

GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK
10.02.2009.

GEOSINTETICI U GRADITELJSTVU – STRUCNI SEMINAR

Prof.dr.sc. Mensur Mulabdic
Zdenko Tadic, Dejan Mrackovski
Mrunoslav Minažek

*Geotehnički zahvati uz primjenu
geosintetika – opći pregled*

Prof.dr.sc. Mensur Mulabdic

fascinacija

- Vec prije 3000 godina korištena tehnologija armiranja tla
- Armirano tlo – najistaknutija tehnologija primjene geosintetika



Geosintetici omogućuju izvedbu
impozantnih i zahtjevnih zahvata



sadržaj

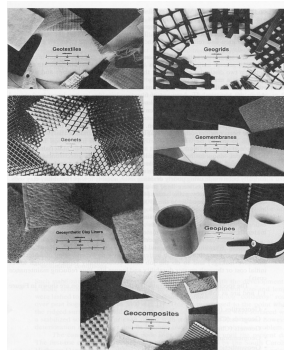
1. Opis geosintetika
2. Osnovne značajke geosintetika
3. Funkcije geosintetika
4. Armiranje pokosa
5. Potporni zidovi
6. Povećanje nosivosti
7. Zaštita od erozije
8. Odlagališta otpada
9. Specijalni zahvati

1. OPIS GEOSINTETIKA

definicija geosintetika

**proizvodi čija je barem jedna
komponenta izrađena od
sintetickog ili prirodnog polimera
u obliku ravninskog, uzdužnog ili
trodimenzionalnog sklopa**

vrste geosintetika



GEOTEKSTIL

GEOMEMBRANA

BENTONITNI TEPIH

GEOMREŽA

GEODREN

GEOKOMPOZIT

GEOWEB

GEOSTIROPOR



Geosintetici i tržište

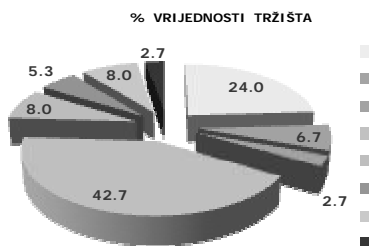
- (Körner, 2005.)
- U 2003.
 - 1450 milijuna m² u svijetu
 - 3,75 mild \$
 - Procjena – godišnji prirast 5-10%

!!!! Edukacija !!!!

Pokazatelji primjene geosintetika u inženjerskim zahvatima – 2003.



Financijski pokazatelji



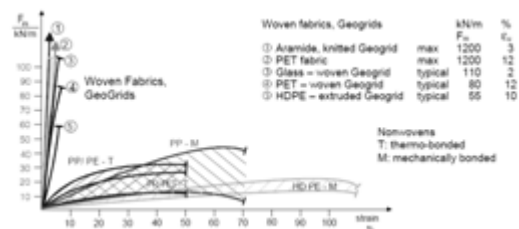
2. OSNOVNE ZNAČAJKE TEHNOLOGIJE SA GEOSINTETICIMA

- Jednostavni za primjenu
- Dobro podnose deformacije i potres
- Osjetljivi na temperaturu, svjetlost, uvjete okoline, dugotrajna opterećenja, ugradnju
- Svojstva proizvoda ovise o načinu proizvodnje (monolitna – varena mreža, tkani-netkani gtx, vrsta polimera)
- Gotovo dnevno se pojavljuju novi proizvodi i tehnologije
- Atraktivna rješenja za okoliš

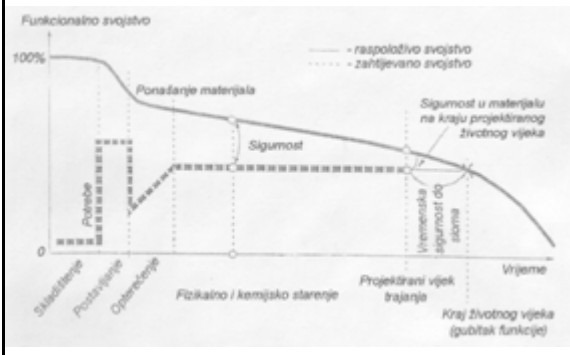
Polimeri i utjecaj okoline

polipropilen - poliestar - polietilen - polivinilklorid - poliamid			
	osjetljivost na puzanje	kemijska otpornost	UV otpornost
polipropilen	srednja	vrlo dobra	dobra (čad)
polietilen	srednja	vrlo dobra	vrlo dobra (čad)
poliestar	visoka	dobra	srednja

Mehanicka svojstva geosintetika vrlo su razicita



trajnost geosintetika



3. FUNKCIJE GEOSINTETIKA

GEOTEHNIKA - PROMETNICE – ODLAGALIŠTA OTPADA - HIDROTEHNIKA

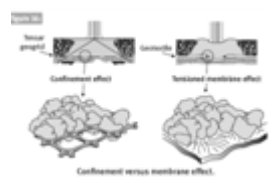
- Ojačanje – armiranje (tlo i asfalt)
- Odvajanje
- Filtriranje
- Dreniranje
- Zaštita od erozije
- Nepropusnost
- Zaštita drugih materijala

3.1.Ojačanje tla : interakcija geosintetik - tlo

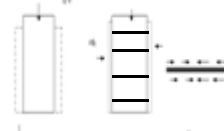
- Deformacija u geosintetiku izazvana trenjem sa tlom koje se deformira proizvodi bocno naprezanje u tlu koje dolazi od vlačne sile u geosintetiku
- Postoje dokazi da interakcija geomreže i zrnatog tla (zaklinjavanje – “interlocking”) povećava kut trenja i krutost samog tla oko geomreže

Modeli ojačanja

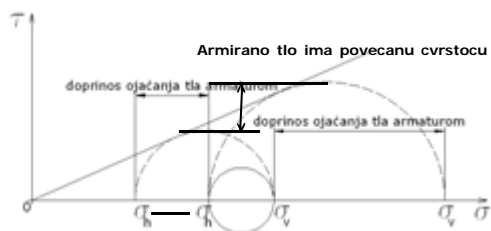
**Uklještenje u
geomreži nasuprot
efektu membrane uz
trenje**



**bocno pridrzanje kao
rezultat interakcije –
pojave trenja koje
proizvodi pridrzanje
bocnim naprezanjem**



Ojačanje tla – armirano tlo



- geosintetici djeluju samo ako postoji istezanje
- deformacija izaziva trenje a ono porast bocnog naprezanja u tlu (interakcija)

FAKTOR SIGURNOSTI F_s

Koerner (1994) je ovako definirao određivanje ukupnog koeficijenta sigurnosti:

$$T_{dop} = T_{gran} / F_s$$

T_{gran} = granicna vlačna cvrstoca prema standardnom pokusu – nominalna vlačna cvrstoca;

T_{dop} = dopuštena vlačna cvrstoca za konacno projektno rješenje;

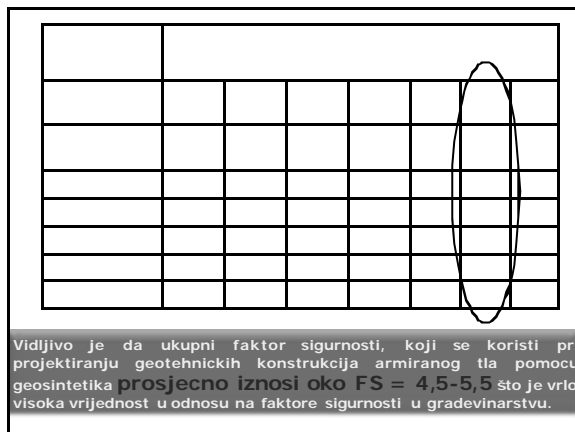
$$F_s = F_{SID} * F_{FSCR} * F_{FSCD} * F_{FSBD}, \text{ gdje je}$$

F_{SID} - F_s za mehanicka oštećenja pri ugradnji;

F_{FSCR} - F_s utjecaj puzanja za vrijeme trajanja konstrukcije;

F_{FSCD} - F_s protiv kemijskog djelovanja;

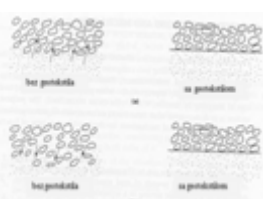
F_{FSBD} - F_s protiv biološkog djelovanja.



3.2. Odvajanje (separacija)

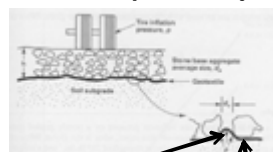
- Odvajanjem se sprječava miješanje krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala (nosivi slojevi prometnice na nasipu, podloga željeznickih nasipa, nasip na posteljici)
- Geotekstil mora spriječiti prolaz cestica a omogućiti prolaz vode (porni tlakovi)
- Efikasnost i zahtjevi na geosintetiku ovise o podlozi, nasipu, izvedbi, svojstvima geosintetika

Geotekstil – najčešće, geomreže – primjeri sa željeznica u Njemačkoj

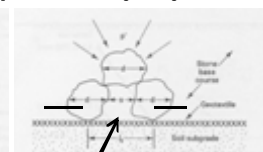


Je li važan smjer ? " šljunak + blato = blato "

Geotekstil trpi ozbiljna naprezanja pri odvajanju



Vlačna cvrstoca – membranski efekt
 $T = F(p, d, f(e))$



Vlačna cvrstoca – ravni

Otpornost GTX na gnjecenje

Masa geotekstila – g/m^2 – nije kriterij za odabir geosintetika

Na efikasnost geosintetika u odvajanju utječe

■ Geosintetik

- Vlačna cvrstoca i istezljivost geosintetika
- Otpornost na probijanje i paranje
- Nepropusnost za cestice tla i propusnost za vodu

■ Temeljno tlo – podloga

■ Nasipni materijal

■ Temeljno tlo - podloga

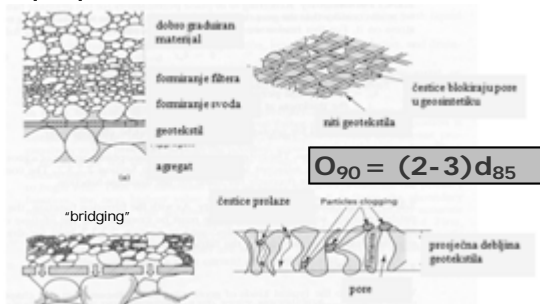
- Granulometrijski sastav, oblik, velicina i uglatost zrna, sitne cestice
- Cvrstoca – manja cvrstoca veci zahtjevi za cvrstocu i istezljivost geotekstila

■ Nasipni materijal

- Debljina sloja nasipa ($h = 1/2$ širine kotaca)
- Velicina i oblik zrna
- Izvedba – masa strojeva i kretanje
- Utjecaj na GTX – abrazija, pad cvrstoce

3.3. Filtriranje

propustiti vodu – zaustaviti cestice



3.4. Dreniranje

- Obično su to plošni drenovi - geokompoziti
- Vertikalni – prefabricirani, za ubrzano radijalno dreniranje (npr. nasipi uz mostove)
- Potreban kapacitet – protok
- Trajnost
- Promjena svojstava pod vertikalnim naprezanjem

Dreniranje -2

Razliciti uvjeti primjene

Vertikalni prefabricirani drenovi



3.5. Zaštita od erozije



Pokos / oborine / način zaštite
važno umanjiti energiju udara kapi i
usporiti tečenje po pokosu

3.6. Nepropusnost

- Oko 1000 puta veća nepropusnost od nepropusnosti slabo propusnog tla
- Različiti materijali
 - Geomembrana – folija različite debljine (1-2,4 mm)
 - Bentonitni tepih
- Što je veća nepropusnost to je veća difuzija - problem male debljine (odlagališta otpada)

3.7. Zaštita drugih materijala

- Geotekstil velike mase (800, 1200 g/m²) može poslužiti za zaštitu geomembrane od nepovoljnog djelovanja zrna koja mogu ugroziti njen integritet i izazvati pucanje i šupljine (odlagalište otpada)
- Vidi laboratorijska ispitivanja

2. dio

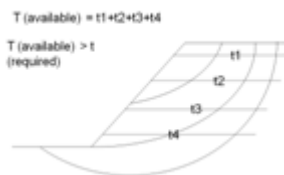
GEOTEHNICKI ZAHVATI UZ PRIMJENU GEOSINTETIKA

4. Armiranje pokosa
5. Potporni zidovi
6. Povećanje nosivosti
7. Zaštita od erozije
8. Odlagališta otpada
9. Specijalni zahvati

Armirano tlo – dominantna tehnologija

- Pokosi nasipa
- Potporni zidovi
- Ojačanje temeljnog tla
- Dilema : geotekstili ili geomreže
- Zahtjevi: velika krutost, velika vlačna cvrstoca

4. ARMIRANJE POKOSA



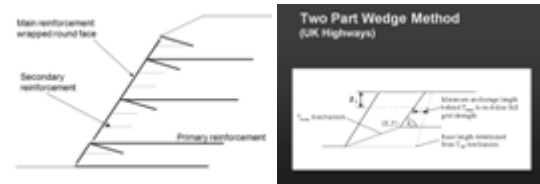
Kruta armatura doprinosi svojim silama stabilnost kliznog tijela

- unutarnja stabilnost – trenje unutar klina
- vanjska stabilnost – sila sidrenja
- kontrola istezljivosti geosintetika

Razliciti položaji armature u tlu

Glavna i pomocna armatura

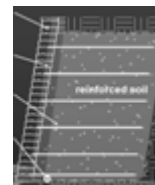
Metoda dva klina



Duljina sidrenja – u geomrežama preveliki faktori sigurnosti

5. POTPORNİ ZIDOVI

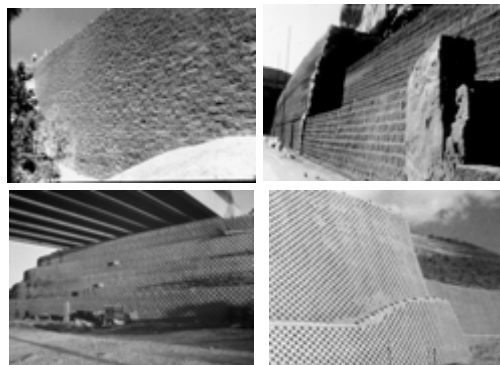
- Dio tla koji je armiran možemo promatrati kao jedno kruto tijelo, i ono (kada je zadovoljena unutarnja stabilnost) djeluje kao gravitacijski zid
- Razlicite izvedbe – način armiranja, završetak fasade (tlo, prefabricirani elementi, bio-inženjering), nagibi
- Oblikovanje – velike mogućnosti
- Tlo se zbija u slojevima – vrlo važno



Potporni zid – geotekstil obavijan oko sloja tla



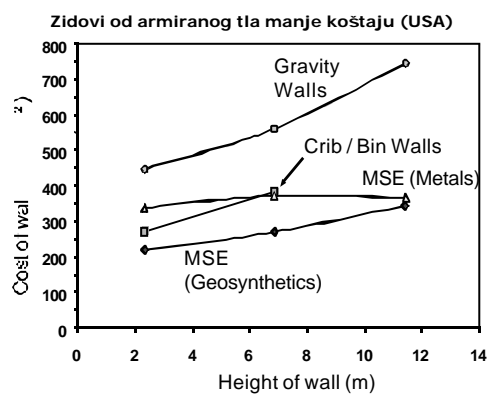
Zidovi sa fasadom -razlicita rjesenja



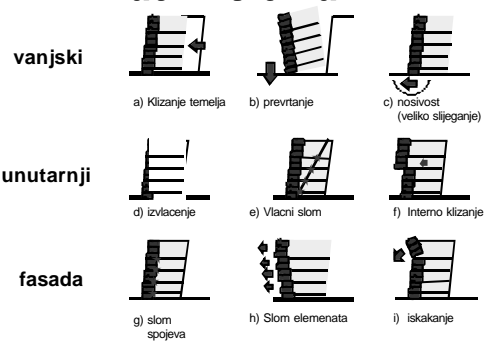
IZVEDBA



ZID U URBANOM NASELJU



Nacini sloma



Tipicni faktori sigurnosti za uvjete sloma

a) Klizanje temelja	1.5
b) prevrtanje	2.0
c) nosivost	2.0
d) Vlačni slom	1.0
e) izvlačenje	1.5
f) Interno klizanje	1.5
g) Slom spojnica	1.5
h) Slom elemenata	1.5
i) iskakanje	2.0
globalna stabilnost	1.3 - 1.5

6. POVEĆANJE NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA

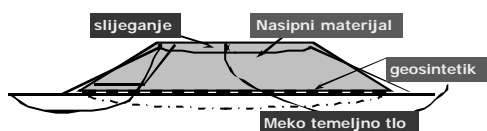
- STRUKTURNO JAKE KONSTRUKCIJE UZ MANJU CIJENU

- BRŽA IZVEDBA OD KLASIČNE

- I NAJJEDNOSTAVNIJI KONCEPTI SA GEOSINTETIKOM PRETVARAJU POTENCIJALNO NESTABILNU ZONU U STABILNU

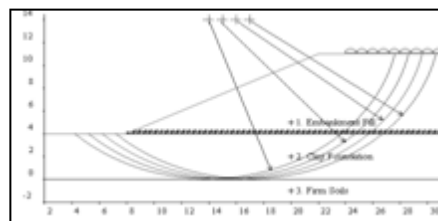
- ČEŠĆE ZA NASIPE NAGO ZA TEMELJE

GRANICNO STANJE NOSIVOSTI I UPORABIVOSTI



- Treba ispitati i deformacije i nosivost
- Ako je debljina mekog sloja veća od širine nožice – problem nosivosti
- Ako je debljina mekog sloja manja od širine nožice – slom u zoni nožice
- Potrebna velika vlačna sila - efekt membrane

Ploha sloma - klizanje



- Kruta armatura može promijeniti oblik klizne plohe – klizanje zadire u veću dubinu gdje su veće cvrstoće

Mogući oblici sloma ispod nasipa

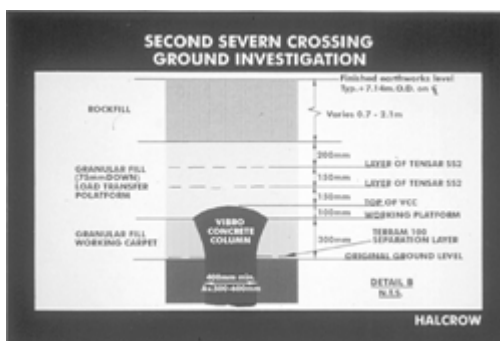


- berme pomažu stabilnosti;
- armiranje osigurava visoki F_s

Primjer pripreme temeljnog tla nasipa



Platforme za prijenos opterećenja



primjer



Zahtjevi na geosintetike u platformama

- Visoka vlakna čvrstoca, barem u smjeru role
- Sposobnost nošenja opterećenja nekoliko godina
- Sposobnost prenosa opterećenja zaklinjavanjem ili trenjem
- Visoka otpornost oštećenju za vrijeme postavljanja
- Otpornost na UV, kemijska i biološka djelovanja

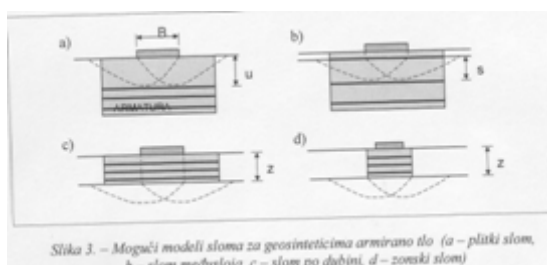
Geocelije – prostorne strukture



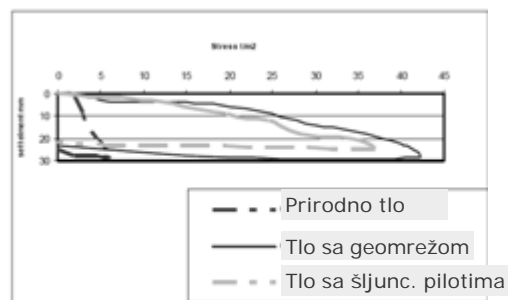
Djeluju kao gabioni u horizontalnoj ravnini

ARMIRANJE TLA ISPOD TEMELJA

- Plitki temelji

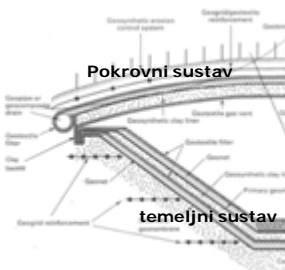


Modelsko ispitivanje temelja

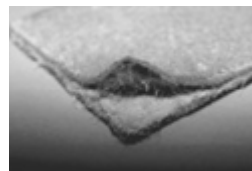


8. ODLAGALIŠTA OTPADA

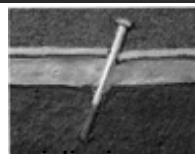
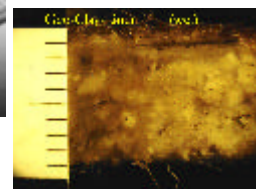
- Nepropusnost – GM, GCL (bentonitni tepih)
- Dreniranje – kompoziti, cijevi
- Zaštita geomembrane od zrna – geotekstil velike gustoće
- Geomreža – ojačanje na pokosima
- Geocijevi – sustav unutarnje odvodnje filtrata, otplinjavanje



Bentonitni tepih – inženjerski izazov



Kompozit:
GTX + bentonit + GTX



samozačeljenje

Izvrсна nepropusnost – mala posmicna cvrstoca

Geosintetici mogu zadovoljiti sve zahtjeve u odl. otpada



Naborana geomembrana



Intimni kontakt



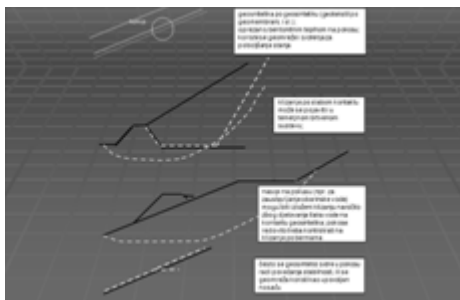
Varenje geomembrane

Problemi klizanja - trenje

- **otpad:** $C = 5-50 \text{ kPa}$, $Fi = 19-26$ - sastav, starost
- **glina po glatkoj membrani:** $Fi = 5-29$ - porni tlakovi
- **glina po hrapavoj membrani:** $c = 20-30 \text{ kPa}$, $Fi = 7-35$ - hrapavost ograničeno traje
- **geotekstil po membrani:** $Fi = 8-18$,
- - tip proizvoda, vlažnost,

VAŽNO : SVAKI PROIZVOD ISPITATI NA CVRSTOCU ZA STVARNI KONTAKT U STVARNIM UVJETIMA – posmik u laboratoriju – veliki uzorak – norme - otpad

Osnovni problemi stabilnosti - pokrovni sustav



Osnovni problemi sa geosineticima

- Difuzija kroz geomembranu i GCL
- Mala posmicna cvrstoca bentonitnog tepiha
- Osjetljivost na slijeganja i desikaciju pokrovnog sustava
- Osjetljivost pri ugradnji
- Varenje geomembrane i kontrola

9. SPECIJALNI ZAHVATI

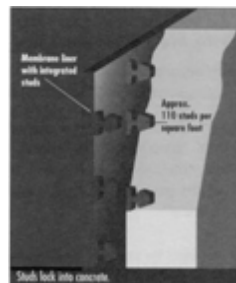
- PRIMJENA STIROPORNIH ELEMENATA ZA NASIPE



Primjena geomembrane sa cepovima

GM sa cepovima – kao oplata i zaštita

U temeljima i kao nova unutarnja cijev



Geosintetici u branama

- Podloga za rip-rap ; drenovi ; nepropusnost



tunelogradnja

- Dreniranje - geodrenovi
- Nepropusnost – folija
- Geotekstil - zaštita



Vertikalne nepropusne barijere – cutoff walls

Hvala na pažnji !
Pitanja ?



Modelski snimak naprezanja u geomreži
Svijetle zone su oko rebara geomreže i
označavaju povećana naprezanja

Gfos – istraživanje u pullout-u

