlja i dalje kako se povećava vrijeme upotrebe (sl.4). To nastaje zbog značajnog utjecaja mikroorganizama u početnih 28 dana, razgradnjom OH i C-O-C veze u celuloznim lancima [30-31]. Ustanovljeno je da su jutjeni geotekstili bili gotovo potpuno razgrađeni nakon 90 dana kad je utvrđeno da je prekidna čvrstoća u smjeru osnove samo 5,4 % od početne čvrstoće kod količine kiše od 100 mm u cestovnoj konstrukciji bez pijeska.

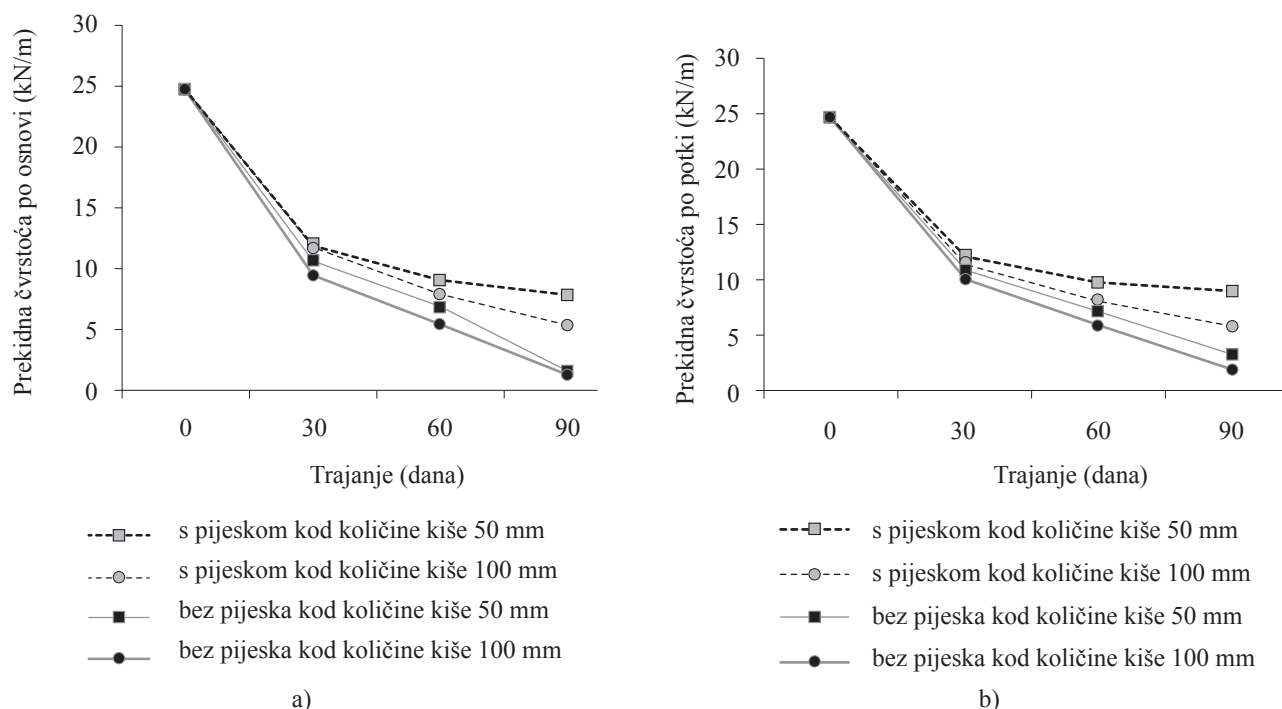
3.1.1. Utjecaj cestovne konstrukcije

Uočeno je da geotekstili položeni s pješčanim slojem bolje zadržavaju prekidnu čvrstoću u usporedbi s jutjenim geotekstilima koji su položeni

bez pješčanog sloja kod svih količina kiše (sl.4). Razlog tome je smanjenje mikrobijalne aktivnosti na jutjenim geotekstilima kada se koristi pješčani sloj s geotekstilima [32-34] jer čestice pijeska ne sadrže organski sadržaj potreban za razvoj mikroorganizama, imaju veću veličinu i veći razmak pora koji omogućuje da se voda laganom odvodi i tako je površina geotekstila suša. Suhi uvjeti ograničavaju rast i djelovanje mikroorganizama na jutjenim geotekstilima. Ustanovljeno je da prekidna čvrstoća u smjeru osnove u jutjenim geotekstilima bez pješčanog sloja kod 100 mm kiše iznosi 5,4 % u odnosu na početnu čvrstoću nakon 90 dana upotrebe što je mnogo manje u usporedbi sa 21,8 % početne čvrstoće geotekstila s pješčanim slojem u cestovnoj konstrukciji. Prema tome, prisutnost pješčanog sloja u posteljici pomaže zadržati prekidnu čvrstoću dulje vrijeme. Slični trendovi su uočeni kod prekidne čvrstoće po potki, ali stupanj smanjenja čvrstoće je veći po osnovi nego po potki. Razlog tome može biti veći broj niti osnove/cm u odnosu na gustoću potke (tab.1). Kod većeg broja osnovinih niti/cm broj niti pod utjecajem mikrobijalne aktivnosti je bio veći što povećava stupanj razgradnje. Analiza varijacije rezultata (tab.3) pokazuje da pješčani

Tab.2 Utjecaj količine kiše i cestovne konstrukcije na prekidnu čvrstoću i prekidno istežanje jutjenih geotekstila

Cestovna konstrukcija	Vrijeme (dana)	Srednja vrijednost i stabilnost (%)	Prekidna čvrstoća (kN/m)				Prekidno istežanje (%)			
			50 mm količina kiše		100 mm količina kiše		50 mm količina kiše		100 mm količina kiše	
			Osnova	Potka	Osnova	Potka	Osnova	Potka	Osnova	Potka
Kontrolni uzorak	0	Srednja vrijednost	24,75	24,5	24,75	24,5	10,5	9,2	10,5	9,2
Bez pijeska	30	Sr. vrijed. (Stabilnost %)	10,66 (43,1)	10,78 (44,0)	9,51 (38,4)	10,05 (41,0)	8,9 (84,8)	8,9 (96,7)	8,7 (82,9)	8,9 (96,7)
	60	Sr. vrijed. (Stabilnost %)	6,86 (27,7)	7,18 (29,3)	5,41 (21,9)	5,88 (24,0)	8,2 (81,1)	8,5 (92,4)	8,0 (76,2)	8,2 (89,1)
	90	Sr. vrijed. (Stabilnost %)	1,617 (6,5)	3,23 (13,2)	1,35 (5,4)	1,86 (7,6)	7,5 (71,4)	8,2 (89,1)	7,3 (69,5)	7,7 (83,7)
S pijeskom	30	Sr. vrijed. (Stabilnost %)	12,01 (48,5)	12,01 (49,0)	11,76 (47,5)	11,31 (46,2)	9,2 (87,6)	9,0 (97,8)	9,3 (88,6)	8,9 (96,7)
	60	Sr. vrijed. (Stabilnost %)	9,07 (36,6)	9,56 (39,0)	7,91 (32,0)	8,13 (33,2)	8,8 (83,8)	8,9 (96,7)	8,6 (81,9)	8,8 (95,7)
	90	Sr. vrijed. (Stabilnost %)	7,84 (31,7)	8,97 (36,6)	5,39 (21,8)	5,78 (23,6)	8,5 (81,0)	8,8 (95,7)	8,3 (79,0)	8,5 (92,4)



Sl.4 Utjecaj količine kiše i cestovne konstrukcije na prekidnu čvrstoću jutjenog geotekstila: a) mjeru osnove, b) u smjeru potke

Tab.3 ANOVA rezultati prekidne čvrstoće kod kidanja jutjenog tekstila

Utjecaj	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode	Srednji kvadrat	F _{rač.}	F _{tab.}	Doprinos %
Pijesak	22971	1	22971	352	9,33	34,21
Kiša	3589,26	1	3589,26	54,9	9,33	5,33
Vrijeme	73416,58	2	36708,29	562	6,93	54,61
Pijesak*kiša	201,26	1	201,26	3,08	9,33	-
Pijesak*vrijeme	5974,75	2	2987,38	45,7	6,93	4,44
Kiša*vrijeme	421,33	2	210,66	3,22	6,93	-
Pijesak*kiša*vrijeme	1063	2	532,5	8,14	6,93	-
Pogreška	849,4	13	65,34			

sloj u cestovnoj konstrukciji daje značajan doprinos od 34,12 % u stabilnosti prekidne čvrstoće geotekstila., Slični trendovi uočeni su i za prekidno istezanje jutjenih geotekstila. Stabilnost prekidnog istezanja je veća od 75 % u svim slučajevima.

3.1.2. Utjecaj količine kiše

Kad je povećana količina kiše s 50 na 100 mm/h, uočeno je manje smanjenje prekidne čvrstoće za obje vrste cestovnih konstrukcija (sl.4). Doprinos količine kiše smanjenju prekidne čvrstoće je samo 5,33 % prema ANOVA analizi (tab.3). Takav rezultat može se povezati s prisutnosti pješčanog sloja oko jutjenog geotekstila

zbog čega je geotekstil suši kod povećane količine kiše i sprječava stvaranje prikladne okoline za rast i djelovanje mikroba na jutjenim geotekstima. Međutim, kod duže upotrebe geotekstila i veće količine kiše povećava se smanjenje prekidne čvrstoće geotekstila. Vrijeme upotrebe (broj dana) doprinosi smanjenju prekidne čvrstoće od 54,61 % prema ANOVA analizi. Slični trendovi su uočeni i u ispitivanju prekidnog istezanja uzoraka geotekstila.

3.2. Otpornost na probijanje

U tab.4 navedeni su promjeri proboda i pora jutjenih geotekstila nakon njihove upotrebe u različitim neasfalti-

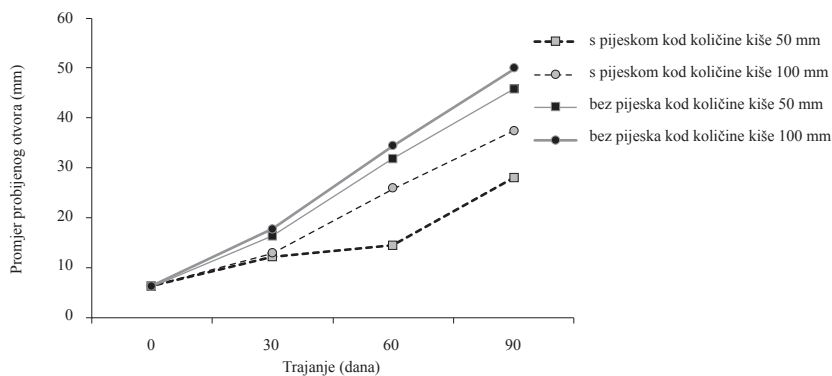
ranim cestovnim konstrukcijama kod različitih količina kiše i različitog vremena upotrebe.

3.2.1. Utjecaj cestovne konstrukcije

Uočeno je da se otpornost na probijanje jutjenih geotekstila smanjuje (povećava se promjer proboda) s povećanjem vremena upotrebe (sl.5). Promjer proboda na jutjenom geotekstilu s pješčanim slojem kod količine kiše od 100 mm bio je 13 mm nakon 30 dana upotrebe, a 50 mm nakon 90 dana upotrebe bez pješčanog sloja. Pješčani sloj na posteljici cestovne konstrukcije povećava otpornost na probijanje geotekstila kod promjenljive količine kiše. Promjer proboda na jutjenom geotekstilu s pješčanim slojem u cestovnoj konstrukciji kod količine kiše od 50 mm/h bio je 12,5 mm odn. 28 mm nakon upotrebe od 30 odnosno 90 dana. Uočeno je da je iznosio 16,5 odnosno 46 mm u cestovnoj konstrukciji bez pješčanog sloja. Do tog je došlo jer zbog pješčanog sloja geotekstil ostaje suh i sprječava se razgradnja zbog mikrobijalne aktivnosti koja je uglavnom odgovorna za manju prekidnu čvrstoću i otpornost na probijanje nakon upotrebe. To potvrđuje i veličina geoteksti-

Tab.4 Utjecaj količine kiše i cestovne konstrukcije na promjer proboja i veličine pora na geotekstilu

Cestovna konstrukcija	Trajanje (dana)	Promjer proboja (mm)		Veličina pora (μm)	
		Količina kiše 50 mm	Količina kiše 100 mm	Količina kiše 50 mm	Količina kiše 100 mm
Kontrolni uzorak	0	6,5	6,5	110,29	110,29
Bez pijeska	30	16,5	18	93,54	77,31
	60	32	34,5	78,81	75,31
	90	46	50	75,89	71,37
S pijeskom	30	12,5	13	101,86	99,9
	60	14,5	26	101,16	85,67
	90	28	37,5	100,41	81,7



Sl.5 Utjecaj cestovne konstrukcije i količine kiše na otpornost na probijanje jutjenog geotekstila

la koja je veća u cestovnoj konstrukciji s pješčanim slojem u usporedbi s konstrukcijom bez pješčanog sloja. Manje veličine pora u cestovnoj konstrukciji uzrokovat će manju permitivnost (prodor) i transmitivnost (protok) vlage i podržat će mikrobijalnu aktivnost (tab.4). Nadalje, prisutnost pješčanog sloja djeluje amortizirajuće i štiti geotekstil od direktnog udara oštih rubova kamena pod teškim teretima tijekom teškog prometa. Rezultira u smanjenom opterećenju i zamoru geotekstila [23, 35].

3.2.2. Utjecaj količine kiše

Slično prekidnoj čvrstoći i prekidnom istezanju povećana količina kiše je imala mali utjecaj na otpornost geotekstila na probijanje u obje cestovne konstrukcije (tab.5). Međutim, povećanje promjera proboja bilo je veće kod duljeg vremena upotrebe (60 i 90 dana) zbog povećane mikrobijalne aktivnosti u vlažnim uvjetima

što uzrokuje veću razgradnju geotekstila.

3.3. Prosječna veličina pora

3.3.1. Utjecaj cestovne konstrukcije

Ispitivanjem veličina pora geotekstila u ovisnosti o cestovnoj konstrukciji uočeno je da na prosječnu veličinu pora jutjenog geotekstila prisutnost pješčanog sloja u cestovnoj konstrukciji ima velik utjecaj (sl.6). Prosječni

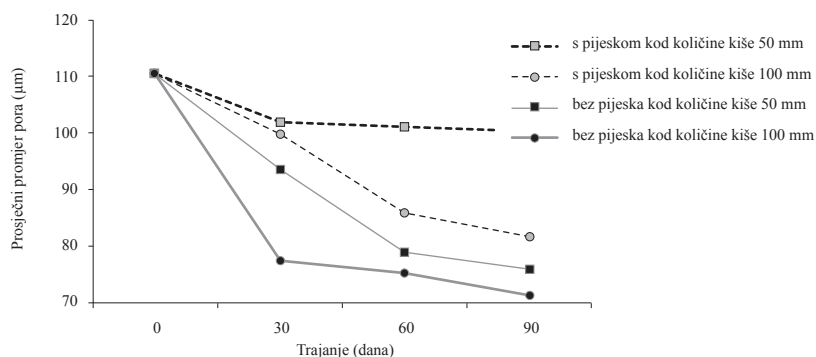
promjer pora jutjenog geotekstila s pješčanim slojem iznosio je 101,86 odnosno 100,41 μm kod količine kiše od 50 mm nakon 30 odnosno 90 dana upotrebe. Dok je u cestovnoj konstrukciji bez pješčanog sloja prosječna veličina pora iznosila 93,54 odnosno 78,89 μm kod iste količine kiše i vremena upotrebe (tab.4). Pješčani sloj u cestovnoj konstrukciji kontrolira protok zemljanih čestica u pore jutjenog geotekstila i sprječava blokiranje pora. Međutim, u cestovnoj konstrukciji bez pješčanog sloja protok zemljanih čestica u pore bit će veći, što rezultira u bržem smanjenju veličine pora. Smanjenje veličine pora bit će odgovorno za slabu transmitivnost vlage i razgradnju geotekstila, kao što je već prethodno navedeno.

3.3.2. Utjecaj količine kiše

Količina kiše također mnogo utječe na smanjenje veličine pora na jutjenom geotekstilu (tab.6) zbog povećanog tlaka vode i količine protoka čestica zemlje kod veće količine kiše. Povećani protok i tlak vode mogu nositi zemljane čestice duboko u strukturu jutjenog geotekstila i brzo blokirati njegove pore. Dakle, uočeno je da je smanjenje veličine pora veće kod veće količine kiše. Nadalje, smanjenje veličine pora bilo je manje u kasnijim danima upotrebe zbog zasićenja blokiranja pora. Vrijeme da se postigne zasićenje blokiranja pora varira ovisno o cestovnoj konstrukciji i količini kiše. Dakle, kod analize varijacije rezultata ispitivanja,

Tab.5 ANOVA rezultati za otpornost na probijanje geotekstila

Utjecaj	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode	Srednji kvadrat	$F_{\text{rač.}}$	$F_{\text{tab.}}$	Doprinos %
Pijesak	6,33	1	6,33	633	9,33	28,46
Kiša	1,23	1	1,23	123	9,33	5,53
Vrijeme	24,45	2	12,22	1222	6,93	54,94
Pijesak*kiša	1,41	1	1,41	141	9,33	6,34
Pijesak*vrijeme	1,21	2	0,60	60	6,93	2,7
Kiša*vrijeme	0,58	2	0,29	29	6,93	1,3
Pijesak*kiša*vrijeme	0,31	2	0,16	16	6,93	0,72
Pogreška	0,12	13	0,01			



Sl.6 Utjecaj cestovne konstrukcije i količine kiše na prosječnu veličinu pora na jutjenom geotekstilu

Tab.6 ANOVA rezultati prosječne veličine pora na geotekstilu

Utjecaj	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode	Srednji kvadrat	F _{rač.}	F _{tab.}	Doprinos %
Pijesak	2631,97	1	2631,97	28,9	7,17	39,71
Kiša	1783,77	1	1783,77	19,6	7,17	26,93
Vrijeme	1798,81	2	899,40	9,87	5,18	13,56
Pijesak*kiša	631,87	1	631,87	6,94	7,17	-
Pijesak *vrijeme	319,12	2	159,56	1,75	5,18	-
Kiša*vrijeme	211,1	2	105,55	1,16	5,18	-
Pijesak*kiša*vrijeme	828,97	2	414,48	4,55	5,18	-
Pogreška	3279,96	36	91,11			

pješčani sloj u cestovnoj konstrukciji doprinosi oko 39,71 % smanjenju veličine pora iza čega slijedi količina kiše (26,93 %) i vrijeme upotrebe (13,56 %).

4. Zaključak

U istraživanju utjecaja cestovne konstrukcije i količine kiše na vremenski ovisnu upotrebljivost jutjenog geotekstila za posteljicu, površinske mase 760 g/m² uočeno je da na prekidnu čvrstoću, prekidno istežanje, otpornost na probijanje i veličinu pora jutjenih geotekstila, koji utječu na ojačavanje i funkciju drenaže geotekstila, značajno utječu cestovna konstrukcija, količina kiše i vrijeme upotrebe. Utvrđeno je da prosječna veličina pora pokazuje manje promjene kod povećanja vremena upotrebe. Juteni geotekstil je bio potpuno razgrađen nakon upotrebe od 90 dana kod neasfaltiranih cesta koje su bile izložene količini kiše od 100 mm/h. Međutim, upotrebom pješčanog sloja

oko geotekstila u cestovnoj konstrukciji vrijeme upotrebe geotekstila se povećalo, odnosno usporen je postupak njegove razgradnje. Razlog tomu je kontrola rasta mikroba i početka razgradnje jutjenih vlakana. Zato upotreba jutjenog geotekstila s pješčanim slojem u neasfaltiranoj cestovnoj konstrukciji može osigurati poboljšanu upotrebljivost kod svih količina kiše. (Preveo M. Horvatić)

Autori zahvaljuju MHRD, New Delhi, Indija i Nacionalnom odboru za jutu (Geotextiles Division), Kolkata (Kolkata), Indija.

Literatura:

[1] John N.W.M.: Geotextiles, Blackie and Son, Glasgow (1987), 20-50
 [2] Jewell R.A.: Soil Reinforcement with Geotextiles, American society of civil engineers, Michigan (1996), 1-20
 [3] Giroud J.P., Noiray L.: Geotextiles-Reinforced unpaved road design, Journal of Geotechnical Engi-

neering-ASCE 107 (1981) 1233-1254
 [4] Basu G. et al.: Construction of unpaved rural road using jute synthetic blended woven geotextiles - A case study, Geotextile and Geomembranes 27 (2009) 506-512
 [5] Hufenus R. et al.: Full-scale field tests on geosynthetic reinforced unpaved roads on soft subgrade, Geotextile and Geomembranes 24 (2006) 21-37
 [6] Snayal T.: Jute and jute geotextiles, Indian geotechnical conference, Chennai 2006, 3-10
 [7] Kabir M.H. et al.: Jute fabric reinforced unpaved roads, Indian geotechnical conference, Chennai 2006, 40-44
 [8] Noorzad R., S.H. Mirmoradi: Geotextile and Geomembranes 28 (2010) 3, 283-392
 [9] Behra A.K., A. Roy: Geotechnical characterization of jute geotextiles, Indian geotechnical conference, Kochin 2011, 515-518
 [10] Subaida E.A. et al.: Laboratory performance of unpaved roads reinforced with woven coir geotextiles, Geotextile and Geomembranes 27 (2009), 204-210
 [11] Deb M.K., S. Chakrabarti: Construction of an economic road using jute geo-textiles in flexible pavements- an experimental study, 6th International Congress on Environmental Geotechnics, New Delhi 2010, 879-886
 [12] Babu K.K. et al.: Estimation of CBR of coir geotextiles reinforced subgrade, Highway Research Journal 4 (2011.), 41-47
 [13] Senthil K.P., D.S. Pandiammal: Effect of needle punched nonwoven coir and jute geotextiles on CBR strength of soft subgrade, ARPJ Journal of Engineering and Applied Science 6 (2011) 114-116
 [14] Ramaswamy S.D., M.A. Aziz: investigation on jute fabric as a geotextiles for subgrade stabilization, Fourth Conference of Road Engineering Association of Asia and Australia, Jakarta 1983, 145-158
 [15] Fannin R.J., O. Sigurdsson: Journal of Geotechnical Engineering-ASCE 26 (1996) 544-553
 [16] Rao AS.: Jute geotextiles application in Kakinada port area, Indian geotechnical conference, Chennai 2006, 159-163

- [17] Mahmud M. Et al.: Mitigation of soil erosion with jute geotextile aided by vegetation cover optimization of an integrated tactic for sustainable soil conservation system, *Global Journal of Researches in Engineering* (2012) 12-15
- [18] Saha P. Et al.: Durability of transesterified jute geotextiles, *Geotext Geomembranes* 35 (2012) 69-75
- [19] Manna S. Et al.: Enhanced biodegradation resistance of biomodified jute fibers, *Carbohydrate Polymers* 93 (2013) 597-603
- [20] Ranganathan S.R.: Development and potential of jute geotextiles, *Geotextile and Geomembranes* 13 (1994) 421-433
- [21] Mohy M.A.: Evaluation of properties of JGT and its assessment for short term and long term civil engineering applications, Master of Science thesis, BUET, Dhaka, 2005
- [22] Choudhury P.K. et al.: Application of jute geotextiles in rural road construction under PMGSY - a case study in west Bengal, *Indian geotechnical conference*, Ahmedabad 2005, 164-169
- [23] ASTM D 4751, American Society for Testing & Materials, Pennsylvania 2012
- [24] Saville B.P.: Physical testing of textiles, Woodheads publishing ltd, Cambridge 1999., 256-260
- [25] Kothyari U.C.: Erosion and sediment yield: global and regional perspectives, Wailling D.E., Webb B.W. (eds), IAHS publication, Wallingford (1996) 531-540
- [26] Stevenson P.E. et al.: Testing of high strength fabrics: reporting modulus low strain properties and ultimate tensile strength, *Journal of Industrial Textiles* 29 (2000) 4, 259-272
- [27] ASTM D 4595, American Society for Testing & Materials, Pennsylvania 2011
- [28] IS 13162-4, Bureau of Indian Standards, New Delhi 1992
- [29] ASTM D 6767, American Society for Testing & Materials, Pennsylvania 2014
- [30] Sahoo P.K. et al.: Characterization Biodegradation, and Water Absorbency of Chemically Modified Tossa Variety Jute Fiber via Pulping and Grafting with Acrylamide, *International Journal of Polymer Analysis and Characterization* 10 (2005) 153-167
- [31] Arshad K., M. Mujahid: Biodegradation of Textile Materials, Master Thesis, The Swedish School of Textiles, Bryggaregatan 2011
- [32] Talukdar M.K. et al: Performance of certain antimicrobial treated nonwoven jute fabrics, Fifth International Conference on Geotextiles Geomembranes and Related Products, Singapore 1994, 849-852
- [33] Dasgupta T.: Soil improvement by using jute geotextile and sand - a comparative study, *International Journal of Scientific Engineering and Technology* 3 (2014) 880-884
- [34] Sddiquee K.M.: Investigation of an optimum method of biodegradation process for jute polymer composites, *American Journal of Engineering Research* 3 (2014) 200-206
- [35] Senthil K.P., R. Rajkumar: Effect of geotextiles on CBR strength of unpaved road with soft subgrade, *Electronic Journal of Geotechnical Engineering* 17 (2012) 1355-1363

SUMMARY

Studies on serviceability of jute geotextiles in unpaved roads at different rainfall conditions

V. Kumar Midha, S. Kumar S, N. Sharma

Geotextiles in roads provide better reinforcement and drainage functions. In this paper, 760 g/m² grade jute geotextiles/geojute were laid in unpaved road designs with and without sand layer, for durations of 30, 60 and 90 days, and were subjected to 50 and 100 mm/hour simulated rainfall. It was observed that the tensile strength, breaking elongation and puncture resistance properties, which influence the reinforcement function of jute geotextiles are significantly influenced by the presence of sand layer in road design, which was followed by rainfall intensity and duration of usage. The average pore size which influences the drainage function of jute geotextiles was highly influenced by the sand layer and rainfall intensity.

Key words: jute geotextiles, reinforcement, drainage, unpaved roads, rainfall intensity

*Dr. B.R. Ambedkar National Institute of Technology
Department of Textile Technology
Jalandhar, India
e-mail: midhav@rediffmail.com*

Received January 3, 2016

Untersuchungen über die Gebrauchstauglichkeit von Jutegeotextilien in nicht asphaltierten Strassen unter verschiedenen Regenbedingungen

In Straßen verlegte Geotextilien liefern bessere Verstärkungs- und Drainagefunktionen. Im Rahmen der Untersuchungen, die in diesem Artikel veröffentlicht sind, wurden 760 g/m² Jutegeotextilien/Geojutegewebe in nicht asphaltierten Strassen mit und ohne Sandschicht für die Dauer von 30, 60 und 90 Tagen verlegt und einer simulierten Niederschlagsmenge von 50 und 100 mm/h ausgesetzt. Es wurde bemerkt, dass Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Durchstossfestigkeit, die die Verstärkung durch Jutegeotextilien beeinflussen, durch die Anwesenheit von der Sandschicht in der Strassengestaltung wesentlich beeinflusst werden. Danach wurde die Auswirkung von Niederschlagsmenge und Gebrauchsdauer untersucht. Die Sandschicht und die Niederschlagsmenge beeinflussten wesentlich die durchschnittliche Porengrösse, die ihrerseits die Drainagefunktion von Jutegeotextilien beeinflusst.