

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GRAĐEVINSKI FAKULTET**

## **Vlačna ispitivanja geomreža**

**Frane Burazer Iličić**

**Andrija Tukša**

Zagreb, 2017.

Rad je izrađen u Zavodu za prometnice Građevinskog fakulteta u Zagrebu pod mentorstvom prof.dr.sc. Tatjane Rukavina i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade za akademsku godinu 2016./2017.

## Popis i objašnjenje kratica korištenih u radu

HRN EN 10319 - Europska norma „Geotextiles - Wide-width tensile test“

EOTA TR 41 – dokument „Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate“

ASTM D 5617 – Američka norma „Standard Test Method for Multi-axial Tension Test for Geosynthetics“

MD – 'machine direction', smjer proizvodnje

CMD – 'cross machine direction', smjer okomit na smjer proizvodnje

$\varphi$  - kut unutarnjeg trenja

$\text{kg/m}^2$  – kilogram po metru kvadratnom, masa po jedinici površine

$^{\circ}\text{C}$  – Celzijev stupanj, mjerna jedinica temperature

m – metar, mjerna jedinica duljine

mm – milimetar, mjerna jedinica duljine

PE - polietilen

PP - polipropilen

PET - poliester

PEHD – polietilen visoke gustoće (en. 'high density')

a – razmak između rebara u MD smjeru, mjeri se u milimetrima

b – razmak između rebara u CMD smjeru, mjeri se u milimetrima

h – visina rebara, mjeri se u milimetrima

d – širina rebara, mjeri se u milimetrima

D – visina čvora, mjeri se u milimetrima

R – radijus čvora, mjeri se u milimetrima

$\text{g/cm}^3$  – gram po centimetru kubičnom, mjerna jedinica gustoće

$\text{kN/m}^2$  – kilonewton po metru kvadratnom, mjerna jedinica naprezanja

kN – kilonewton, mjerna jedinica sile

$\%/min$  – posto po minuti, mjerna jedinica brzine deformacije

$\alpha_f$  – oznaka vlačne čvrstoće

$F_f$  – maksimalna sila, izražava se u kN

c – odnos minimalnog broja vlačnih uzoraka i broja vlačnih uzoraka po 1 m duljine

$N_m$  - minimalni broj vlačnih elemenata u 1 m širine geomreže

$N_s$  - minimalni broj vlačnih elemenata ispitnog uzorka

$J_{sec}$  – sekantna čvrstoća po HRN EN 10319 normi

$F_c$  - ispitivanjem određena sila pri deformaciji  $\epsilon$

$\varepsilon$  - deformacija, izražava se u [%]

$j$  – radijalna sekantna čvrstoća kod EOTA-e, kN/m

$F$  - ispitivanjem određena sila u kN pri deformaciji  $\varepsilon$

$B$  - efektivna širina uzorka u metrima

kPa – kilopaskal, mjerna jedinica tlaka

psi - pound per square inch, američka mjerna jedinica tlaka

kPa/h – kilopaskal po satu

kPa/min – kilopaskal po minuti

$F_{x1}$  – sila pri deformaciji od 2%, mjeri se u kN

$F_{x2}$  - sila pri deformaciji od 5%, mjeri se u kN

$F_{max}$  - najveća zabilježena sila, mjeri se u kN

$T_{max}$  – čvrstoća pri zabilježenoj maksimalnoj sili, mjeri se u kN/m

$e_{max}$  – maksimalna deformacija, mjeri se u postotcima

kN/m – mjerna jedinica čvrstoće

$J_{sec2}$  – radijalna sekantna krutost po HRN EN 10319 normi, pri 2% deformacije

$J_{sec5}$  – radijalna sekantna krutost po HRN EN 10319 normi, pri 5% deformacije

$J_{secmax}$  - radijalna sekantna krutost po HRN EN 10319 normi, pri najvećoj deformaciji

$j_2$  - radijalna sekantna krutost po EOTA dokumentu, pri 2% deformacije

$j_5$  - radijalna sekantna krutost po EOTA dokumentu, pri 5% deformacije

$J_{sec7.43}$  - radijalna sekantna krutost po HRN EN 10319 normi, pri 7.43% deformacije

$j_{7.43}$  - radijalna sekantna krutost po EOTA dokumentu, pri 7.43% deformacije

$J_{sec9.64}$  - radijalna sekantna krutost po HRN EN 10319 normi, pri 9.64% deformacije

$j_{9.64}$  - radijalna sekantna krutost po EOTA dokumenti, pri 9.64% deformacije

$\sigma_{x1}$  – naprezanje kod višeosnog ispitivanja pri deformaciji od 2%

$\sigma_{x2}$  – naprezanje kod višeosnog ispitivanja pri deformaciji od 5%

$\sigma_{max}$  – naprezanje kod višeosnog ispitivanja pri maksimalnoj deformaciji

$\varepsilon_{MD}$  – deformacije kod jednoosnog ispitivanja u 'machine direction' smjeru

$\varepsilon_{CMD}$  – deformacije kod jednoosnog ispitivanja u 'cross machine direction' smjeru

## SADRŽAJ RADA

1. UVOD.....	1
3. GEOMREŽE.....	2
3.1. Osnovne funkcije geomreža .....	5
3.2. Svojstva geomreža .....	8
4. MATERIJALI I METODE.....	10
4.2.2. Ispitivanje prema HRN EN 10319.....	14
4.2.3. Ispitivanje prema dokumentu EOTA TR 41.....	17
4.2.4. Ispitivanje višeosne vlačne čvrstoće prema ASTM D 5617 .....	19
7. PRILOZI.....	41
7.1. Prilog 1 .....	42
Rezultati jednoosnog ispitivanja dvoosnih geomreža.....	42
7.2. Prilog 2 .....	45
Rezultati jednoosnog ispitivanja troosnih geomreža .....	45
7.3. Prilog 3 .....	50
Rezultati višeosnog ispitivanja geomembrana .....	50
7.4. Prilog 4 .....	57
Rezultati višeosnog ispitivanja sustava .....	57
dvoosnih geomreža i geomembrana.....	57
7.5. Prilog 5 .....	66
8.ZAHVALA.....	73
9. POPIS LITERATURE.....	74
10.POPIS SLIKA.....	75
11.POPIS TABLICA.....	76
12.SAŽETAK.....	77
13. SUMMARY.....	77

## 1. UVOD

Sve veći zahtjevi koji se postavljaju na suvremene konstrukcije u građevinarstvu rezultirali su uporabom novih materijala i proizvoda, ponekad i takvih da se prije nekoliko desetaka godina o njima nije ni razmišljalo. Razvoj industrije polimernih materijala rezultirao je pojavom proizvoda koji su omogućili pojavu, a samim time i primjenu nove generacije tehnoloških rješenja.

Potrebe građevinarstva za materijalima plošnog oblika, različite strukture i geometrije, različitih svojstava i funkcija dovela je do ideje o uporabi sintetskih proizvoda, oblika tkanina, folija ili mreža. Primjena ovih materijala u graditeljstvu, od početka je vezana prvenstveno uz zemljane radove, tako da je vrlo brzo za te materijale usvojen naziv geosintetici (gr. geo - zemlja, gr. sintetici - od umjetnih materijala). Primjena ovih materijala od trenutka kada su svojom cijenom postali konkurentni klasičnim materijalima zbog mnogih tehničkih prednosti, doživjela je nevjerojatan razvoj, tako da se danas može reći da su doveli do jedne od najvećih tehničkih revolucija u povijesti građevinarstva, posebice kod građenja objekata infrastrukture i hidrotehničkih građevina. U našoj se zemlji geosintetici s uspjehom upotrebljavaju već gotovo 40 godina.

Prilikom građenja objekata infrastrukture, cestovnih i željezničkih građevina, aerodroma i luka, geosintetski se materijali, kako u svijetu, tako i kod nas prvenstveno koriste pri rješavanju problema slabo nosivih tala. Pri tome, pod nazivom geosintetici, obuhvaćen je veći broj različitih proizvoda, pojedinačno nazvanih geotekstilima, geomrežama, geomembranama i geokompozitima. Svojim djelovanjem, svaki se od ovih proizvoda razlikuje u određenoj mjeri od drugih.

Istraživanja vezana uz uporabu geosintetika su brojna, međutim, kako se neprestano pojavljuju novi proizvodi, potreba za istraživanjima svojstava i djelovanja u konstrukciji, kao i mogućnosti ocjene kvalitete, primjenom različitih ispitivanja i mogućnošću usporedbe rezultata provedenih ispitivanja tih novih proizvoda s onima poznatim već od prije je stalna.

U prilog nastojanjima da se iznađe jednostavan, a opet primjeren način ispitivanja geomreža kao jedne grupe geosintetskih materijala u okviru koje se javlja sve više novih proizvoda različite strukture i geometrije, različitih načina proizvodnje i od različitih materijala, u okviru ovog rada provedeno je ispitivanje vlačnih svojstava dva tipa geomreža, klasične mreže kvadratnog oblika otvora (dvoosne mreže), te na tržištu novijeg tipa mreže, otvora oblika trokuta (troosne mreže) primjenom jednoosnog i višeosnog vlačnog ispitivanja.

Ovim se istraživanjem željelo ocijeniti primjenjivost pojedinih načina ispitivanja te utvrditi mogućnost usporedbe rezultata ispitivanja vlačnih svojstava, dobivenih primjenom različitih standarda kojima se definira postupak ispitivanja. U okviru istraživanja, razmatralo se ispitivanje vlačnih svojstava različitih tipova geosintetskih materijala, pa prema tome i geomreža, postupcima definiranim europskom normom HRN EN 10319 (Geotextiles -

Wide-width tensile test), dokumentom EOTA TR41 (Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate) te ASTM D 5617 (Standard Test Method for Multi-axial Tension Test for Geosynthetics). Naime europska norma HRN EN 10319 prvenstveno je namijenjena ispitivanju geosintetika zatvorene strukture kao što su geotekstili i geokompoziti, međutim postupkom definiranim ovom normom uobičajeno se ispituju i geomreže, kao proizvodi otvorene strukture pri čemu se razlikuje samo interpretacija rezultata. Dokument EOTA-e opisuje postupak ispitivanja samo heksagonalnih (troosnih) mreža, osnovne postavke ispitivanja iste su kao kod europske norme HRN EN 10319, no iskazivanje i interpretacija rezultata u potpunosti su drugačiji, tako da usporedba rezultata ispitivanja nije direktno moguća. Višeosno vlačno ispitivanje, postupak kojega je definiran u ASTM standardu predstavlja, uz određene modifikacije, ispitivanje primjenjivo na sve tipove geomreža, čime se otvara mogućnost jednostavne usporedbe geomreža različite geometrije otvora, debljine rebara i načina proizvodnje.

## **2. HIPOTEZA RADA**

Ispitivanje vlačnih svojstava geomreža moguće je provesti na više načina, od kojih su oni najčešće primjenjivani definirani u europskoj normi HRN EN 10319 (Geotextiles -Wide-width tensile test) te dokumentu EOTA TR41 (Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate). Cilj ovog rada je utvrđivanje mogućnosti primjene višeosnog vlačnog ispitivanja prema ASTM D 5617 (Standard Test Method for Multi-axial Tension Test for Geosynthetics) za određivanje vlačnih svojstava geomreža.

Imajući u vidu postavljeni cilj definirana je hipoteza rada na slijedeći način:

- Modificiranim postupkom višeosnog vlačnog ispitivanja prema ASTM D 5617 simulira se radijalna raspodjela naprezanja u tlu
- Višeosnim vlačnim ispitivanjem dobivaju se realni i usporedivi rezultati za geomreže različite geometrije otvora
- Oblik otvora nema utjecaj na radijalna vlačna naprezanja u geomreži pod djelovanjem radijalnog horizontalnog opterećenja koje se javlja s donje strane sloja ugrađenog iznad geomreže.

## **3. GEOMREŽE**

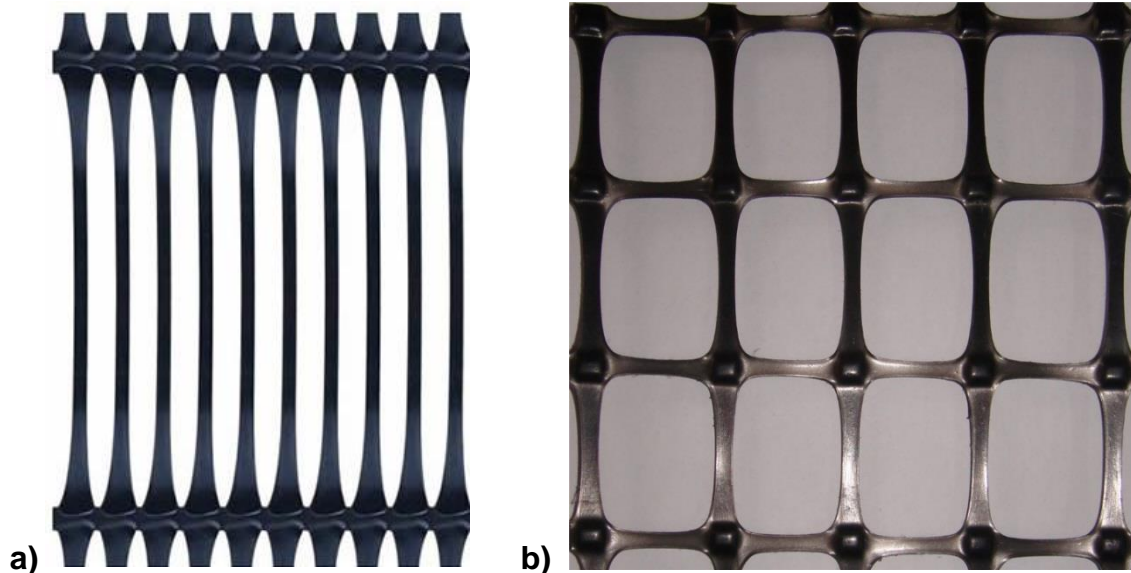
Geomreže predstavljaju posebnu grupu geosintetskih materijala vrlo otvorene strukture, otvora mnogo većih od dimenzija materijala, a koja se primjenjuje pri izgradnji ili održavanju građevinskih objekata. Geomreže se prvenstveno proizvode od polimernih materijala,

polietilena, polipropila, poliestera i sličnih. U posljednje su se vrijeme pojavile mreže izrađene od staklenih vlakana koje se koriste prilikom sanacije kolničkih konstrukcija, kao armaturni element u asfaltnim slojevima, međutim ovaj tip geomreža nije predmet ovog istraživanja.

Mreže od polimernih materijala proizvode se na nekoliko načina:

- perforacijom i naknadnim oblikovanjem otvora na zagrijanoj polimernoj foliji,
- zavarivanjem i
- ekstrudiranjem.

Način proizvodnje **perforiranjem i oblikovanjem otvora na zagrijanoj polimernoj foliji** započinje bušenjem polimerne folije izrađene od polipropilena ili polietilena visoke gustoće pomoću posebnih noževa. Veličina i raspored otvora ovise o tipu konačnog proizvoda. U uvjetima kontroliranog zagrijavanja probušene se folije izvlače po dužini pri čemu se nepravilno orijentirani dugački lanci molekula polimera istežu i pravilno orijentiraju u smjeru izvlačenja. Na taj se način povećava vlačna čvrstoća i krutost u uzdužnom smjeru (smjer proizvodnje, „machine direction“- MD) koja karakterizira jednoosne mreže, slika 1a. Istezanjem takve mreže i u poprečnom smjeru (smjer okomito na smjer proizvodnje, „cross machine direction“-CMD) dobiva se dvostruko istegnuta mreža koju karakteriziraju visoke vrijednosti vlačne čvrstoće u smjeru obje osi, a kao posljedica preorijentacije polimera. Ovakve mreže, koje karakterizira ista ili slična čvrstoća u smjeru proizvodnje (MD), odnosno u smjeru okomitom na smjer proizvodnje (CMD), nazivaju se dvoosnim mrežama, slika 1b.



**Slika 1.** Geomreže dobivene perforiranjem i oblikovanjem otvora na zagrijanoj polimernoj foliji, jednoosna (a) i dvoosna (b) mreža,

Troosne se mreže, slika 2, dobivaju na isti način pri čemu inicijalni otvori imaju oblik trokuta a istezanje se odvija u smjerovima paralelnim sa stranicama trokuta. Ovaj se tip mreža pojavio

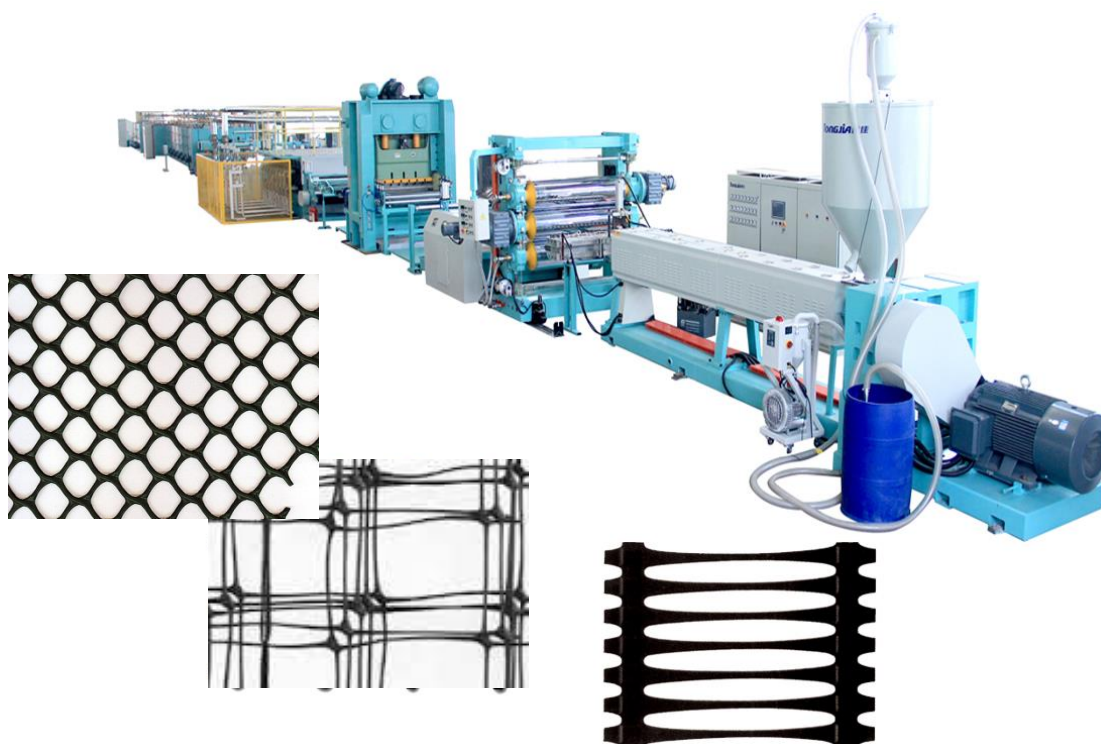


prije petnaestak godina, kao ekskluzivni proizvod tvrtke TENSAR, i, koliko je poznato, navedena tvrtka ima ekskluzivno pravo njegove proizvodnje.



**Slika 2.** Troosna mreža

**Ekstrudirane mreže**, slika 3, proizvode se od različitih materijala kao što su polietilen, plastificirani i ekspanzirani polistiren, posebnim tehnološkim postupkom, ekstruzijom. Zbog fleksibilnosti tehnologije mogu se proizvesti mreže različitog oblika otvora, različite debljine filamenata, dimenzija i slično.



**Slika 3.** Uređaj za ekstrudiranje i oblik ekstrudiranih mreža

Postupak proizvodnje ekstruzijom provodi se pomoću sistema od dvije matrice koje se okreću u suprotnom smjeru. Dijeljenjem toka rastaline polimera, od međusekcije do međusekcije, dobivaju se niti. Međusekcija nastaje kada se prilikom okretanja matrica urezi na unutarnjoj i vanjskoj matrici poklope, pri čemu se ekstrudira jedna nit. Pomakom ureza iz položaja međusekcije ekstrudiraju se dvije niti. Karakteristike mreža ovise o brzini rotacije, prirodi okretaja (oscilirajuće, kontinuirano okretanje) i obliku otvora rotirajuće matrice. Tako, naprimjer, zaustavljanjem jedne matrice dobiva se mreža kvadratnog oblika otvora, stabilna u oba smjera. Istezanjem rasiječene mreže na valjcima za izvlačenje pod kutem od 45° nastaje plošni oblik mreže s nitima istegnutim u dva smjera. Dvosmjerno se istežanje izvodi u dvije faze. Neposredno po napuštanju ekstruderske linije, mreža se isteže pomoću valjaka, koji rotiraju različitim brzinama u zagrijanoj vodenoj kupki, a zatim se mreža propušta kroz stroj s valjcima, pomoću kojeg se istežu poprečne niti mreže. Pri tom izvlačenju dolazi do orijentacije molekula polimera čime se poboljšavaju njegova mehanička svojstva. Mreže proizvedene ovim postupkom karakterizira relativno mala čvrstoća i modul elastičnosti materijala.

**Zavarene mreže**, slika 4, dobivaju se postavljanjem vlakana ili traka na određenu udaljenost, jedne preko drugih, i njihovim spajanjem kemijskim, termičkim ili mehaničkim procesom.



**Slika 4.** Zavarene mreže

Ovisno o položaju vlakana ili traka dobivaju se pravokutni ili romboidni otvori mreža. Veličina otvora određena je točnom udaljenošću između vlakana.

### **3.1. Osnovne funkcije geomreža**

Pod funkcijom geosintetika podrazumijevamo specijalizirano djelovanje koje se zahtijeva kako bi se postigao željeni učinak (projektna svrha i cilj) iz jedinstvene kombinacije svojstava geosintetika. (21) Da bi se moglo pravilno odrediti funkciju koju geosintetik obavlja kao dio konstrukcije, potrebno je detaljno poznavati područje primjene. Opisom funkcija dobiva se uvid u svojstva geosintetika neophodna za njihovo ispunjavanje.

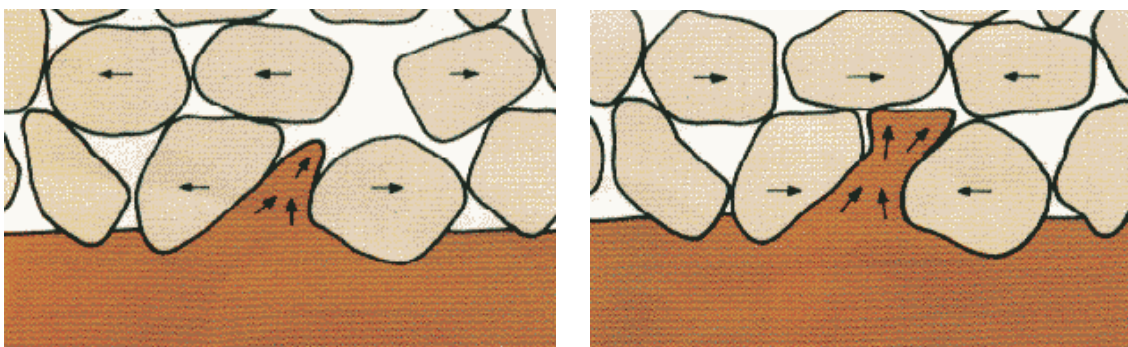
Poznavajući funkcije geosintetika, kao i zahtijevana svojstva materijala, moguće je fizikalno izraziti odnose između konstrukcije, funkcija i svojstava materijala, koje na taj način postaje moguće vrednovati. Definiranje potrebnih svojstava omogućuje odabir pogodnog materijala.

U sastavu modernih građevina, geosintetici mogu, istovremeno ili zasebno, u određenom trenutku, obavljati, ovisno o stanju opterećenja i položaju u konstrukciji, nekoliko funkcija:

- funkciju razdvajanja
- funkciju filtriranja
- funkciju dreniranja
- funkciju armiranja
- funkciju zaštite
- funkciju ventila
- funkciju brtvljenja
- funkciju izoliranja

Geomreže, o kojima je riječ u ovome radu, kao građevinski materijal imaju samo funkciju armiranja. Pojavom troosnih mreža, uz pojam geomreže, počeo se vezati i pojam funkcije stabilizacije slabo nosivog tla. Međutim, iz opisa ove funkcije jasno se može iščitati da se zapravo radi o pojmu uklještenja zrna agregata u otvore mreže, koje kao posljedicu ima djelovanje koje se već prije vezalo uz jednoosne i dvoosne mreže. U nastavku, ukratko će se razjasniti ova dva pojma.

Pod djelovanjem prometnog opterećenja dolazi do deformacije nosivog sloja, pri čemu na donjoj strani sloja zrnatog kamenog materijala dolazi do bočnog širenja agregata, slika 5. Zbog vlačnih i posmičnih deformacija koje nastaju pri savijanju pod djelovanjem kotača dolazi do širenja sloja s njegove donje strane i do stvaranja „pukotina“. U nastale pukotine prodiru sitne čestice tla, što uzrokuje gubitak kontakta između zrna. Posljedica je smanjenje kuta unutarnjeg trenja sloja ( $\varphi$ ). Postepeno dolazi do začepljenja pora i nakupljanja sitnih čestica u tolikoj mjeri da zrna počinju plivati. Dolazi do gubitka homogenosti nosivog sloja te sloj poprima karakteristike tla posteljice.



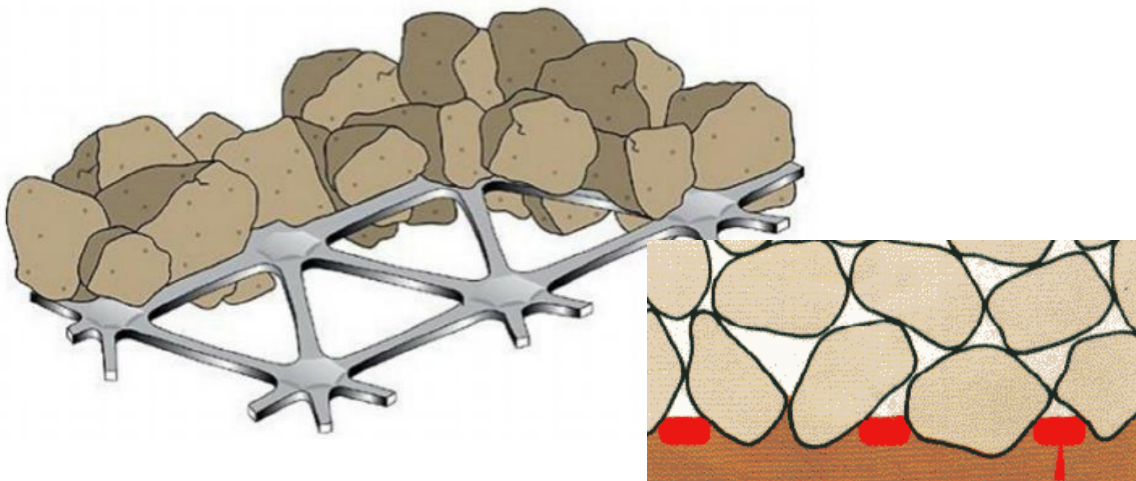
**Slika 5.** Efekt pumpanja sitnozrnatog materijala u sloj od nevezanog zrnatog kamenog materijala

Pri opetovanom ponavljanju opterećenja dolazi do pojave efekta „pumpanja“, koji povećava prodor sitnih čestica iz tla posteljice u prostore između zrna sve dublje u nosivi sloj, čime se njegova nosivost i sposobnost rasprostiranja opterećenja sve više smanjuje, te postepeno dolazi do loma.

Ugradnjom geomreže, između nosivog sloja od zrnatog kamenog materijala i slabo nosivog tla posteljice kod cesta ili, primjerice, površine donjeg ustroja i balastnog materijala kod željeznice, može se poboljšati ponašanje sustava 'nevezani nosivi sloj od kamenog agregata – zemljani materijal posteljice' i spriječiti, ili barem odgoditi, progresivno oštećivanje konstrukcije.

Uvođenjem geomreže, koja za razliku od tla, posjeduje znatnu vlačnu čvrstoću, djeluje se na nosivost čitavog sustava. Drugim riječima, geomreža u tlu djeluje kao neka vrsta armature, na način da djelomično preuzima, i raspodjeljuje na veću površinu, naprezanja koja se javljaju od opterećenja. Na taj se način sprječava lokalno preopterećenje i prekomjerne deformacije tla male nosivosti.

Utjecaj geomreža na ponašanje nosivog sloja rezultat je uklještenja materijala sloja i mreže, slika 6. U donjoj je zoni nosivi sloj na taj način armiran, čime se znatno poboljšava njegovo ponašanje pod djelovanjem prometnog opterećenja. U nosivom sloju od zrnatog kamenog materijala, zbog uklještenja zrna agregata i mreže, u njegovom se donjem dijelu sprječava bočno razmicanje kamenih zrna pod djelovanjem prometnog opterećenja.



**Slika 6.** Mehanizam uklještenja zrna sloja kamenog materijala u otvore mreže

Na taj način ostaje sačuvana homogenost sloja, kao i njegova efektivna debljina. S druge strane, zbog uklještenosti s mrežom, ne dolazi do razmicanja zrna, pa sitne čestice tla teško ulaze u sloj. Pri tome, djelotvornost mreža, u pogledu sprječavanja onečišćenja materijala nosivog sloja sitnim česticama tla, ovisi o konzistenciji tla posteljice, sadržaju vode, posmičnoj čvrstoći i granulometrijskom sastavu kamenog materijala.

Nadalje, uklještenjem zrna u otvore mreže spriječava se njihovo utiskivanje u slabo nosivo tlo. Ukoliko se odabere adekvatna veličina zrna agregata nosivog sloja (najveće zrno približno jednako minimalno polovici širine otvora mreže), postižu se vrlo dobri rezultati. Uslijed smanjenja deformacija i pomaka, kao posljedica uklještenja zrna agregata, smanjuje se i njegovo drobljenje, što može biti vrlo korisno ukoliko se upotrijebi slabiji lokalni materijal. Geomreže također utječu na ponašanje posteljice. Ugrađena geomreža ograničava mogućnost deformacije tla posteljice, smanjuje vertikalno naprezanje na posteljicu, a javlja se i efekt napete membrane (geomembrana se deformira pod djelovanjem opterećenja kotača u obliku vala, pri čemu se, zbog istezanja u geomreži javlja povećano vlačno naprezanje, čime se ograničava deformacija i smanjuje naprezanje ispod i oko površine nanošenja opterećenja, aktiviranjem membranskog armiranja). Pored navedenog, mreže povećavaju trenje na međupovršini nosivog sloja i posteljice, zbog zrna koja vire kroz mrežu, što je jedinstveni efekt koji se ne javlja kod drugih tipova geosintetika.

### **3.2. Svojstva geomreža**

Geomreže koje se primjenjuju u građevinarstvu, moraju ispunjavati određene zahtjeve koji se odnose na funkcionalna i nosiva svojstva, kako bi se osigurala njihova kvaliteta, a primjena u konstrukciji bila sigurna i opravdana. Svojstva koja geomreže trebaju zadovoljiti dijele se u dvije grupe: fizikalna i mehanička svojstva.

Fizikalna se svojstva odnose na otpornost mreže na vanjske utjecaje kao i na otpornost pri ugradnji. U pogledu fizikalne postojanosti geomreže moraju zadovoljiti ove kriterije:

- masa po jedinici površine - važan kriterij u pogledu mogućnosti i jednostavnosti manipulacije mrežama na gradilištu, koji također utječe i na cijenu transporta. S obzirom na smjer nošenja, okvirne vrijednosti su dane za jednoaksijalne, i to od 0,5 do 1,10 kg/m<sup>2</sup>, a za dvoaksijalne od 0,2 do 0,55 kg/m<sup>2</sup>
- otpornost na temperature - u pogledu svojstva plastičnih materijala, odnosno ovisnosti čvrstoće o temperaturi, najveća zatezna čvrstoća bit će pri temperaturi od 0°C, dok se kod temperatura većih od 40°C zatezna čvrstoća smanjuje 10-50% u ovisnosti o materijalu od kojeg je mreža napravljena. Iz ovog razloga treba se voditi računa, ako se mreža ugrađuje u asfaltne slojeve, da bude otporna na visoke temperature do kojih dolazi prilikom ugradnje asfaltnih slojeva.
- otpornost na ultraljubičasto zračenje te atmosferilije - jedno od najnepoželjnijih svojstava polimera je neotpornost na ultraljubičasto zračenje, što može dovesti do smanjenja otpornosti na vlak i do 10%. Zbog toga je potrebno dodavati aditive ili koristiti premaze pri proizvodnji, kako bi se poboljšala otpornost mreža na

ultraljubičasto zračenje te produžio vijek trajanja. Srećom, površina mreže izložena zračenju je relativno mala.

- otpornost na kemijske utjecaje - geomreže se već pri proizvodnji zaštićuju od štetnih utjecaja kiselina, lužina i soli, te na taj način postaju inertne na njihove utjecaje i prije izlaska iz tvornice.
- otpornost na prirodne utjecaje - situacija kod prirodnih utjecaja, poglavito životinja, je slična onoj kod kemijskih utjecaja. Mreže se već pri proizvodnji tretiraju protiv nametnika i mikroorganizama, kako bi zadržale svoju cjelovitost.

Mehanička svojstva određuju postojanost mreža na pritisak, rastezanje, kidanje i proboj kao i svojstva deformabilnosti. Neka od tih svojstava su:

- vlačna čvrstoća – ispitivanje podrazumijeva mjerenje vlačne sile i pripadne deformacije te prikaz dijagrama odnosa izmjerenih parametara. S većom brzinom prirasta deformacije do loma uzorka dolazi pri većoj sili, ali manjoj deformaciji. Smanjenjem brzine prirasta deformacije do loma uzorka dolazi pri manjoj sili, ali većoj ukupnoj deformaciji. Isto tako, u slučaju opterećenja konstantnom vlačnom silom, ukoliko je ta sila veća, postiže se najveća deformacija, međutim do sloma dolazi najbrže. Pri opterećenju malom vlačnom silom postiže se manja deformacija, međutim do sloma dolazi sporije.
- interakcija mreže i tla – definira se trenjem između geomreže i tla. Određuje se koeficijentom interakcije  $\alpha_i$ , koji je omjer koeficijenta trenja tla s geomrežom i koeficijenta trenja tla bez geomreže.  $\alpha_i$  je značajan za proračun duljine sidrenja geomreže.
- tečenje – kod geomreže od polietilena (PE) i polipropilena (PP) dolazi do pojave plastičnog tečenja pri veličini vlačne sile od oko 30-35% maksimalne vlačne sile pri lomu, dok kod geomreža od poliestera (PET) do plastičnog tečenja dolazi pri vlačnoj sili od oko 70% vlačne sile pri lomu. Stoga se PP i PE mreže koriste pri armiranju kosina usjeka ili nasipa, dok se PET mreže koriste kao armirajući elementi kod konstrukcija od armiranog tla.

Od opisanih svojstava za pravilno funkcioniranje geomreže u konstrukciji, najvažnija je vlačna čvrstoća, te će se u nastavku detaljnije razraditi postupci njenog ispitivanja, ispitivanje prema HR EN 10319 (Geosintetici -- Vlačno ispitivanje na širokim trakama/Geosynthetics -- Wide-width tensile test), ispitivanje prema dokumentu EOTA TR 41 (Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate) koji predstavlja modificirani način ispitivanja prema EN 10319, primjeren samo ispitivanju troosnih mreža, te višeosno vlačno ispitivanje prema ASTM D 5617 (Standard Test Method for Multi-Axial Tension Test for Geosynthetics) koje se predlaže kao univerzalno ispitivanje dvoosnih i višeosnih mreža.

Višeosno vlačno ispitivanje nije primjereno za ispitivanje jednoosnih mreža, međutim, ove se mreže primjenjuju samo u slučaju kada je dominantno opterećenje u jednom smjeru, pa je vlačno ispitivanje koje se provodi prema EN 10319 primjerenije, a i bolje simulira situaciju u kojoj se takva mreža nalazi ugrađena u konstrukciju.

#### **4. MATERIJALI I METODE**

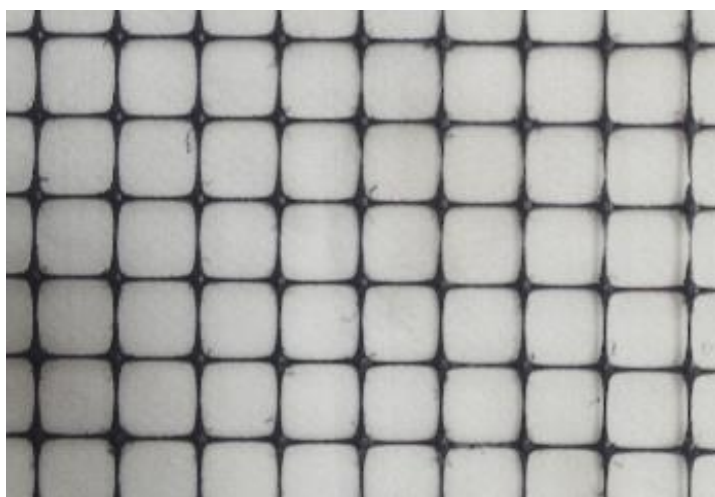
Istraživanje je provedeno na dva tipa geomreža – dvoosnim i troosnim u skladu sa prethodno opisanim standardima, koje se koriste za određivanje jednoosne i višeosne vlačne čvrstoće. Ispitivanja su provedena na uzorcima uzorkovanim u skladu s normom HRN ISO 9862 (Geosintetici – uzorkovanje i priprema ispitnih uzoraka/Geosynthetics – Sampling and Preparation of Test Specimens). Prema ovoj se normi uzorci uzorkuju po čitavoj širini role, u području koje se nalazi minimalno 0,5 m od ruba role. Ispitne uzorke potrebno je smjestiti po dijagonali uzorka kojeg reprezentiraju. Korišteni materijali i metode ispitivanja opisane su u nastavku.

##### **4.1. Materijali**

U svrhu istraživanja vlačnih karakteristika geomreža, ispitivanja su provedena na biaksijalnim i triaksijalnim polietilenskim mrežama visoke gustoće, proizvedenim postupkom perforiranja i razvlačenja.

##### **4.1.1. Dvoosna geomreža**

Na slici 7 prikazana je ispitivana dvoosna mreža kvadratnih otvora.



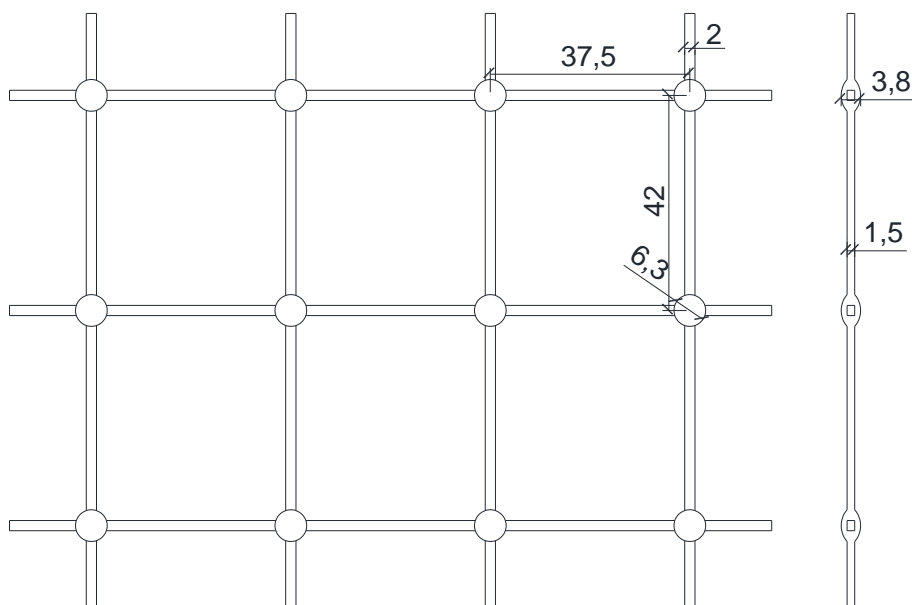
**Slika 7.** Dvoosna geomreža

U cilju utvrđivanja geometrijskih karakteristika, na pet je uzoraka provedeno mjerenje veličine otvora, visine i širine rebara te polumjera i visine čvora (Tablica 1). Na slici 8 prikazana je geometrija mreže, s time da su navedene prosječne vrijednosti rezultata mjerenja na pet

ispitnih uzoraka. Za predmetnu, dvoosnu mrežu, usvojene su dimenzije veličine otvora 37,5x40 mm, poprečnog presjeka rebara 1,5x2,0 mm, s čvorovima prosječne visine 3,8 mm i promjera 6,3 mm

**Tablica 1.** Geometrijske karakteristike dvoosnih mreža

Broj ispitnog uzorka	Udaljenost rebara MD/CMD (a/b)	Visina rebra (h)	Širina rebra (d)	Visina čvora (H)	Promjer čvora D
	mm/mm	mm	mm	mm	mm
1	37,37/39,91	1,47	2,00	3,77	6,25
2	37,42/39,87	1,52	1,94	3,84	6,22
3	37,75/40,20	1,48	2,04	3,79	6,40
4	37,70/40,25	1,45	1,98	3,82	6,27
5	37,39/39,81	1,55	2,01	3,81	6,30
<b>Srednja vrijednost</b>	37,52/40,01	1,49	1,99	3,81	6,28
<b>Usvojena vrijednost</b>	37,50/40,00	1,50	2,00	3,80	6,30

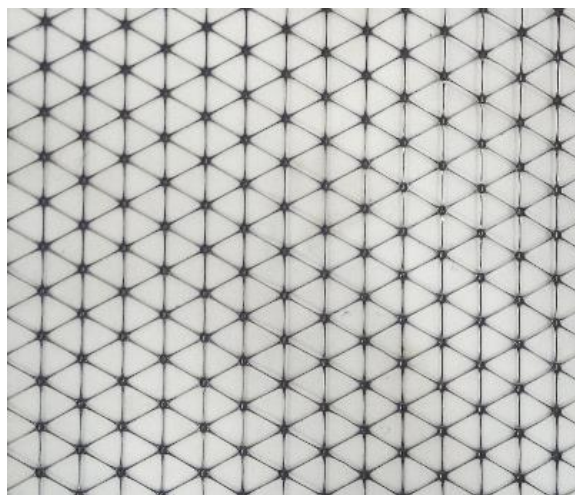


**Slika 8.** Geometrija ispitnog uzorka

#### 4.1.2. Troosna geomreža

Troosna mreža trokutastih otvora, na kojoj su provedena ispitivanja vlačnih svojstava prikazana je na slici 9.



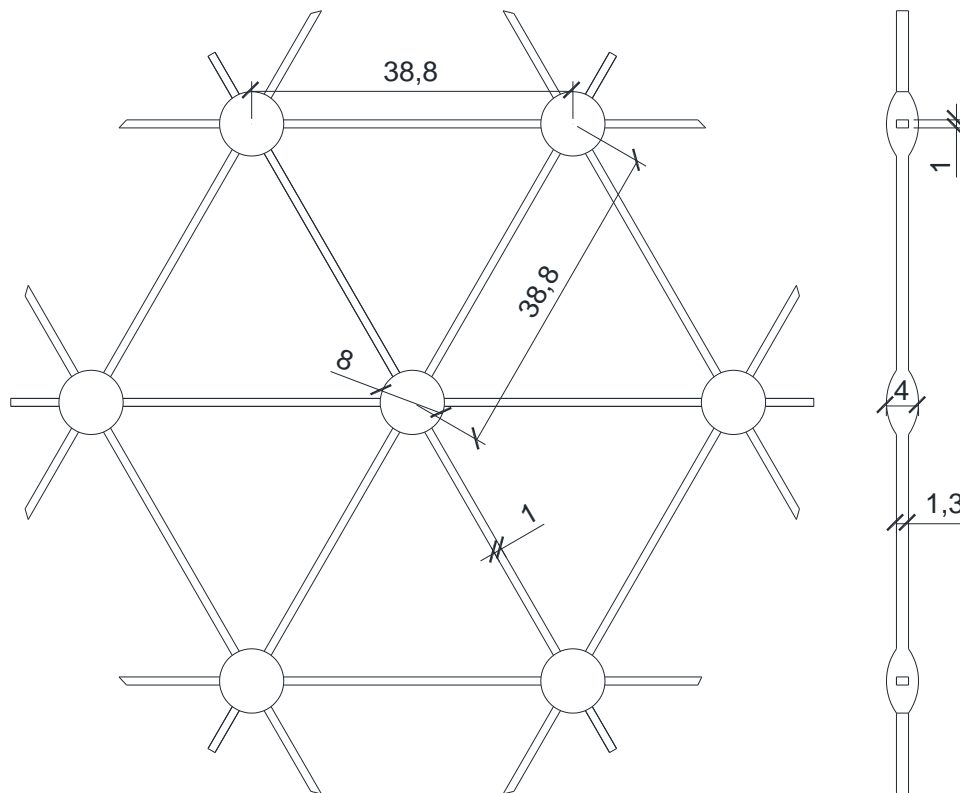


**Slika 9.** Troosna geomreža

Kao i kod dvoosnih mreža, radi utvrđivanja geometrijskih karakteristika, provedena su mjerenja veličine otvora, visine i širine rebara te polumjera i visine čvora na pet uzoraka (Tablica 2). Temeljem dobivenih rezultata, određene su prosječne vrijednosti mjerenih veličina, koje su usvojene kao mjerodavne prilikom ispitivanja. Za predmetnu mrežu usvojene su dimenzije veličine stranice trokuta 38,8 mm, poprečnog presjeka rebara 1,3x1,0 mm i čvorova prosječne visine 4,0 mm i promjera 8,0 mm. Usvojena geometrija uzorka troosne mreže prikazana je na slici 10.

**Tablica 2.** Geometrijske karakteristike troosnih mreža

Broj ispitnog uzorka	Udaljenost rebara (a)	Visina rebra (h)	Širina rebra (d)	Visina čvora (H)	Promjer čvora D
	mm	mm	mm	mm	mm
1	38,87	1,27	0,98	3,95	7,91
2	38,77	1,32	0,96	4,02	7,95
3	38,73	1,30	1,01	3,96	8,02
4	38,90	1,35	1,03	3,96	7,97
5	38,85	1,34	0,95	4,11	8,08
<b>Srednja vrijednost</b>	38,82	1,32	0,99	4,00	7,98
<b>Usvojena vrijednost</b>	38,8	1,3	1,0	4,0	8,0



**Slika 10.** Usvojena geometrija ispitivanih troosnih mreža

Ispitani uzorci geomreža prije početka ispitivanja nisu na sebi imali vidljivih oštećenja ili deformacija, koje bi mogle utjecati na sami tijek ispitivanja. Zbog što boljeg simuliranja stvarnih uvjeta skladištenja, kako u proizvodnji, tako i na terenu, mreže su skladištene u kolutovima, te rezane na potrebnu veličinu za ispitivanja.

Prilikom višeosnog vlačnog ispitivanja, kao nepropusni materijal korištena je obostrano hrapava geomembrana (PEHD), debljine 1,0 mm i gustoće  $0,94 \text{ g/cm}^3$ . Prethodnim ispitivanjima provedenim u Laboratoriju za ekologiju, Zavoda za prometnice, Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (u daljnjem tekstu Laboratorij), u skladu sa standardom ASTM D 638, određena je vlačna čvrstoća pri granici popuštanja, koja je u slučaju ispitivanja materijala u smjeru okomitom na smjer proizvodnje (CMD) iznosila  $27 \text{ kN/m}^2$ , dok je u slučaju ispitivanja u smjeru proizvodnje iznosila  $23 \text{ kN/m}^2$ . Za oba smjera ispitivanja (MD i CMD) utvrđena vrijednost deformacije pri granici popuštanja iznosila je 12 %.

#### 4.2. Metode

Vlačna čvrstoća je jedno od ključnih svojstava koje treba uzeti u obzir prilikom odabira geomreža. Vlačna čvrstoća, izražena u  $\text{kN/m}$ , uobičajeno se definira vrijednošću sile pri slomu uzorka. Međutim, u slučajevima primjene u funkciji armiranja ili stabilizacije, zahtijeva

se i njeno određivanje pri unaprijed zadanim vrijednostima deformacija, na primjer pri 2% ili 5%. Ovisno o karakteristikama i namjeni materijala, vlačnu čvrstoću je moguće odrediti jednoosnim ili višeosnim ispitivanjem.

Prilikom laboratorijskog ispitivanja vlačnih svojstava u prethodnom odjeljku opisanih materijala, korišteno je nekoliko dokumenata u kojima su definirani postupci i uređaji kojima se ispitivanja provode:

- HRN EN 10319 Geotextiles - Wide-width tensile test
- EOTA TR 41 Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate
- ASTM D 5617 Standard Test Method for Multi-axial Tension Test for Geosynthetics

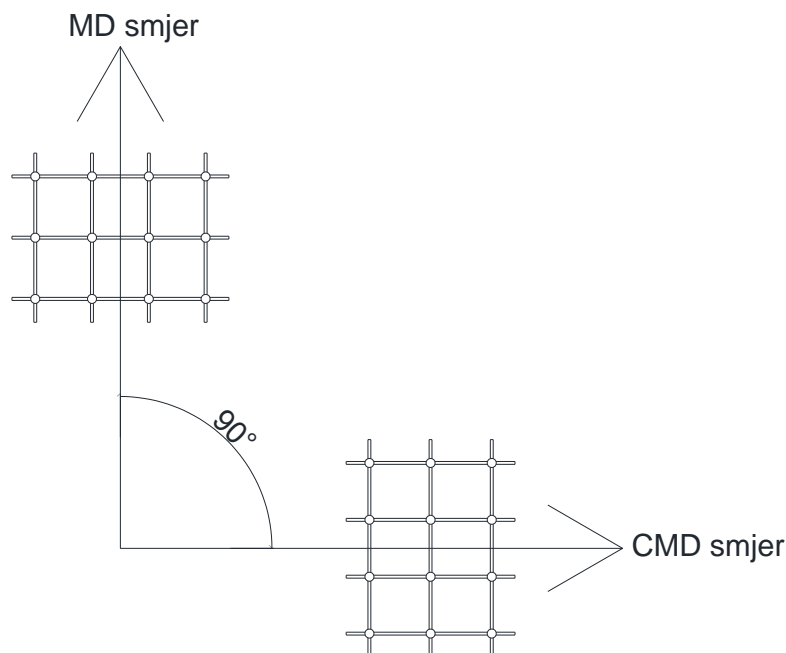
#### **4.2.1. Ispitivanje jednoosne vlačne čvrstoće**

Jednoosno vlačno ispitivanje provedeno je u skladu s normama koje se uobičajeno koriste za vlačna ispitivanja geomreža, na univerzalnoj kidalici Zwick Roell Z100, u Laboratoriju za ekologiju, Zavoda za prometnice. Maksimalna sila ispitivanja koja se može primijeniti ovim uređajem iznosi 100 kN s istovremenom horizontalnom silom prihvata uzorka u hidrauličkim čeljustima do maksimalno 600 kN. Širina hidrauličkih čeljusti omogućava ispitivanja uzoraka širine 280 mm. Primijenjenu horizontalnu silu prihvata potrebno je pažljivo odrediti, kako ne bi došlo do oštećenja samog uzorka. Ukoliko je sila prihvata prevelika, a površina čeljusti velike tvrdoće (čelik), dolazi do drobljenja materijala čvorova mreže, obzirom da je njihova debljina veća od debljine rebara. Kako ne bi došlo do sloma uzorka, uslijed navedenih razloga, površina čeljusti za prihvata uzoraka uobičajeno se oblaže gumenim materijalom. U slučaju prihvata uzorka premalom horizontalnom silom, može doći do iskliznuća uzorka. Za precizno određivanje pomaka korišteni su ekstenzometri, pomoću kojih je moguće odrediti veličinu deformacije uzorka, sa točnošću od 0,02 mm. Uređaj je u potpunosti vođen računalnim programom.

#### **4.2.2. Ispitivanje prema HRN EN 10319**

Normom HRN EN ISO 10319, 'Geotextiles - Wide-width tensile test' određuju se vlačna svojstva geosintetika na širokim uzorcima. Metoda je primjenjiva za većinu geosintetika, uključujući tkane i netkane geotekstile, geokompozite, geomreže, pletene tkanine i filceve. Ispitivanje se provodi na kidalici, uređaju s konstantnim prirastom istezanja, u skladu s ISO 7500-1. Vlačna čvrstoća se određuje na uzorcima ispitne duljine 100 mm i minimalne širine 200 mm, pri čemu je širinu uzorka potrebno prilagoditi karakteristikama materijala. Ispitivanje se provodi na minimalno pet uzoraka izrezanih iz originalnog proizvoda na način da se uzorci

orijentiraju u dva međusobno okomita smjera, tj. smjeru proizvodnje materijala (0°, MD) i okomito na smjer proizvodnje (90°, CMD) (slika 11).



**Slika 11.** Shematski prikaz smjerova ispitivanja prema HRN EN ISO 10319

Prilikom ispitivanja, uzorak se isteže brzinom od  $20 \pm 5$  %/min, uz konstantni prirast deformacije. Deformacije se mjere pomoću ekstenzometara, koji prate pomak dviju referentnih točaka, na početnom razmaku od 60 mm. Ova norma je primjenjiva za ortogonalne geomreže, pri kojima su vlačna svojstva definirana u dva međusobno okomita smjera.

Vlačna čvrstoća  $\alpha_f$  je izražena u kN/m, izravno iz podataka dobivenih ispitivanjem, koristeći jednadžbu

$$\alpha_f = F_f c \quad (1)$$

gdje je  $F_f$  zabilježena maksimalna sila, izražena u kN, a  $c$  odnos minimalnog broja vlačnih elemenata ispitnog uzorka ( $N_s$ ) i minimalnog broja vlačnih elemenata u 1 m širine geomreže koji se izračunava prema izrazu:

$$c = N_m / N_s \quad (2)$$

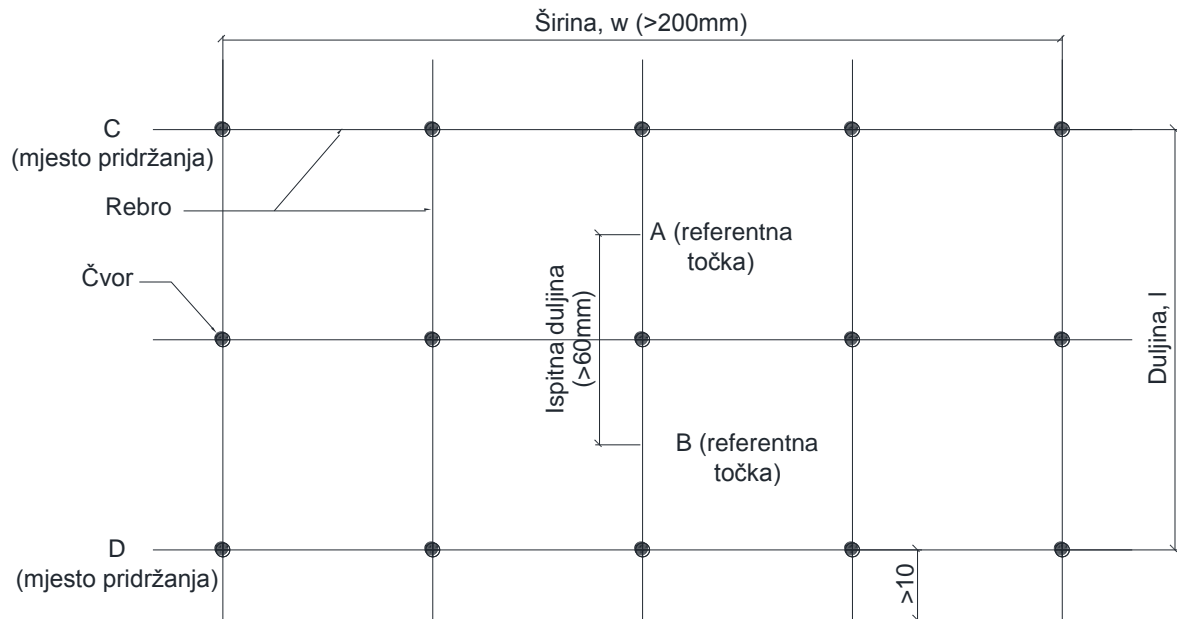
Sekantna je čvrstoća izračunata prema formuli

$$J_{sec} = (F_c \cdot 100) / \epsilon \quad (3)$$

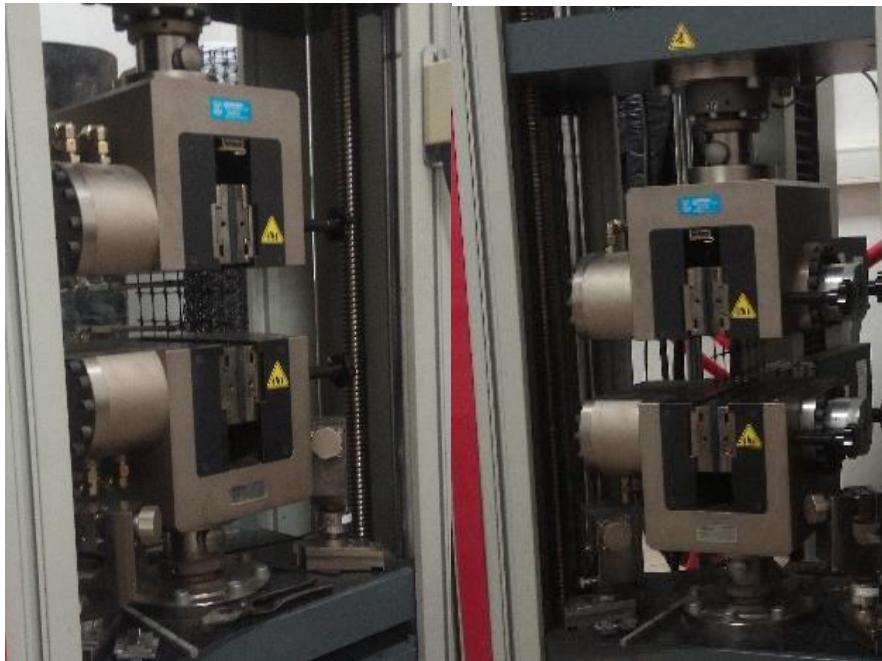
gdje je  $F_c$  ispitivanjem određena sila pri deformaciji  $\epsilon$  izraženoj u postotku, a  $c$  vrijednost izračunata korištenjem izraza (2).

Za predmetnu biaksijalnu mrežu pripremljeni su ispitni uzorci širine 240 mm, kojima je obuhvaćeno 7 rebara. Prilikom ispitivanja, početni razmak čeljusti iznosa je 100 mm, pri čemu su unutar ispitne duljine uključena dva reda čvorova. Ekstenzometri su postavljeni na

središnjem rebru uzorka, na razmaku od 60 mm, unutar kojeg se nalaze dva čvora (slika 12, slika 13). Time je zadovoljen uvjet simetrije uzorka.



**Slika 12.** Ispitni uzorak dvoosne mreže

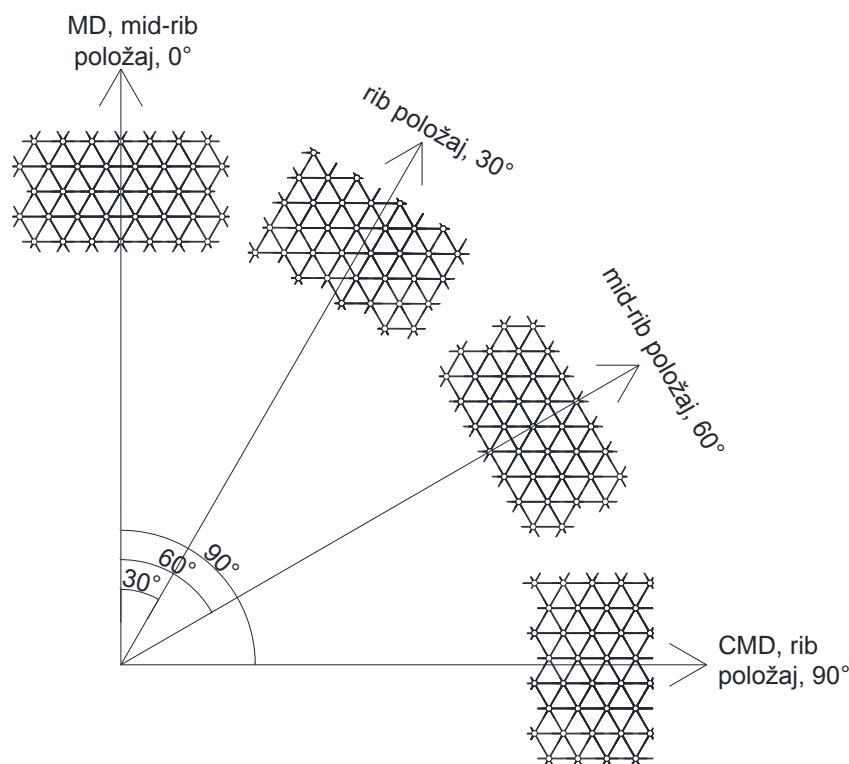


**Slika 13.** Ispitivanje u MD i CMD smjeru

U oba smjera ispitivanja slom uzorka je nastupio van područja prihvata, na udaljenosti većoj od 5 mm od okvira čeljusti. U slučaju kada se slom dogodio unutar područja prihvata, s vrijednostima manjim od 50% prosječnih rezultata, uzorak je odbačen.

### 4.2.3. Ispitivanje prema dokumentu EOTA TR 41

Kako bi se omogućilo određivanje vlačnih svojstava mreža različitih oblika otvora (trokut, dijament), razvijen je dokument EOTA TR 41. Ovaj dokument je modifikacija norme HRN EN ISO 10319, a omogućuje određivanje vlačnih svojstava geomreža u zadanom radijalnom smjeru. Osim smjera 0° i 90° u EOTA dokumentu, uzorak se ispituje i u smjerovima 30° i 60°. S obzirom na smjer pružanja, razlikuju se dva položaja uzorka, "mid-rib" položaj (0° i 60°) i "rib" položaj (30° i 90°) slika 14.



**Slika 14.** Shematski prikaz smjerova ispitivanja prema EOTA TR 41

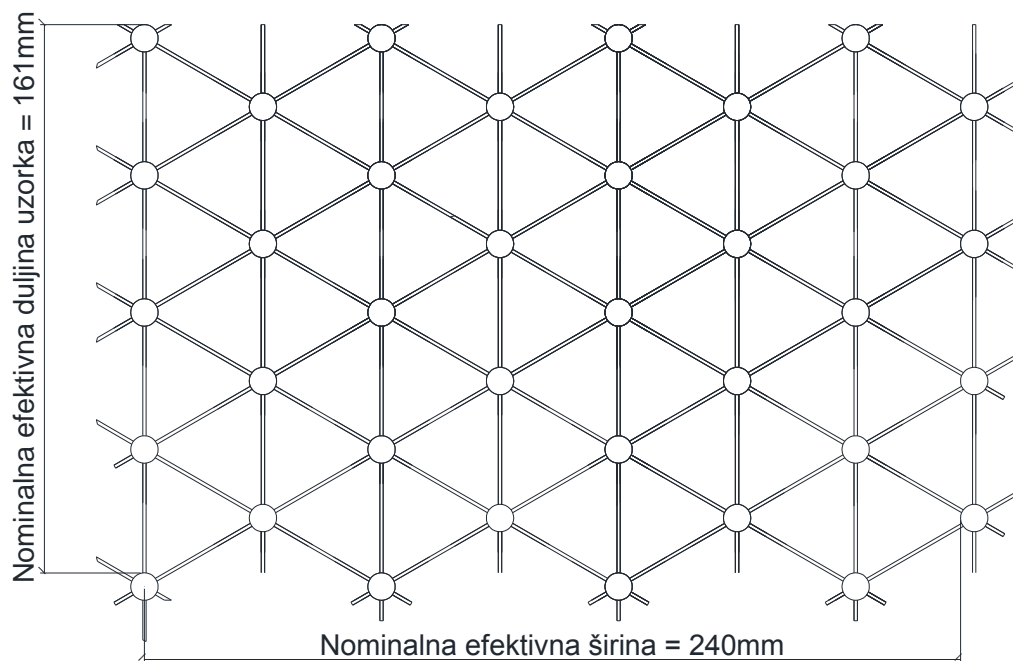
U svakom od navedenih smjerova ispituju se minimalno tri uzorka, što daje ukupno dvanaest uzoraka. Dokumentom je propisana minimalna širina uzorka od 200 mm, te je prilikom odabira ispitne širine potrebno voditi računa o tome da se zadrži simetrija oko središnje točke uzorka i balans vlačnih sila za vrijeme ispitivanja. Ispitna duljina uzorka nije definirana već se ona određuje ovisno o geometrijskim karakteristikama mreže, uz uvjet da sadržava minimalno dva slobodna čvora. Za razliku od HRN EN ISO 10319, dokument EOTA TR 41 ne zahtijeva korištenje ekstenzometara, a deformacija se mjeri pomakom čeljusti uređaja.

Radikalna sekantna čvrstoća  $j$  izražena u kN/m računa se prema izrazu

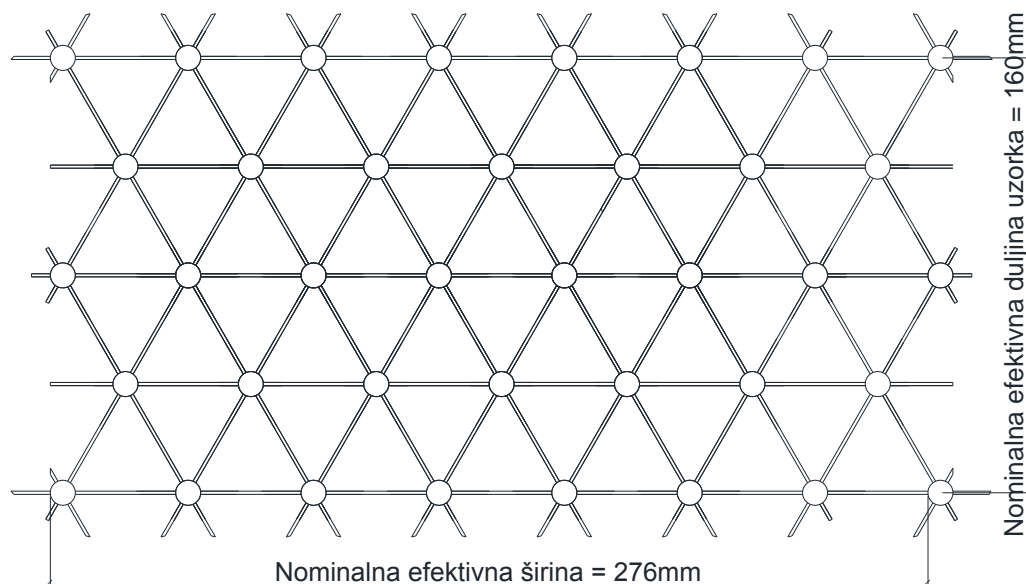
$$j = (F \cdot (1/B) \cdot 100) / \epsilon \quad (4)$$

pri čemu je  $F$  ispitivanjem određena sila u kN pri deformaciji  $\epsilon$ ,  $B$  efektivna širina uzorka u metrima te  $\epsilon$  deformacija pri kojoj je određena sila  $F$  izražena u postotcima.

Za troosnu mrežu pripremljeni su ispitni uzorci širine 240 mm za "mid rib" položaj (slika 15) i 276 mm za "rib" položaj (slika 16). Prilikom ispitivanja početni razmak čeljusti iznosio je 120 mm. Za ispitni uzorak "rib" položaja ekstenzometri su postavljeni na udaljenosti 60 mm, a za "mid rib" položaj 25 mm, pri čemu je unutar ispitne duljine uključen jedan čvor, slika 17. Time je zadovoljen uvjet simetrije uzorka.

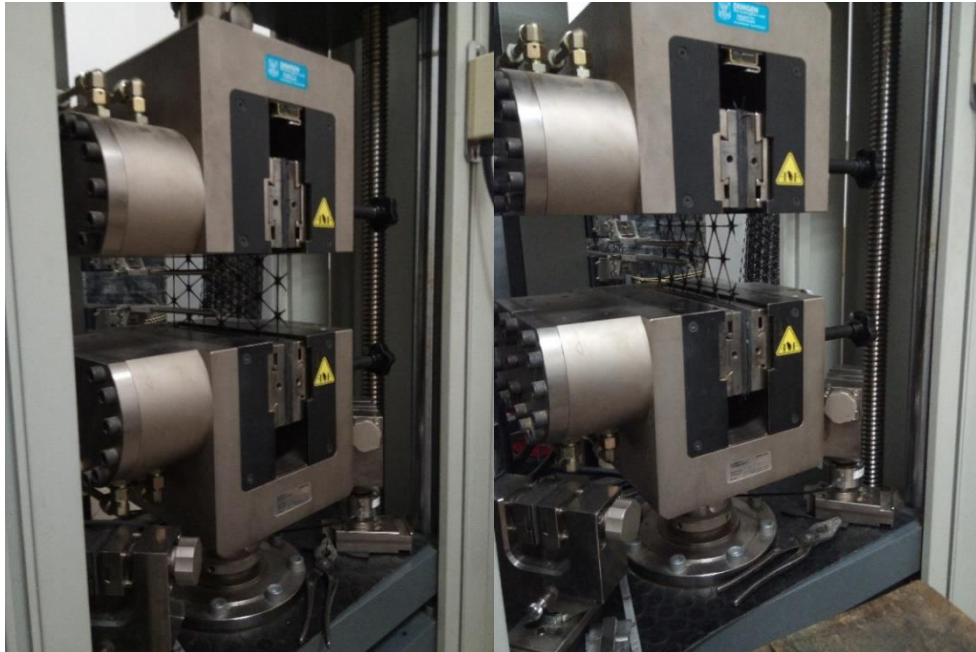


**Slika 15.** 'Mid rib' položaj



**Slika 16.** 'Rib' položaj

Iako normom nije propisano nužno korištenje ekstenzometara, dosadašnja ispitivanja su pokazala da se njihovom uporabom povećava točnost mjerenja, osobito u slučajevima kada je potrebno izraziti silu pri malim deformacijama (do 5%).



**Slika 17.** Ispitivanja u 'mid rib' (lijevo) i 'rib' položaju (desno)

U svim smjerovima ispitivanja slom uzorka je nastupio van područja prihvata, na udaljenosti većoj od 5 mm od okvira čeljusti. U slučaju kada se slom dogodio unutar područja prihvata, s vrijednostima manjim od 50% prosječnih rezultata, uzorak je odbačen.

#### **4.2.4. Ispitivanje višeosne vlačne čvrstoće prema ASTM D 5617**

Normom ASTM D 5617-04 definirano je višeosno vlačno ispitivanje geosintetskih materijala. Ova norma se koristi za ispitivanje odgovora geosintetika na silu postavljenu okomito na njegovu ravninu. Koristi se uređaj s tlačnom posudom od minimalno 690 kPa (100 psi), promjera posude 600 mm. Posuda mora imati sustav za očitavanje tlaka i sustav za očitavanje deformacije. Uzorak se napreže i deformira izvan ravnine u propisani oblik (luk, sfera ili elipsoid). Metoda se obično koristi za ispitivanje geomembrana. Mogu se ispitivati i propusni materijali, u kombinaciji s nepropusnima. Na ovaj način mogu se ispitivati dvoosne i troosne mreže.

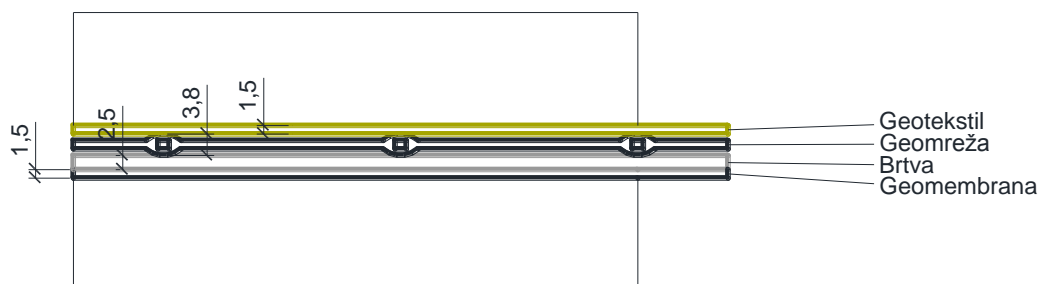
Za predmetne geomreže, korišten je uređaj s velikom tlačnom posudom za ispitivanje višeosne vlačne čvrstoće geomembrane promjera 600 mm, s automatiziranim sustavom za regulaciju tlaka od 7 kPa/h do više od 70 kPa/min, slika 18. U uređaj je postavljena, redom od najnižeg prema najvišem, geomembrana (1,5 mm), zatim brtvilo (2,5 mm), geomreža (1,5 mm), geotekstil (1,5 mm), što je prikazano na slici 19. Materijali su u skladu s normom, bez



oštećenja ili nepravilnosti. Uzorak se napreže kako bi se uzrokovala deformacija izvan ravnine, koja se analizira u cilju procjene višeosne vlačne čvrstoće uzorka. Uređaj mjeri i zapisuje deformaciju (pomak) središnje točke uzorka i tlak u kompresoru do sloma uzorka.



**Slika 18.** Postavljanje uzorka u uređaj za višeosno vlačno ispitivanje



**Slika 19.** Presjek ispitnog uređaja s uzorkom

Ispod geomreže se nalazi nepropusna geomembrana kako bi održavala tlak. Nepropustan materijal mora biti elastičniji od propusnog, kako bi se prvo dogodio slom ispitivanog propusnog materijala. Nepropustan materijal utjecat će na rezultate ispitivanja propusnog materijala. Ispitivanje se provodi do sloma uzorka (uočava se nagli pad tlaka) ili do dosezanja nekog unaprijed zamišljenog rezultata.

Sustav za očitavanje deformacije mora čitati pomake s točnosti od 5 mm. Sustav za očitavanje tlaka mora registrirati razlike od 3.5 kPa. Sva ispitivanja se provode na standardnoj laboratorijskoj temperaturi od  $23 \pm 2$  °C.

## 5. REZULTATI I ANALIZA

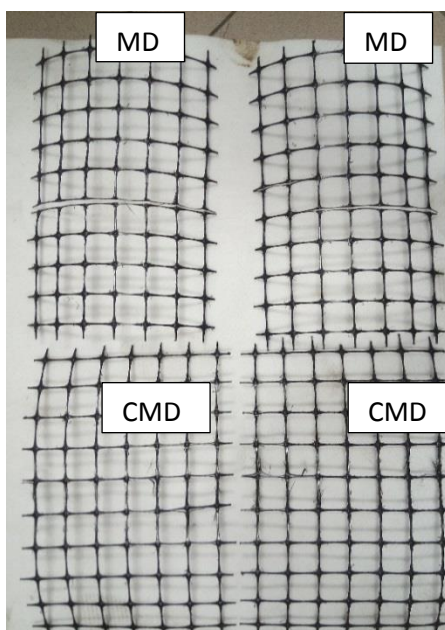
Analiza rezultata je provedena odvojeno za jednoosno vlačno ispitivanje ovisno o tipu mreže, te za višeosno vlačno ispitivanje u skladu s prethodno opisanim normama.

### 5.1 Jednoosno vlačno ispitivanje

Jednoosno vlačno ispitivanje dvoosnih mreža provedeno je u skladu s normom HRN EN ISO 10319 dok je ispitivanje troosnih mreža provedeno u skladu s postupkom definiranim dokumentom EOTA TR 41.

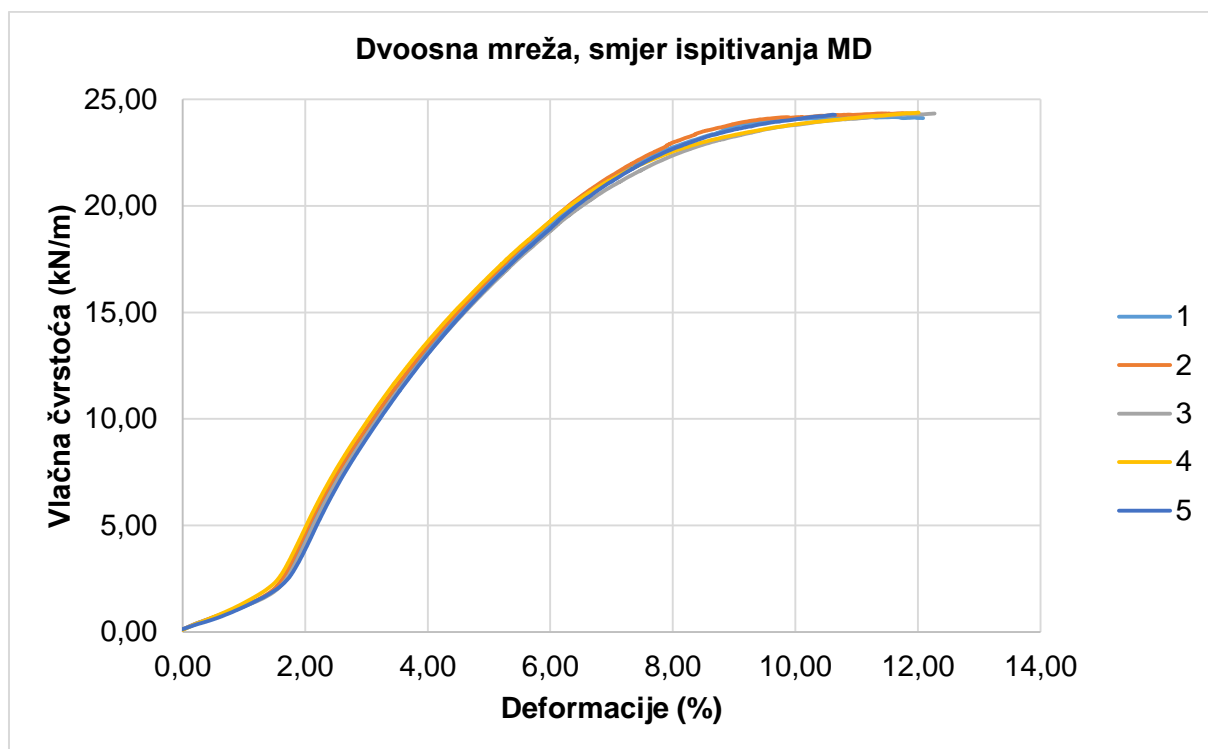
#### 5.1.1. Dvoosna mreža

Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava dvoosnih mreža u skladu s normom HRN EN ISO 10319 za oba ispitana smjera (MD, CMD) prikazani su u Prilogu 1. Analiza rezultata ispitivanja provedena je pri dvije vrijednosti deformacija 2% i 5% te pri slomu uzorka (slika 20) za maksimalnu vrijednost sile.



**Slika 20.** Izgled ispitnog uzorka dvoosne mreže nakon sloma, smjer MD i CMD

Na slici 21. prikazan je za smjer ispitivanja koji se poklapa sa smjerom proizvodnje (MD), odnos naprezanja i deformacija zasebno za svaki od pet ispitnih uzoraka, kao i krivulja prosječnih vrijednosti.



**Slika 21.** Odnos naprezanja i deformacija - dvoosna geomreža, smjer ispitivanja MD

Zbog preglednosti, u tablici 3 prikazani su rezultati ispitivanja vlačne čvrstoće ispitnih uzoraka geomreže za smjer ispitivanja MD.

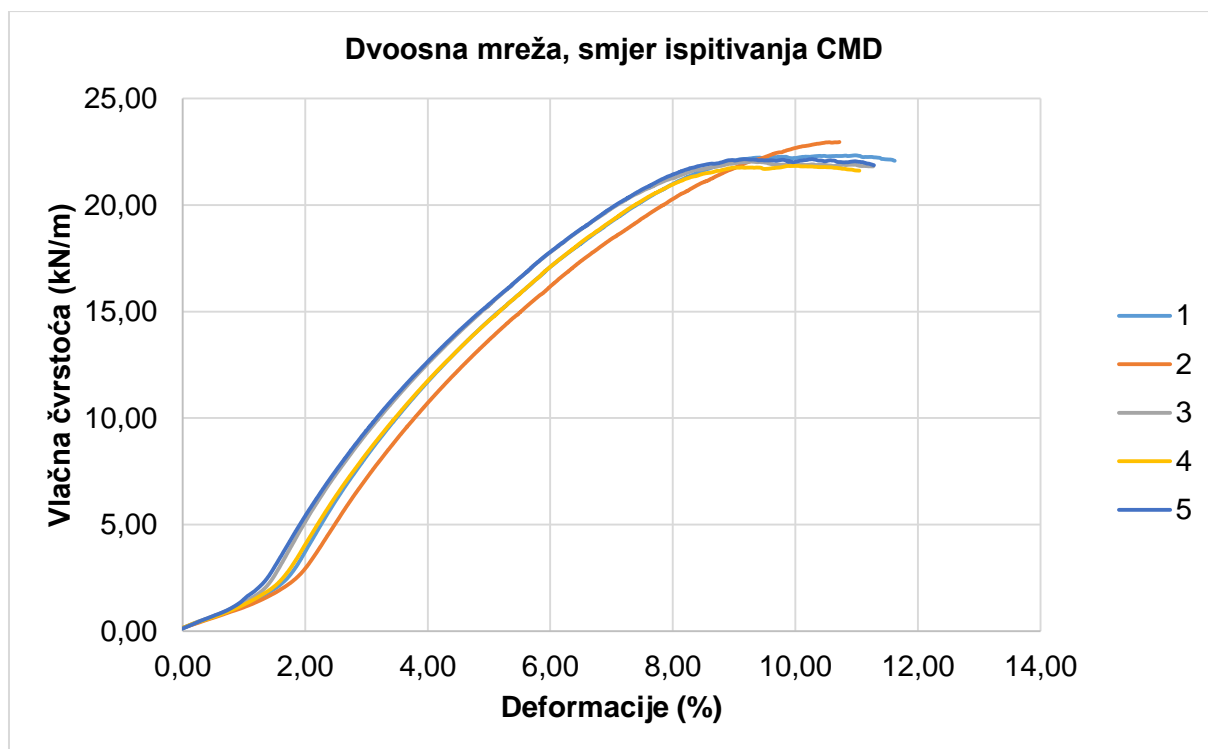
**Tablica 3.** Rezultati ispitivanja dvoosne mreže, smjer ispitivanja MD

Broj ispitnog uzorka	$F_{x1}$	$F_{x2}$	$F_{max}$	$T_{max}$	$\epsilon_{max}$
	kN	kN	kN	kN/m	%
1	1,17	4,42	6,51	24,17	11,59
2	1,24	4,46	6,56	24,35	11,75
3	1,12	4,36	6,55	24,34	12,27
4	1,31	4,50	6,56	24,38	12,01
5	1,04	4,38	6,54	24,28	10,61
<b>Srednja vrijednost</b>	1,18	4,42	6,54	24,31	11,65

Iz tablice 3 je vidljivo da se vrijednosti vlačne čvrstoće pri slomu (MD) ispitane dvoosne mreže kreću u intervalu od minimalno 24,17 kN/m do maksimalno 24,38 kN/m, dok se

vrijednosti deformacija kreću u intervalu od 10,61% do 12,27%. Prosječna vrijednost vlačne čvrstoće u MD smjeru iznosila je 24,31 kN/m, a prosječna deformacija bila je 11,65%.

Na slici 22. prikazan je za smjer ispitivanja koji se poklapa sa smjerom proizvodnje (CMD) odnos naprezanja i deformacija zasebno za svaki od pet ispitnih uzoraka, kao i krivulja prosječnih vrijednosti.



**Slika 22.** Odnos naprezanja i deformacija - dvoosna geomreža, smjer ispitivanja CMD

Zbog preglednosti, u tablici 4 prikazani su rezultati ispitivanja vlačne čvrstoće ispitnih uzoraka geomreže za smjer ispitivanja CMD.

**Tablica 4.** Rezultati ispitivanja dvoosne mreže, smjer ispitivanja CMD

Broj ispitnog uzorka	$F_{x1}$	$F_{x2}$	$F_{max}$	$T_{max}$	$e_{max}$
	kN	kN	kN	kN/m	%
1	1,00	3,93	6,01	22,33	10,99
2	0,79	3,68	6,18	22,96	10,72
3	1,38	4,12	5,94	22,05	9,28
4	1,09	3,93	5,88	21,84	10,01
5	1,45	4,13	5,97	22,16	10,27
Srednja vrijednost	1,14	3,96	6,00	22,27	10,25

Iz tablice 4 je vidljivo da se vrijednosti vlačne čvrstoće pri slomu (CMD) ispitane dvoosne mreže kreću u intervalu od minimalno 21,84 kN/m do maksimalno 22,96 kN/m, dok se vrijednosti deformacija kreću u intervalu od 9,28% do 10,99%. Prosječna vrijednost vlačne čvrstoće u CMD smjeru iznosila je 22,27 kN/m, a prosječna deformacija bila je 10,25%.

Razlika između dobivene prosječne vrijednosti vlačne čvrstoće pri slomu za MD i CMD smjer ispitivanja nalazi se unutar dopuštene granice odstupanja, što ukazuje na činjenicu da se radi o mreži koja ima homogena svojstva u smjeru i okomito na smjer proizvodnje. Navedeni zaključak potvrđuju i rezultati ispitivanja,  $F_{x1}$  i  $F_{x2}$ , za koje se razlike prosječne vrijednosti nalaze unutar granice od 10%, a što se smatra dopuštenom tolerancijom pri proizvodnji.

Ustanovljene razlike prosječnih vrijednosti deformacija za jedan i drugi smjer također se nalaze unutar granica tolerancije proizvodnje (10%). Drugim riječima, radi se o mreži koja ima istu nosivost u dva glavna smjera, smjeru proizvodnje (MD) i smjeru okomitom na smjer proizvodnje (CMD).

Za dobivene srednje vrijednosti vlačnih sila pri izduženju od 2% i 5%, kojima se uobičajeno karakterizira vlačna čvrstoća geomreža sa primarnom funkcijom armiranja i stabilizacije slabo nosivih tala proveden je izračun radijalne sekantne krutosti prema izrazu 3, navedenom u odjeljku 4.2.2. Ispitivanje prema HRN EN 10319, a koje su prikazane u tablici 5.

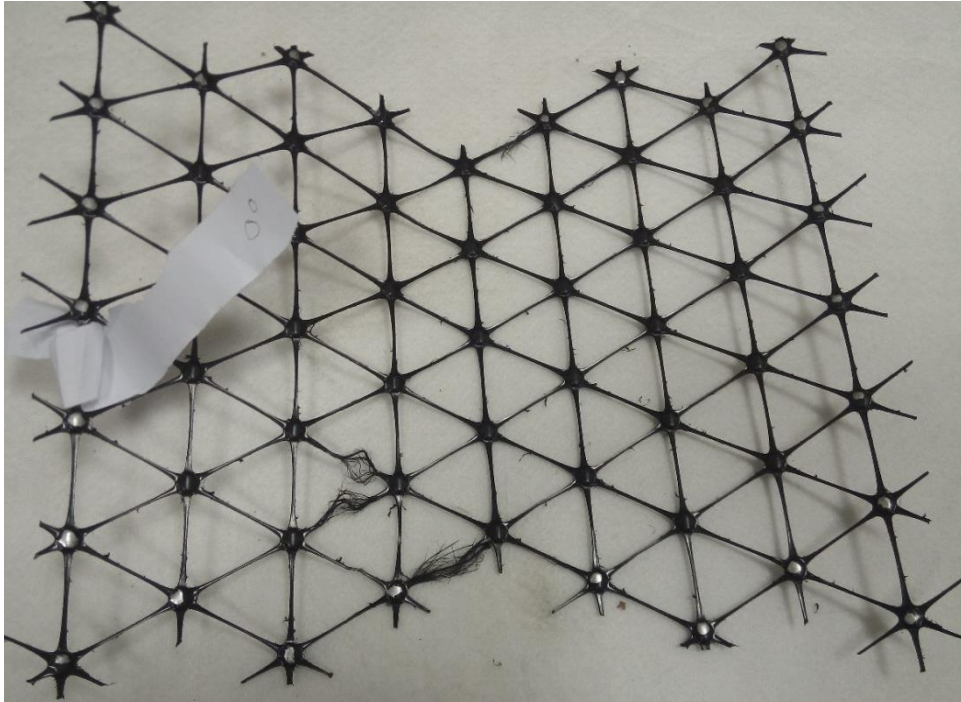
**Tablica 5.** Radijalna sekantna krutost dvoosne mreže

Tip geomreže	Smjer ispitivanja	$J_{sec2}$	$J_{sec5}$	$J_{secmax}$
Dvoosna mreža	CMD	212.57	293.91	217.17
	MD	218.70	328.65	208.65

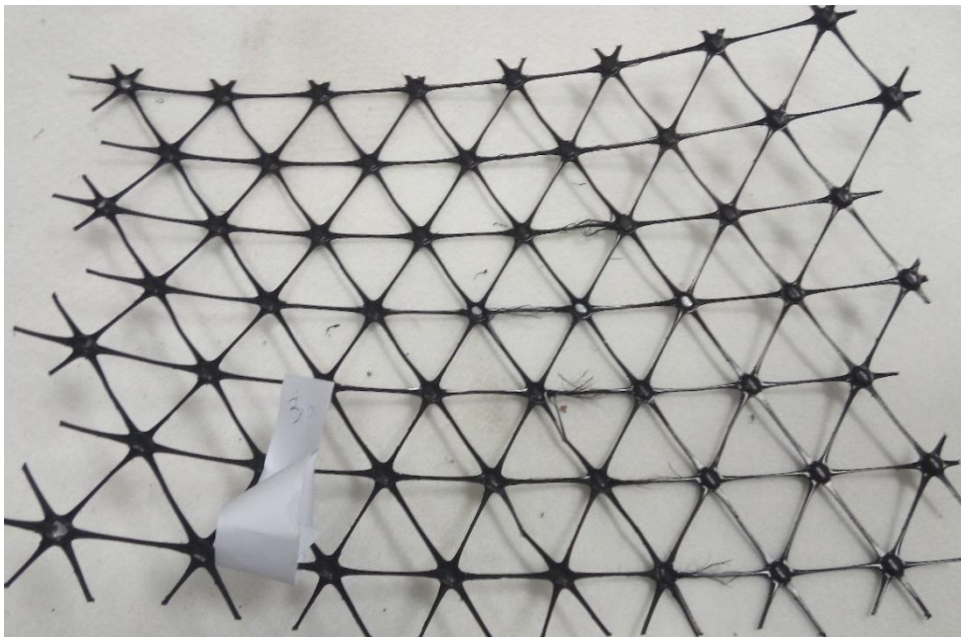
Izračunate vrijednosti radijalne sekantne krutosti također pokazuju ujednačena svojstva geomreže za oba smjera ispitivanja i dobivene vrijednosti sila pri traženim vrijednostima deformacija.

### 5.1.2. Troosna mreža

Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava troosnih mreža u skladu s dokumentom EOTA TR 41, koji predstavlja određenu modifikaciju norme HRN EN ISO 10319, za sve ispitane smjerove (0°, 30°, 60°, 90°) prikazani su u Prilogu 2. Analiza rezultata ispitivanja provedena je pri dvije vrijednosti deformacija, 2% i 5%, te pri slomu uzorka (slika 23, slika 24) za maksimalnu vrijednost sile.

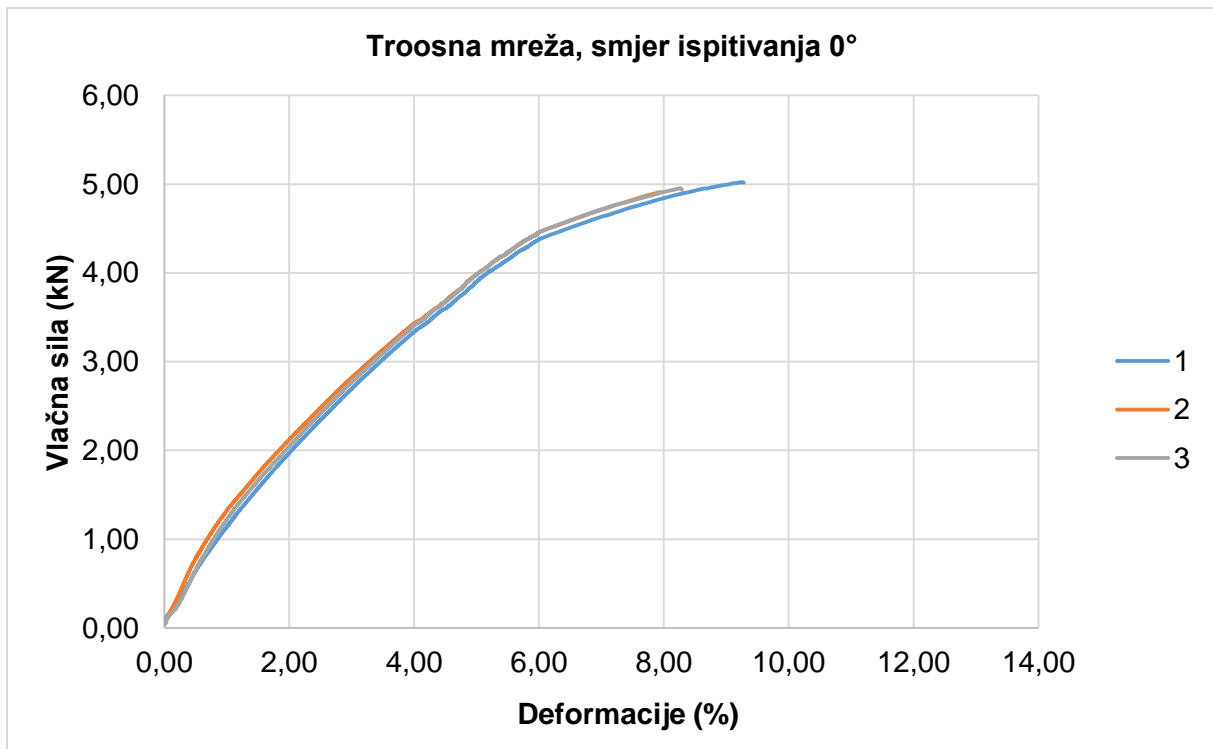


**Slika 23.** Izgled ispitnog uzorka troosne mreže nakon sloma, „rib“ položaj, smjer 0°

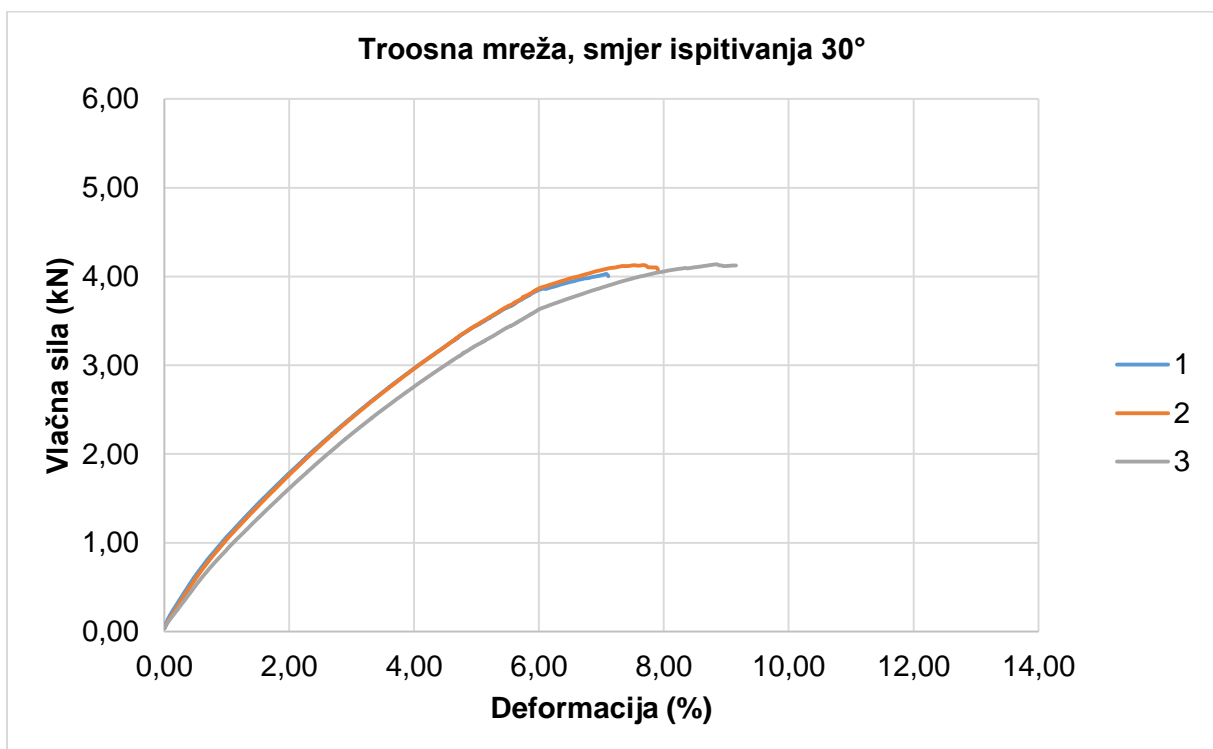


**Slika 24.** Izgled ispitnog uzorka troosne mreže nakon sloma, „mid rib“ položaj, smjer 30°

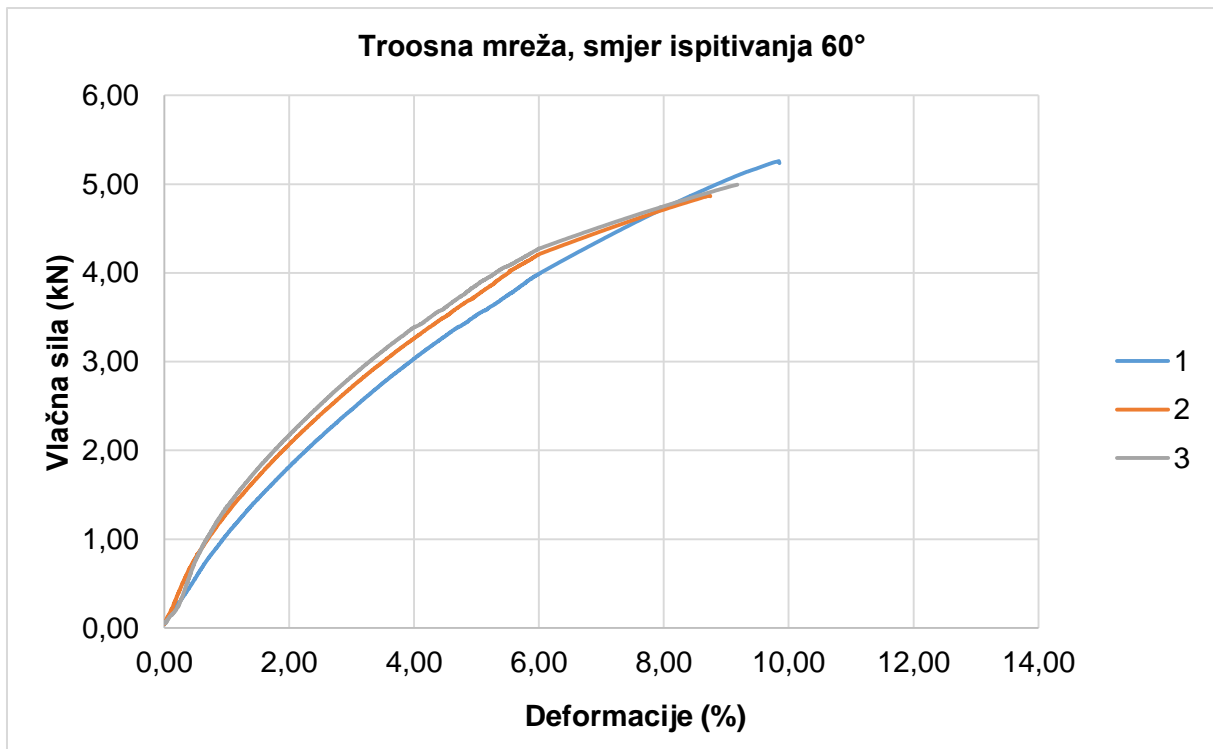
Na slikama 25, 26, 27 i 28 prikazan je odnos naprezanja i deformacija zasebno, za svaki od smjerova ispitivanja, i to za sva tri ispitna uzorka, kao i krivulju prosječnih vrijednosti.



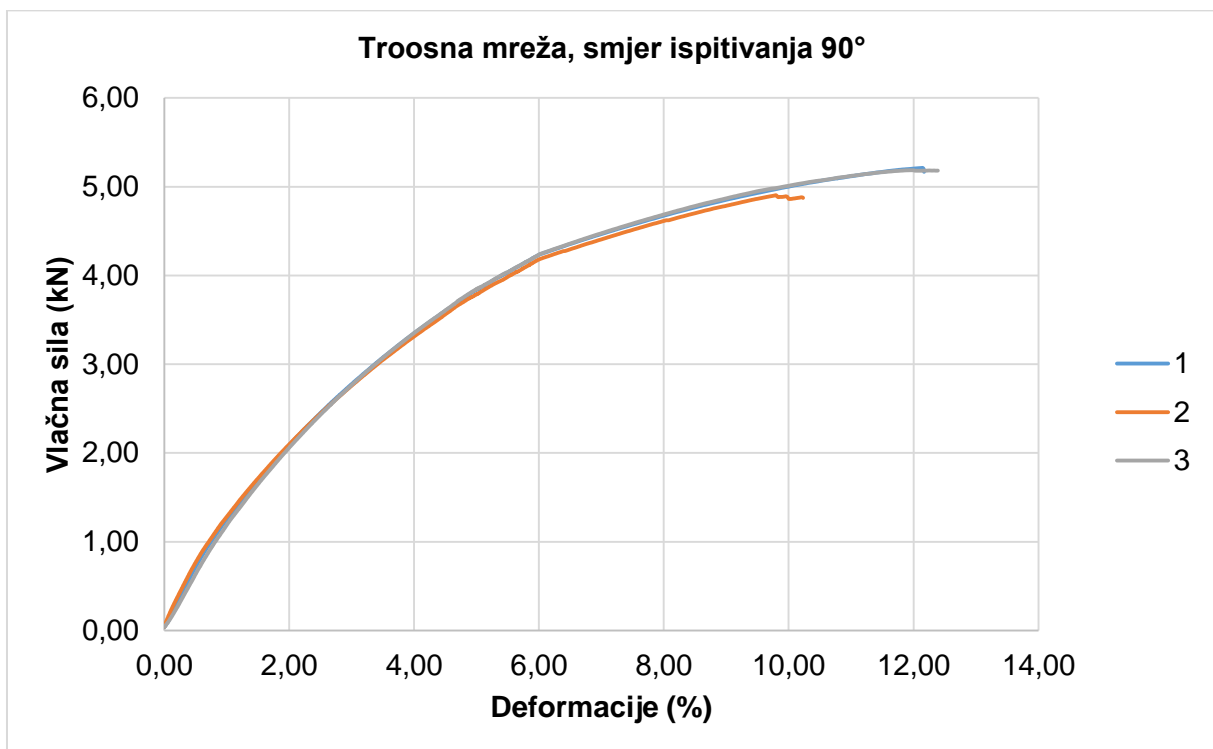
**Slika 25.** Odnos naprežanja i deformacija - troosna geomreža, smjer ispitivanja 0°



**Slika 26.** Odnos naprežanja i deformacija - troosna geomreža, smjer ispitivanja 30°



**Slika 27.** Odnos naprezanja i deformacija - troosna geomreža, smjer ispitivanja 60°



**Slika 28.** Odnos naprezanja i deformacija - troosna geomreža, smjer ispitivanja 90°

Zbog preglednosti, vlačne čvrstoće ispitnih uzoraka troosne geomreže za sve smjerove ispitivanja prikazane su tablicama 6, 7, 8 i 9.



Iz tablice 6 je vidljivo da se vrijednosti vlačne čvrstoće pri slomu za smjer 0° ispitane troosne mreže kreću u intervalu od minimalno 20,46 kN/m do maksimalno 20,92 kN/m, dok se vrijednosti deformacija kreću u intervalu od 6,86% do 8,23%. Prosječna vrijednost vlačne čvrstoće u smjeru 0° iznosila je 20,67 kN/m, a prosječna deformacija bila je 7,43%.

**Tablica 6.** Rezultati ispitivanja troosne mreže, smjer ispitivanja 0°

Broj ispitnog uzorka	$F_{x1}$	$F_{x2}$	$F_{max}$	$T_{max}$	$e_{max}$
	kN	kN	kN	kN/m	%
0°_1	1,97	3,90	5,02	20,92	8,23
0°_2	2,12	3,98	4,91	20,46	6,86
0°_3	2,04	3,97	4,95	20,64	7,20
<b>Srednja vrijednost</b>	2,05	3,95	4,96	20,67	7,43

Iz tablice 7 je vidljivo da se vrijednosti vlačne čvrstoće pri slomu za smjer 30° ispitane troosne mreže kreću u intervalu od minimalno 14,60 kN/m do maksimalno 14,99 kN/m, dok se vrijednosti deformacija kreću u intervalu od 6,78% do 7,72%. Prosječna vrijednost vlačne čvrstoće u smjeru 30° iznosila je 14,85 kN/m, a prosječna deformacija bila je 7,21%.

**Tablica 7.** Rezultati ispitivanja troosne mreže, smjer ispitivanja 30°

Broj ispitnog uzorka	$F_{x1}$	$F_{x2}$	$F_{max}$	$T_{max}$	$e_{max}$
	kN	kN	kN	kN/m	%
30°_1	1,78	3,45	4,03	14,60	6,78
30°_2	1,76	3,45	4,13	14,95	7,12
30°_3	1,61	3,23	4,14	14,99	7,72
<b>Srednja vrijednost</b>	1,72	3,37	4,10	14,85	7,21

Iz tablice 8 je vidljivo da se vrijednosti vlačne čvrstoće pri slomu za smjer 60° ispitane troosne mreže kreću u intervalu od minimalno 20,30 kN/m do maksimalno 21,92 kN/m, dok se vrijednosti deformacija kreću u intervalu od 7,84% do 9,84%. Prosječna vrijednost vlačne čvrstoće u smjeru 60° iznosila je 21,01 kN/m, a prosječna deformacija bila je 8,68%.

**Tablica 8.** Rezultati ispitivanja troosne mreže, smjer ispitivanja 60°

Broj ispitnog uzorka	$F_{x1}$	$F_{x2}$	$F_{max}$	$T_{max}$	$e_{max}$
	kN	kN	kN	kN/m	%
60°_1	1,82	3,52	5,26	21,92	9,84
60°_2	2,07	3,74	4,87	20,30	7,84
60°_3	2,17	3,86	4,99	20,81	8,35
<b>Srednja vrijednost</b>	2,02	3,71	5,04	21,01	8,68

Iz tablice 9 je vidljivo da se vrijednosti vlačne čvrstoće pri slomu za smjer 90° ispitane troosne mreže kreću u intervalu od minimalno 20,43 kN/m do maksimalno 21,72 kN/m, dok se vrijednosti deformacija kreću u intervalu od 8,75% do 10,35%. Prosječna vrijednost vlačne čvrstoće u smjeru 90° iznosila je 21,25 kN/m, a prosječna deformacija bila je 9,64%.

**Tablica 9.** Rezultati ispitivanja troosne mreže, smjer ispitivanja 90°

Broj ispitnog uzorka	$F_{x1}$	$F_{x2}$	$F_{max}$	$T_{max}$	$\epsilon_{max}$
	kN	kN	kN	kN/m	%
90°_1	2,09	3,84	5,21	21,72	10,35
90°_2	2,09	3,79	4,90	20,43	8,75
90°_3	2,06	3,85	5,19	21,61	9,83
<b>Srednja vrijednost</b>	2,08	3,82	5,10	21,25	9,64

Analiza rezultata troosnih mreža obzirom na broj smjerova ispitivanja je kompleksnija. Dokument EOTA-e propisuje ispitivanje u četiri smjera (0°, 30°, 60°, 90°) pri čemu se dva smjera (30° i 90°) poklapaju sa smjerom rebara a dva smjera (0° i 60°) se ne poklapaju. Iz tog razloga analiza rezultata provest će se zasebno za smjerove koji se poklapaju sa rebriima, a zasebno za smjerove koji se ne poklapaju.

Promatramo li dobivene rezultate vlačnih čvrstoća za smjerove ispitivanja koji se poklapaju sa smjerom rebara (30° i 90°), vidljiva je značajna razlika u pojedinačnim, pa prema tome i prosječnim vrijednostima vlačne čvrstoće (cca 30%). Vrijednosti vlačne čvrstoće u smjeru 90° veći su od onih za smjer 30°. Razlog tome leži u načinu proizvodnje ovog tipa mreža. Naime, troosna se mreža proizvodi iz bušenih folija, koje se zagrijane razvlače u tri smjera (0°, 60° i 90°). Obzirom da je materijal iz kojeg je proizvedena folija polimernog sastava (polietilen visoke gustoće), prilikom razvlačenja dolazi do preorijentacije polimernih lanaca, posljedica čega je povećanje vlačne čvrstoće u smjeru orijentacije polimernih lanaca. Pri prosječnom izduženju od 7,21% koje je za smjer 30° izduženje pri maksimalnoj sili, vlačna čvrstoća jačeg smjera 90° iznosi 18,75 kN/m, što je 26,3% veće od vlačne čvrstoće smjera 30°. Pri istom izduženju za oba smjera ispitivanja vlačna čvrstoća je za smjer 90° veća. Dakle utjecaj orijentacije polimernih lanaca vidljiv je tijekom cijelog tijeka ispitivanja, iz čega se može zaključiti da veća vlačna čvrstoća nije posljedica većeg izduženja uzorka.

Promatramo li dobivene rezultate vlačnih čvrstoća za smjerove ispitivanja koji se ne poklapaju sa smjerom rebara (0° i 60°), vidljiva je beznačajna razlika između njih, bez obzira promatramo li pojedinačne ili prosječne vrijednosti. Smjerovi 0° i 60° su smjerovi u kojima se prilikom proizvodnje mreža razvlači, te dolazi do preorijentacije polimernih lanaca, a time i do povećanja vlačne čvrstoće u tim smjerovima.

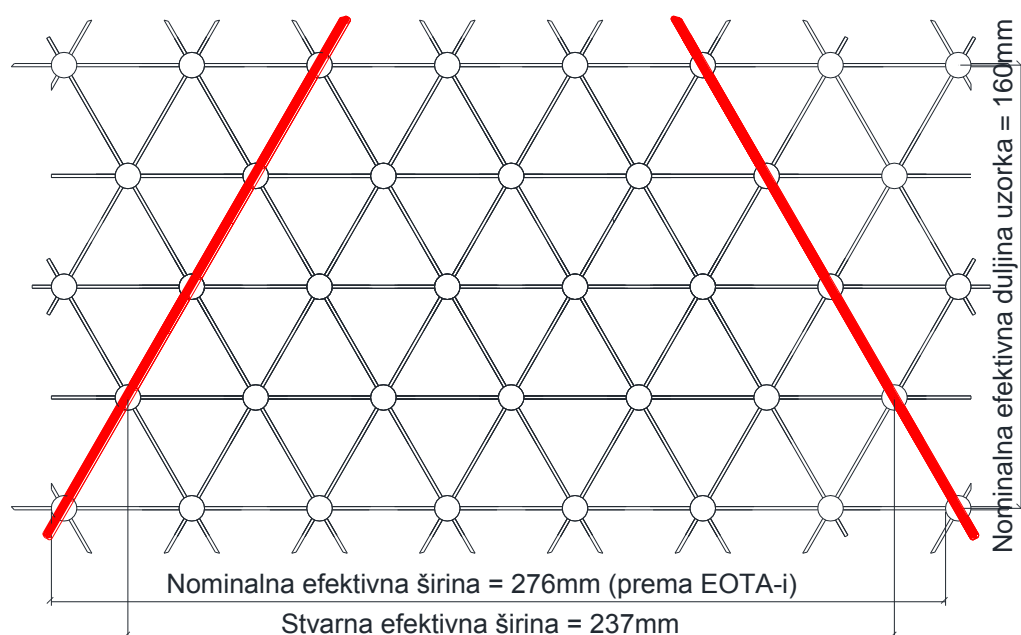
Promatramo li sva četiri smjera ispitivanja ( $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ), vidljivo je da je najmanja vrijednost vlačne čvrstoće dobivena za smjer  $30^\circ$ , koji se ne poklapa sa smjerom razvlačenja geomreža, odnosno smjerom orijentacije polimernih lanaca.

Kao i za dvoosne mreže, za srednje vrijednosti vlačnih sila pri izduženju od 2% i 5% određene su radijalne sekantne krutosti, za sve smjerove ispitivanja, prema izrazu 4 navedenom u odjeljku 4.2.3. Ispitivanje prema dokumentu EOTA TR 41 koje su prikazane u tablici 10.

**Tablica 10.** Radijalna sekantna krutost troosne mreže – efektivna širina prema EOTA-dokumentu

Tip geomreže	Smjer ispitivanja	$j_2$	$j_5$
Troosna mreža	$0^\circ$	370.54	286.43
	$30^\circ$	358.39	281.20
	$60^\circ$	365.54	268.87
	$90^\circ$	433.60	318.59

Za razliku od dobivenih prosječnih vrijednosti vlačne čvrstoće, koje su ujednačene za smjerove  $0^\circ$ ,  $60^\circ$  i  $90^\circ$  stupnjeva, izračunate vrijednosti radijalne sekantne krutosti nisu ujednačene. Razlog tome leži u načinu izračuna radijalne sekantne krutosti. Naime, prema izrazu broj 4, radijalna sekantna krutost ovisi o sili pri određenoj deformaciji (2% ili 5%), o samoj deformaciji, te efektivnoj širini uzorka, B.



**Slika 29.** Usporedba nominalne efektivne širine (prema EOTA dokumentu) i stvarne nominalne širine

Efektivna širina uzorka u dokumentu EOTA TR 41 nije jasno definirana. Efektivna širina uzorka, prema definiciji, trebala bi biti širina uzorka s vlačno aktiviranim elementima (rebra mreže). Međutim, prema EOTA dokumentu, efektivnom se širinom smatra širina prihvata uzorka u čeljusti (slika 29).

Ukoliko se u izračun radijalne sekantne krutosti uzme stvarna efektivna širina (širina vlačno aktiviranih elemenata), grupiranje rezultata postaje identično onome vlačne čvrstoće. Smjerovi 0°, 60° i 90° imaju ujednačenu vrijednosti radijalne krutosti, dok se za smjer 30° uočava odstupanje vrijednosti radijalne krutosti, pri čemu je spomenuta vrijednost manja od vrijednosti za preostala tri smjera (tablica 11).

**Tablica 11.** Radijalna sekantna krutost troosne mreže – stvarna efektivna širina

Tip geomreže	Smjer ispitivanja	$j_2$	$j_5$
Troosna mreža	0°	431,52	333,57
	30°	358,39	281,20
	60°	425,69	313,11
	90°	433,60	318,59

Iz svega navedenog može se zaključiti da je jednoosno vlačno ispitivanje, bilo prema HRN EN ISO 10319, ili prema dokumentu EOTA, moguće primijeniti prilikom određivanja vlačnih svojstava dvoosnih i troosnih mreža. Međutim, treba jasno naglasiti da HRN EN ISO 10319 nije moguće primijeniti za ispitivanje troosnih mreža ukoliko se ispitivanje provodi striktno prema normi. Naime, ova norma uopće ne razmatra mogućnost ispitivanja u smjerovima različitim od smjera proizvodnje, odnosno smjera okomitog na smjer proizvodnje geomreže. S druge strane dokument EOTA pisan je isključivo za ispitivanje troosnih mreža, te je prema tom dokumentu ispitivanje potrebno provesti u više smjerova pri čemu prilikom ispitivanja treba strogo poštivati pravilo simetrije uzorka. Ukoliko bi se prema EOTA dokumentu ispitivanje provodilo na dvoosnim mrežama, uzorak se uvijek može u čeljusti prihvatiti tako da kut između osi proizvodnje mreže i smjera ispitivanja bude 0°, 30°, 60° ili 90°, kako propisuje dokument EOTA-e. S današnjom konstrukcijom čeljusti, pri čemu se misli na širinu prihvata, simetriju uzorka nije moguće postići, pa prema tome niti provesti ispitivanje na pravilan način. Čeljusti dovoljne širine danas u Europi posjeduje samo jedan laboratorij. Dakle, rezultate ispitivanja, poštujući sve zahtjeve norme i dokumenta nije moguće usporediti u potpunosti, već samo za dva glavna smjera dvoosne mreže (MD i CMD), obzirom da za smjerove od 30° i 60° zbog potrebne širine čeljusti uzorak nije moguće adekvatno prihvatiti, a samim time i dobiti realne rezultate.

**Tablica 12.** Prosječne vrijednosti rezultata jednoosnog vlačnog ispitivanja dvoosne i troosne mreže

Broj uzorka	$F_{x1}$	$F_{x2}$	$F_{max}$	$T_{max}$	$e_{max}$
	kN	kN	kN	kN/m	%
Dvoosna MD	1,18	4,42	6,54	24,31	11,65
Dvoosna CMD	1,14	3,96	6,00	22,27	10,25
Troosna 0°	2,05	3,95	4,96	20,67	7,43
Troosna 30°	1,72	3,37	4,10	14,85	7,21
Troosna 60°	2,02	3,71	5,04	21,01	8,68
Troosna 90°	2,08	3,82	5,10	18,48	9,64

Usporede li se, ipak, rezultati jednoosnog ispitivanja dvoosne i troosne mreže, provedenih u skladu s postupcima definiranim normom HRN EN 10319 i dokumentom EOTA TR41, pri čemu se u razmatranje uzimaju samo smjerovi 0° (MD) i 90° (CMD), iz tablice 12 jasno je vidljivo da su vlačne sile pri izduženju 2% veće kod troosne mreže, međutim, da već pri izduženju od 5%, kao i pri izduženju u trenutku sloma, vlačna sila postaje veća kod dvoosne mreže. Izrazi li se za oba smjera, 0° (MD) i 90° (CMD), vlačna čvrstoća, vidljivo je da je ona veća kod dvoosne mreže. Međutim, prilikom analize, potrebno je uočiti da su deformacije u trenutku loma također veće kod dvoosne mreže. Usporede li se vlačne čvrstoće, pri deformaciji od 7,43%, koja predstavlja deformaciju u trenutku sloma troosne mreže, za smjer 0° (MD kod dvoosne mreže) i koje iznosi 5,89 kN, odnosno pri deformaciji 9,64%, koja predstavlja deformaciju pri slomu troosne mreže za smjer 90° (CMD kod dvoosne mreže), a koja iznosi 5,947 kN, vidljivo je da i pri ovim deformacijama dvoosna mreža ima veću vlačnu čvrstoću.

Drugim riječima, pri malim deformacijama (2%), troosna mreža ima nešto veću vlačnu čvrstoću u usporedivim smjerovima od 0° (MD) i 90° (CMD), dok pri većim deformacijama je vlačna čvrstoća dvoosne mreže veća.

Kako mreža djeluje s jedne strane kao armirajući element, a s druge strane kao element koji ne dozvoljava da dođe do pojave većih deformacija s donje strane nevezanog sloja na način da sprječava razmicanje zna agregata zbog uklještenja u otvore mreže sa svim negativnim posljedicama (ulazak sitnih čestica u nevezani nosivi sloj od zrnatog kamenog materijala), jasno je da mreža s većim vlačnim čvrstoćama pri malim deformacijama ima pozitivnije djelovanje. Drugim riječima, ukoliko bi temeljem rezultata jednoosnog ispitivanja bilo potrebno ocjeniti efikasnost određenog tipa mreže, može se zaključiti da su troosne mreže efikasnije.

Kako je osnovna funkcija geomreža koje se ugrađuju između zrnatog kamenog materijala i sloja slabije nosivog tla, spriječiti pojavu većih deformacija, koje bi omogućile razmicanje

zrna agregata i prodiranje sitnozrnatog materijala u sloj zrnatog kamenog materijala, primarna je njena vlačna čvrstoća upravo pri malim deformacijama.

**Tablica 13.** Usporedba radijalnih sekantnih krutosti dvoosne i troosne mreže

Radijalna sekantna krutost						
Tip mreže	Smjer	$J_{sec2}/j_2$	$J_{sec5}/j_5$	$J_{sec7.43}/j_{7.43}$	$J_{sec9.64}/j_{9.64}$	$J_{secmax}/j_{max}$
		kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
Dvoosna	MD	218,70	328,65	294,44	/	208,65
	CMD	212,57	293,91	/	229,14	217,17
Troosna	0°	370,54	286,43	241,97	/	241,97
	30°	358,39	281,20	/	/	236,88
	60°	365,54	268,87	/	/	210,48
	90°	433,60	318,59	/	220,37	220,37

Promatraju li se radijalne sekantne krutosti za smjerove MD i CMD kod dvoosne mreže, odnosno 0° (MD) i 90° (CMD) kod troosne mreže, vidljivo je iz tablice 13 da su vrijednosti radijalne sekantne krutosti pri malim deformacijama općenito veće kod troosne mreže. S porastom deformacije, radijalna sekantna krutost postaje veća kod dvoosnih mreža. Pri deformaciji kod sloma troosne mreže (7,43%, 9,64%), za oba usporediva smjera 0° (MD) i 90° (CMD), radijalna sekantna krutost dvoosne mreže veća je od sekantne krutosti za odgovarajuće smjerove kod troosnih mreža. S povećanjem deformacija, razlika između radijalnih sekantnih krutosti dvoosne i troosne mreže, postaje sva manja.

## 5.2. Višeosno vlačno ispitivanje

Višeosno vlačno ispitivanje dvoosnih i troosnih mreža provedeno je u skladu s normom ASTM D 5617, pri čemu je postupak prilagođen ispitivanju geomreža na način da je ispitivan sustav geomembrana – geomreža. Rezultati ispitivanja vlačnih svojstava geomembrane te sustava dvoosnih i troosnih mreža s geomembranom u skladu s normom ASTM D5617 prikazani su u Prilozima 3, 4 i 5. Analiza rezultata ispitivanja provedena je pri dvije vrijednosti deformacija, 2% i 5%, te pri slomu uzorka za maksimalnu vrijednost sile.

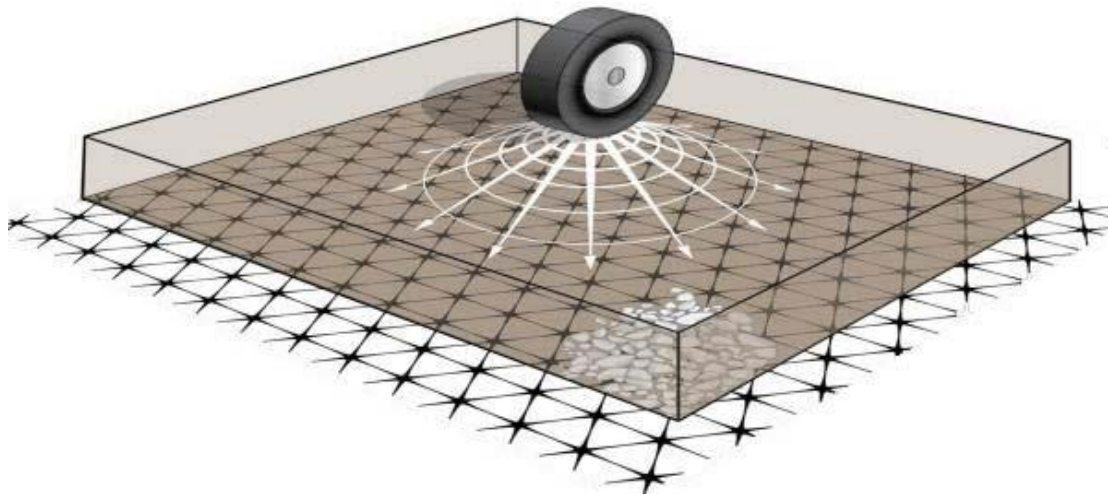
Pri višeosnom vlačnom ispitivanju, opterećenje (radijalna vlačna sila) se prenosi na mrežu djelovanjem, u obliku sfere deformirane geomembrane, slika 30. Može se reći da je uzorak opterećen na isti način kao i geomreža ugrađena u konstrukciju između nosivog sloja od zrnatog kamenog materijala i slabo nosivog tla, slika 31.

Opterećenje je kod višeosnog vlačnog ispitivanja u svakoj točki okomito na ravninu uzorka geomreže, obzirom da deformacija mreže prati deformaciju geomembrane, na koju s unutarnje strane djeluje tlak zraka. Kod jednoosnog ispitivanja opterećenje se nanosi u

ravnini uzorka, što rezultira jednoosnim vlačnim naprežanjem u smjeru izvodnice (MD, CMD).



**Slika 30.** U obliku sfere deformirana geomembrana

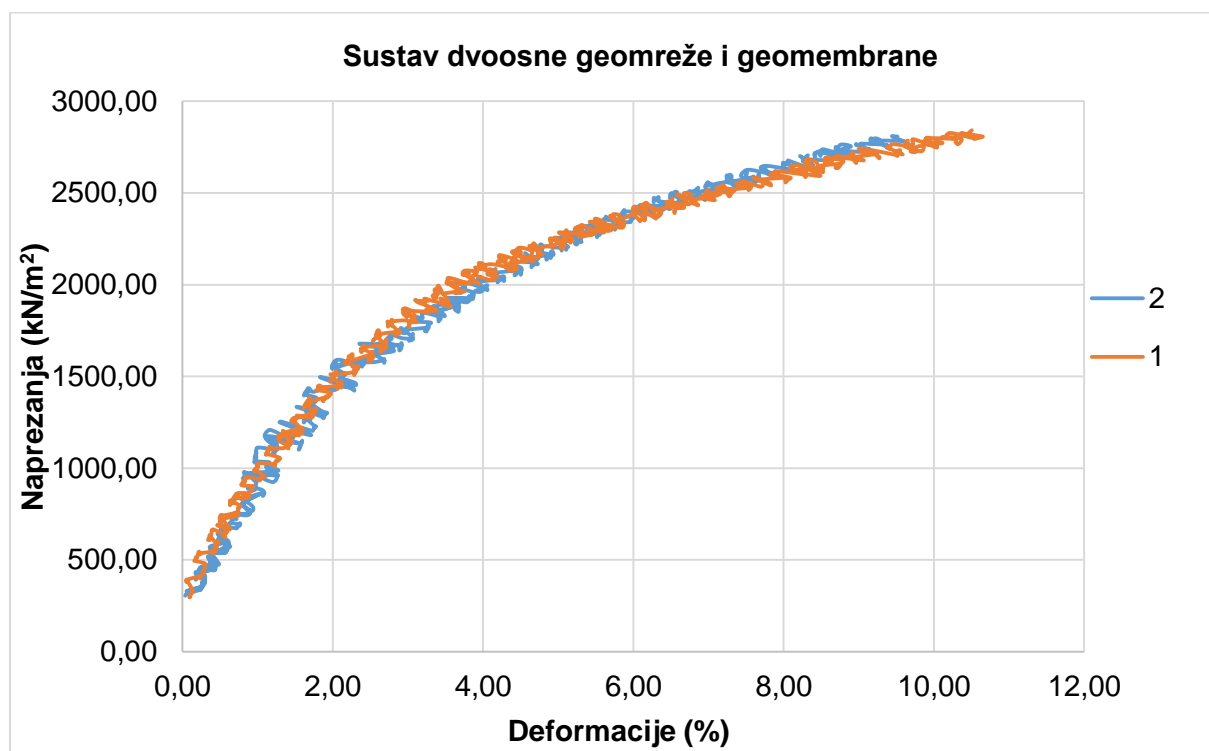


**Slika 31.** Rasprostiranje opterećenja koje se prenosi preko kotača vozila kroz sloj

Iz navedenih razloga usporedbu rezultata ispitivanja jednoosnog vlačnog ispitivanja, te višeosnog vlačnog ispitivanja nije moguće provesti. Moguće je usporediti deformacije uzorka geomreže za koje se kod višeosnog vlačnog ispitivanja može pretpostaviti da su identične u svim smjerovima, pa prema tom i u smjeru  $0^\circ$  (MD) i  $90^\circ$  (CMD).

### 5.2.1. Dvoosna mreža

Višeosnim vlačnim ispitivanjem sustava 'geomembrana – dvoosna mreža' dobiven je odnos naprezanja i deformacija za ispitane uzorke dvoosne geomreže prikazan na slici 32.



Slika 32. Odnos naprezanja i deformacija – dvoosna geomreža

Rezultat višeosnog vlačnog ispitivanja je naprezanje koje se javlja u geomreži, kao dijelu sustava 'geomembrana - dvoosna mreža', pri čemu geomembrana simulira opterećenje koje se javlja s donje strane sloja nevezanog materijala, dok dvoosna mreža predstavlja armaturni element ovog sustava.

Zbog preglednosti, rezultati vlačnih naprezanja ispitanih mreža, pri deformacijama 2%, 5% i  $\epsilon_{\max}$  prikazani su u tablici 14.

Tablica 14. Dvoosna i troosna – višeosno vlačno ispitivanje

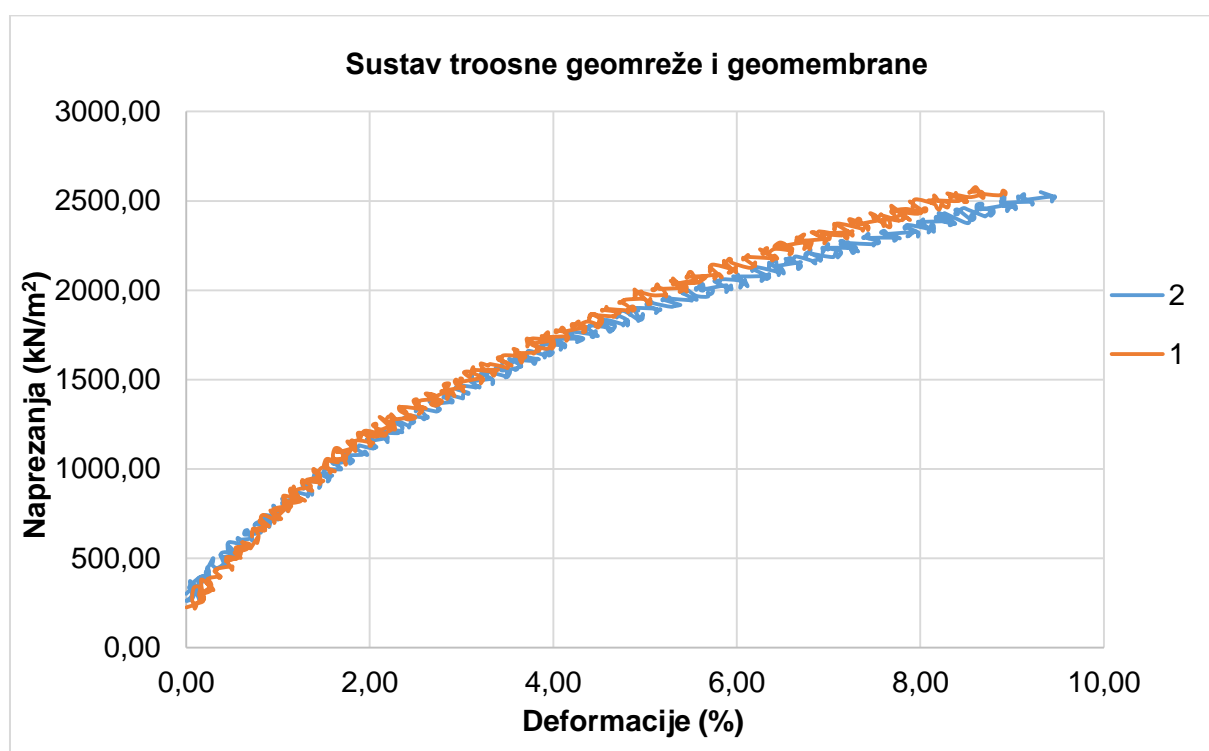
Tip mreže	Ispitni uzorak	$\sigma_{x1}$	$\sigma_{x2}$	$\sigma_{\max}$	$\epsilon_{\max}$
		kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	%
Dvoosna mreža	1	1531,61	2285,68	2841,58	10,50
	2	1588,76	2256,44	2807,75	9,45
	<b>Srednja vrijednost</b>	<b>1560,18</b>	<b>2271,06</b>	<b>2824,67</b>	<b>9,98</b>
Troosna mreža	1	1143,55	1927,27	2576,70	8,60
	2	1178,92	1930,43	2549,21	9,30
	<b>Srednja vrijednost</b>	<b>1161,23</b>	<b>1928,85</b>	<b>2562,96</b>	<b>8,95</b>



Višeosno vlačno naprezanje, koje se u dvoosnoj mreži javlja pod djelovanjem radijalnog opterećenja, koje se javlja na donjoj strani nosivog sloja, uslijed radijalnog širenja opterećenja na površini, kroz sloj nevezanog zrnatog kamenog materijala, iznosi pri maloj deformaciji (2%) prosječno 1.560,18 kN/m<sup>2</sup>. S povećanjem deformacije radijalno vlačno naprezanje geomreže raste, tako da pri deformaciji od 5% iznosi 2.271,06 kN/m<sup>2</sup>, a u trenutku sloma 2.824,67 kN/m<sup>2</sup>. Do sloma mreže došlo je pri prosječnoj deformaciji od 9,98%, što je nešto manje od vrijednosti pri jednoosnom ispitivanju.

### 5.2.2. Troosna mreža

Višeosnim vlačnim ispitivanjem sustava geomembrana-troosna mreža, dobiven je za ispitane uzorke troosne geomreže odnos naprezanja i deformacija prikazan na slici 33.

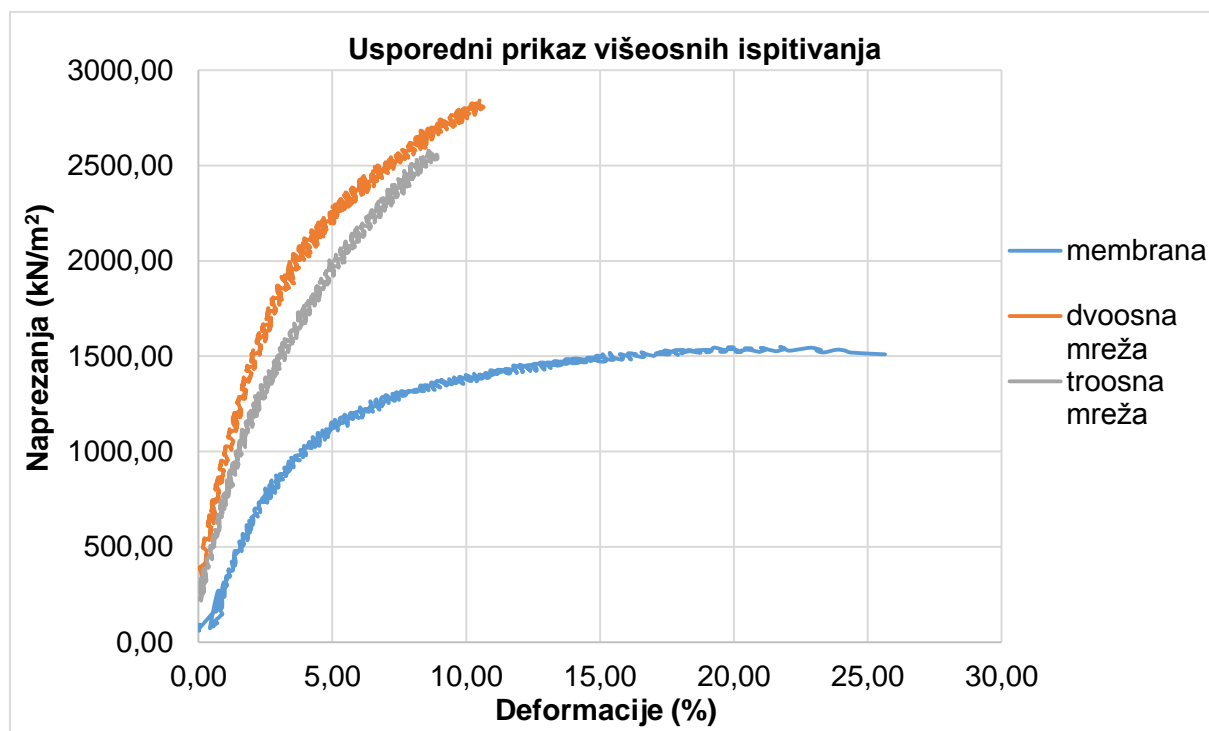


**Slika 33.** Odnos naprezanja i deformacija – troosna geomreža

Kao i kod dvoosne mreže, kod troosne se mreže pod djelovanjem radijalnog opterećenja, koje se javlja na donjoj strani nosivog sloja, javlja radijalno vlačno naprezanje, koje pri maloj deformaciji (2%) prosječno iznosi 1.161,23 kN/m<sup>2</sup>. S povećanjem deformacije radijalno vlačno naprezanje geomreže raste tako da pri deformaciji od 5% iznosi 1.928,85 kN/m<sup>2</sup> a u trenutku sloma 2.562,96 kN/m<sup>2</sup>.

Promatraju li se deformacije, uočava se da je do sloma troosne geomreže došlo pri prosječnoj deformaciji od 8,95%, što je veće od deformacija troosne geomreže za smjerove ispitivanja 0°, 30° i 60° ali manje od deformacije u smjeru ispitivanja 90°. Međutim, može se

reći da su deformacije istog reda veličine. Jednako tako, jasno je vidljivo da je do sloma mreže pri višeosnom vlačnom ispitivanju došlo pri prosječnoj deformaciji (8,95%) koja je nešto manja od deformacija pri jednoosnom ispitivanju ( $\epsilon_{MD}=11,65\%$ ,  $\epsilon_{CMD}=10,25\%$ ).



**Slika 34.** Odnos prosječnih vrijednosti napreznja i deformacija za geomembranu, te sustave geomembrana-dvoosna mreža i geomembrana-troosna mreža

Usporede li se napreznja koja se javljaju pri unaprijed zadanim vrijednostima deformacija (2% i 5%), vidljivo je da dvoosna mreža ima veće vrijednosti vlačnog napreznja neovisno o veličini deformacije, slika 34. Jednako tako, usporedbom napreznja koja se javljaju pri slomu vidljivo je da su veća kod dvoosne mreže. Međutim, kod dvoosne je mreže deformacija pri slomu također veća od deformacije pri slomu troosne mreže. Ukoliko se promatra napreznje koje se javlja u dvoosnoj mreži pri deformaciji od 8,95% (deformacija pri slomu troosne mreže) a koje iznosi 2741,1 kN/m<sup>2</sup> vidljivo je da je to napreznje veće od napreznja u trenutku sloma troosne mreže 2562,96 kN/m<sup>2</sup>. Dakle, drugim riječima višeosno vlačno ispitivanje koje u velikoj mjeri simulira stanje u kojem se geomreža nalazi o konstrukciji pokazalo je da oblik otvora ne utječe u većoj mjeri na krutost mreže.

Ispitivane mreže deklarirane su kao mreže istog razreda kvalitete, međutim različitog oblika otvora, te je iz svega navedenog vidljivo da tvrdnja kako trokutasti otvor mreže daje mreži veću krutost, na primjeru ovih mreža, ne vrijedi.

## 6. ZAKLJUČAK

Geomreže predstavljaju posebnu grupu geosintetskih materijala (proizvode od polimernih materijala), vrlo otvorene strukture, otvora mnogo većih od dimenzija materijala. Prilikom građenja objekata infrastrukture, cestovnih i željezničkih građevina, aerodroma i luka, geomreže se prvenstveno koriste pri rješavanju problema slabo nosivih tala. Istraživanja vezana uz uporabu geomreža su brojna. Pojavom novih tipova geomreža različite strukture i sastava, pojavila se potreba za iznalaženjem jedinstvenog načina ispitivanja svojstava različitih tipova geomreža, a kojima bi se u velikoj mjeri simuliralo ponašanje geomreža ugrađenih u konstrukciju.

Za pravilno funkcioniranje geomreže u konstrukciji, najvažnija je vlačna čvrstoća, te je u okviru ovog rada provedeno ispitivanje vlačnih svojstava dva tipa geomreža, klasične mreže kvadratnog oblika otvora (dvoosne mreže), te na tržištu novijeg tipa mreže, otvora oblika trokuta (troosne mreže), primjenom jednoosnog i višeosnog vlačnog ispitivanja. Postupcima definiranim europskom normom HRN EN 10319 (Geotextiles - Wide-width tensile test), dokumentom EOTA TR41 (Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate), te ASTM D 5617 (Standard Test Method for Multi-axial Tension Test for Geosynthetics), ispitana su vlačna svojstva navedenih tipova geomreža.

Ispitivanja su provedena u Laboratoriju za ekologiju, Zavoda za prometnice Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na univerzalnoj kidalici Zwick Roell Z100 te na uređaju za višeosno vlačno ispitivanje geosintetskih materijala BT TECHNOLOGY INC., SAD.

Temeljem dobivenih rezultata ispitivanja i provedene analize doneseni su sljedeći zaključci:

- Ispitivanje prema HRN EN 10319
  - prosječna vrijednost vlačne čvrstoće iznosila je u MD smjeru 24,31 kN/m, dok je u CMD smjeru iznosila 22,27 kN/m;
  - prosječna vrijednost deformacije u trenutku loma geomreže iznosila je u MD smjeru 11,65%, dok je u CMD smjeru bila 10,25%;
  - razlike između dobivenih prosječnih vrijednosti vlačne čvrstoće, deformacije, te radijalne sekantne krutosti za MD i CMD smjer, ukazuju na činjenicu da se radi o mreži koja ima homogena svojstva u dva glavna smjera, smjeru proizvodnje i smjeru okomitom na smjer proizvodnje.
  
- Ispitivanje prema dokumentu EOTA TR 41
  - prosječna vrijednost vlačne čvrstoće, redom su prema smjerovima (0°, 30°, 60°, 90°) iznosile 20,67 kN/m, 14,85 kN/m, 21,01 kN/m 21,25 kN/m
  - prosječna deformacija redom je prema smjerovima (0°, 30°, 60°, 90°) iznosila 7,43%, 7,21%, 8,68% i 9,64%.

- najmanja vrijednost vlačne čvrstoće dobivena je za smjer 30°. Razlog tome leži u načinu proizvodnje ovog tipa mreža. Naime, troosna se mreža proizvodi iz bušenih folija, koje se zagrijane razvlače u tri smjera (0°, 60° i 90°). Obzirom da je materijal iz kojeg je proizvedena folija polimernog sastava (polietilen visoke gustoće), prilikom razvlačenja dolazi do preorijentacije polimernih lanaca, posljedica čega je povećanje vlačne čvrstoće u smjeru orijentacije polimernih lanaca.
- vrijednosti radijalne sekantne krutosti nisu ujednačene. Razlog tome leži u načinu izračuna radijalne sekantne krutosti, koji ovisi o efektivnoj širini uzorka, koja je prema EOTA dokumentu jednaka širina prihvata uzorka u čeljustima. Stvarna efektivna širina uzorka prema definiciji je širina uzorka s vlačno aktiviranim elementima (rebra mreže).
- izračunom radijalne sekantne krutosti uz upotrebu stvarne efektivne širine uzorka, trend ponašanja rezultata postaje identičan onom kod vlačne čvrstoće.
- Ispitivanje višeosne vlačne čvrstoće prema ASTM D 5617
  - opterećenje se pri višeosnom vlačnom ispitivanju prenosi na mrežu djelovanjem u obliku sfere deformirane geomembrane, oblik koje je vrlo sličan obliku deformacije koja nastaje djelovanjem opterećenja na površini sloja, izvedenog na slabo nosivom tlu
  - radijalno vlačno naprezanje dvoosne mreže u trenutku sloma iznosi 2.824,67 kN/m<sup>2</sup>, dok kod troosne mreže iznosi 1.928,85 kN/m<sup>2</sup>, a u trenutku sloma 2.562,96 kN/m<sup>2</sup>.
  - radijalno vlačno naprezanje pri maloj deformaciji (2%) prosječno iznosi 1.560,18 kN/m<sup>2</sup>, dok kod troosne mreže iznosi 1.161,23 kN/m<sup>2</sup>.
  - do sloma dvoosne mreže dolazi pri prosječnoj deformaciji od 9,98%, dok do sloma troosne geomreže dolazi pri prosječnoj deformaciji od 8,95%.
  - dvoosna mreža ima veće vrijednosti radijalnog vlačnog naprezanja, neovisno o veličini deformacije.

Provedeno istraživanje pokazalo je da primijenjeni način ispitivanja vlačnih svojstava geomreža ima određeni utjecaj na rezultate ispitivanja.

Jednoosno vlačno ispitivanje, bilo ono provedeno prema HRN EN ISO 10319, ili prema dokumentu EOTA moguće je primijeniti prilikom određivanja vlačnih svojstava dvoosnih i troosnih mreža. Međutim, ispitivanje prema HRN EN ISO 10319 nije moguće primijeniti za ispitivanje troosnih mreža ukoliko se ispitivanje provodi striktno prema normi. Naime, ova norma uopće ne razmatra mogućnost ispitivanja u smjerovima različitim od smjera proizvodnje, odnosno smjera okomitog na smjer proizvodnje geomreže. S druge strane dokument EOTA pisan je isključivo za ispitivanje troosnih mreža, te je prema tom dokumentu

ispitivanje potrebno provesti u više smjerova pri čemu prilikom ispitivanja treba strogo poštivati pravilo simetrije uzorka. Ukoliko bi se prema EOTA dokumentu ispitivanje provodilo na dvoosnim mrežama uzorak se uvijek može u čeljusti prihvatiti tako da kut između osi proizvodnje mreže i smjera ispitivanja bude  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  ili  $90^\circ$ , kako propisuje dokument EOTA-e. S današnjom konstrukcijom čeljusti, pri čemu se misli na širinu prihvata, simetriju uzorka nije moguće postići, pa prema tome niti provesti ispitivanje na pravilan način. Čeljusti dovoljne širine danas u Europi posjeduje samo jedan laboratorij. Dakle, rezultate ispitivanja, poštujući sve zahtjeve norme i dokumenta, nije moguće usporediti u potpunosti, već samo za dva glavna smjera, MD ( $0^\circ$ ) i CMD ( $90^\circ$ ) dvoosne mreže, obzirom da za smjerove od  $30^\circ$  i  $60^\circ$  zbog potrebne širine čeljusti uzorak nije moguće adekvatno prihvatiti, a samim time i dobiti realne rezultate. Dakle, može se reći da su rezultati jednoosnih ispitivanja u velikoj mjeri usporedivi, što nije slučaj s rezultatima višeosnog i jednoosnog vlačnog ispitivanja. Opterećenje je kod višeosnog vlačnog ispitivanja u svakoj točki okomito na ravninu uzorka geomreže, dok se kod jednoosnog ispitivanja opterećenje nanosi u ravnini uzorka, što rezultira jednoosnim vlačnim naprezanjem u smjeru izvodnice (MD, CMD). Dakle, koncept opterećivanja uzoraka kod jednog, odnosno drugog ispitivanja u potpunosti je različit, što usporedivost rezultata ispitivanja čini upitnom.

Kako je osnovna funkcija geomreža, koje se ugrađuju između zrnatog kamenog materijala i sloja slabije nosivog tla, spriječiti pojavu većih deformacija, koje bi omogućile razmicanje zrna agregata i prodiranje sitnozrnatog materijala u sloj zrnatog kamenog materijala, primarna je njena vlačna čvrstoća upravo pri malim deformacijama.

Višeosno vlačno ispitivanje, koje u velikoj mjeri simulira stanje u kojem se geomreža nalazi u konstrukciji, pokazalo je da je u takvim okolnostima efikasnija dvoosna mreža. Time je tvrdnja da trokutasti otvor mreže značajno poboljšava vlačna svojstva geomreže u odnosu na mreže s kvadratnim otvorima, dovedena u pitanje, obzirom da su ispitivane mreže deklarirane kao mreže istog razreda kvalitete.

Jednoosna ispitivanja, bilo da se radi o onom prema HRN EN 10 319, ili prema dokumentu EOTA TR 41, pokazala su da je pri malim deformacijama efikasnija troosna mreža. Međutim, ova ispitivanja ne simuliraju način opterećivanja geomreže ugrađene kao armirajući element između nosivog sloja i slabo nosivog tla.

U radu provedeno istraživanje obuhvaćalo je ispitivanja na dva različita tipa mreže. Ispitivanje više različitih tipova mreže iziskivalo bi daleko više vremena od onog predviđenog za izradu ovog rada. Međutim, ovim radom otvorena su neka pitanja, na koja će se obzirom na popularnost primjene ovih materijala za rješavanje problema, koji se javljaju prilikom gradnje objekata donjeg ustroja prometnica na slabo nosivom tlu, biti potrebno uskoro odgovoriti.

## 7. PRILOZI

## **7.1. Prilog 1**

### **Rezultati jednoosnog ispitivanja dvoosnih geomreža**



## Test report

Customer : Rektorova nagrada 2017  
Test standard : HRN EN ISO 10319  
Test device : 100N5A WN:155595; Load cell 100 kN  
Type of clamps : DEMGEN M 100 HY-ME-2XL

Supply identifier : dvoosna geomreža  
Note : Tensile Strength; CMD  
Date : 19.4.2017.

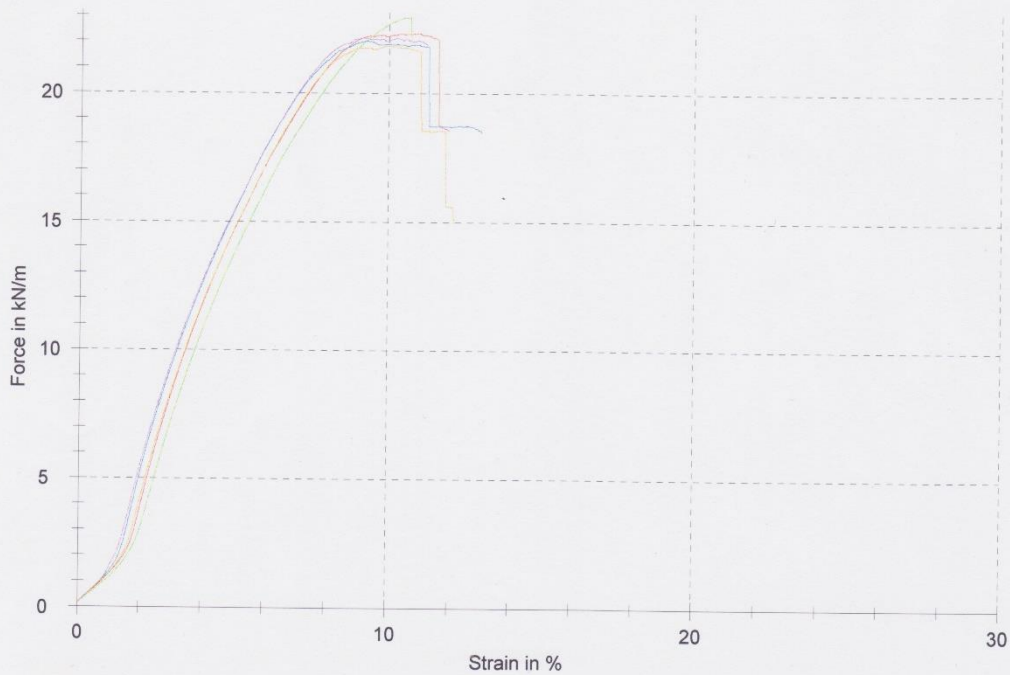
### Statistics:

### Test results:

Nr	Specimen identifier	F <sub>x1</sub> kN	F <sub>x2</sub> kN	F <sub>max</sub> kN	T <sub>max</sub> kN/m	ε <sub>max</sub> %
1	smjer CMD_1	1,00	3,93	6,01	22,3	11,0
2	smjer CMD_2	0,791	3,68	6,18	23,0	10,7
3	smjer CMD_3	1,38	4,12	5,94	22,0	9,3
4	smjer CMD_4	1,09	3,93	5,88	21,8	10,0
5	smjer CMD_5	1,45	4,13	5,97	22,2	10,3

Series	F <sub>x1</sub> kN	F <sub>x2</sub> kN	F <sub>max</sub> kN	T <sub>max</sub> kN/m	ε <sub>max</sub> %
n = 5					
x	1,14	3,96	6,00	22,3	10,3
s	0,273	0,184	0,115	0,427	0,7
v	23,89	4,64	1,92	1,92	6,49

### Series graph:





## Test report

Customer : Rektorova nagrada2017  
 Test standard : HRN EN ISO 10319  
 Test device : 100N5A WN:155595; Load cell 100 kN  
 Type of clamps : DEMGEN M 100 HY-ME-2XL

Supply identifier : dvoosna geomreza  
 Note : Tensile Strength; MD  
 Date : 19.4.2017.

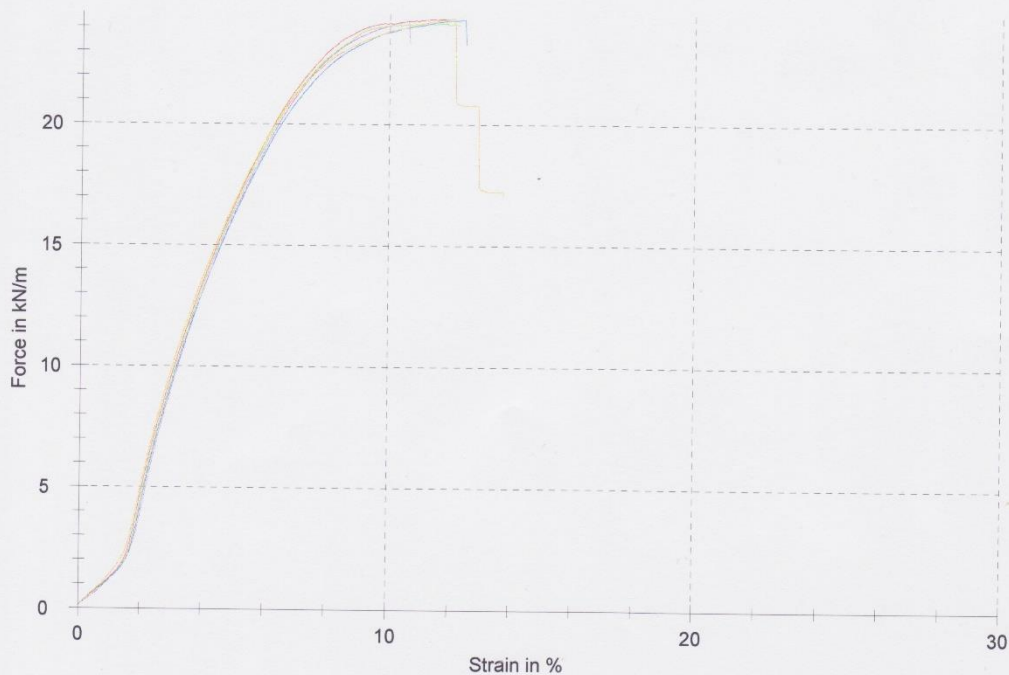
### Test results:

Nr	Specimen identifier	F <sub>x1</sub> kN	F <sub>x2</sub> kN	F <sub>max</sub> kN	T <sub>max</sub> kN/m	ε <sub>max</sub> %
1	smjer MD_1	1,24	4,46	6,56	24,4	11,8
2	smjer MD_2	1,17	4,42	6,51	24,2	11,6
3	smjer MD_3	1,12	4,36	6,55	24,3	12,3
4	smjer MD_4	1,31	4,50	6,56	24,4	12,0
5	smjer MD_5	1,04	4,38	6,54	24,3	10,6

### Statistics:

Series	F <sub>x1</sub> kN	F <sub>x2</sub> kN	F <sub>max</sub> kN	T <sub>max</sub> kN/m	ε <sub>max</sub> %
n = 5					
$\bar{x}$	1,18	4,42	6,54	24,3	11,6
s	0,106	0,0579	0,0225	0,0834	0,6
v	9,01	1,31	0,34	0,34	5,45

### Series graph:



## **7.2. Prilog 2**

### **Rezultati jednoosnog ispitivanja troosnih geomreža**

## Test report

Customer : Rektorova nagrada 2017  
 Test standard : TR 041 B.1.  
 Test device : 100N5A WN:155595; Load cell 100 kN  
 Type of clamps : DEMGEN M 100 HY-ME-2XL

Supply identifier : troosna geomreža  
 Note : Tensile Strength; 0°  
 Date : 13.1.2017.

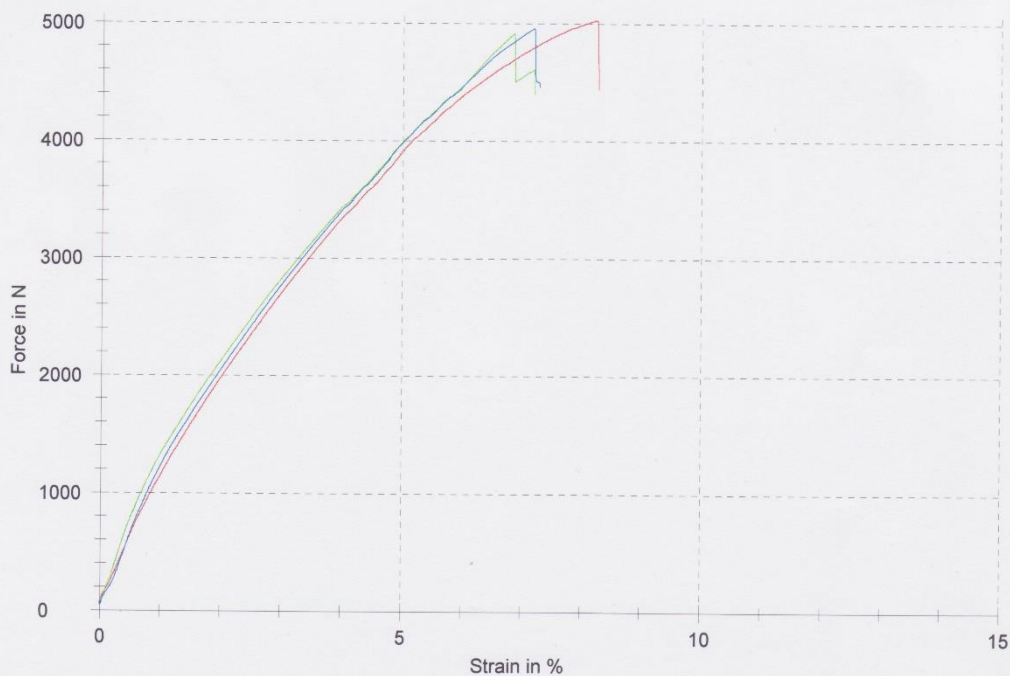
### Test results:

Nr	Specimen identifier	F <sub>x1</sub> kN	F <sub>x2</sub> kN	F <sub>max</sub> N	ε <sub>max</sub> %
1	smjer 0°_1	1,97	3,90	5020	8,2
2	smjer 0°_2	2,12	3,98	4910	6,9
3	smjer 0°_3	2,04	3,97	4950	7,2

### Statistics:

RSS	F <sub>x1</sub> kN	F <sub>x2</sub> kN	F <sub>max</sub> N	ε <sub>max</sub> %
n = 3				
x	2,05	3,95	4960	7,4
s	0,0744	0,0455	55,3	0,7
v	3,64	1,15	1,11	9,56

### Series graph:



## Test report

Customer : Rektorova nagrada 2017  
 Test standard : TR 041 B.1.  
 Test device : 100N5A WN:155595; Load cell 100 kN  
 Type of clamps : DEMGEN M 100 HY-ME-2XL

Supply identifier : troosna geomreža  
 Tester : Josipa Domitrovic, dipl.ing.grad.  
 Note : Tensile Strength; 30°  
 Date : 13.1.2017.

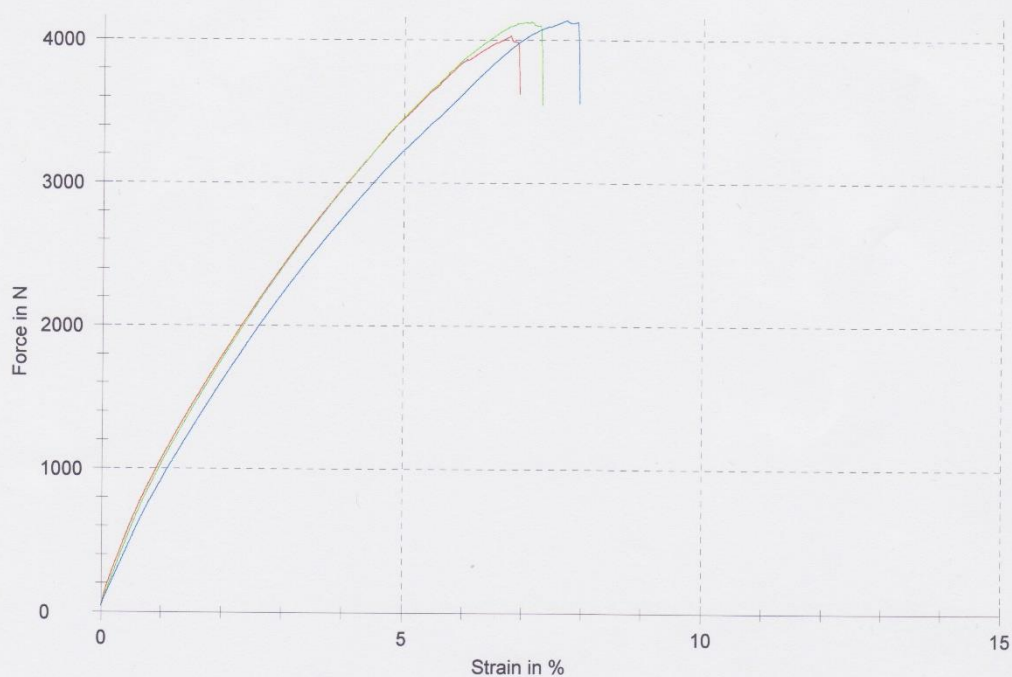
### Test results:

Nr	Specimen identifier	F <sub>x1</sub> kN	F <sub>x2</sub> kN	F <sub>max</sub> N	ε <sub>max</sub> %
1	smjer 30°_1	1,78	3,45	4030	6,8
2	smjer 30°_2	1,76	3,45	4130	7,1
3	smjer 30°_3	1,61	3,23	4140	7,7

### Statistics:

RSS	F <sub>x1</sub> kN	F <sub>x2</sub> kN	F <sub>max</sub> N	ε <sub>max</sub> %
n = 3				
x	1,72	3,37	4100	7,2
s	0,0939	0,129	60,1	0,5
v	5,46	3,81	1,47	6,59

### Series graph:



## Test report

Customer : Rektorova nagrada 2017  
 Test standard : TR 041 B.1.  
 Test device : 100N5A WN:155595; Load cell 100 kN  
 Type of clamps : DEMGEN M 100 HY-ME-2XL

Supply identifier : troosna geomreža  
 Note : Tensile Strength; 60°  
 Date : 13.1.2017.

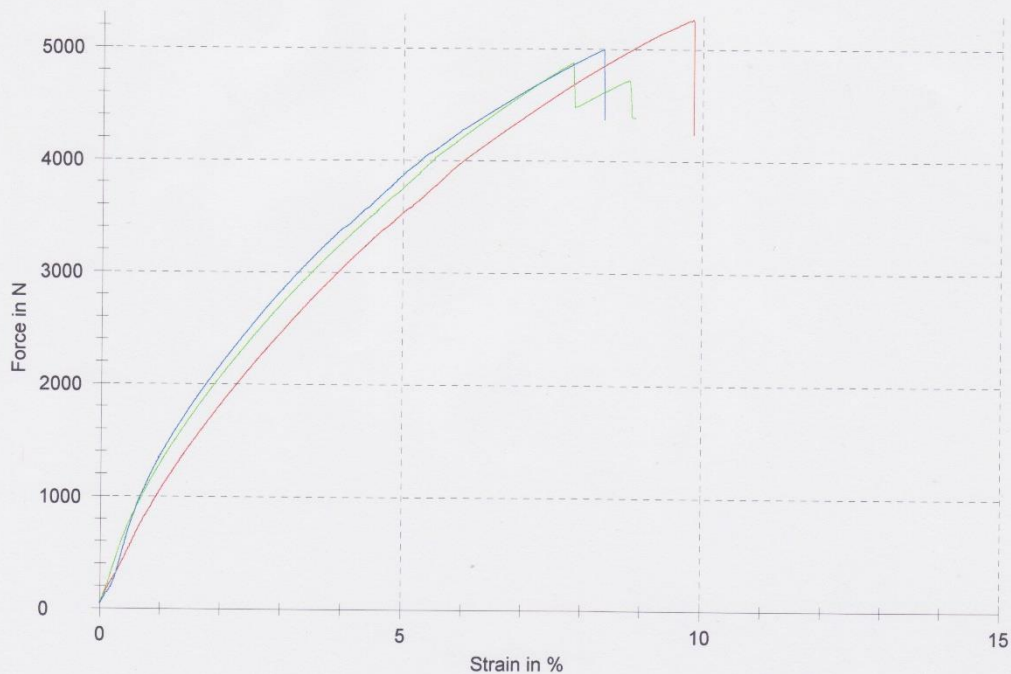
### Test results:

Nr	Specimen identifier	F <sub>x1</sub>	F <sub>x2</sub>	F <sub>max</sub>	ε <sub>max</sub>
		kN	kN	N	%
1	smjer 60°_1	1,82	3,52	5260	9,8
2	smjer 60°_2	2,07	3,74	4870	7,8
3	smjer 60°_3	2,17	3,86	4990	8,4

### Statistics:

RSS	F <sub>x1</sub>	F <sub>x2</sub>	F <sub>max</sub>	ε <sub>max</sub>
n = 3	kN	kN	N	%
x	2,02	3,71	5040	8,7
s	0,183	0,172	198	1,0
v	9,06	4,64	3,93	11,99

### Series graph:





## Test report

Customer : Rektorova nagrada 2017  
Test standard : TR 041 B.1.  
Test device : 100N5A WN:155595; Load cell 100 kN  
Type of clamps : DEMGEN M 100 HY-ME-2XL

Supply identifier : troosna geomreža  
Note : Tensile Strength; 90°  
Date : 13.1.2017.

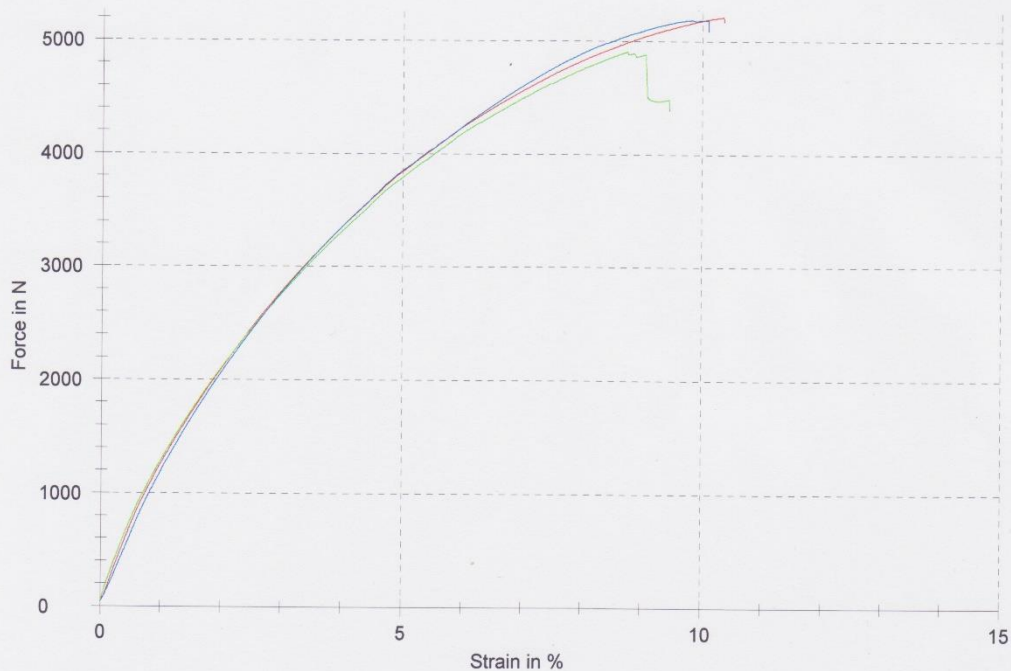
### Test results:

Nr	Specimen identifier	F <sub>x1</sub>	F <sub>x2</sub>	F <sub>max</sub>	ε <sub>max</sub>
		kN	kN	N	%
1	smjer 90°_1	2,09	3,84	5210	10,4
2	smjer 90°_2	2,09	3,79	4900	8,8
3	smjer 90°_3	2,06	3,85	5190	9,8

### Statistics:

RSS	F <sub>x1</sub>	F <sub>x2</sub>	F <sub>max</sub>	ε <sub>max</sub>
n = 3	kN	kN	N	%
$\bar{x}$	2,08	3,82	5100	9,6
s	0,0196	0,0322	171	0,8
v	0,94	0,84	3,35	8,47

### Series graph:



### **7.3. Prilog 3**

#### **Rezultati višeosnog ispitivanja geomembrana**

1			46	0,43	74,24	93	1,58	497,52	140	2,25	725,81	187	3,24	886,81
	(%)	(kN/m <sup>2</sup> )	47	0,72	266,21	94	1,61	494,51	141	2,27	731,78	188	3,40	898,72
1	0,01	92,12	48	0,84	224,09	95	1,61	485,68	142	2,44	736,20	189	3,46	920,03
2	0,02	76,34	49	0,72	199,65	96	1,61	476,85	143	2,46	734,34	190	3,32	920,27
3	0,02	76,34	50	0,75	186,35	97	1,52	521,65	144	2,46	734,34	191	3,32	906,54
4	0,04	90,59	51	0,65	159,07	98	1,54	529,01	145	2,36	737,89	192	3,34	918,27
5	0,02	76,34	52	0,64	171,13	99	1,69	521,95	146	2,37	751,49	193	3,38	948,42
6	0,02	76,34	53	0,84	266,77	100	1,69	521,95	147	2,57	776,17	194	3,52	927,63
7	0,01	76,77	54	0,83	257,08	101	1,67	506,05	148	2,57	730,96	195	3,54	925,68
8	0,02	61,07	55	0,89	210,24	102	1,69	513,25	149	2,57	746,03	196	3,56	917,04
9	0,01	76,77	56	0,82	193,54	103	1,64	561,75	150	2,49	806,77	197	3,52	954,52
10	0,02	76,34	57	0,89	273,31	104	1,66	568,82	151	2,51	751,61	198	3,46	967,38
11	0,01	76,77	58	0,90	293,25	105	1,66	551,32	152	2,48	747,76	199	3,50	963,28
12	0,01	76,77	59	0,90	272,30	106	1,66	542,57	153	2,67	809,41	200	3,50	956,54
13	0,01	76,77	60	0,97	236,51	107	1,84	574,54	154	2,73	796,20	201	3,52	954,52
14	0,02	76,34	61	0,98	276,63	108	1,86	572,90	155	2,69	755,60	202	3,70	956,57
15	0,03	75,91	62	0,93	311,88	109	1,83	533,82	156	2,69	763,01	203	3,74	952,66
16	0,02	76,34	63	1,07	299,81	110	1,83	542,29	157	2,64	820,82	204	3,78	955,33
17	0,02	76,34	64	0,93	280,69	111	1,80	613,61	158	2,67	824,26	205	3,60	966,53
18	0,02	76,34	65	0,93	301,49	112	1,92	583,10	159	2,64	790,97	206	3,62	977,82
19	0,03	75,91	66	1,10	337,42	113	1,92	574,77	160	2,66	796,49	207	3,84	982,07
20	0,03	91,09	67	1,05	332,12	114	1,92	583,10	161	2,73	847,81	208	3,89	978,13
21	0,02	76,34	68	1,03	303,00	115	1,95	588,12	162	2,73	833,06	209	3,89	971,65
22	0,02	76,34	69	1,03	343,40	116	1,97	603,00	163	2,86	783,08	210	3,91	969,71
23	0,02	76,34	70	1,17	351,17	117	1,89	636,66	164	2,86	804,83	211	3,91	976,18
24	0,03	91,09	71	1,17	341,41	118	1,91	634,87	165	2,97	836,58	212	3,80	1005,63
25	0,03	75,91	72	1,17	341,41	119	1,91	626,51	166	2,99	813,26	213	3,84	1008,08
26	0,02	76,34	73	1,11	375,81	120	1,91	626,51	167	2,95	809,84	214	4,01	992,16
27	0,03	75,91	74	1,13	374,51	121	2,02	614,40	168	2,97	815,13	215	4,01	985,76
28	0,04	75,49	75	1,14	383,04	122	2,05	643,62	169	2,89	873,24	216	4,01	979,36
29	0,05	75,07	76	1,14	373,22	123	1,97	652,57	170	2,93	862,00	217	3,93	1025,85
30	0,85	201,98	77	1,29	378,60	124	2,00	648,96	171	2,88	839,11	218	3,95	1030,25
31	0,88	179,37	78	1,23	422,02	125	1,99	650,76	172	2,89	837,16	219	3,97	1015,36
32	0,79	173,36	79	1,30	405,66	126	2,00	657,17	173	3,12	856,60	220	3,97	1015,36
33	0,89	147,17	80	1,35	401,72	127	2,17	671,53	174	3,14	854,68	221	4,18	1027,27
34	0,82	139,78	81	1,35	401,72	128	2,18	661,77	175	3,14	854,68	222	4,21	1019,01
35	0,78	130,52	82	1,36	400,42	129	2,18	661,77	176	3,14	854,68	223	4,23	1017,06
36	0,70	122,98	83	1,39	425,61	130	2,22	658,27	177	3,16	852,77	224	4,08	1024,53
37	0,58	104,82	84	1,33	449,88	131	2,08	688,74	178	3,03	880,55	225	4,12	1045,91
38	0,61	103,52	85	1,35	439,08	132	2,12	701,14	179	3,24	879,88	226	4,14	1050,21
39	0,71	100,22	86	1,32	423,14	133	2,29	698,48	180	3,26	871,03	227	4,32	1034,28
40	0,71	100,22	87	1,35	476,45	134	2,30	688,84	181	3,28	876,02	228	4,34	1026,12
41	0,61	92,02	88	1,48	472,08	135	2,30	681,01	182	3,26	871,03	229	4,36	1024,19
42	0,52	83,27	89	1,40	470,37	136	2,30	681,01	183	3,30	887,87	230	4,40	1038,91
43	0,53	82,91	90	1,40	470,37	137	2,25	725,81	184	3,20	911,61	231	4,27	1075,74
44	0,56	82,21	91	1,40	461,14	138	2,25	733,70	185	3,22	916,54	232	4,27	1056,97
45	0,49	84,35	92	1,40	461,14	139	2,25	717,93	186	3,24	907,59	233	4,27	1038,21



234	4,49	1055,78	284	5,91	1191,84	334	7,43	1309,93	384	9,55	1384,66	434	12,54	1451,11
235	4,51	1059,97	285	5,91	1186,30	335	7,43	1289,54	385	9,89	1354,25	435	12,64	1430,31
236	4,51	1029,33	286	5,93	1184,45	336	7,43	1294,64	386	9,89	1358,85	436	12,60	1423,07
237	4,54	1088,60	287	5,98	1175,26	337	7,71	1292,72	387	9,73	1389,42	437	12,47	1449,42
238	4,45	1096,66	288	5,81	1199,36	338	7,76	1309,42	388	9,80	1391,01	438	12,54	1459,62
239	4,45	1059,70	289	6,11	1215,52	339	7,57	1316,43	389	10,14	1370,11	439	12,88	1455,40
240	4,43	1061,67	290	6,11	1199,10	340	7,57	1301,24	390	10,14	1370,11	440	12,92	1428,86
241	4,69	1099,00	291	6,11	1177,20	341	7,62	1307,91	391	10,20	1371,77	441	12,74	1464,67
242	4,72	1078,94	292	6,16	1200,90	342	7,90	1315,96	392	9,98	1400,39	442	13,09	1460,55
243	4,72	1060,86	293	6,03	1232,14	343	7,76	1314,44	393	10,11	1394,42	443	13,16	1437,13
244	4,72	1066,88	294	6,06	1208,27	344	7,79	1307,73	394	10,36	1378,21	444	13,16	1437,13
245	4,63	1111,04	295	6,06	1202,78	345	7,82	1311,04	395	10,39	1367,72	445	12,99	1464,28
246	4,65	1102,97	296	6,19	1220,88	346	7,85	1314,35	396	10,42	1379,87	446	13,19	1465,23
247	4,83	1081,32	297	6,34	1220,71	347	8,16	1315,81	397	10,30	1408,34	447	13,41	1449,58
248	4,83	1075,35	298	6,36	1208,11	348	8,19	1314,17	398	10,36	1391,81	448	13,41	1453,74
249	4,85	1091,34	299	6,19	1215,43	349	8,02	1314,22	399	10,58	1381,79	449	13,23	1455,63
250	4,90	1111,28	300	6,21	1219,04	350	8,04	1322,46	400	10,64	1396,94	450	13,30	1474,08
251	4,76	1117,13	301	6,49	1231,33	351	8,33	1325,60	401	10,49	1404,11	451	13,65	1466,12
252	4,79	1115,14	302	6,47	1222,42	352	8,36	1323,97	402	10,52	1402,67	452	13,69	1464,92
253	4,81	1113,16	303	6,52	1208,14	353	8,42	1315,85	403	10,55	1401,23	453	13,48	1451,34
254	4,81	1107,18	304	6,49	1215,27	354	8,22	1322,36	404	10,81	1385,43	454	13,51	1470,92
255	5,04	1123,27	305	6,42	1263,68	355	8,27	1328,89	405	10,90	1403,55	455	13,87	1471,39
256	5,06	1133,08	306	6,44	1251,07	356	8,30	1346,83	406	10,71	1412,04	456	13,90	1470,21
257	4,92	1115,27	307	6,42	1226,03	357	8,56	1332,09	407	10,77	1409,19	457	13,73	1459,60
258	4,92	1115,27	308	6,68	1245,34	358	8,59	1320,81	408	10,81	1403,31	458	13,73	1484,41
259	4,97	1152,77	309	6,76	1224,16	359	8,45	1343,45	409	11,13	1416,00	459	14,23	1476,14
260	5,18	1135,08	310	6,76	1218,88	360	8,45	1348,32	410	10,90	1425,83	460	14,19	1465,02
261	5,20	1109,92	311	6,60	1256,09	361	8,74	1341,78	411	10,97	1400,76	461	13,94	1464,92
262	5,20	1109,92	312	6,65	1273,68	362	8,77	1330,57	412	11,00	1403,82	462	14,01	1487,24
263	5,09	1166,30	313	6,65	1247,14	363	8,83	1322,64	413	11,39	1422,61	463	14,48	1480,35
264	5,11	1164,30	314	6,78	1238,22	364	8,71	1343,38	414	11,16	1427,88	464	14,48	1468,15
265	5,13	1138,95	315	6,94	1264,32	365	8,71	1362,64	415	11,16	1405,77	465	14,30	1469,75
266	5,13	1133,11	316	6,94	1264,32	366	8,98	1343,48	416	11,23	1420,68	466	14,34	1476,77
267	5,37	1154,41	317	6,86	1238,20	367	9,01	1337,16	417	11,62	1426,25	467	14,81	1490,45
268	5,42	1150,60	318	6,78	1248,76	368	9,04	1335,61	418	11,62	1408,80	468	14,52	1491,40
269	5,25	1146,72	319	6,86	1285,42	369	8,86	1349,79	419	11,46	1415,51	469	14,63	1475,83
270	5,25	1140,93	320	7,08	1271,09	370	8,92	1370,50	420	11,46	1433,04	470	14,67	1474,71
271	5,30	1177,51	321	7,10	1258,97	371	9,22	1354,73	421	11,82	1426,93	471	15,03	1495,86
272	5,56	1167,70	322	7,10	1253,79	372	9,22	1350,01	422	11,86	1421,27	472	14,85	1501,44
273	5,56	1133,69	323	6,97	1288,63	373	9,28	1346,94	423	11,89	1411,30	473	14,89	1476,12
274	5,56	1139,36	324	7,02	1295,44	374	9,07	1376,79	424	11,89	1415,63	474	15,22	1474,35
275	5,47	1192,46	325	7,27	1269,20	375	9,19	1365,73	425	11,76	1451,32	475	15,11	1509,72
276	5,44	1177,28	326	7,29	1267,48	376	9,40	1354,92	426	12,06	1434,99	476	15,11	1497,67
277	5,47	1163,94	327	7,32	1265,76	377	9,46	1351,88	427	12,09	1416,46	477	15,18	1487,46
278	5,52	1182,88	328	7,35	1269,17	378	9,49	1359,72	428	12,13	1419,47	478	15,52	1481,77
279	5,78	1178,91	329	7,24	1301,81	379	9,37	1379,92	429	11,99	1454,89	479	15,37	1518,00
280	5,76	1169,59	330	7,35	1294,76	380	9,37	1375,22	430	12,30	1438,77	480	15,44	1495,87
281	5,64	1178,97	331	7,48	1275,93	381	9,61	1358,34	431	12,36	1431,92	481	15,82	1481,32
282	5,64	1178,97	332	7,48	1270,85	382	9,64	1366,13	432	12,40	1422,10	482	15,86	1492,15
283	5,69	1203,31	333	7,37	1308,34	383	9,55	1389,32	433	12,23	1449,94	483	15,74	1511,17

484	16,05	1498,80	534	21,60	1525,90
485	16,12	1484,92	535	21,90	1538,94
486	16,16	1483,90	536	21,73	1549,15
487	16,05	1514,58	537	21,95	1534,58
488	16,35	1510,24	538	22,08	1528,79
489	16,24	1509,39	539	22,38	1534,65
490	16,28	1504,43	540	22,91	1544,28
491	16,62	1495,35	541	23,26	1531,69
492	16,66	1513,86	542	23,08	1530,79
493	16,54	1520,80	543	23,35	1519,63
494	16,58	1515,88	544	23,84	1533,86
495	16,97	1502,05	545	24,15	1529,39
496	17,01	1501,07	546	24,38	1519,18
497	17,24	1522,33	547	25,65	1509,65
498	17,32	1516,53			
499	17,09	1514,62			
500	17,13	1513,65			
501	17,60	1509,86			
502	17,40	1530,03			
503	17,80	1520,51			
504	17,88	1510,99			
505	17,92	1506,24			
506	17,76	1529,11			
507	18,16	1531,24			
508	18,08	1514,02			
509	18,04	1518,76			
510	18,44	1528,66			
511	18,28	1532,29			
512	18,36	1526,67			
513	18,76	1517,74			
514	18,56	1529,74			
515	19,09	1533,35			
516	19,17	1527,86			
517	18,96	1520,91			
518	19,13	1524,97			
519	19,25	1544,89			
520	19,58	1534,31			
521	19,70	1524,34			
522	19,50	1524,79			
523	19,99	1544,57			
524	19,79	1545,02			
525	20,29	1524,05			
526	20,08	1524,38			
527	20,66	1539,04			
528	20,41	1540,13			
529	20,92	1523,33			
530	20,96	1522,57			
531	21,22	1536,30			
532	21,00	1543,80			
533	21,52	1527,38			

2			46	0,55	137,33	93	1,07	333,90	140	1,75	575,72	187	2,84	814,86
	(%)	(kN/m <sup>2</sup> )												
1	0,00	69,28	47	0,55	137,33	94	1,07	313,03	141	1,95	647,70	188	2,82	824,26
2	0,01	68,83	48	0,55	137,33	95	1,07	365,20	142	1,91	651,48	189	2,73	826,88
3	0,02	51,30	49	0,54	137,96	96	0,95	377,78	143	1,93	606,85	190	2,73	849,43
4	0,14	93,71	50	0,54	125,41	97	1,07	375,64	144	1,93	606,85	191	2,93	841,75
5	0,50	217,15	51	0,54	125,41	98	1,08	363,86	145	1,90	661,98	192	2,93	834,43
6	0,45	209,23	52	0,47	129,54	99	1,05	387,50	146	2,02	663,68	193	2,93	834,43
7	0,48	206,29	53	0,46	130,15	100	1,05	408,45	147	2,04	628,29	194	2,93	841,75
8	0,48	180,50	54	0,44	131,39	101	1,20	402,57	148	1,90	636,19	195	2,86	879,41
9	0,48	167,61	55	0,44	118,25	102	1,20	402,57	149	2,02	680,48	196	2,90	875,19
10	0,46	169,19	56	0,44	131,39	103	1,20	392,51	150	2,01	699,27	197	2,90	875,19
11	0,50	166,06	57	0,44	131,39	104	1,20	392,51	151	2,01	674,00	198	2,91	865,77
12	0,49	166,83	58	0,44	118,25	105	1,13	430,32	152	2,01	665,57	199	3,08	854,82
13	0,58	148,48	59	0,44	131,39	106	1,29	441,97	153	2,01	665,57	200	3,08	862,00
14	0,55	149,82	60	0,45	117,69	107	1,30	440,46	154	2,17	688,13	201	2,99	908,47
15	0,55	149,82	61	0,45	117,69	108	1,30	440,46	155	2,09	722,68	202	3,01	899,09
16	0,55	149,82	62	0,46	130,15	109	1,30	440,46	156	2,19	669,90	203	2,99	879,40
17	0,55	149,82	63	0,46	130,15	110	1,30	430,67	157	2,19	686,24	204	3,01	877,34
18	0,55	137,33	64	0,46	130,15	111	1,23	468,06	158	2,14	733,13	205	3,23	909,84
19	0,54	150,50	65	0,46	117,13	112	1,26	474,70	159	2,28	707,29	206	3,23	909,84
20	0,54	150,50	66	0,47	129,54	113	1,40	468,41	160	2,27	685,02	207	3,23	867,52
21	0,55	137,33	67	0,46	117,13	114	1,40	477,97	161	2,27	717,26	208	3,21	883,63
22	0,54	150,50	68	0,46	117,13	115	1,32	477,98	162	2,22	755,62	209	3,18	930,26
23	0,55	137,33	69	0,46	117,13	116	1,33	486,07	163	2,23	729,25	210	3,18	930,26
24	0,55	137,33	70	0,46	117,13	117	1,50	504,48	164	2,22	714,99	211	3,16	903,92
25	0,54	150,50	71	0,46	117,13	118	1,50	504,48	165	2,30	745,47	212	3,16	903,92
26	0,54	150,50	72	0,46	117,13	119	1,51	493,54	166	2,42	755,39	213	3,39	942,23
27	0,54	150,50	73	0,46	117,13	120	1,51	484,23	167	2,44	737,72	214	3,41	926,33
28	0,54	137,96	74	0,46	130,15	121	1,51	502,85	168	2,44	737,72	215	3,39	907,59
29	0,54	137,96	75	0,46	117,13	122	1,57	533,23	169	2,45	727,98	216	3,39	914,52
30	0,53	138,58	76	0,46	117,13	123	1,61	537,31	170	2,32	767,47	217	3,29	959,76
31	0,54	125,41	77	0,71	293,62	124	1,57	496,45	171	2,45	767,12	218	3,31	964,61
32	0,54	125,41	78	0,88	265,16	125	1,57	533,23	172	2,52	759,24	219	3,33	948,51
33	0,46	130,15	79	0,72	222,21	126	1,57	579,20	173	2,52	759,24	220	3,33	948,51
34	0,53	125,99	80	0,60	233,01	127	1,69	546,94	174	2,54	757,29	221	3,49	938,83
35	0,50	127,74	81	0,71	199,66	128	1,54	536,64	175	2,57	768,82	222	3,53	955,25
36	0,45	143,84	82	0,88	287,25	129	1,55	571,82	176	2,49	809,88	223	3,43	965,69
37	0,46	143,16	83	0,76	322,07	130	1,64	606,35	177	2,51	800,02	224	3,43	979,49
38	0,45	143,84	84	0,75	277,20	131	1,64	570,15	178	2,51	800,02	225	3,43	972,59
39	0,45	130,77	85	0,87	232,93	132	1,64	570,15	179	2,52	790,22	226	3,45	970,46
40	0,46	143,16	86	0,89	253,11	133	1,64	606,35	180	2,52	790,22	227	3,65	970,01
41	0,54	137,96	87	0,86	334,08	134	1,82	610,75	181	2,72	806,32	228	3,69	979,34
42	0,53	151,18	88	0,98	321,34	135	1,82	567,13	182	2,59	820,56	229	3,75	966,53
43	0,54	150,50	89	0,79	285,21	136	1,79	561,75	183	2,61	818,49	230	3,55	980,42
44	0,55	137,33	90	0,79	285,21	137	1,76	626,96	184	2,61	810,84	231	3,67	994,85
45	0,55	137,33	91	1,02	349,50	138	1,79	640,75	185	2,64	829,61	232	3,71	990,67
			92	1,05	335,14	139	1,76	600,47	186	2,81	818,82	233	3,81	987,02

234	3,81	987,02	284	5,07	1121,20	334	6,54	1254,78	384	8,05	1385,74	434	10,32	1446,21
235	3,81	987,02	285	4,96	1161,04	335	6,54	1249,40	385	8,34	1368,31	435	10,60	1432,68
236	3,83	991,60	286	4,98	1164,96	336	6,57	1242,17	386	8,34	1343,70	436	10,60	1428,16
237	3,75	1026,52	287	4,94	1163,10	337	6,46	1282,04	387	8,39	1355,08	437	10,54	1449,24
238	3,79	1015,62	288	4,96	1161,04	338	6,46	1282,04	388	8,22	1380,15	438	10,48	1456,80
239	3,81	1020,15	289	5,14	1138,96	339	6,72	1263,25	389	8,31	1384,81	439	10,70	1441,78
240	3,79	1015,62	290	5,19	1158,55	340	6,59	1267,18	390	8,54	1366,26	440	10,83	1435,91
241	3,99	1008,08	291	5,05	1182,59	341	6,75	1266,73	391	8,57	1359,71	441	10,89	1446,44
242	3,99	1021,09	292	5,07	1180,52	342	6,59	1288,66	392	8,57	1359,71	442	10,70	1455,30
243	3,89	1044,64	293	5,00	1174,83	343	6,49	1285,53	393	8,37	1401,02	443	10,76	1452,32
244	3,91	1035,95	294	5,05	1200,42	344	6,57	1279,81	394	8,48	1398,97	444	10,76	1452,32
245	3,93	1033,85	295	5,35	1173,84	345	6,85	1285,88	395	8,74	1369,19	445	11,08	1455,57
246	3,93	1027,30	296	5,35	1162,22	346	6,91	1282,20	396	8,74	1364,35	446	10,89	1468,83
247	4,12	1047,49	297	5,38	1160,26	347	6,91	1276,92	397	8,80	1390,03	447	10,96	1461,40
248	4,14	1045,42	298	5,28	1191,52	348	6,96	1278,55	398	8,65	1403,30	448	10,99	1459,94
249	4,14	1032,60	299	5,28	1191,52	349	6,83	1303,64	399	8,68	1387,05	449	11,28	1442,55
250	4,16	1024,16	300	5,28	1185,68	350	6,80	1305,52	400	8,68	1377,35	450	11,35	1466,23
251	4,10	1062,45	301	5,47	1175,55	351	6,99	1292,49	401	8,98	1389,73	451	11,18	1477,88
252	4,08	1077,46	302	5,59	1200,14	352	7,07	1281,79	402	9,04	1400,80	452	11,21	1458,69
253	4,08	1071,01	303	5,40	1204,64	353	7,09	1311,34	403	8,83	1393,19	453	11,25	1452,82
254	4,14	1058,25	304	5,62	1158,23	354	6,96	1325,90	404	8,83	1393,19	454	11,58	1469,50
255	4,31	1041,87	305	5,42	1225,74	355	7,01	1306,40	405	8,89	1399,49	455	11,41	1481,01
256	4,27	1052,25	306	5,74	1199,76	356	7,04	1299,32	406	9,19	1406,90	456	11,44	1466,37
257	4,33	1065,08	307	5,74	1165,81	357	7,07	1323,65	407	9,25	1379,94	457	11,44	1470,77
258	4,23	1075,44	308	5,74	1171,47	358	7,31	1322,67	408	9,28	1383,08	458	11,84	1480,16
259	4,18	1079,65	309	5,57	1236,46	359	7,36	1303,59	409	9,10	1421,37	459	11,67	1469,67
260	4,21	1077,54	310	5,67	1228,38	360	7,36	1293,28	410	9,16	1418,05	460	11,67	1465,30
261	4,44	1079,94	311	5,64	1196,21	361	7,20	1319,61	411	9,40	1395,62	461	11,71	1472,65
262	4,44	1086,18	312	5,59	1211,57	362	7,25	1347,05	412	9,43	1394,03	462	11,91	1490,43
263	4,51	1073,85	313	5,91	1219,95	363	7,52	1318,57	413	9,40	1414,48	463	12,07	1453,25
264	4,51	1067,64	314	5,96	1210,51	364	7,50	1299,88	414	9,34	1422,44	464	12,07	1457,57
265	4,42	1100,75	315	5,98	1203,04	365	7,55	1332,11	415	9,61	1403,34	465	11,94	1502,06
266	4,49	1100,74	316	5,93	1206,84	366	7,42	1351,42	416	9,64	1401,77	466	11,97	1500,66
267	4,58	1092,53	317	5,79	1235,38	367	7,44	1318,79	417	9,70	1412,63	467	12,28	1462,49
268	4,62	1082,33	318	5,84	1248,29	368	7,44	1318,79	418	9,52	1426,85	468	12,31	1465,46
269	4,58	1098,70	319	5,91	1242,33	369	7,72	1341,75	419	9,58	1418,96	469	12,18	1501,00
270	4,64	1104,89	320	6,06	1225,10	370	7,75	1350,09	420	9,61	1417,37	470	12,21	1478,08
271	4,53	1109,01	321	6,06	1219,56	371	7,77	1312,96	421	9,91	1411,04	471	12,24	1485,35
272	4,62	1100,78	322	6,13	1208,36	372	7,52	1333,90	422	9,91	1420,29	472	12,51	1491,76
273	4,60	1127,47	323	5,96	1260,72	373	7,94	1352,82	423	9,79	1426,54	473	12,38	1501,42
274	4,60	1121,31	324	6,06	1258,37	374	7,94	1337,79	424	9,79	1426,54	474	12,41	1487,21
275	4,82	1107,03	325	5,96	1255,14	375	7,94	1307,73	425	10,10	1411,08	475	12,48	1484,54
276	4,87	1115,11	326	5,98	1253,16	376	8,00	1339,33	426	10,13	1427,93	476	12,75	1499,53
277	4,75	1131,31	327	6,13	1246,99	377	7,88	1356,34	427	9,98	1435,66	477	12,62	1496,31
278	4,69	1137,52	328	6,34	1248,14	378	7,86	1343,02	428	10,01	1429,50	478	12,65	1482,21
279	4,69	1131,41	329	6,13	1269,06	379	7,83	1344,78	429	10,07	1435,61	479	12,69	1506,43
280	4,66	1145,74	330	6,16	1256,08	380	8,14	1355,61	430	10,35	1431,02	480	13,07	1513,16
281	4,98	1135,09	331	6,16	1250,57	381	8,19	1347,22	431	10,41	1428,01	481	13,10	1490,80
282	5,00	1133,09	332	6,26	1270,28	382	8,02	1347,59	432	10,41	1423,46	482	12,93	1497,24
283	4,94	1127,13	333	6,46	1260,40	383	8,02	1352,58	433	10,29	1434,04	483	12,96	1500,17

484	13,14	1506,36	534	16,50	1573,00	584	22,49	1600,39
485	13,42	1504,57	535	16,85	1551,85	585	22,75	1577,98
486	13,14	1514,78	536	16,93	1545,91	586	22,66	1579,42
487	13,24	1510,92	537	16,73	1586,20	587	23,14	1600,32
488	13,24	1498,32	538	16,97	1583,81	588	23,19	1599,61
489	13,59	1523,29	539	17,16	1543,74	589	23,32	1590,34
490	13,42	1533,82	540	17,24	1564,98	590	23,76	1579,91
491	13,45	1503,31	541	17,08	1592,35	591	24,12	1603,02
492	13,49	1510,40	542	17,43	1556,11	592	24,35	1596,16
493	13,88	1525,76	543	17,55	1557,01	593	24,75	1572,66
494	13,66	1524,94	544	17,28	1579,46	594	24,57	1571,66
495	13,70	1515,38	545	17,75	1582,86	595	25,48	1587,41
496	13,73	1509,99	546	17,83	1569,38	596	25,75	1580,29
497	14,13	1529,54	547	17,59	1567,58	597	26,03	1576,76
498	13,91	1536,92	548	17,67	1581,00	598	26,45	1578,55
499	13,98	1517,94	549	18,11	1589,38	599	27,57	1561,96
500	14,02	1516,73	550	18,15	1569,32	600	28,95	1540,62
501	14,45	1535,08	551	17,95	1585,62			
502	14,20	1539,43	552	18,31	1588,38			
503	14,23	1525,91	553	18,19	1583,63			
504	14,27	1516,51	554	18,23	1578,86			
505	14,71	1538,99	555	18,63	1580,83			
506	14,74	1529,70	556	18,71	1586,54			
507	14,56	1535,58	557	18,59	1593,14			
508	14,60	1530,33	558	18,91	1581,92			
509	14,93	1519,87	559	19,07	1574,52			
510	15,00	1537,77	560	18,79	1592,25			
511	14,82	1539,53	561	19,32	1591,68			
512	14,85	1538,36	562	19,07	1593,35			
513	15,15	1529,17	563	19,52	1579,74			
514	15,22	1542,98	564	19,56	1578,86			
515	15,07	1551,59	565	19,44	1603,99			
516	15,11	1546,41	566	19,85	1595,15			
517	15,44	1532,21	567	19,65	1592,06			
518	15,52	1541,97	568	19,73	1586,57			
519	15,33	1563,63	569	20,14	1592,84			
520	15,37	1554,48	570	19,98	1607,44			
521	15,71	1536,44	571	20,48	1589,80			
522	15,82	1537,14	572	20,56	1588,14			
523	15,63	1570,53	573	20,35	1596,02			
524	16,01	1551,52	574	20,86	1600,81			
525	16,12	1552,23	575	20,77	1602,45			
526	16,12	1540,38	576	21,15	1591,47			
527	15,97	1560,53	577	21,03	1590,21			
528	16,31	1562,62	578	21,41	1586,72			
529	16,43	1559,42	579	21,37	1609,45			
530	16,16	1562,99	580	21,79	1597,96			
531	16,24	1556,89	581	21,67	1589,35			
532	16,58	1551,29	582	22,05	1578,86			
533	16,43	1579,06	583	22,44	1604,74			

#### **7.4. Prilog 4**

### **Rezultati višeosnog ispitivanja sustava dvoosnih geomreža i geomembrana**

1			46	0,42	540,90	93	0,74	778,17	140	1,00	1007,99	187	1,57	1194,15
	(%)	(kN/m <sup>2</sup> )	47	0,40	535,47	94	0,74	778,17	141	1,00	1001,81	188	1,55	1184,38
1	0,10	296,39	48	0,44	585,34	95	0,76	795,61	142	1,00	1026,55	189	1,59	1192,07
2	0,10	303,13	49	0,47	590,65	96	0,63	824,11	143	1,20	1021,82	190	1,59	1221,58
3	0,10	296,39	50	0,44	552,82	97	0,63	817,72	144	1,23	1019,97	191	1,59	1215,68
4	0,12	315,93	51	0,42	553,94	98	0,63	798,56	145	1,23	1007,83	192	1,59	1215,68
5	0,12	322,65	52	0,47	597,14	99	0,63	804,95	146	1,23	1007,83	193	1,59	1203,88
6	0,14	328,68	53	0,49	602,43	100	0,70	851,06	147	1,23	1026,04	194	1,52	1239,85
7	0,14	335,39	54	0,47	590,65	101	0,70	838,35	148	1,25	1042,36	195	1,45	1258,32
8	0,14	321,97	55	0,47	584,16	102	0,68	808,17	149	1,25	1042,36	196	1,45	1252,36
9	0,14	335,39	56	0,40	613,83	103	0,70	832,00	150	1,25	1036,30	197	1,45	1252,36
10	0,06	392,36	57	0,36	636,00	104	0,87	850,58	151	1,25	1036,30	198	1,45	1264,29
11	0,06	392,36	58	0,36	609,77	105	0,78	831,90	152	1,27	1040,48	199	1,48	1268,01
12	0,06	385,60	59	0,34	611,02	106	0,72	862,08	153	1,29	1056,73	200	1,48	1273,97
13	0,06	385,60	60	0,38	634,70	107	0,87	863,09	154	1,11	1078,35	201	1,50	1271,73
14	0,06	378,83	61	0,40	666,07	108	0,89	848,97	155	1,11	1072,22	202	1,50	1259,85
15	0,06	392,36	62	0,55	637,47	109	0,87	838,07	156	1,11	1078,35	203	1,50	1271,73
16	0,24	411,56	63	0,57	623,35	110	0,89	873,94	157	1,14	1100,83	204	1,71	1287,17
17	0,24	411,56	64	0,55	631,03	111	0,92	878,52	158	1,14	1100,83	205	1,71	1275,47
18	0,24	404,92	65	0,57	661,91	112	0,92	872,29	159	1,14	1088,60	206	1,52	1287,30
19	0,24	398,28	66	0,59	660,61	113	0,89	873,94	160	1,14	1082,48	207	1,55	1279,14
20	0,28	442,91	67	0,59	654,19	114	0,89	873,94	161	1,16	1111,02	208	1,73	1302,49
21	0,28	442,91	68	0,57	642,63	115	0,92	878,52	162	1,16	1111,02	209	1,73	1308,33
22	0,28	429,69	69	0,59	667,02	116	0,94	901,74	163	1,16	1117,13	210	1,73	1279,13
23	0,28	423,08	70	0,49	693,11	117	0,94	895,52	164	1,20	1100,89	211	1,73	1279,13
24	0,28	429,69	71	0,47	688,01	118	0,94	901,74	165	1,20	1106,98	212	1,76	1323,60
25	0,28	429,69	72	0,61	665,71	119	0,78	907,52	166	1,36	1111,12	213	1,78	1321,35
26	0,30	461,79	73	0,63	670,79	120	0,83	929,17	167	1,41	1131,12	214	1,76	1300,28
27	0,30	455,20	74	0,51	730,52	121	0,81	930,95	168	1,39	1133,13	215	1,76	1294,45
28	0,30	455,20	75	0,51	711,12	122	0,83	922,89	169	1,41	1107,18	216	1,64	1352,63
29	0,30	468,39	76	0,51	691,73	123	0,83	929,17	170	1,41	1119,15	217	1,64	1352,63
30	0,30	468,39	77	0,51	691,73	124	0,85	952,46	171	1,41	1149,07	218	1,62	1331,40
31	0,30	481,59	78	0,51	743,45	125	1,03	938,22	172	1,43	1135,09	219	1,62	1325,51
32	0,16	495,33	79	0,55	734,05	126	1,03	932,05	173	1,41	1119,15	220	1,66	1367,91
33	0,16	495,33	80	0,51	711,12	127	1,03	932,05	174	1,45	1150,98	221	1,69	1365,56
34	0,18	507,66	81	0,51	736,98	128	1,05	948,80	175	1,29	1183,53	222	1,66	1344,43
35	0,18	514,34	82	0,72	754,32	129	1,07	959,34	176	1,29	1147,30	223	1,69	1347,98
36	0,20	513,26	83	0,72	741,64	130	1,07	959,34	177	1,43	1129,12	224	1,69	1389,01
37	0,20	513,26	84	0,55	727,62	131	1,07	953,19	178	1,34	1203,36	225	1,69	1389,01
38	0,20	513,26	85	0,72	760,66	132	1,09	951,43	179	1,34	1191,33	226	1,71	1351,53
39	0,20	513,26	86	0,74	765,52	133	1,09	957,57	180	1,29	1165,42	227	1,69	1359,70
40	0,22	545,45	87	0,74	740,21	134	0,96	993,15	181	1,34	1173,28	228	1,90	1385,31
41	0,24	531,04	88	0,74	740,21	135	0,96	986,95	182	1,52	1192,39	229	1,87	1370,29
42	0,24	537,68	89	0,74	759,19	136	0,96	980,74	183	1,55	1178,46	230	1,87	1364,50
43	0,24	537,68	90	0,74	784,50	137	0,96	986,95	184	1,34	1191,33	231	1,87	1376,07
44	0,42	547,42	91	0,74	778,17	138	1,00	1014,18	185	1,34	1191,33	232	1,92	1394,52
45	0,44	565,83	92	0,74	778,17	139	1,00	1014,18	186	1,57	1217,79	233	1,92	1394,52

234	1,92	1383,00	284	2,21	1598,98	334	2,74	1798,64	384	3,46	1909,76	434	4,17	2070,85
235	1,92	1383,00	285	2,26	1622,00	335	2,74	1782,23	385	3,54	1906,92	435	3,89	2093,65
236	1,97	1401,38	286	2,26	1593,84	336	2,74	1771,30	386	3,44	1959,76	436	4,03	2084,68
237	1,97	1412,86	287	2,26	1588,21	337	2,74	1771,30	387	3,33	1939,27	437	4,00	2112,99
238	1,78	1426,13	288	2,46	1612,65	338	2,79	1809,52	388	3,38	1928,46	438	3,95	2118,69
239	1,78	1426,13	289	2,48	1604,57	339	2,79	1809,52	389	3,36	1973,43	439	3,95	2108,46
240	1,80	1423,72	290	2,48	1604,57	340	2,79	1776,82	390	3,44	1970,26	440	3,95	2098,22
241	1,80	1446,96	291	2,48	1576,81	341	2,79	1798,62	391	3,36	1936,49	441	4,11	2111,88
242	1,83	1450,32	292	2,51	1629,78	342	2,99	1804,08	392	3,38	1975,88	442	4,36	2092,07
243	1,85	1442,09	293	2,53	1632,77	343	3,02	1774,52	393	3,41	1994,11	443	4,31	2092,49
244	1,85	1436,30	294	2,51	1585,43	344	3,02	1769,15	394	3,46	1951,73	444	4,36	2077,02
245	1,83	1438,72	295	2,53	1616,17	345	3,04	1804,12	395	3,46	1951,73	445	4,39	2074,32
246	2,07	1449,21	296	2,38	1653,82	346	3,12	1796,17	396	3,73	1966,04	446	4,39	2114,41
247	2,07	1454,92	297	2,38	1631,47	347	3,07	1796,10	397	3,76	1963,34	447	4,45	2093,96
248	2,07	1437,80	298	2,38	1642,65	348	3,04	1798,75	398	3,65	1953,44	448	4,45	2083,96
249	2,07	1432,10	299	2,41	1667,94	349	3,04	1798,75	399	3,62	1956,16	449	4,39	2089,36
250	2,09	1463,93	300	2,43	1659,74	350	3,07	1833,63	400	3,68	1976,67	450	4,22	2146,19
251	2,12	1472,91	301	2,41	1645,63	351	3,09	1830,93	401	3,65	1984,62	451	4,31	2132,73
252	2,12	1438,79	302	2,43	1659,74	352	3,07	1801,46	402	3,68	1976,67	452	4,20	2123,73
253	2,12	1444,48	303	2,63	1666,68	353	3,07	1812,18	403	3,68	1971,49	453	4,22	2136,09
254	1,97	1510,50	304	2,63	1644,68	354	2,94	1868,88	404	3,52	2014,24	454	4,22	2161,34
255	1,99	1508,00	305	2,63	1633,68	355	2,99	1825,62	405	3,65	2005,40	455	4,45	2133,94
256	1,97	1470,30	306	2,68	1650,60	356	2,94	1841,87	406	3,60	2005,78	456	4,36	2122,17
257	1,97	1476,04	307	2,66	1686,09	357	2,94	1863,48	407	3,52	2009,01	457	4,47	2121,21
258	2,02	1516,96	308	2,68	1656,08	358	2,96	1871,49	408	3,54	2006,19	458	4,56	2147,88
259	2,02	1516,96	309	2,66	1642,15	359	3,04	1857,81	409	3,54	2037,53	459	4,56	2127,99
260	1,99	1490,80	310	2,71	1702,83	360	3,04	1852,44	410	3,78	2007,08	460	4,56	2123,02
261	2,02	1494,06	311	2,71	1702,83	361	2,99	1857,94	411	3,65	2005,40	461	4,62	2147,38
262	2,04	1531,61	312	2,71	1659,03	362	3,22	1854,82	412	3,78	2012,24	462	4,47	2156,15
263	2,04	1531,61	313	2,71	1664,50	363	3,25	1868,06	413	3,89	2016,68	463	4,67	2127,11
264	2,04	1514,46	314	2,58	1721,50	364	3,25	1857,45	414	3,84	2022,18	464	4,39	2174,53
265	2,04	1508,75	315	2,58	1715,99	365	3,25	1846,83	415	3,84	2006,74	465	4,47	2186,10
266	2,29	1523,82	316	2,53	1693,65	366	3,33	1860,01	416	3,84	2027,32	466	4,50	2173,32
267	2,29	1523,82	317	2,58	1721,50	367	3,30	1878,56	417	3,87	2050,25	467	4,42	2151,71
268	2,29	1506,95	318	2,58	1732,54	368	3,30	1873,26	418	3,87	2024,56	468	4,47	2201,07
269	2,29	1506,95	319	2,58	1710,47	369	3,28	1865,37	419	3,95	2006,11	469	4,64	2184,29
270	2,31	1543,84	320	2,58	1715,99	370	3,38	1859,96	420	3,76	2056,34	470	4,64	2154,57
271	2,29	1546,31	321	2,58	1738,06	371	3,09	1916,59	421	3,78	2068,99	471	4,73	2146,43
272	2,29	1518,19	322	2,61	1751,90	372	3,22	1897,34	422	3,81	2055,86	472	4,73	2185,91
273	2,31	1527,00	323	2,63	1721,69	373	3,22	1897,34	423	3,73	2054,00	473	4,76	2178,24
274	2,34	1558,19	324	2,61	1729,86	374	3,22	1892,03	424	3,76	2077,00	474	4,73	2171,11
275	2,34	1541,38	325	2,81	1741,48	375	3,12	1908,43	425	3,92	2070,32	475	4,79	2165,67
276	2,34	1546,98	326	2,84	1738,85	376	3,28	1913,06	426	3,89	2052,60	476	4,62	2211,85
277	2,16	1581,49	327	2,84	1722,55	377	3,22	1923,91	427	4,14	2022,89	477	4,62	2211,85
278	2,19	1578,93	328	2,84	1722,55	378	3,57	1883,38	428	4,08	2063,86	478	4,67	2196,37
279	2,19	1578,93	329	2,86	1747,08	379	3,52	1883,45	429	4,11	2061,12	479	4,62	2201,93
280	2,16	1570,16	330	2,86	1752,51	380	3,44	1922,98	430	4,20	2042,83	480	4,67	2221,10
281	2,21	1593,33	331	2,89	1749,88	381	3,46	1920,25	431	4,11	2056,04	481	4,67	2226,05
282	2,21	1610,28	332	2,89	1733,62	382	3,46	1915,01	432	4,06	2056,44	482	4,73	2200,71
283	2,21	1576,38	333	2,89	1739,04	383	3,46	1915,01	433	4,08	2084,19	483	4,67	2196,37



484	4,93	2215,86	534	5,61	2341,22	584	6,52	2461,70	634	7,70	2533,58	684	8,73	2636,78
485	4,93	2215,86	535	5,55	2341,91	585	6,52	2443,30	635	7,73	2548,80	685	8,69	2639,18
486	4,93	2196,29	536	5,85	2310,32	586	6,74	2438,79	636	7,76	2559,57	686	8,79	2674,94
487	4,93	2201,18	537	5,88	2340,66	587	6,77	2454,46	637	7,83	2550,17	687	8,56	2687,76
488	4,99	2229,93	538	5,82	2331,84	588	6,80	2442,76	638	7,80	2552,65	688	8,56	2661,83
489	5,02	2222,32	539	5,85	2324,46	589	6,86	2433,08	639	7,83	2541,34	689	8,63	2687,14
490	5,05	2195,27	540	5,85	2333,89	590	6,80	2456,43	640	7,60	2581,07	690	8,56	2692,08
491	5,08	2212,04	541	5,70	2375,77	591	6,58	2493,15	641	7,63	2582,96	691	8,63	2661,26
492	4,90	2252,88	542	5,70	2366,28	592	6,71	2455,09	642	7,66	2580,41	692	8,69	2699,45
493	4,90	2228,39	543	5,79	2343,96	593	6,71	2450,52	643	7,66	2580,41	693	8,96	2684,31
494	4,90	2228,39	544	5,73	2382,50	594	6,68	2498,90	644	7,70	2573,45	694	8,96	2667,22
495	4,96	2257,10	545	5,82	2379,04	595	6,77	2490,96	645	7,70	2573,45	695	8,96	2662,94
496	5,08	2226,63	546	5,82	2360,16	596	6,77	2463,58	646	8,03	2583,69	696	8,93	2686,72
497	4,99	2234,81	547	5,82	2350,72	597	6,77	2463,58	647	8,03	2579,31	697	9,03	2683,80
498	5,19	2240,05	548	5,97	2379,65	598	7,05	2476,68	648	8,03	2557,37	698	9,07	2677,16
499	5,16	2257,29	549	6,03	2374,30	599	6,99	2481,82	649	8,06	2572,46	699	9,07	2677,16
500	5,16	2228,23	550	6,09	2345,63	600	7,09	2460,58	650	8,09	2583,14	700	8,83	2689,68
501	5,16	2233,07	551	6,09	2345,63	601	6,96	2470,80	651	7,83	2603,11	701	8,83	2689,68
502	5,08	2275,24	552	6,15	2377,70	602	7,09	2483,16	652	7,86	2587,36	702	8,93	2720,94
503	5,08	2275,24	553	6,15	2382,36	603	7,15	2496,08	653	7,86	2600,58	703	8,93	2716,66
504	5,08	2246,07	554	6,15	2349,73	604	6,90	2480,50	654	7,89	2620,08	704	8,93	2695,27
505	5,08	2246,07	555	6,15	2363,71	605	6,93	2477,91	655	7,89	2602,47	705	8,93	2695,27
506	5,10	2296,76	556	6,00	2409,79	606	6,99	2518,05	656	7,93	2595,56	706	9,24	2712,08
507	5,13	2269,72	557	6,03	2388,35	607	6,99	2518,05	657	7,93	2617,55	707	9,24	2703,59
508	5,08	2270,38	558	6,00	2386,35	608	6,96	2493,47	658	8,26	2601,43	708	9,27	2688,50
509	5,02	2285,68	559	6,03	2425,81	609	7,02	2501,87	659	8,26	2601,43	709	9,27	2696,98
510	5,43	2271,48	560	6,30	2359,97	610	7,28	2503,87	660	8,29	2590,28	710	9,07	2741,10
511	5,34	2269,96	561	6,30	2364,61	611	7,24	2506,41	661	8,29	2585,93	711	9,00	2737,44
512	5,28	2260,92	562	6,27	2404,34	612	7,28	2481,43	662	8,29	2616,40	712	9,10	2713,12
513	5,46	2273,59	563	6,33	2403,70	613	7,31	2501,33	663	8,12	2624,42	713	9,10	2721,64
514	5,49	2285,26	564	6,33	2371,28	614	7,34	2516,71	664	8,12	2620,04	714	9,17	2733,85
515	5,28	2280,20	565	6,36	2401,07	615	7,12	2530,22	665	8,12	2620,04	715	9,17	2733,85
516	5,31	2282,29	566	6,12	2436,36	616	7,15	2509,60	666	8,09	2640,05	716	9,48	2708,31
517	5,31	2311,18	567	6,18	2398,35	617	7,15	2518,61	667	8,19	2650,00	717	9,52	2701,76
518	5,28	2318,77	568	6,15	2438,31	618	7,18	2543,04	668	8,49	2593,15	718	9,52	2727,05
519	5,22	2305,01	569	6,18	2444,92	619	7,21	2535,95	669	8,12	2620,04	719	9,55	2733,14
520	5,31	2301,55	570	6,24	2411,64	620	7,21	2522,46	670	8,52	2638,33	720	9,55	2716,30
521	5,31	2325,63	571	6,27	2408,98	621	7,24	2519,89	671	8,52	2629,68	721	9,59	2709,77
522	5,43	2305,03	572	6,55	2426,88	622	7,50	2526,40	672	8,52	2612,38	722	9,38	2749,17
523	5,61	2284,11	573	6,55	2422,28	623	7,44	2531,45	673	8,52	2612,38	723	9,38	2753,40
524	5,58	2315,36	574	6,55	2390,11	624	7,53	2523,88	674	8,29	2659,93	724	9,41	2738,34
525	5,67	2302,56	575	6,55	2408,49	625	7,53	2514,98	675	8,36	2654,96	725	9,41	2738,34
526	5,52	2311,23	576	6,61	2430,85	626	7,57	2530,27	676	8,36	2633,23	726	9,45	2765,53
527	5,67	2293,06	577	6,61	2421,68	627	7,57	2534,71	677	8,39	2635,11	727	9,72	2746,70
528	5,73	2316,19	578	6,55	2417,69	628	7,37	2554,44	678	8,29	2681,70	728	9,76	2723,43
529	5,43	2343,36	579	6,68	2421,09	629	7,37	2549,97	679	8,42	2671,70	729	9,69	2728,04
530	5,52	2330,33	580	6,46	2453,20	630	7,41	2538,46	680	8,46	2643,22	730	9,79	2754,63
531	5,52	2325,56	581	6,46	2430,14	631	7,44	2562,70	681	8,46	2647,55	731	9,87	2750,01
532	5,49	2356,97	582	6,49	2445,94	632	7,47	2560,14	682	8,73	2658,29	732	9,83	2727,22
533	5,52	2358,98	583	6,52	2470,91	633	7,47	2564,60	683	8,76	2655,87	733	9,62	2753,70

734	9,65	2784,96
735	9,62	2766,31
736	9,72	2763,47
737	9,72	2792,83
738	10,04	2746,92
739	10,01	2753,36
740	10,04	2755,25
741	10,01	2778,36
742	10,11	2771,48
743	9,87	2762,55
744	9,87	2770,91
745	9,90	2797,82
746	9,94	2799,67
747	9,94	2782,98
748	9,97	2776,49
749	9,90	2797,82
750	10,29	2793,29
751	10,29	2776,73
752	10,33	2766,21
753	10,36	2797,03
754	10,11	2804,73
755	10,15	2798,27
756	10,15	2802,42
757	10,15	2802,42
758	10,22	2826,85
759	10,50	2800,40
760	10,54	2798,16
761	10,54	2794,05
762	10,61	2801,93
763	10,65	2807,92
764	10,36	2825,95
765	10,40	2823,67
766	10,40	2815,41
767	10,43	2817,27
768	10,50	2841,58

2														
	(%)	(kN/m2)												
1	0,04	305,07	46	0,38	530,01	93	0,89	755,33	140	1,14	1027,44	187	1,50	1206,36
2	0,08	330,78	47	0,55	566,64	94	0,78	806,69	141	1,11	1017,08	188	1,52	1198,32
3	0,06	331,48	48	0,57	578,37	95	0,78	806,69	142	1,14	990,75	189	1,71	1181,85
4	0,24	351,82	49	0,57	539,81	96	0,92	766,37	143	1,14	1002,98	190	1,29	1249,96
5	0,24	338,54	50	0,36	570,43	97	0,94	789,80	144	1,16	1031,66	191	1,32	1253,74
6	0,06	317,95	51	0,57	591,22	98	0,81	830,30	145	1,14	1033,56	192	1,71	1205,26
7	0,26	357,71	52	0,57	571,94	99	0,81	817,72	146	0,96	1036,60	193	1,73	1203,20
8	0,26	377,59	53	0,59	551,57	100	0,81	792,56	147	0,96	1030,40	194	1,76	1224,48
9	0,26	351,09	54	0,61	601,70	101	0,83	822,44	148	0,98	1071,84	195	1,78	1228,22
10	0,24	338,54	55	0,49	628,34	102	0,85	827,14	149	0,98	1071,84	196	1,76	1224,48
11	0,28	390,03	56	0,63	574,96	103	0,85	827,14	150	0,98	1047,05	197	1,76	1230,31
12	0,30	376,03	57	0,61	569,69	104	0,85	814,60	151	0,96	1049,02	198	1,76	1218,64
13	0,26	351,09	58	0,47	642,58	105	0,85	820,87	152	0,98	1090,42	199	1,76	1230,31
14	0,28	390,03	59	0,49	634,81	106	1,03	857,98	153	0,98	1084,23	200	1,62	1278,38
15	0,18	427,50	60	0,49	602,43	107	1,03	857,98	154	0,98	1078,03	201	1,62	1272,49
16	0,30	389,23	61	0,47	603,63	108	0,85	827,14	155	0,98	1084,23	202	1,62	1254,81
17	0,28	370,20	62	0,53	658,09	109	0,92	847,37	156	0,98	1078,03	203	1,62	1248,92
18	0,30	415,61	63	0,53	638,74	110	1,05	862,54	157	0,98	1096,62	204	1,66	1279,85
19	0,18	434,18	64	0,51	627,08	111	1,09	865,50	158	1,00	1113,12	205	1,71	1287,17
20	0,20	406,61	65	0,55	663,22	112	1,07	848,65	159	1,20	1100,89	206	1,69	1271,79
21	0,18	394,10	66	0,53	671,00	113	1,07	848,65	160	1,23	1080,68	207	1,71	1269,61
22	0,24	458,03	67	0,51	646,48	114	1,07	879,40	161	1,20	1082,65	208	1,69	1289,37
23	0,40	450,58	68	0,51	665,87	115	0,89	898,91	162	1,27	1113,08	209	1,64	1311,46
24	0,22	425,72	69	0,55	682,54	116	0,87	900,62	163	1,27	1113,08	210	1,66	1309,20
25	0,20	419,94	70	0,53	671,00	117	0,87	894,36	164	1,25	1102,97	211	1,87	1277,78
26	0,38	464,58	71	0,53	683,90	118	0,87	888,11	165	1,25	1096,91	212	1,87	1272,00
27	0,42	462,70	72	0,72	671,92	119	0,96	881,42	166	1,25	1139,33	213	1,90	1292,96
28	0,42	443,15	73	0,72	678,26	120	0,98	929,34	167	1,11	1158,00	214	1,92	1302,32
29	0,24	458,03	74	0,76	688,27	121	0,98	923,14	168	1,27	1107,03	215	1,52	1334,76
30	0,34	473,04	75	0,76	700,90	122	0,98	923,14	169	1,25	1109,03	216	1,69	1312,82
31	0,42	495,28	76	0,76	694,58	123	0,98	916,95	170	1,14	1174,22	217	1,90	1292,96
32	0,44	461,77	77	0,63	702,73	124	0,98	916,95	171	1,55	1137,01	218	1,71	1351,53
33	0,42	449,67	78	0,63	696,34	125	0,98	923,14	172	1,55	1101,48	219	1,71	1351,53
34	0,34	512,47	79	0,66	714,11	126	0,83	979,39	173	1,57	1117,30	220	1,71	1328,12
35	0,34	519,04	80	0,70	730,38	127	0,83	954,28	174	1,59	1150,77	221	1,71	1333,97
36	0,47	473,82	81	0,72	722,63	128	0,81	943,53	175	1,57	1135,03	222	1,73	1372,58
37	0,49	479,35	82	0,68	725,44	129	1,05	961,12	176	1,11	1164,12	223	1,76	1370,25
38	0,38	536,55	83	0,66	720,48	130	1,25	957,52	177	1,16	1208,70	224	1,76	1358,58
39	0,38	536,55	84	0,70	749,44	131	1,20	924,51	178	1,36	1171,18	225	1,76	1358,58
40	0,36	517,98	85	0,87	750,51	132	1,05	954,96	179	1,36	1159,17	226	1,78	1367,92
41	0,36	517,98	86	0,70	749,44	133	1,25	975,70	180	1,45	1174,83	227	1,78	1379,56
42	0,38	523,47	87	0,70	749,44	134	1,05	954,96	181	1,48	1196,58	228	1,78	1385,38
43	0,38	562,73	88	0,70	749,44	135	0,85	971,26	182	1,48	1166,81	229	1,64	1399,67
44	0,57	539,81	89	0,87	744,26	136	1,27	986,04	183	1,48	1166,81	230	1,62	1396,20
45	0,38	536,55	90	0,89	774,06	137	1,11	1004,82	184	1,48	1184,67	231	1,64	1417,32
			91	0,89	774,06	138	1,27	961,84	185	1,52	1204,25	232	1,66	1420,75
			92	0,89	749,09	139	1,25	957,52	186	1,50	1206,36	233	1,64	1399,67

234	1,66	1409,01	284	2,38	1586,77	334	2,94	1739,25	384	3,54	1927,82	434	4,17	2086,04
235	1,66	1432,49	285	2,43	1598,48	335	2,99	1766,39	385	3,57	1919,90	435	4,17	2086,04
236	1,69	1435,89	286	2,41	1578,69	336	2,99	1761,00	386	3,54	1906,92	436	4,14	2068,52
237	1,71	1421,73	287	2,41	1578,69	337	2,99	1755,62	387	3,54	1927,82	437	4,17	2065,78
238	1,69	1424,17	288	2,53	1577,42	338	2,99	1755,62	388	3,78	1924,52	438	4,42	2076,65
239	1,76	1416,89	289	2,66	1587,23	339	3,22	1764,47	389	3,57	1925,12	439	4,45	2073,97
240	1,90	1443,03	290	2,68	1595,76	340	3,25	1767,23	390	3,78	1903,89	440	4,42	2051,63
241	2,04	1428,74	291	2,68	1573,83	341	3,25	1746,00	391	3,81	1937,35	441	4,45	2058,98
242	1,90	1419,94	292	2,68	1579,31	342	3,22	1748,53	392	3,84	1924,41	442	4,50	2088,58
243	1,90	1419,94	293	2,68	1590,28	343	3,25	1756,61	393	3,81	1911,58	443	4,50	2053,69
244	1,99	1439,19	294	2,53	1621,70	344	3,28	1785,88	394	3,84	1934,70	444	4,50	2063,66
245	1,99	1444,93	295	2,53	1627,24	345	3,25	1761,92	395	3,87	1952,62	445	4,50	2093,57
246	2,02	1442,54	296	2,53	1610,63	346	3,28	1764,68	396	3,87	1921,79	446	4,33	2109,86
247	2,02	1442,54	297	2,53	1627,24	347	3,28	1780,58	397	3,87	1921,79	447	4,33	2099,81
248	2,02	1442,54	298	2,58	1644,26	348	3,30	1793,89	398	3,87	1957,76	448	4,33	2094,79
249	2,02	1442,54	299	2,58	1627,70	349	3,09	1798,81	399	3,70	1973,94	449	4,36	2107,12
250	2,29	1450,72	300	2,58	1622,19	350	3,09	1804,16	400	3,70	1953,22	450	4,39	2129,44
251	1,83	1496,73	301	2,58	1622,19	351	3,09	1804,16	401	3,70	1953,22	451	4,39	2114,41
252	2,29	1428,23	302	2,81	1638,08	352	3,17	1822,91	402	3,73	1991,91	452	4,36	2107,12
253	2,29	1422,60	303	2,74	1651,03	353	3,17	1817,58	403	3,76	1989,17	453	4,39	2124,43
254	2,16	1479,46	304	2,61	1641,71	354	3,12	1822,90	404	3,76	1968,50	454	4,64	2119,90
255	2,29	1467,59	305	2,61	1636,20	355	3,17	1817,58	405	3,76	1968,50	455	4,64	2095,13
256	2,31	1459,63	306	2,61	1680,28	356	3,20	1820,26	406	3,78	2007,08	456	4,64	2100,09
257	2,31	1454,01	307	2,81	1659,85	357	3,20	1846,87	407	3,97	1982,96	457	4,67	2122,17
258	2,19	1471,41	308	2,61	1658,24	358	3,41	1825,74	408	3,89	1965,36	458	4,70	2119,49
259	2,09	1515,20	309	2,36	1678,83	359	3,41	1799,44	409	3,97	1962,52	459	4,67	2107,33
260	2,09	1492,41	310	2,89	1668,61	360	3,41	1831,01	410	4,06	1995,36	460	4,70	2129,37
261	2,09	1486,71	311	2,91	1655,30	361	3,44	1844,17	411	4,03	1992,93	461	4,73	2146,43
262	2,12	1512,72	312	2,89	1641,53	362	3,44	1817,90	412	4,06	1974,99	462	4,53	2140,67
263	2,16	1519,14	313	2,89	1657,78	363	3,44	1812,64	413	4,06	1969,90	463	4,73	2111,89
264	2,16	1507,81	314	2,91	1682,34	364	3,38	1865,23	414	3,89	2021,81	464	4,56	2172,74
265	2,16	1507,81	315	2,91	1666,11	365	3,33	1865,29	415	3,89	2021,81	465	4,56	2172,74
266	2,16	1513,47	316	2,74	1683,83	366	3,49	1828,47	416	3,89	2006,42	466	4,59	2145,15
267	1,99	1553,87	317	2,76	1697,64	367	3,49	1833,71	417	3,89	2001,28	467	4,56	2142,91
268	1,99	1559,60	318	2,79	1705,97	368	3,36	1883,73	418	3,95	2041,93	468	4,87	2162,50
269	1,99	1542,40	319	2,76	1708,56	369	3,33	1881,14	419	3,97	2039,18	469	4,84	2165,19
270	1,99	1559,60	320	2,74	1711,16	370	3,36	1867,90	420	3,95	2016,34	470	4,84	2135,73
271	2,02	1579,93	321	2,74	1705,70	371	3,36	1852,07	421	3,95	2016,34	471	4,87	2157,60
272	2,04	1571,61	322	2,76	1724,94	372	3,41	1888,88	422	4,20	2027,66	472	4,90	2159,83
273	1,99	1542,40	323	2,79	1727,77	373	3,60	1880,75	423	4,22	2024,99	473	4,90	2159,83
274	2,04	1588,76	324	2,91	1709,39	374	3,38	1859,96	424	4,20	2017,55	474	4,90	2145,13
275	2,16	1581,49	325	3,02	1704,62	375	3,49	1865,15	425	4,20	2012,49	475	4,90	2179,42
276	2,04	1554,47	326	3,02	1693,86	376	3,65	1885,90	426	4,22	2040,14	476	4,93	2176,73
277	2,04	1548,75	327	3,04	1718,21	377	3,68	1852,16	427	4,28	2044,87	477	4,93	2162,05
278	2,36	1589,29	328	3,07	1731,76	378	3,62	1867,72	428	4,28	2024,72	478	4,73	2180,97
279	2,36	1572,50	329	3,04	1696,73	379	3,65	1891,10	429	4,28	2019,68	479	4,76	2178,24
280	2,26	1554,42	330	3,07	1710,31	380	3,68	1904,04	430	4,11	2076,35	480	4,76	2217,66
281	2,34	1586,22	331	2,91	1763,48	381	3,68	1872,91	431	4,11	2081,42	481	4,79	2214,89
282	2,43	1587,34	332	2,91	1741,85	382	3,68	1883,29	432	4,11	2056,04	482	4,79	2190,28
283	2,38	1553,25	333	2,96	1736,65	383	3,52	1914,84	433	4,08	2058,78	483	4,79	2209,97

484	5,05	2200,14	534	5,79	2339,23	584	6,33	2454,65	634	7,24	2564,81	684	8,26	2671,15
485	5,05	2200,14	535	5,61	2355,49	585	6,58	2447,23	635	7,28	2598,10	685	8,29	2690,41
486	5,05	2185,54	536	5,61	2336,46	586	6,61	2467,54	636	7,31	2590,98	686	8,32	2705,28
487	5,05	2190,40	537	5,61	2336,46	587	6,68	2457,71	637	7,31	2564,09	687	8,29	2686,06
488	5,08	2216,90	538	5,64	2371,77	588	6,68	2443,98	638	7,57	2583,63	688	8,56	2679,11
489	5,10	2209,35	539	5,64	2367,02	589	6,68	2443,98	639	7,60	2589,96	689	8,59	2693,92
490	5,10	2189,93	540	5,67	2359,53	590	6,52	2498,51	640	7,60	2563,30	690	8,59	2672,33
491	5,10	2214,21	541	5,67	2359,53	591	6,49	2487,39	641	7,63	2560,77	691	8,59	2668,02
492	4,93	2250,10	542	5,70	2352,06	592	6,52	2470,91	642	7,66	2593,71	692	8,66	2706,23
493	5,13	2206,67	543	5,94	2340,05	593	6,49	2473,58	643	7,66	2602,58	693	8,42	2719,41
494	4,96	2242,44	544	5,97	2356,18	594	6,58	2502,33	644	7,66	2567,11	694	8,42	2689,05
495	4,99	2254,33	545	5,97	2351,49	595	6,55	2505,02	645	7,44	2589,49	695	8,42	2715,07
496	5,02	2246,69	546	5,97	2342,10	596	6,58	2479,37	646	7,50	2624,42	696	8,49	2727,35
497	5,02	2232,07	547	5,97	2351,49	597	6,90	2480,50	647	7,50	2584,32	697	8,49	2701,38
498	5,02	2256,44	548	6,03	2369,62	598	6,90	2489,59	648	7,50	2597,69	698	8,49	2714,37
499	5,25	2253,98	549	6,03	2369,62	599	6,93	2468,84	649	7,53	2626,26	699	8,52	2737,81
500	5,22	2227,69	550	5,82	2374,32	600	6,96	2461,73	650	7,80	2605,65	700	8,79	2704,99
501	5,25	2220,19	551	5,82	2369,60	601	6,93	2482,45	651	7,80	2601,23	701	8,79	2692,11
502	5,28	2251,28	552	5,88	2406,59	602	6,77	2509,21	652	7,83	2598,70	702	8,83	2715,42
503	5,31	2253,41	553	5,88	2387,75	603	6,74	2507,29	653	7,86	2609,40	703	8,86	2725,83
504	5,28	2236,82	554	5,88	2373,62	604	6,80	2502,00	654	7,89	2615,68	704	8,86	2704,40
505	5,31	2234,15	555	5,91	2399,15	605	6,77	2500,08	655	7,89	2598,07	705	8,86	2695,83
506	5,16	2281,51	556	6,15	2387,03	606	6,83	2517,58	656	7,89	2598,07	706	8,69	2751,12
507	5,16	2286,35	557	6,15	2377,70	607	6,86	2528,58	657	7,70	2635,46	707	8,69	2751,12
508	5,16	2257,29	558	6,15	2363,71	608	6,83	2503,92	658	7,73	2646,15	708	8,69	2720,98
509	5,16	2262,13	559	6,18	2389,03	609	6,83	2503,92	659	7,73	2628,45	709	8,69	2725,29
510	5,22	2295,34	560	6,21	2400,35	610	7,09	2519,28	660	7,76	2625,88	710	8,76	2763,31
511	5,22	2290,51	561	6,21	2381,74	611	7,15	2514,10	661	7,76	2647,98	711	8,90	2753,36
512	5,22	2271,18	562	6,24	2388,40	612	7,12	2507,67	662	8,09	2626,92	712	8,76	2733,23
513	5,22	2285,68	563	6,24	2406,99	613	7,12	2498,65	663	8,09	2613,78	713	9,07	2724,05
514	5,49	2285,26	564	6,06	2404,38	614	7,15	2518,61	664	8,09	2618,16	714	9,14	2740,51
515	5,52	2268,25	565	6,03	2407,08	615	7,21	2522,46	665	8,12	2641,91	715	9,14	2727,75
516	5,52	2258,70	566	6,09	2434,40	616	6,99	2540,69	666	8,12	2637,54	716	9,14	2727,75
517	5,52	2282,58	567	6,09	2434,40	617	6,96	2529,74	667	8,12	2624,42	717	9,17	2729,60
518	5,58	2291,54	568	6,09	2425,06	618	6,96	2538,80	668	8,16	2621,93	718	8,96	2765,53
519	5,58	2291,54	569	6,06	2423,09	619	6,99	2558,81	669	8,09	2648,81	719	8,96	2765,53
520	5,55	2270,37	570	6,12	2431,69	620	6,99	2554,28	670	7,99	2665,21	720	8,96	2761,25
521	5,58	2305,83	571	6,36	2428,83	621	7,02	2551,63	671	7,99	2665,21	721	8,96	2761,25
522	5,37	2310,49	572	6,40	2421,56	622	7,05	2544,48	672	7,99	2647,64	722	9,00	2758,79
523	5,37	2320,10	573	6,40	2407,70	623	7,05	2544,48	673	8,03	2653,88	723	9,03	2769,14
524	5,37	2310,49	574	6,46	2425,53	624	7,21	2558,43	674	8,06	2677,63	724	9,38	2761,86
525	5,43	2328,99	575	6,49	2436,73	625	7,31	2550,64	675	8,06	2677,63	725	9,38	2757,63
526	5,46	2331,03	576	6,46	2416,31	626	7,34	2534,63	676	8,29	2642,52	726	9,38	2744,94
527	5,46	2316,67	577	6,49	2413,69	627	7,34	2530,15	677	8,29	2646,87	727	9,38	2749,17
528	5,46	2316,67	578	6,27	2473,96	628	7,41	2560,81	678	8,36	2672,34	728	9,17	2797,62
529	5,61	2317,42	579	6,27	2473,96	629	7,44	2562,70	679	8,36	2672,34	729	9,17	2767,86
530	5,73	2325,67	580	6,27	2450,76	630	7,41	2533,99	680	8,39	2648,14	730	9,20	2769,68
531	5,76	2318,26	581	6,27	2455,40	631	7,41	2547,40	681	8,39	2652,48	731	9,20	2795,17
532	5,76	2299,34	582	6,33	2477,80	632	7,24	2587,26	682	8,22	2699,84	732	9,24	2796,96
533	5,76	2299,34	583	6,33	2463,91	633	7,24	2596,25	683	8,26	2688,58	733	9,27	2790,28

734	9,27	2786,04
735	9,55	2783,68
736	9,62	2778,93
737	9,62	2774,72
738	9,65	2768,16
739	9,65	2772,36
740	9,45	2807,75
741	9,52	2807,14

**7.5. Prilog 5**  
**Rezultati višeosnog ispitivanja sustava**  
**troosnih geomreža i geomembrana**

1			46	0,55	537,77	93	1,25	820,52	140	1,74	1022,92	187	2,18	1263,69
	%	kN/m2	47	0,55	557,69	94	1,07	806,01	141	1,69	1102,40	188	2,23	1269,31
1	0,00	225,05	48	0,69	577,41	95	1,22	842,52	142	1,62	1114,20	189	2,23	1305,99
2	0,11	239,58	49	0,61	589,30	96	1,14	889,95	143	1,60	1060,94	190	2,23	1305,99
3	0,11	228,17	50	0,62	587,28	97	1,14	863,78	144	1,71	1059,95	191	2,27	1285,19
4	0,11	228,17	51	0,69	558,16	98	1,30	821,91	145	1,79	1100,85	192	2,27	1277,89
5	0,10	217,65	52	0,70	556,30	99	1,19	856,13	146	1,79	1100,85	193	2,40	1285,82
6	0,10	229,10	53	0,77	613,21	100	1,17	902,03	147	1,64	1095,24	194	2,44	1301,35
7	0,19	288,39	54	0,77	603,77	101	1,17	902,03	148	1,71	1099,50	195	2,50	1285,32
8	0,18	256,13	55	0,77	594,34	102	1,17	867,34	149	1,83	1118,48	196	2,40	1278,64
9	0,07	254,10	56	0,77	594,34	103	1,22	885,50	150	1,84	1123,36	197	2,40	1314,56
10	0,08	333,57	57	0,77	584,91	104	1,33	893,04	151	1,84	1115,61	198	2,33	1348,63
11	0,15	336,76	58	0,79	630,01	105	1,38	877,12	152	1,84	1100,12	199	2,33	1326,88
12	0,14	293,03	59	0,73	666,94	106	1,34	882,10	153	1,79	1139,88	200	2,40	1307,37
13	0,19	266,21	60	0,72	621,36	107	1,33	884,62	154	1,81	1160,30	201	2,35	1345,48
14	0,17	380,13	61	0,73	657,41	108	1,36	904,73	155	1,84	1138,85	202	2,53	1336,04
15	0,27	323,81	62	0,83	670,47	109	1,28	934,76	156	1,76	1153,67	203	2,57	1322,98
16	0,17	301,87	63	0,86	656,92	110	1,27	937,46	157	1,81	1129,15	204	2,53	1307,77
17	0,27	345,40	64	0,75	664,74	111	1,28	909,26	158	1,86	1159,12	205	2,55	1318,92
18	0,24	382,18	65	0,76	662,55	112	1,27	928,94	159	2,04	1145,42	206	2,57	1344,09
19	0,24	371,26	66	0,86	656,92	113	1,49	933,89	160	2,00	1143,55	207	2,61	1338,07
20	0,22	361,74	67	0,80	712,32	114	1,44	925,16	161	2,00	1128,40	208	2,52	1353,25
21	0,30	321,34	68	0,80	702,94	115	1,31	937,85	162	2,02	1133,15	209	2,52	1346,17
22	0,24	382,18	69	0,80	702,94	116	1,46	955,54	163	1,96	1187,33	210	2,48	1380,79
23	0,37	397,98	70	0,90	678,17	117	1,42	977,44	164	1,88	1202,42	211	2,52	1388,68
24	0,36	388,94	71	0,82	719,35	118	1,46	914,35	165	1,88	1179,29	212	2,52	1360,34
25	0,37	397,98	72	0,85	742,57	119	1,46	963,78	166	1,89	1168,61	213	2,53	1350,18
26	0,31	426,84	73	0,96	714,96	120	1,39	999,60	167	1,95	1213,20	214	2,55	1382,39
27	0,34	434,22	74	0,96	714,96	121	1,39	982,94	168	2,11	1193,92	215	2,75	1386,45
28	0,34	434,22	75	0,96	696,86	122	1,44	974,72	169	2,05	1180,18	216	2,67	1363,94
29	0,32	435,86	76	0,96	733,06	123	1,44	982,98	170	1,96	1194,94	217	2,73	1354,94
30	0,35	443,15	77	0,92	767,39	124	1,49	1007,62	171	2,16	1185,25	218	2,79	1380,41
31	0,50	454,50	78	0,92	767,39	125	1,62	985,95	172	2,18	1197,18	219	2,65	1401,85
32	0,50	444,40	79	1,04	721,82	126	1,57	993,95	173	2,16	1200,07	220	2,65	1394,87
33	0,50	444,40	80	0,99	728,52	127	1,57	977,79	174	2,11	1201,38	221	2,65	1401,85
34	0,50	434,30	81	1,10	783,54	128	1,57	977,79	175	2,07	1222,28	222	2,61	1422,13
35	0,44	503,86	82	1,08	777,08	129	1,52	1034,69	176	2,07	1252,27	223	2,71	1413,35
36	0,55	497,94	83	0,95	762,58	130	1,54	1023,74	177	2,04	1243,39	224	2,63	1418,96
37	0,45	491,79	84	0,96	778,31	131	1,51	1013,02	178	2,13	1220,79	225	2,71	1406,42
38	0,44	483,29	85	1,14	793,98	132	1,51	1029,36	179	2,25	1251,65	226	2,81	1425,38
39	0,57	506,13	86	1,13	778,85	133	1,54	1056,24	180	2,25	1251,65	227	2,85	1426,05
40	0,60	532,20	87	1,11	763,63	134	1,65	1036,51	181	2,20	1209,05	228	2,85	1419,22
41	0,53	531,53	88	1,11	807,52	135	1,54	1048,11	182	2,25	1237,01	229	2,85	1391,93
42	0,60	502,63	89	1,07	832,58	136	1,54	1048,11	183	2,11	1290,93	230	2,89	1440,31
43	0,58	504,37	90	1,07	797,15	137	1,74	1054,40	184	2,27	1219,47	231	2,93	1407,10
44	0,54	559,64	91	1,08	812,40	138	1,72	1072,94	185	2,23	1291,32	232	2,93	1407,10
45	0,66	552,25	92	1,07	850,30	139	1,74	1030,79	186	2,20	1290,14	233	2,81	1466,50



234	2,87	1477,45	284	3,46	1635,48	334	4,30	1786,27	384	4,77	1939,43	434	5,50	2101,23
235	2,83	1442,81	285	3,65	1625,98	335	4,35	1774,03	385	4,79	1947,72	435	5,53	2081,52
236	2,79	1435,35	286	3,65	1594,47	336	4,35	1768,08	386	4,99	1950,61	436	5,53	2070,54
237	3,03	1459,23	287	3,63	1622,80	337	4,32	1765,23	387	5,03	1927,27	437	5,76	2085,77
238	2,99	1458,67	288	3,68	1641,73	338	4,35	1797,84	388	5,03	1921,60	438	5,76	2074,93
239	3,03	1432,45	289	3,70	1626,04	339	4,21	1811,06	389	5,06	1952,44	439	5,76	2064,10
240	3,03	1432,45	290	3,68	1622,86	340	4,21	1793,01	390	5,06	1952,44	440	5,76	2069,51
241	2,95	1498,61	291	3,68	1629,15	341	4,26	1810,61	391	5,06	1935,47	441	5,81	2090,34
242	2,93	1488,28	292	3,57	1670,35	342	4,28	1825,35	392	5,06	1924,15	442	5,81	2090,34
243	2,95	1471,61	293	3,61	1663,89	343	4,26	1816,60	393	4,89	2003,53	443	5,83	2076,43
244	2,95	1471,61	294	3,59	1660,78	344	4,28	1807,39	394	4,89	1992,08	444	5,83	2071,04
245	3,01	1502,55	295	3,59	1648,10	345	4,37	1824,40	395	4,89	1957,74	445	5,71	2130,09
246	2,99	1505,72	296	3,79	1651,12	346	4,46	1811,72	396	4,91	1983,09	446	5,71	2124,66
247	3,01	1489,13	297	3,79	1651,12	347	4,49	1796,80	397	4,96	1993,68	447	5,71	2108,36
248	2,99	1485,55	298	3,79	1644,89	348	4,46	1799,91	398	4,96	1987,98	448	5,71	2102,92
249	3,17	1504,13	299	3,81	1654,23	349	4,53	1831,71	399	5,08	1971,89	449	5,73	2143,16
250	3,21	1504,54	300	3,83	1675,95	350	4,51	1840,75	400	5,21	1972,96	450	5,94	2117,79
251	3,21	1478,26	301	3,85	1672,81	351	4,49	1790,91	401	5,23	1975,42	451	5,94	2101,70
252	3,21	1478,26	302	3,83	1657,33	352	4,53	1831,71	402	5,23	1964,23	452	5,91	2099,43
253	3,23	1508,03	303	3,85	1672,81	353	4,42	1865,41	403	5,23	1975,42	453	5,99	2127,61
254	3,09	1543,23	304	3,72	1729,47	354	4,39	1850,87	404	5,18	2009,79	454	5,99	2122,26
255	3,03	1539,55	305	3,72	1698,14	355	4,39	1839,00	405	5,08	2005,79	455	5,99	2111,57
256	3,09	1516,63	306	3,72	1685,60	356	4,42	1865,41	406	5,08	2000,14	456	5,99	2100,88
257	3,11	1546,67	307	3,76	1729,15	357	4,46	1864,83	407	5,11	2002,56	457	5,86	2159,52
258	3,13	1569,96	308	3,94	1715,75	358	4,44	1862,16	408	5,13	2033,14	458	5,86	2164,90
259	3,13	1543,47	309	3,76	1697,94	359	4,63	1854,21	409	5,16	2013,01	459	5,86	2148,74
260	3,13	1536,84	310	3,94	1672,70	360	4,65	1856,88	410	5,16	2007,39	460	5,86	2137,97
261	3,15	1553,50	311	3,98	1721,68	361	4,67	1853,74	411	5,38	2012,28	461	5,91	2174,61
262	3,36	1541,69	312	4,01	1712,40	362	4,65	1851,06	412	5,38	2012,28	462	5,94	2171,40
263	3,34	1531,80	313	3,98	1672,66	363	4,70	1868,01	413	5,38	1995,65	463	5,94	2155,32
264	3,36	1522,26	314	4,01	1700,17	364	4,72	1876,45	414	5,38	1990,10	464	6,15	2125,03
265	3,38	1551,54	315	3,87	1743,89	365	4,53	1890,42	415	5,45	2019,46	465	6,20	2155,92
266	3,40	1554,90	316	3,87	1743,89	366	4,53	1884,55	416	5,28	2052,85	466	6,20	2150,63
267	3,25	1557,32	317	3,90	1715,95	367	4,58	1895,65	417	5,45	1997,39	467	6,20	2140,07
268	3,21	1589,96	318	3,87	1725,34	368	4,58	1907,35	418	5,45	1991,87	468	6,20	2134,78
269	3,29	1577,09	319	3,94	1764,94	369	4,58	1895,65	419	5,30	2066,33	469	6,07	2182,18
270	3,29	1577,09	320	3,94	1740,34	370	4,58	1895,65	420	5,30	2066,33	470	6,07	2182,18
271	3,31	1586,92	321	3,92	1737,41	371	4,82	1886,95	421	5,30	2038,48	471	6,07	2171,54
272	3,48	1568,25	322	4,14	1742,20	372	4,82	1892,70	422	5,30	2032,91	472	6,07	2171,54
273	3,48	1568,25	323	4,16	1739,07	373	4,82	1875,44	423	5,55	2056,40	473	6,12	2197,09
274	3,48	1568,25	324	4,16	1733,03	374	4,82	1886,95	424	5,55	2045,43	474	6,12	2186,48
275	3,50	1565,18	325	4,14	1718,01	375	4,86	1909,37	425	5,35	2037,64	475	6,12	2186,48
276	3,50	1590,73	326	4,14	1760,35	376	4,89	1894,77	426	5,58	2042,30	476	6,36	2179,50
277	3,40	1612,97	327	4,03	1776,42	377	4,86	1886,43	427	5,61	2055,58	477	6,39	2176,43
278	3,46	1597,00	328	4,03	1776,42	378	4,79	1918,91	428	5,61	2055,58	478	6,39	2165,96
279	3,55	1578,16	329	4,03	1764,21	379	4,72	1934,37	429	5,61	2050,12	479	6,41	2178,59
280	3,40	1619,42	330	4,07	1776,03	380	4,72	1934,37	430	5,66	2076,59	480	6,41	2194,27
281	3,44	1625,86	331	4,10	1791,02	381	4,72	1928,58	431	5,45	2074,63	481	6,44	2180,76
282	3,44	1619,44	332	4,12	1781,72	382	4,77	1945,20	432	5,45	2069,12	482	6,44	2175,54
283	3,42	1609,77	333	4,12	1769,60	383	4,77	1945,20	433	5,48	2098,97	483	6,25	2228,79

484	6,28	2220,36	534	7,23	2322,85	584	8,00	2429,77	634	8,93	2535,36
485	6,28	2204,57	535	7,26	2304,81	585	8,03	2455,89			
486	6,31	2206,70	536	7,26	2314,83	586	8,06	2457,77			
487	6,33	2235,05	537	7,07	2371,50	587	8,06	2443,25			
488	6,31	2227,71	538	7,07	2356,33	588	8,03	2441,36			
489	6,33	2203,57	539	7,07	2336,11	589	7,89	2495,24			
490	6,41	2230,84	540	7,09	2373,43	590	7,92	2487,33			
491	6,57	2222,63	541	7,37	2342,80	591	7,92	2467,86			
492	6,60	2209,21	542	7,37	2332,83	592	7,92	2462,99			
493	6,57	2201,90	543	7,37	2342,80	593	7,95	2508,60			
494	6,60	2235,08	544	7,43	2356,70	594	8,15	2482,67			
495	6,44	2253,80	545	7,43	2351,73	595	8,18	2460,45			
496	6,55	2236,08	546	7,43	2336,82	596	8,21	2452,71			
497	6,41	2241,29	547	7,43	2356,70	597	8,24	2497,83			
498	6,47	2266,28	548	7,23	2398,10	598	8,24	2478,62			
499	6,52	2259,97	549	7,26	2364,93	599	8,30	2463,17			
500	6,52	2254,77	550	7,26	2359,92	600	8,30	2491,92			
501	6,49	2247,51	551	7,32	2398,81	601	8,09	2503,13			
502	6,74	2266,07	552	7,34	2395,72	602	8,12	2490,48			
503	6,74	2235,24	553	7,34	2370,77	603	8,15	2516,42			
504	6,74	2230,10	554	7,32	2368,82	604	8,15	2530,88			
505	6,79	2259,92	555	7,60	2393,15	605	8,18	2513,41			
506	6,82	2267,11	556	7,60	2363,54	606	8,18	2503,78			
507	6,79	2229,18	557	7,60	2358,61	607	8,42	2499,31			
508	6,79	2249,67	558	7,60	2398,08	608	8,45	2515,45			
509	6,65	2296,01	559	7,66	2392,08	609	8,51	2500,10			
510	6,65	2290,86	560	7,66	2352,71	610	8,48	2493,49			
511	6,65	2265,06	561	7,46	2428,19	611	8,51	2495,35			
512	6,65	2285,70	562	7,51	2417,08	612	8,30	2539,84			
513	6,74	2312,31	563	7,49	2410,23	613	8,36	2533,86			
514	6,71	2279,45	564	7,51	2392,31	614	8,33	2532,06			
515	6,93	2285,50	565	7,57	2425,81	615	8,33	2517,70			
516	6,95	2292,61	566	7,57	2420,86	616	8,39	2535,67			
517	6,95	2267,20	567	7,77	2390,01	617	8,39	2545,22			
518	6,95	2262,11	568	7,69	2398,93	618	8,39	2535,67			
519	7,01	2301,74	569	7,80	2421,30	619	8,54	2520,94			
520	7,01	2286,53	570	7,83	2408,55	620	8,66	2532,99			
521	6,98	2284,49	571	7,80	2391,95	621	8,66	2528,26			
522	6,82	2323,40	572	7,83	2428,09	622	8,69	2515,93			
523	6,84	2325,38	573	7,80	2426,19	623	8,69	2539,53			
524	6,84	2320,27	574	7,89	2392,90	624	8,66	2551,89			
525	6,87	2312,04	575	7,69	2472,67	625	8,54	2549,43			
526	6,90	2329,33	576	7,69	2462,84	626	8,54	2544,68			
527	7,15	2306,77	577	7,71	2425,41	627	8,60	2576,70			
528	6,93	2316,04	578	7,69	2443,17	628	8,63	2564,28			
529	7,18	2323,88	579	7,86	2454,39	629	8,66	2542,44			
530	7,20	2330,89	580	7,97	2427,86	630	8,87	2531,68			
531	7,20	2290,71	581	7,74	2442,01	631	8,90	2556,94			
532	7,18	2303,76	582	7,97	2447,28	632	8,93	2549,40			
533	7,26	2329,86	583	8,00	2444,32	633	8,93	2540,04			

2			46	0,71	610,34	93	1,33	845,17	140	1,94	1091,59	187	2,41	1300,64
	%	kN/m2	47	0,72	628,43	94	1,34	877,74	141	1,95	1096,61	188	2,58	1287,61
1	0,00	300,76	48	0,72	598,02	95	1,36	892,62	142	1,97	1078,00	189	2,58	1287,61
2	0,10	349,57	49	0,72	608,16	96	1,37	855,05	143	1,83	1117,20	190	2,59	1277,38
3	0,07	278,44	50	0,67	658,10	97	1,37	872,50	144	1,85	1122,22	191	2,63	1293,01
4	0,00	261,53	51	0,67	658,10	98	1,30	930,01	145	1,87	1119,22	192	2,63	1293,01
5	0,06	292,44	52	0,64	652,56	99	1,30	912,30	146	1,88	1132,19	193	2,63	1285,82
6	0,04	372,16	53	0,64	631,84	100	1,28	888,42	147	1,88	1132,19	194	2,52	1347,72
7	0,09	326,08	54	0,81	642,83	101	1,28	923,96	148	2,04	1113,58	195	2,52	1340,43
8	0,15	269,80	55	0,81	662,61	102	1,45	928,49	149	2,06	1126,25	196	2,50	1321,70
9	0,13	334,07	56	0,83	660,32	103	1,46	908,64	150	2,06	1118,48	197	2,52	1340,43
10	0,18	387,29	57	0,84	677,69	104	1,45	894,10	151	2,07	1123,36	198	2,73	1320,83
11	0,16	354,07	58	0,76	691,99	105	1,46	934,35	152	1,97	1164,56	199	2,73	1320,83
12	0,03	335,22	59	0,75	684,37	106	1,40	954,07	153	1,99	1153,67	200	2,75	1324,91
13	0,15	392,43	60	0,77	699,55	107	1,39	939,50	154	1,97	1164,56	201	2,75	1339,08
14	0,26	399,32	61	0,89	716,96	108	1,39	948,20	155	2,02	1178,92	202	2,75	1324,91
15	0,14	369,54	62	0,89	697,58	109	1,42	977,20	156	2,02	1171,11	203	2,76	1336,04
16	0,15	392,43	63	0,91	675,92	110	1,56	943,59	157	2,04	1160,30	204	2,65	1376,02
17	0,25	412,81	64	0,92	731,39	111	1,54	929,40	158	2,16	1170,36	205	2,67	1372,85
18	0,23	450,10	65	0,87	741,35	112	1,57	957,71	159	2,19	1179,72	206	2,67	1365,70
19	0,22	428,24	66	0,85	734,10	113	1,59	963,37	160	2,19	1156,88	207	2,69	1369,69
20	0,21	418,13	67	0,85	724,31	114	1,50	980,07	161	2,19	1149,27	208	2,71	1380,79
21	0,21	418,13	68	0,99	757,20	115	1,50	971,55	162	2,11	1217,83	209	2,71	1366,56
22	0,29	498,72	69	1,02	761,66	116	1,51	1002,74	163	2,11	1210,13	210	2,88	1373,95
23	0,29	475,52	70	1,00	716,98	117	1,53	1008,33	164	2,12	1183,99	211	2,86	1377,02
24	0,28	465,86	71	0,99	719,34	118	1,54	996,99	165	2,12	1207,05	212	2,90	1370,90
25	0,34	444,93	72	0,95	793,43	119	1,53	999,86	166	2,32	1204,32	213	2,90	1384,82
26	0,42	476,95	73	0,96	790,80	120	1,69	996,73	167	2,30	1199,78	214	2,80	1400,39
27	0,37	518,44	74	0,95	764,75	121	1,69	1004,96	168	2,14	1204,00	215	2,80	1400,39
28	0,44	473,21	75	0,95	755,19	122	1,69	1004,96	169	2,30	1214,78	216	2,82	1418,30
29	0,42	465,86	76	1,10	783,95	123	1,59	1038,77	170	2,36	1205,90	217	2,84	1422,13
30	0,38	527,59	77	1,12	781,45	124	1,61	1027,48	171	2,34	1208,84	218	2,84	1401,12
31	0,50	528,89	78	1,10	774,72	125	1,62	1032,92	172	2,36	1235,68	219	2,84	1415,13
32	0,50	496,51	79	1,10	765,50	126	1,64	1038,33	173	2,25	1261,58	220	3,00	1397,19
33	0,49	498,42	80	1,05	831,46	127	1,64	1030,02	174	2,25	1246,47	221	3,02	1394,15
34	0,40	503,12	81	1,06	819,46	128	1,78	1045,27	175	2,25	1231,36	222	3,02	1414,75
35	0,53	524,86	82	1,05	803,43	129	1,80	1042,43	176	2,28	1270,39	223	3,02	1414,75
36	0,47	567,80	83	1,06	819,46	130	1,78	1029,06	177	2,43	1238,53	224	3,04	1425,38
37	0,47	545,97	84	1,21	830,02	131	1,82	1047,68	178	2,43	1231,16	225	3,08	1419,22
38	0,45	548,10	85	1,21	821,00	132	1,72	1073,15	179	2,45	1257,63	226	3,08	1426,05
39	0,47	589,64	86	1,19	841,66	133	1,72	1064,96	180	2,46	1254,63	227	2,94	1447,99
40	0,62	573,89	87	1,22	827,45	134	1,74	1086,54	181	2,46	1254,63	228	2,96	1465,54
41	0,59	567,65	88	1,15	867,88	135	1,77	1088,74	182	2,48	1266,29	229	2,96	1458,63
42	0,59	557,14	89	1,15	858,74	136	1,77	1072,49	183	2,37	1284,66	230	2,96	1458,63
43	0,62	584,33	90	1,16	865,15	137	1,75	1075,42	184	2,39	1288,96	231	3,00	1466,02
44	0,57	614,27	91	1,18	871,52	138	1,92	1078,61	185	2,39	1288,96	232	3,14	1457,56
45	0,57	603,68	92	1,33	853,97	139	1,92	1078,61	186	2,41	1293,25	233	3,16	1454,45

234	3,16	1461,22	284	3,71	1632,26	334	4,42	1802,25	384	5,39	1917,42	434	5,96	2078,05
235	3,20	1461,76	285	3,71	1645,06	335	4,58	1791,89	385	5,39	1917,42	435	5,99	2064,10
236	3,20	1455,02	286	3,73	1661,00	336	4,60	1776,86	386	5,19	1948,11	436	5,99	2069,51
237	3,20	1455,02	287	3,91	1635,44	337	4,62	1767,82	387	5,19	1942,41	437	6,01	2088,05
238	3,10	1491,06	288	3,91	1622,86	338	4,67	1803,04	388	5,22	1961,99	438	6,01	2088,05
239	3,10	1491,06	289	3,91	1648,02	339	4,51	1819,36	389	5,22	1950,61	439	6,01	2077,23
240	3,12	1494,66	290	3,97	1638,62	340	4,65	1776,58	390	5,26	1961,28	440	6,27	2078,76
241	3,12	1521,83	291	3,95	1635,47	341	4,53	1816,14	391	5,26	1961,28	441	6,27	2078,76
242	3,12	1494,66	292	3,99	1654,24	342	4,53	1840,04	392	5,29	1952,44	442	6,27	2062,77
243	3,14	1491,46	293	3,84	1682,87	343	4,55	1824,87	393	5,48	1944,36	443	6,27	2052,11
244	3,32	1503,32	294	3,84	1663,89	344	4,53	1810,17	394	5,51	1941,28	444	6,35	2090,95
245	3,34	1493,56	295	3,86	1685,94	345	4,58	1833,56	395	5,51	1946,86	445	6,35	2085,65
246	3,34	1473,65	296	3,88	1695,31	346	4,76	1808,23	396	5,53	1960,50	446	6,32	2062,10
247	3,34	1500,20	297	3,88	1676,40	347	4,76	1802,35	397	5,56	1946,30	447	6,35	2075,03
248	3,22	1532,61	298	3,88	1695,31	348	4,79	1828,57	398	5,39	1990,52	448	6,17	2117,79
249	3,22	1512,44	299	4,08	1691,39	349	4,81	1831,29	399	5,41	1992,95	449	6,17	2107,06
250	3,24	1542,79	300	4,08	1672,81	350	4,81	1802,03	400	5,41	1981,73	450	6,17	2107,06
251	3,28	1549,69	301	4,08	1666,61	351	4,81	1831,29	401	5,41	1981,73	451	6,19	2130,73
252	3,28	1516,29	302	4,10	1700,60	352	4,72	1855,71	402	5,46	1997,81	452	6,46	2100,07
253	3,28	1543,01	303	4,13	1685,09	353	4,69	1847,13	403	5,46	2003,40	453	6,46	2084,24
254	3,48	1518,06	304	4,13	1678,92	354	4,69	1853,03	404	5,56	1968,54	454	6,46	2105,34
255	3,48	1511,51	305	4,13	1697,44	355	4,76	1884,55	405	5,68	1964,28	455	6,48	2123,41
256	3,50	1541,10	306	3,99	1722,91	356	4,93	1833,21	406	5,68	1986,35	456	6,51	2104,60
257	3,50	1541,10	307	3,99	1704,18	357	4,93	1827,40	407	5,71	1977,77	457	6,51	2094,08
258	3,50	1514,98	308	4,04	1735,07	358	4,97	1861,74	408	5,73	1985,72	458	6,35	2154,64
259	3,52	1551,02	309	4,04	1735,07	359	4,97	1867,52	409	5,73	2002,22	459	6,35	2154,64
260	3,38	1566,73	310	4,04	1710,20	360	4,97	1844,39	410	5,56	2013,03	460	6,35	2128,10
261	3,38	1553,50	311	4,06	1725,60	361	4,95	1835,91	411	5,56	2001,91	461	6,35	2128,10
262	3,44	1583,39	312	4,26	1727,58	362	4,86	1906,68	412	5,61	2034,45	462	6,40	2164,31
263	3,44	1576,82	313	4,26	1709,27	363	4,83	1892,41	413	5,63	2031,28	463	6,43	2161,20
264	3,44	1550,54	314	4,26	1709,27	364	4,83	1863,21	414	5,63	1998,07	464	6,43	2134,78
265	3,61	1564,47	315	4,33	1730,31	365	4,86	1889,19	415	5,61	2001,19	465	6,43	2134,78
266	3,61	1558,01	316	4,17	1746,49	366	4,90	1900,23	416	5,89	2027,54	466	6,70	2156,87
267	3,59	1554,65	317	4,15	1737,41	367	4,93	1885,42	417	5,89	2011,19	467	6,67	2149,45
268	3,65	1577,57	318	4,17	1764,94	368	4,90	1900,23	418	5,89	1994,84	468	6,67	2118,15
269	3,65	1571,13	319	4,19	1761,68	369	5,12	1894,77	419	5,89	1989,39	469	6,70	2141,24
270	3,65	1577,57	320	4,21	1740,06	370	5,12	1871,87	420	5,94	2026,85	470	6,54	2175,17
271	3,52	1616,19	321	4,19	1767,82	371	5,12	1871,87	421	5,94	2021,41	471	6,56	2161,60
272	3,54	1593,42	322	4,44	1750,89	372	5,17	1894,25	422	5,94	2005,11	472	6,54	2154,16
273	3,54	1586,92	323	4,42	1741,98	373	5,17	1888,54	423	5,76	2048,57	473	6,56	2177,34
274	3,59	1625,90	324	4,44	1738,86	374	5,17	1888,54	424	5,81	2053,25	474	6,59	2179,50
275	3,59	1612,95	325	4,46	1771,79	375	5,02	1913,15	425	5,81	2042,30	475	6,62	2165,96
276	3,61	1609,72	326	4,46	1747,77	376	5,02	1930,43	426	5,84	2061,05	476	6,64	2189,04
277	3,78	1603,61	327	4,49	1744,66	377	5,02	1918,91	427	6,04	2052,53	477	6,83	2162,65
278	3,78	1597,25	328	4,35	1793,84	378	5,07	1935,51	428	6,04	2025,52	478	6,86	2149,34
279	3,80	1587,79	329	4,35	1781,72	379	5,07	1935,51	429	6,04	2014,72	479	6,83	2162,65
280	3,82	1616,40	330	4,35	1769,60	380	5,09	1926,57	430	6,09	2057,19	480	6,91	2174,36
281	3,84	1613,28	331	4,39	1799,45	381	5,29	1907,17	431	6,09	2051,81	481	6,91	2169,21
282	3,69	1629,07	332	4,39	1793,42	382	5,34	1917,95	432	6,12	2021,88	482	6,91	2164,06
283	3,69	1641,89	333	4,37	1790,60	383	5,34	1912,31	433	6,04	2063,33	483	6,91	2179,52

484	6,78	2210,14	534	7,57	2320,85	584	8,41	2426,74
485	6,75	2202,82	535	7,60	2332,83	585	8,38	2429,65
486	6,75	2187,23	536	7,63	2319,89	586	8,47	2459,40
487	6,80	2227,81	537	7,63	2314,91	587	8,53	2448,79
488	6,80	2222,63	538	7,89	2323,18	588	8,71	2412,59
489	6,80	2207,08	539	7,89	2308,41	589	8,71	2412,59
490	7,05	2185,22	540	7,86	2301,44	590	8,80	2446,90
491	7,07	2207,83	541	7,92	2320,28	591	8,77	2444,98
492	7,10	2194,66	542	7,94	2327,21	592	8,77	2416,50
493	7,10	2184,45	543	7,97	2319,42	593	8,80	2442,16
494	7,13	2217,20	544	7,97	2299,81	594	8,65	2461,16
495	6,94	2238,29	545	7,97	2324,32	595	8,62	2444,94
496	6,94	2222,85	546	7,83	2353,68	596	8,62	2478,36
497	6,94	2212,56	547	7,83	2343,81	597	8,68	2482,10
498	6,99	2257,86	548	7,83	2343,81	598	8,65	2451,62
499	6,99	2242,46	549	7,86	2365,51	599	8,65	2451,62
500	6,99	2227,07	550	8,09	2342,16	600	8,95	2475,34
501	6,99	2237,33	551	8,09	2322,64	601	8,95	2456,48
502	7,24	2235,83	552	8,12	2363,66	602	8,95	2442,33
503	7,24	2230,76	553	8,15	2360,77	603	8,98	2463,10
504	7,27	2207,55	554	8,15	2331,56	604	9,04	2471,62
505	7,30	2240,03	555	8,15	2326,70	605	9,04	2452,82
506	7,13	2257,97	556	8,00	2380,22	606	9,04	2457,52
507	7,32	2216,88	557	7,97	2383,17	607	8,89	2499,91
508	7,13	2273,27	558	8,00	2365,52	608	8,89	2481,00
509	7,16	2275,32	559	7,97	2368,46	609	8,92	2473,45
510	7,16	2254,95	560	8,03	2396,85	610	8,89	2514,08
511	7,16	2265,14	561	8,03	2396,85	611	8,92	2525,37
512	7,21	2269,26	562	8,03	2377,28	612	8,92	2482,89
513	7,21	2264,18	563	8,03	2382,17	613	8,95	2489,48
514	7,46	2257,63	564	8,29	2385,20	614	9,19	2495,15
515	7,49	2259,71	565	8,32	2372,66	615	9,22	2487,70
516	7,49	2249,69	566	8,32	2363,00	616	9,22	2478,36
517	7,49	2254,70	567	8,35	2374,64	617	9,22	2492,37
518	7,52	2266,80	568	8,18	2411,37	618	9,07	2525,15
519	7,52	2261,79	569	8,18	2396,78	619	9,07	2515,76
520	7,55	2263,87	570	8,38	2371,80	620	9,07	2511,07
521	7,55	2273,87	571	8,20	2432,72	621	9,13	2538,21
522	7,38	2296,70	572	8,23	2395,82	622	9,13	2514,79
523	7,38	2291,66	573	8,20	2398,73	623	9,13	2505,43
524	7,41	2303,76	574	8,26	2431,67	624	9,43	2524,12
525	7,43	2315,82	575	8,26	2431,67	625	9,43	2510,22
526	7,43	2290,71	576	8,47	2382,55	626	9,43	2496,33
527	7,46	2292,75	577	8,53	2376,91	627	9,43	2496,33
528	7,69	2294,12	578	8,56	2421,97	628	9,46	2525,99
529	7,72	2286,24	579	8,59	2414,34	629	9,46	2521,36
530	7,72	2276,32	580	8,59	2400,00	630	9,46	2516,73
531	7,74	2288,30	581	8,56	2393,25	631	9,46	2521,36
532	7,74	2298,21	582	8,41	2450,82	632	9,31	2549,21
533	7,77	2290,36	583	8,38	2448,93			

## **8. ZAHVALA**

Zahvaljujemo se prof.dr.sc. Tatjani Rukavina i asistentici dr.sc. Josipi Domitrović na svesrdnoj pomoći, stručnim savjetima te ustupanju laboratorija za potrebe ispitivanja prilikom izrade ovog rada.

## 9. POPIS LITERATURE

- [1] Brandl, H. Opening address and introduction, T.I.C.G., Vienna, 1986.
- [2] Babić, B. Primjena geotekstila u cestogradnji, Građevinski kalendar, Udruženje građevinskih inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd, 1987
- [3] HRN EN ISO 10319:2015, Geosintetici -- Vlačno ispitivanje na širokim trakama, eng. Geosynthetics -- Wide-width tensile test
- [4] EOTA TR41 2012., Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate
- [5] ASTM D5617 2015., Standard Test Method for Multi-axial Tension Test for Geosynthetics
- [6] Mitrović, P., Primena plasličnih materijala pri građenju puteva, 2. izdanje, Beograd, 2007
- [7] Babić, B., Švabe Ž., Priručnik za projektiranje i izradu kolničkih konstrukcija na slabo nosivom tlu pomoću polimernih mreža „Analit“, Analit 1987
- [8] <http://www.geogridfabric.com/geogrid/plastic-geogrid.html>
- [9] <http://sc01.alicdn.com/kf/HTB1k662JFXXXaiaXXXq6xXFXX3/PP-biaxial-geogrid-for-highway-roadbase-and.jpg> [10]
- [10] [http://www.homedepot.com/catalog/productImages/1000/17/17b3e714-6749-4fd6-afa5-4bc0348b3aad\\_1000.jpg](http://www.homedepot.com/catalog/productImages/1000/17/17b3e714-6749-4fd6-afa5-4bc0348b3aad_1000.jpg)
- [11] <http://zdrav40.ru/?k=Ground+Protection++Reinforcement+and+Stabilisation>
- [12] <http://www.tenaxusapps.com/images/geosynthetics/ms-geogrids.jpg>
- [13] <http://www.windbreaknetting.com/img/geogrid-polyester.jpg>
- [14] <https://cdn3.volusion.com/bcsfd.gnydc/v/vspfiles/photos/1A060275-3.jpg?1450035424>
- [15] [https://www.researchgate.net/profile/Jitendra\\_Thakur6/publication/260014990/figure/fig3/AS:297182851813414@1447865321924/fig-3-Different-reinforcement-mechanism-of-geosynthetics-a-Tensioned-membrane-effect.png](https://www.researchgate.net/profile/Jitendra_Thakur6/publication/260014990/figure/fig3/AS:297182851813414@1447865321924/fig-3-Different-reinforcement-mechanism-of-geosynthetics-a-Tensioned-membrane-effect.png)
- [16] [http://www.al-shorok.com/english/index\\_files/a2.gif](http://www.al-shorok.com/english/index_files/a2.gif)
- [17] Babić, B., Geosintetici u graditeljstvu, Zagreb, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, 1995
- [18] [http://www.al-shorok.com/english/index\\_files/a2.gif](http://www.al-shorok.com/english/index_files/a2.gif)
- [19] Wrigley, N.E., Zheng, H., Yuan S., The confinement of different geogrids:4: the development of an indeks test; Proceedings: 5th European Conference on Geosynthetics, Valencia, Spain, 2012
- [20] Skupina autora, Geotextiles and geomembranes in civil engineering, Rotterdam, 1994., A.A. Balkema
- [21] [http://www.gruponebralejo.com/en/areas-de-actuacion/muros-ecologicos/.](http://www.gruponebralejo.com/en/areas-de-actuacion/muros-ecologicos/)

## 10. POPIS SLIKA

- Slika 1.** Geomreže dobivene perforiranjem i oblikovanjem otvora na zagrijanoj polimernoj foliji, jednoosna (a) i dvoosna (b) mreža
- Slika 2.** Troosna mreža
- Slika 3.** Uređaj za ekstrudiranje i oblik ekstrudiranih mreža
- Slika 4.** Zavarene mreže
- Slika 5.** Efekt pumpanja sitnozrnatog materijala u sloj od nevezanog zrnatog kamenog materijala
- Slika 6.** Mehanizam uklještenja zrna sloja kamenog materijala u otvore mreže
- Slika 7.** Dvoosna geomreža
- Slika 8.** Geometrija ispitnog uzorka
- Slika 9.** Troosna geomreža
- Slika 10.** Usvojena geometrija ispitivanih troosnih mreža
- Slika 11.** Shematski prikaz smjerova ispitivanja prema HRN EN ISO 10319
- Slika 12.** Ispitni uzorak dvoosne mreže
- Slika 13.** Ispitivanje u MD i CMD smjeru
- Slika 14.** Shematski prikaz smjerova ispitivanja prema EOTA TR 41
- Slika 15.** 'Mid rib' položaj
- Slika 16.** 'Rib' položaj
- Slika 17.** Ispitivanja u 'mid rib' (lijevo) i 'rib' položaju (desno)
- Slika 18.** Postavljanje uzorka u uređaj za višeosno vlačno ispitivanja
- Slika 19.** Presjek ispitnog uređaja s uzorkom
- Slika 20.** Izgled ispitnog uzorka dvoosne mreže nakon sloma, smjer MD i CMD
- Slika 21.** Odnos naprezanja i deformacija - dvoosna geomreža, smjer ispitivanja MD
- Slika 22.** Odnos naprezanja i deformacija - dvoosna geomreža, smjer ispitivanja CMD
- Slika 23.** Izgled ispitnog uzorka troosne mreže nakon sloma, „rib“ položaj, smjer 0°
- Slika 24.** Izgled ispitnog uzorka troosne mreže nakon sloma, „mid rib“ položaj, smjer 30°
- Slika 25.** Odnos naprezanja i deformacija - troosna geomreža, smjer ispitivanja 0°
- Slika 26.** Odnos naprezanja i deformacija - troosna geomreža, smjer ispitivanja 30°
- Slika 27.** Odnos naprezanja i deformacija - troosna geomreža, smjer ispitivanja 60°
- Slika 28.** Odnos naprezanja i deformacija - troosna geomreža, smjer ispitivanja 90°
- Slika 29.** Usporedba nominalne efektivne širine (prema EOTA dokumentu) i stvarne nominalne širine
- Slika 30.** U obliku sfere deformirana geomembrana
- Slika 31.** Rasprostiranje opterećenja koje se prenosi preko kotača vozila kroz sloj
- Slika 32.** Odnos naprezanja i deformacija – dvoosna geomreža
- Slika 33.** Odnos naprezanja i deformacija – troosna geomreža



**Slika 34.** Odnos prosječnih vrijednosti naprezanja i deformacija za geomembranu, te sustave geomembrana-dvoosna mreža i geomembrana-troosna mreža

## **11. POPIS TABLICA**

**Tablica 1.** Geometrijske karakteristike dvoosne mreže

**Tablica 2.** Geometrijske karakteristike troosne mreže

**Tablica 3.** Rezultati ispitivanja dvoosne mreže, smjer ispitivanja MD

**Tablica 4.** Rezultati ispitivanja dvoosne mreže, smjer ispitivanja CMD

**Tablica 5.** Radijalna sekantna krutost dvoosne mreže

**Tablica 6.** Rezultati ispitivanja troosne mreže, smjer ispitivanja 0°

**Tablica 7.** Rezultati ispitivanja troosne mreže, smjer ispitivanja 30°

**Tablica 8.** Rezultati ispitivanja troosne mreže, smjer ispitivanja 60°

**Tablica 9.** Rezultati ispitivanja troosne mreže, smjer ispitivanja 90°

**Tablica 10.** Radijalna sekantna krutost troosne mreže – efektivna širina prema EOTA-dokumentu

**Tablica 11.** Radijalna sekantna krutost troosne mreže – stvarna efektivna širina

**Tablica 12.** Prosječne vrijednosti rezultata jednoosnog vlačnog ispitivanja dvoosne i troosne mreže

**Tablica 13.** Usporedba radijalnih sekantnih krutosti dvoosne i troosne mreže

**Tablica 14.** Dvoosna i troosna – višeosno vlačno ispitivanje

## 12. SAŽETAK

Geomreže (jednoosne, dvoosne ili troosne) predstavljaju posebnu grupu geosintetskih materijala vrlo otvorene strukture, otvora mnogo većih od dimenzija materijala, a koja se primijenjuje pri izgradnji ili održavanju građevinskih objekata, najčešće onih donjeg ustroja prometnica.

Uz pojam geomreža kao konstruktivnih elemenata modernih građevina vežu se funkcije armiranja i stabilizacije. Za pravilno funkcioniranje u konstrukciji, geomreža mora ispunjavati određene zahtjeve koji se odnose na funkcionalna i nosiva svojstva. Za mreže ugrađene kao armirajući ili stabilizirajući element kod konstrukcija donjeg ustroja najvažnija su vlačna svojstva.

U radu je pored istraživanja primjerenosti uobičajenog načina ispitivanja vlačnih svojstava jednoosnih i dvoosnih geomreža prema HR EN 10319 (Geosintetici -- Vlačno ispitivanje na širokim trakama/Geosynthetics -- Wide-width tensile test) te ispitivanja troosnih mreža prema dokumentu EOTA TR 41 (Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate)

opisano istraživanje mogućnosti primjene višeosnog vlačnog ispitivanja prema ASTM D 5617 (Standard Test Method for Multi-Axial Tension Test for Geosynthetics), koje se predlaže kao univerzalno ispitivanje dvoosnih i višeosnih mreža. Istraživanje je provedeno na dvije vrste geomreža, dvoosnoj (kvadratnih otvora) i troosnoj (otvori oblika trokuta), od strane proizvođača deklariranih kao mreže iste kategorije nosivosti.

Andrija Tukša, Frane Burazer Iličić, geomembrane, geomreže, vlačna ispitivanja

## 13. SUMMARY

Geogrids (uniaxial, biaxial or three axial) are a special group of very open-structure geosynthetic materials with large openings that are used in the construction or maintenance of structures, most often substructures.

Reinforcement and stabilisation are the main function of geogrids as structural elements in the composition of modern structures. Proper functioning of geogrids is ensured by meeting the requirements related to functional and bearing properties. The most important properties of geogrids that are used in stabilisation or reinforcement of substructures are tensile properties.

Study presented in this paper includes the adequacy investigation of the usual tensile properties testing method for uniaxial and biaxial geogrids according to HR EN 10319 (Geosynthetics - Wide-width tensile test), and testing of three axial geogrids according to EOTA TR 41 (Non - Reinforced hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular

layers by way of interlock with the aggregate). In addition, the possibility of applying a multi-axial tensile test according to ASTM D 5617 (Standard Test Method for Multi-Axial Tension Test for Geosynthetics) is explored. This test is proposed as a universal test for two- and multiple-axial grids. The research was conducted on two types of geogrids, biaxial (with square-shaped openings) and three axial (with triangle-shaped openings), that are declared by their manufacturers as the geogrids of the same load category.

Andrija Tukša, Frane Burazer Iličić, geomembrane, geogrids, tensile tests