

OPĆI TEHNIČKI UVJETI ZA RADOVE U VODNOM GOSPODARSTVU

3. POGLAVLJE POLAGANJE GEOSINTETIKA

NARUČITELJ: HRVATSKE VODE

IZRADILI: CENTAR GRAĐEVINSKOG FAKULTETA d.o.o.
INSTITUT IGH d.d., Zagreb
GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Voditelj projekta: prof. dr. sc. Anita Cerić, dipl. ing. građ.

Voditelj izrade: prof. dr. sc. Meho Saša Kovačević, dipl. ing. građ.

Suradnik: izv. prof. dr. sc. Mario Bačić, mag. ing. aedif.

Zagreb, lipanj 2022.



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

3. POGLAVLJE
POLAGANJE GEOSINTETIKA

SADRŽAJ

3-00	OPĆE NAPOMENE.....	3-1
3-00.1	DEFINICIJE.....	3-1
3-01	OPĆENITO O RADOVIMA NA POLAGANJU GEOSINTETIKA.....	3-3
3-01.1	RADOVI NA UREĐENJU SLABO NOSIVOG TEMELJNOG TLA	3-4
3-01.2	RADOVI NA OJAČANJU NASUTIH GRAĐEVINA	3-4
3-01.3	RADOVI NA ZAŠTITI POKOSA I DRUGIH POVRŠINA IZLOŽENIH EROZIJI.....	3-5
3-01.4	RADOVI NA ZAŠTITI DNA I POKOSA KANALA	3-6
3-01.5	RADOVI NA OSIGURANJU VODONEPROPUSNOSTI NASUTIH GRAĐEVINA	3-6
3-02	MATERIJALI	3-8
3-02.1	GEOTEKSTILI	3-9
3-02.1.1	Hidraulička svojstva.....	3-10
3-02.1.2	Mehanička svojstva.....	3-12
3-02.1.3	Postojanost	3-13
3-02.2	GEOMREŽE	3-13
3-02.2.1	Mehanička svojstva.....	3-14
3-02.2.2	Postojanost	3-15
3-02.3	GLINENI GEOSINTETSKI TEPIH	3-15
3-02.3.1	Hidraulička svojstva.....	3-16
3-02.3.2	Mehanička svojstva.....	3-16
3-02.3.3	Postojanost	3-17
3-02.4	GEOMEMBRANE	3-18
3-02.4.1	Hidraulička svojstva.....	3-19
3-02.4.2	Mehanička svojstva.....	3-19
3-02.4.3	Termalna svojstva	3-20
3-02.4.4	Postojanost	3-20
3-03	OPIS IZVOĐENJA RADOVA.....	3-22
3-03.1	UREĐENJE SLABO NOSIVOG TEMELJNOG TLA GEOTEKSTILIMA I GEOMREŽAMA	3-22
3-03.2	OJAČANJE NASUTIH GRAĐEVINA GEOMREŽAMA.....	3-25
3-03.3	ZAŠTITA POKOSA I DRUGIH POVRŠINA IZLOŽENIH EROZIJI	3-27
3-03.4	IZRADA PODLOGE ZA ZAŠTITU ROVOVA I KANALA	3-30
3-03.5	OSIGURANJE VODONEPROPUSNOSTI NASUTIH GRAĐEVINA.....	3-32
3-03.5.1	Ugradnja GCL-a.....	3-32
3-03.5.2	Ugradnja geomembrane	3-34

3-04	ZAHTJEVI KVALITETE	3-38
3-04.1	UREĐENJE SLABO NOSIVOG TEMELJNOG TLA.....	3-38
3-04.1.1	Geotekstil	3-38
3-04.1.2	Geomreže	3-42
3-04.2	GEOMREŽE ZA OJAČANJE NASIPA.....	3-42
3-04.3	ZAŠTITA POKOSA I DRUGIH POVRŠINA IZLOŽENIH EROZIJI	3-43
3-04.3.1	Geopletiva	3-43
3-04.3.2	Geotekstil	3-44
3-04.3.3	Geomreže	3-44
3-04.4	IZRADA PODLOGE ZA ZAŠTITU ROVOVA I KANALA	3-45
3-04.5	OSIGURANJE VODONEPROPUSNOSTI NASUTIH GRAĐEVINA.....	3-46
3-04.5.1	Geosintetski glineni tepih (GCL)	3-46
3-04.5.2	Geomembrana	3-48
3-04.6	IZRADA TEMELJNOG MADRACA	3-49
3-05	NAČIN PREUZIMANJA IZVEDENIH RADOVA	3-52
3-06	OBRAČUN RADOVA	3-53
3-07	NORME I TEHNIČKI PROPISI.....	3-54
3-07.1	NORME	3-54
3-07.2	TEHNIČKI PROPISI	3-57

3. POGLAVLJE

POLAGANJE GEOSINTETIKA

3-00 OPĆE NAPOMENE

U ovom 3. poglavlju OTU-a propisuju se minimalni zahtjevi kvalitete za materijale, proizvode i radove koji se koriste kod izvođenja radova na polaganju geosintetika koji se najčešće koriste u vodnom gospodarstvu, prvenstveno geotekstila, geomreža, glinenih geosintetskih tepiha i geomembrana. OTU-i su pisani na način da su dio ugovora, a da se uvjeti koji se odnose na posebne radove uključe u ugovor kao Posebni tehnički uvjeti (PTU).

Materijali, proizvodi, oprema i radovi moraju biti izrađeni u skladu s normama i tehničkim propisima navedenim u projektnoj dokumentaciji. Obavezna je primjena odgovarajućih EN-i, odnosno onih koje daju ekvivalentnu učinkovitost EN-i. Ako se u međuvremenu neka norma ili propis stavi van snage, važit će zamjenjujuća norma ili propis.

Izvođač može predložiti primjenu priznatih tehničkih pravila (normi) neke inozemne normizacijske ustanove (ISO, EN, DIN, ASTM, ...) uz uvjet pisanog obrazloženja i odobrenja nadzornog inženjera. Tu promjenu nadzorni inženjer odobrava uz suglasnost projektanta. Izvođač je dužan promjenu unijeti u izvedbeni projekt.

Ako neko svojstvo geosintetika nije primjereno obuhvaćeno postojećim normama za ispitivanje koje su navedene u ovom poglavlju OTU-a, moguće je tražiti od Hrvatskog tijela za tehničko odobrenje priznavanje nekog predloženog postupka za opisivanje ispitivanja tog svojstva, sukladno Zakonu o građevnim proizvodima.

3-00.1 DEFINICIJE

Opći pojmovi i izrazi te njihovo značenje u ovim Općim tehničkim uvjetima navedeni su u poglavlju '0. Opće odredbe'. Ovdje se definiraju samo neki izrazi koji nisu dani u poglavlju '0. Opće odredbe', a odnose se na ovo poglavlje.

Drenaža služi za prikupljanje površinskih i podzemnih voda i/ili drugih fluida i njihov pronos do drugih sustava odvodnje.

Gabioni su pravokutne košare (kvadri) od žičane ili polimerne mreže ispunjene kamenim materijalom koje se mogu slagati kao opeke da oblikuju samostojeću konstrukciju (potporne zidove, obloge vodotoka i sl.).

Gabioni sa zategama su pravokutne košare od žičane mreže s mrežama za sidrenje (zatege), ispunjene kamenim materijalom, koje se mogu slagati kao opeke da oblikuju samostojeću konstrukciju koja se koristi za: izradu nasipa i potpornih zidova, zaštitu pokosa, armiranje tla, zaštitu od erozije i za armiranje nasipa s kutom pokosa do 70°.

Geokompoziti jesu kombinacije dviju ili više pojedinačnih sastavnica geotekstila te geomreža ili geopletiva.

Geomembrana je geosintetski materijal koji se prilikom rješavanja geotehničkih problema ili u drugim vidovima građevinarstva primjenjuje u tlu i/ili drugim materijalima kao vodonepropusna barijera.

Geomreže su polimerne, ravninske strukture koje se koriste u geotehničkim i građevinskim zahvatima, čiji su otvori znatno veći od strukturnih elemenata koji su spajani u čvorovima.

Geopletiva su trodimenzionalna, propusna struktura načinjena od polimernih jednovrsnih niti i/ili drugih elemenata (sintetičkih ili prirodnih), koji su mehanički i/ili termički i/ili kemijski i/ili na neki drugi način spojeni.

Geosaće su trodimenzionalne polimerne strukture koje onemogućavaju bočno širenje materijala ispune te čijom se ugradnjom formira čvrst madrac koji raspoređuje opterećenje na šire područje.

Geosintetik je proizvod od sintetičkih materijala namijenjen uporabi u zemljanim građevinama i općenito u graditeljstvu, a prema građi i svrhama za koje se upotrebljavaju dijele se na: geotekstile, geomreže, geomembrane i geokompozite.

Geotekstili u smislu ovih OTU-a jesu vodopropusni netkani, tkani, šivani i kompozitni materijali koji ne trunu.

Geotekstil - netkani nastaje učvršćivanjem ravno položenih, jedni na druge, beskonačnih vlakana (filamenti) ili vlakana ograničene duljine (kratka vlakna). Učvršćivanje može biti mehaničko (iglanjem ili šivanjem) i/ili adhezivno (pomoću veziva), odnosno kohezivno (termičkim djelovanjem).

Geotekstil – tkani sastoji se od međusobno okomito položenih sustava vlakana (mreže). Razlikuju se po vrsti vlakana i načinu njihova povezivanja, kao i po broju niti (vlakna) u jediničnoj duljini.

Geotekstil - šivani je zajednički pojam za plosnate tvorevine proizvedene međusobnim omčanjem jedne ili više grupa prediva, vlakana, niti ili drugih elemenata.

Geotraka je polimerni materijal u obliku vrpce širine do 200 mm koji se upotrebljava za ojačanje nasutih građevina.

Glinski geosintetski tepih (GCL) je geokompozit koji se sastoji od bentonita, u prahu ili zrnima, koji je ugrađen i fiksiran između dva sloja geotekstila, i postavlja se u svrhu osiguranja vodonepropusnosti geotehničkih i hidrotehničkih građevina.

Građevinska jama je prostor nastao iskopom ispod razine terena za potrebe izvođenja temelja ili podzemne građevine.

Humus je površinski sloj tla koji sadrži više od 10% organske tvari koje u građevinskom smislu daju nepovoljna svojstva.

Nasip je građevina od zemljanih, miješanih ili kamenih materijala iznad prirodnog terena, a radi se nasipavanjem, ravnanjem i zbijanjem u horizontalnim slojevima u punoj širini pri čemu debljina slojeva ovisi o vrsti materijala i strojevima za zbijanje.

Rov je plitki ili duboki iskop u sraslom tlu za postavljanje instalacija ili cijevi.

Posteljica nasipa je sraslo tlo, uređeno na odgovarajući način i određenog nagiba, koje svojim fizikalnim i kemijskim svojstvima zadovoljava tražene uvjete, tako da bi se na njemu mogao izraditi (temeljiti) nasip.

Posteljica prometnice je uređeni završni sloj nasipa, u usjeku uređeno sraslo tlo ili zamijenjeno sraslo tlo, određene ravnosti i nagiba, koji svojim fizikalnim i kemijskim svojstvima zadovoljavaju tražene uvjete, tako da mogu bez štetnih posljedica primiti opterećenje kolničke konstrukcije i prometno opterećenje.

Slabo temeljno tlo je onaj sloj koji se uobičajenim načinom ne može urediti tako da zadovoljava propisane geomehaničke uvjete pa ga zbog nepogodnih svojstava ili stanja treba ili ukloniti ili posebnim načinima osposobiti za namijenjenu funkciju.

Sraslo tlo je onaj dio litosfere na kojem je predviđena izgradnja ceste ili kojeg drugog cestovnog objekta.

Stepenica je stepeničasti oblik iskopa u nagnutom sraslom tlu.

Temeljno tlo (uređeno sraslo tlo) sraslo je tlo na kojem se izvodi zahvat, a obrađeno je tako da zadovoljava propisane geomehaničke uvjete.

Uporabivost je sposobnost konstrukcije i njenih elemenata, odnosno cijele građevine da zadrži svojstva koja omogućuju njenu normalnu uporabu.

Vrtača je oblik prirodnog udubljenja u području krškog terena.

3-01 OPĆENITO O RADOVIMA NA POLAGANJU GEOSINTETIKA

Rad naveden u ovom poglavlju obuhvaća sve aktivnosti polaganja geosintetika potrebne za kvalitetnu i ekonomičnu gradnju i održavanje komunalnih vodnih građevina, kao i gradnju i održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina, te vodnih građevina za melioracije.

Geosintetici koji se koriste navedenim radovima moraju zadovoljavati u pogledu zahtjeva koji se odnose na funkcije filtriranja, dreniranja, razdvajanja i pojačanja, armiranja i brtvljenja. Stoga se ugrađuju različite vrste geosintetika: geotekstili, geomreže, geomembrane, geosintetski glineni tepisi, kao i kompoziti navedenih geosintetika, a izbor odgovarajućeg tipa geosintetika ovisi o predviđenoj funkciji. Podjela geosintetika je dana u normi HRN EN ISO 10318.

Obzirom na funkciju koju geosintetik ima kao sastavni dio komunalnih, regulacijskih, zaštitnih i melioracijskih vodnih građevina, razlikuje se:

- a) primarna funkcija razdvajanje (najčešće primjena geotekstila):
 - kod izgradnje svih tipova građevina za uređenje slabonosivog temeljnog tla
 - kod izgradnje svih tipova građevina kod kojih je bitno osigurati odvajanje materijala bitno različitih svojstava (granulometrijskog sastava, kao i svojstava koja proizlaze iz toga).
- b) primarna funkcija filtriranje, sekundarna funkcija razdvajanje:
 - zaštita dna i bokova rovova
 - zaštita obala i dna vodotoka od erozije
 - regulacija vodotoka
 - luke i marine
 - filtarska zaštita drenažnih uređaja (cijevne drenaže, mineralni drenažni slojevi i sl.).
- c) primarna funkcija dreniranje (najčešće primjena geokompozita, a geotekstil rijetko dolazi u funkciji dreniranja kao samostalni element):
 - vertikalne drenaže iza zidova i druge drenaže
 - nasipi i nasute brane.
- d) primarna funkcija osiguranje vodonepropusnosti / brtvljenje / izoliranje (primjena raznih tipova geomembrana i njihovih kompozita te geosintetskih bentonitnih tepiha):
 - objekti za evakuaciju otpadnih voda
 - nepropusna dna kanala, bazena i sličnih građevina
 - osiguranje vodonepropusnosti nasutih građevina građenih od propusnih materijala.
- e) primarna funkcija ojačanje (najčešće primjena geomreža, rjeđe geotekstila):
 - kod izgradnje svih tipova građevina za uređenje slabonosivog temeljnog tla
 - kod izgradnje svih tipova građevina za pojačanje nosivosti temeljnog tla, slojeva nasipa i posteljice.

Radovi na polaganju geosintetskih materijala u okviru ovih Općih tehničkih uvjeta podijeljeni su u sljedeće skupine:

- radove na uređenju slabo nosivog temeljnog tla, odnosno izradi posteljice
- radove na ojačanju nasutih građevina
- radove na zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji
- radove na zaštiti dna i pokosa kanala
- radove na osiguranju vodonepropusnosti nasutih građevina.

Radovi na izvedbi temeljnih madraca su obuhvaćeni poglavljem 14. 'Radovi na regulaciji vodotoka' ovih OTU-a. U okviru ovog poglavlja se daju zahtjevi kvalitete za geosintetike koji se koriste kao sastavni dio temeljnih madraca.

U nastavku su i opisane uvažavajuće posebnosti svake skupine.

3-01.1 RADOVI NA UREĐENJU SLABO NOSIVOG TEMELJNOG TLA

Slabo nosivo temeljno tlo je tlo male nosivosti koje se ne može uobičajenim, jednostavnim metodama urediti kako bi se na njemu mogla izgraditi građevina, već ga treba poboljšati nekom od primjerenih metoda, u ovom slučaju polaganjem geotekstila ili geomreža.

Uređeni završni sloj nasipa, u usjeku uređeno sraslo tlo ili zamijenjeno sraslo tlo određene ravnosti i nagiba, koji svojim fizikalnim i kemijskim svojstvima, odnosno mehaničkim svojstvima zadovoljava tražene uvjete, tako da bez štetnih posljedica može primiti opterećenje građevine, naziva se posteljica. Ukoliko se traženi zahtjevi ne mogu ispuniti, pristupa se izradi uređenja posteljice na način identičan uređenju slabo nosivog temeljnog tla primjenom neke od primjerenih metoda, u ovom slučaju polaganjem geotekstila ili geomreže.

Skupina radova na uređenju slabo nosivog temeljnog tla, odnosno izradi posteljice, obuhvaćena ovom točkom Općih tehničkih uvjeta za radove u vodnom gospodarstvu, obuhvaća isključivo radove na uređenju takvog temeljnog tla geosinteticima, prvenstveno geotekstilom ili geomrežama, odnosno radove na izradi posteljice na način da se geosintetik (geotekstil ili geomreža) koriste u svrhu poboljšanja fizikalno mehaničkih svojstava tla, posteljice ili omogućavanja korištenja materijala lošije kvalitete pri izradi posteljice.

Ovaj rad uključuje pripremu temeljnog tla u skladu s potpoglavljem '2-09 Uređenje temeljnog tla – posteljice', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Rad uključuje dobavu i prijevoz geosintetika, geotekstila, odnosno geomreže na gradilište, njegovo uskladištenje, lokalni prijevoz po gradilištu, polaganje i spajanje, kao i dobavu odgovarajućeg nasipnog materijala, njegovo razastiranje, planiranje i zbijanje. Kontrolna ispitivanja materijala, spojnih sredstava (konca ili posebnih spojnika), gotovih spojeva, kao i nasipnog materijala također su uključena u ovaj rad.

3-01.2 RADOVI NA OJAČANJU NASUTIH GRAĐEVINA

Zahvaljujući svojim velikim vlačnim čvrstoćama i prilagodljivosti deformacijama u armiranim nasipima, geosintetici omogućuju izvedbu strmijih pokosa uz istovremeno povećanje stabilnosti nasutih građevina. Ovo je vrlo značajno uzimajući u obzir činjenicu da je u većini država predložen nagib pokosa nasipa od 1:3, kao onaj koji osigurava sigurna rješenja i uporabu širokog spektra materijala za izvedbu zona nasipa na siguran i jednostavan način.

Međutim, ponekad se zbog raznih okolnosti kao što su ograničen prostor (najčešće radi imovinsko – pravnih razloga, blizine korita, itd.) ili potrebna nadvišenja nasipa radi rekonstrukcije, mora razmatrati i izvedba nasipa sa strmijim pokosima. U takvim slučajevima stabilnost pokosa i nasipa kao cjeline može se osigurati ojačanjem nasipa primjenom geosintetika.

Osim toga, nerijetko je ograničena količina materijala povoljnijih svojstava za izvedbu nasipa, čime i predložen nagib pokosa od 1:3 može rezultirati s nestabilnostima. Nasipi od materijala koji nemaju dovoljnu čvrstoću (npr. vrlo vlažne gline, vrlo plastične gline) ili materijala koje nije moguće sasvim dobro pripremiti u uvjetima izvedbe, zahtijevaju upotrebu geosintetika da bi se osigurala tražena stabilnost.

Za ojačanje/armiranje nasipa koriste se najčešće geomreže, a moguća je i primjena geotekstila, geokompozita i geotraka koji se ugrađuju između slojeva nasipnog tla kako bi preuzeli vlačnu silu i time poboljšali mehanička svojstva tla.

Kada se govori o ojačanju nasutih slojeva nasipa, smatra se da se materijal nasipa armira pomoću geosintetika, uz iskorištavanje vlačne čvrstoće i krutosti geosintetika. Time se povećava nosivost i smanjuju se deformacije nasute armirane građevine. Da bi se navedeno ostvarilo, potreban je prijenos posmične sile na geosintetik, čime se rasterećuje tlo. Ova interakcija geosintetik – tlo se svodi na trenje kod geotekstila i na kombinaciju trenja i zaklinjenja kod geomreža. Za aktiviranje vlačne sile u geosintetiku on mora doživjeti deformaciju.

Skupina radova na ojačanju nasutih građevina, obuhvaćena ovom točkom Općih tehničkih uvjeta za radove u vodnom gospodarstvu, obuhvaća isključivo radove na ojačanju geosinteticima.

Nasipanje slojeva nasipa treba provoditi u skladu sa smjericama danim u potpoglavlju '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, dok se ugradnja geosintetika za ojačanje provodi na visinama u nasipu koje su određene projektom. Osim položaja, projekt ujedno treba propisati i duljinu ugrađenog geosintetika, kao i njegove karakteristike.

Ovaj rad uključuje dobavu i prijevoz geosintetika na gradilište, njegovo uskladištenje, lokalni prijevoz po gradilištu, polaganje i spajanje, kao i dobavu odgovarajućeg nasipnog materijala, njegovo razastiranje, planiranje i zbijanje. Kontrolna ispitivanja materijala, spojnih sredstava (konca ili posebnih spojnica), gotovih spojeva kao i nasipnog materijala, također su uključena u ovaj rad.

3-01.3 RADOVI NA ZAŠTITI POKOSA I DRUGIH POVRŠINA IZLOŽENIH EROZIJI

Pokosi i druge površine izvrnute eroziji na svim područjima gradilišta moraju biti primjereno zaštićene, prema projektu ili prema uputama nadzornog inženjera. Geosintetici prilikom izvođenja radova na zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji mogu predstavljati samostalni zaštitni element ili mogu predstavljati međusloj između tla pokosa i elemenata zaštite, pri čemu ima ulogu sprječavanja iznošenja materijala iz tla.

Skupina radova na zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji opisana u ovoj točki OTU-a obuhvaća isključivo radove na zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji u slučaju kada geosintetik predstavlja samostalni zaštitni element. Obuhvaćeni su radovi na uređenju pokosa i drugih površina izloženih eroziji geosinteticima, a uključuje radove na zaštiti pokosa geopletivom bez ili sa umetnutim sjemenom trave, u manjoj mjeri netkanim geotekstilom ili geomrežama od prirodnih ili kombinacije prirodnih i umjetnih vlakana, kao i polimernim geomrežama.

Rad na zaštiti pokosa (zrnatih tala) geopletivom bez ili sa umetnutim sjemenom trave, kao i netkanim geotekstilom ili geomrežama od prirodnih ili kombinacije prirodnih i umjetnih vlakana obuhvaća čišćenje i uređenje površina, obradu površina koje između ostalog uključuju dodavanje gnojiva i drugih potrebnih sastojaka, vlaženje po potrebi, poravnanje površina i lagano valjanje, sijanje trave ukoliko se koristi geosintetik bez umetnutog sjemena trave, polaganje geosintetika, njegovo učvršćivanje na odgovarajući način, održavanje do potrebnog razvoja trave i prvu košnju na projektom predviđenim površinama.

U projektu kanala mora biti dokazana protuerozijska stabilnost zaštićene i nezaštićene omočene površine kanala.

Rad na zaštiti pokosa (zrnatih tala) i drugih površina izloženih eroziji geomrežom pričvršćenom na podlogu čeličnim klinovima i zasijavanje smjesom travnog sjemena podrazumijeva objedinjeni postupak zatravljivanja kanala sijanjem travnog sjemena i pričvršćivanja geomreže preko površine koja se zatravljuje. Geomreža u ovom obliku zaštite protuerozijski stabilizira pokos i druge površine izložene eroziji u vremenskom razmaku od sjetve travnog sjemena do potpunog razvoja travnatog pokrova. Nakon potpunog razvitka travnatog pokrova ugrađena geomreža armira korijenski sustav trave i time doprinosi protuerozijskoj otpornosti tog pokrova. Takva se zaštita primjenjuje u cilju smanjenja erozijskog djelovanja kiše na pokosima kanala, kao i erozijskih učinaka na omočenoj površini kanala pri kratkotrajnoj tekućoj vodi u kanalu, sve za vrijeme razvoja travnatog pokrova.

Radovi na zaštiti stijenskih pokosa pomoću polimernih mreža obuhvaćaju uređenje pokosa, uklanjanje rastrošenog kamenog materijala i pojedinih blokova kamena koji bi se mogli obrušiti, izradu sidara u stijeni za učvršćivanje mreža, nabavu, transport i montiranje mreža, njihovo međusobno povezivanje te učvršćivanje donjega kraja mreža pomoću betonskih utega ili na drugi pogodan način.

Ostali opći tehnički uvjeti zaštite ravnih i kosih površina vodotoka i nasipa izloženih eroziji, koji nisu obuhvaćeni ovim poglavljem, dani su u poglavlju '4. Zaštita ravnih i kosih površina vodotoka i nasipa' ovih OTU-a.

3-01.4 RADOVI NA ZAŠTITI DNA I POKOSA KANALA

Zaštita dna i pokosa kanala je hidrotehnička mjera kojom se sprječava erozija korita i osigurava njegova stabilnost. Provodi se na različite načine primjerice zasijavanjem travom, oblaganjem busenom, oblaganjem geosinteticima, betoniranjem obloge svježim betonom, oblaganjem betonskim prizmama ili drugim prefabrikatima, oblaganjem kamenom (nasipanjem, slobodno složenim ili u cementnom mortu), zaštitom gabionima, asfaltiranjem te raznim kombinacijama navedenih i drugih načina zaštite. Geosintetik se prilikom zaštite dna i pokosa kanala koristi kao zaštita ili predstavlja međusloj između pokosa i elemenata zaštite, pri čemu sprječava iznošenje čestica tla iz pokosa ili dna kanala.

Skupina radova na zaštiti dna i pokosa kanala obuhvaćena ovom točkom Općih tehničkih uvjeta za radove u vodnom gospodarstvu obuhvaća radove na zaštiti dna i pokosa kanala obrađenim kamenom ili betonskim prizmama s reškama u cementnom mortu ili betonom kod kojih je geotekstil samostalna podloga ili je sastavni dio podloge koja se izrađuje u kombinaciji sa šljunkom ili šljunkom i betonom. Ova skupina radova obuhvaća i radove na izradi zaštita dna i pokosa kanala metalnim ili plastičnim gabionskim madracima ispunjenim lomljenim kamenom, a koji se polažu na podlogu od geotekstila.

Skupina radova na zaštiti dna i pokosa kanala pri kojima se geosintetik koristi kao samostalni zaštitni sloj opisana je u potpoglavlju '3-01.3. Radovi na zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji' ovih OTU-a.

Rad na zaštiti dna i pokosa kanala betonskim prizmama s reškama u cementnom mortu, kao i zaštita dna i pokosa kanala betonskom oblogom na podlozi od geotekstila i šljunka, sastoji se u dobavi i polaganju geotekstila na prethodno strojno uređeno dno i pokose kanala, razastiranju prethodno dobavljenog prirodnog šljunka u sloju debljine 15 cm te izradi obloge od betonskih prizmi debljine 10 cm s reškama u cementnom mortu, odnosno armirane betonske obloge.

Rad na zaštiti dna i pokosa kanala obrađenim kamenom ili betonskim prizmama na podlozi od geotekstila, šljunka i betona te s reškama u cementnom mortu sastoji se u dobavi i polaganju geotekstila na prethodno strojno uređeno dno i pokose kanala, razastiranju prethodno dobavljenog prirodnog šljunka u sloju debljine 10 cm, ugradnji svježeg betona klase C16/20 u sloju debljine 10 cm te izradi obloge od obrađenog lomljenog kamena krupnoće 25 cm ili od betonskih prizmi te zapunjavanju reški između kamena, odnosno betonskih prizmi, cementnim mortom.

Radovi na zaštiti pokosa gabionskim košarama i gabionskim madracima (visine do 30 cm) od lomljenog kamena obuhvaćaju pripremu i uređenje površina dodira prirodnog tla i gabiona na kojoj se povremeno ili stalno pojavljuje voda, polaganja geotekstila u svrhu sprječavanja iznošenja čestica iz tla, izvođenje temeljnog iskopa, dobave metalnih ili plastičnih gabionskih košara u razvijenom obliku plašta (u balama), žice i ostalog potrebnog materijala te od oblikovanja (uveživanja) košara, prijevoza na mjesto ugradnje, polaganja na geotekstil, dobavu i prijevoz materijala za ispunu košara, ugradnju materijala za ispunu, zatvaranje i međusobno učvršćivanje košara čeličnom žicom, nasipavanje materijala u podlozi gabiona te između njih i pokosa i u praznim prostorima, kao i kontrolu ugrađenog materijala.

3-01.5 RADOVI NA OSIGURANJU VODONEPROPUSNOSTI NASUTIH GRAĐEVINA

Geosintetici se koriste za osiguranje vodonepropusnosti nasutih građevina koje, bez dodatnih mjera, ne bi mogle ispuniti funkciju vodoodrživosti. U vodnom gospodarstvu je to najčešće slučaj sa nasipima građenim od propusnih materijala (šljunčanih, pjeskovitih) gdje je izbor samog materijala nasipa najčešće uvjetovan dostupnošću materijala (blizina nalazišta, raspoloživost materijala, itd.). Tradicionalno osiguranje vodonepropusnosti ugradnjom gline podrazumijeva i otežan rad u uvjetima povećane ili nedovoljne vlage gline, u kišnim, a slojevi gline koji se ugrađuju su relativno tanki (do 30-ak cm) pa izvedba dugo traje. Jednako tako, pri rekonstrukciji nasipa glinoviti materijal zahtijeva i kvalitetan kontakt s podlogom (stepeničasto zasijecanje) te izvedbu zona ograničene širine, što zahtijeva manju opremu i usporava rad. Kod nasutih građevina geosintetici mogu zamijeniti debele glinene slojeve ili asfaltne nepropusne slojeve koji se

tradicionalno koriste za osiguranje vodonepropusnosti. Pri tom imaju konstruktivne, ekonomske i ekološke prednosti.

U svrhu osiguranja vodonepropusnosti koriste se glineni geosintetski tepisi (bentonitni tepisi, GCL), nešto rjeđe geomembrane, a vrlo rijetko i geotekstili na koje se nanosi bitumen, gumeni bitumen ili neka druga polimerna mješavina.

Osim navedenih primjena, geosintetici u funkciji nepropusnosti primjenjuju se i u radovima van opsega ovih OTU-a – u prometnicama, zgradarstvu, tunelima, temeljima, odlagalištima otpada (kao temeljni i pokrovni sustav), rezervoarima za razne tekućine, lagunama i kanalima.

Ovi OTU-i pokrivaju rad na polaganju glinenog geosintetskog tepiha i geomembrane.

Radovi na ugradnji GCL-a i geomembrane obuhvaćaju pripremu i uređenje pokosa nasute građevine na koji se polaže geosintetik u skladu s potpoglavljem '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a, gdje uslijed neadekvatno pripremljene površine može doći do oštećenja geosintetika što je naročito izraženo kod geomembrana. Radovi dalje obuhvaćaju izvedbu sidrenih rovova na vrhu i/ili u nožici nasute građevine, dopremu, prijevoz na mjesto ugradnje i polaganje geosintetika sa smjerom polaganja okomito na os nasute građevine, izvedbu preklapanja geosintetika na mjestima prekida, te ugradnju zaštitnog sloja geosintetika. S obzirom na njezinu osjetljivost, na geomembranu se kao zaštitni sloj često postavlja geotekstil.

Kod polaganja GCL-a i geomembrane na pokosu nasipa potrebno je voditi računa o nagibu pokosa zbog malog trenja s tlom, kao i o izvedbi odgovarajućeg sidrenja, što mora biti razrađeno projektom. Primjena hrapavih geomembrana i netkanih geotekstila GCL-a osigurava veće trenje na dodiru s podlogom. Kod GCL-a je dodatno izražen i problem male unutarnje posmične čvrstoće GCL-a, što se može kompenzirati različitim vrstama prošivanja.

Radovi obuhvaćaju sva ispitivanja geosintetika za osiguranje vodonepropusnosti. Za GCL su najvažnija ispitivanja unutrašnje čvrstoće bentonitne ispune, dok su i za GCL i za geomembranu važna ispitivanja čvrstoće kontakta s materijalom nasipa na koji se postavlja geosintetik te čvrstoće kontakta s materijalom zaštitnog sloja koji se polaže na geosintetik.

3-02 MATERIJALI

Geosintetici su planarni polimerni materijali koji se koriste u kombinaciji ili u kontaktu sa zemljanim ili kamenim tлом ili ostalim geotehničkim materijalima za različite svrhe kod gradnje geotehničkih, hidrotehničkih i ostalih inženjerskih građevina. Geosintetici se upotrebljavaju za razdvajanje, filtriranje, dreniranje, ojačanje/armiranje, brtvljenje i zaštitu od erozije.

Većina geosintetika proizvedena je od sintetskih polimera: polipropilena, poliesetra, polietilena i polivinil klorida. Ti polimeri su visoko otporni na biološke i kemijske utjecaje. Rjeđe se koriste poliamidi i staklena vlakna. Prirodna vlakna kao što su kokos, juta i pamuk mogu se također koristiti za proizvodnju geosintetika, međutim oni samo privremeno obavljaju svoju funkciju, dok se ne raspadnu.

Geosintetski se materijali dijele u nekoliko glavnih grupa:

- Geotekstil (GTX) je planaran, propustan, polimerni (sintetički ili prirodni) tekstilni materijal koji može biti netkani, pleteni ili tkani, koji se koristi u dodiru s tлом i/ili drugim materijalima u geotehničkim i ostalim građevinskim zahvatima (HRN EN ISO 10318). Najviše se koriste za razdvajanje, filtriranje i za zaštitu, a često i za dreniranje i nešto rjeđe za ojačanje/armiranje.
- Geomreža (GGR) je planarna, polimerna struktura koja se sastoji od vlačnih elemenata integralno spojenih u mrežu pravilnih otvora koji mogu biti povezani istiskivanjem, vezivom ili ispreplitanjem, čiji su otvori veći od samih komponenti (HRN EN ISO 10318). Prema nosivosti geomreže se mogu podijeliti na mreže nosive u jednom (jednoosne), dva (dvoosne) ili više smjerova:
 - geomreže – za ojačanje - planarni materijali sa pravilno raspoređenim otvorima. Sastoje se od mreže elemenata za natezanje, međusobno povezanih varenjem, spajanjem ili ekstrudiranjem. Veličina otvora je bitno veća od elemenata koji tvore strukturu. Njihova primarna uloga je armiranje.
 - geomreže – drenažne - poseban oblik geomreža koji se sastoji od guste, pravilne mreže elemenata čiji su sastavni dijelovi međusobno povezani čvorovima ili ekstruzijom. Koriste se, prije svega, za razdvajanje i dreniranje.
- Georešetka (GNT) je geosintetik koji se sastoji od paralelnih setova rebara postavljenih površ drugih sličnih setova pod različitim kutovima, s kojim su integralno povezani (HRN EN ISO 10318). Georešetke imaju relativno malu čvrstoću, a primjenjuju se najčešće kod dreniranja tla i kao dio geokompozita (npr. geodren). Ukoliko je potrebno ostvariti funkciju filtriranja mogu se spajati s geotekstilom u geokompozit.
- Geočelija (GCE) je trodimenzionalna, propusna, polimerna (sintetička ili prirodna), sačasta ili slična ćelijska struktura izrađena od međusobno povezanih traka geosintetika (HRN EN ISO 10318). Koriste se za zaštitu od erozije, kada se prostor među plohamo ispunjava tлом te kao nosive strukture koje se mogu polagati i horizontalno i vertikalno. Potrebno je voditi računa o čvrstoći spojeva, naprezanjima kojima su izložene (vlačnim naprezanjima, tlačnim naprezanjima na strukturu u vertikalnom smjeru) i uvjetima izvedbe.
- Geopletivo (GMA) je trodimenzionalna, propusna struktura načinjena od polimernih niti i/ili drugih elemenata (sintetičkih ili prirodnih), koji su mehanički i/ili termički i/ili kemijski i/ili na drugi način spojeni (HRN EN ISO 10318). Koriste se za zaštitu od erozije ili, ukoliko se spoje/oblože geotekstilom, za funkciju dreniranja. Nemaju značajniju ni vlačnu ni tlačnu čvrstoću pa ih je potrebno pričvrstiti na pokos.
- Geomembrana ili polimerna geosintetička barijera (GBR-P) je tvornički sastavljena konstrukcija/struktura od geosintetičkih materijala u planarnom obliku koji djeluje kao barijera (HRN EN ISO 10318). Površinski sloj geomembrane može biti gladak ili hrapav (jednostrano ili dvostrano), što ovisi o potrebama i namjeni geomembrane. Hrapave geomembrane osiguravaju veće trenje na kontaktu i često se koriste u odlagalištima otpada.
- Glinena geosintetička barijera (GCL ili GBR-C) je tvornički sastavljena struktura od geosintetičkih materijala u planarnom obliku koji djeluju kao barijera (HRN EN ISO

10318), koja se na tržištu još naziva i bentonitni tepih. Bentonitni tepih tvornički je proizvedena hidraulička barijera koja se sastoji od mineralne i sintetičke komponente. Mineralna komponenta, odnosno bentonitna glina u prahu ili zrnu, pričvršćuje se lijepljenjem, iglanjem ili prošivanjem između dva sloja geosintetika, najčešće geotekstila. U dodiru s vodom mineralna komponenta bubri i tako povećava volumen bentonitnog tepiha, a budući da je promjena volumena ograničena geotekstilima koji je oblažu s obje strane, smanjuje se porozitet bentonita i time povećava njegova nepropusnost.

- Geokompoziti (GCO) je materijal koji je proizveden kao kompozit uporabom barem jednog geosintetičkog proizvoda među svojim komponentama (HRN EN ISO 10318). Geokompozit se može izrađivati kombinacijom materijala od kojih je barem jedan geotekstilu srodan proizvod ili kombinacijom geotekstila i jednog geotekstilu srodnog proizvoda. Ovisno o materijalima od kojih su proizvedeni mogu se koristiti za funkcije nepropusnosti, dreniranja i zaštite od erozije.

Ovim Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu bit će obuhvaćeni geotekstili, geomreže, geomembrane i glineni geosintetski tepisi kao najzastupljeniji predstavnici geosintetskih materijala koji se koriste pri radovima u vodnom gospodarstvu.

3-02.1 GEOTEKSTILI

Geotekstil je propusni materijal proizveden od sintetičkih vlakana kao što su polipropilen, poliester, poliamid, polietilen i drugi. Može biti proizveden i od prirodnih vlakana (juta, kokos) ili drvene sječke. Ovisno o tehnologiji izvedbe, geotekstil može biti pleteni / iglani, tkani ili netkani. Tkani i pleteni geotekstili se koriste kada je potrebno ostvariti visoku vlačnu čvrstoću, a netkani kada se zahtijeva veća deformacija, učinkovita filtracija te ostvarenje većeg trenja na kontaktu s tlom.

Tkani geotekstili proizvode se isprepletanjem dva ili više skupova niti ili prediva ili drugih elemenata, pri čemu se isti isprepleću pod pravim kutom (HRN EN ISO 10318). Način tkanja ima utjecaj na fizička, mehanička i hidraulička svojstva. Obzirom na uzorak tkanja razlikuju se jednostavni, košarasti, keper i saten vez. Tkani geotekstili se dodatno ojačavaju intenzivnim prošivanjem. Tkani geotekstili su obično vrlo tanki i mogu imati vrlo visoku vlačnu čvrstoću, stoga se, osim u funkciji filtracije i razdvajanja, mogu koristiti u ojačanju tla.

Pleteni geotekstili se proizvode omčanjem jedne ili više niti ili prediva. Karakterizira ih visoka vlačna čvrstoća pri malom produljenju u smjeru vlakana, kao i malo konstruktivno produljenje u smjeru vlakana u odnosu na tkane geotekstile. Primjena pletenih geotekstila u vodnom gospodarstvu je rijetka.

Proizvodnja netkanih geotekstila obuhvaća četiri procesa: pripremu vlakana, formiranje mreže, spajanje i naknadnu obradu. Prethodno pripremljena polimerna vlakna ili niti se usmjeravaju ili su nasumično orijentirana te se potom mehanički, termički ili kemijski vežu (HRN EN ISO 10318). Način spajanja u procesu proizvodnje može značajno utjecati na tehnička svojstva materijala.

Pri gradnji i održavanju građevina u vodnom gospodarstvu najčešće se primjenjuje netkani tekstil - armirani i nearmirani. Netkani geotekstil primijenjuje se pri izradi filtra i kod razdvajanja i pojačanja. Za zaštitu pokosa nasutih objekata i obalnih pokosa umjetnih i prirodnih vodotoka proizvode se i posebne vrste netkanih tekstila s uložnim humusom (hranjivom) i sjemenom trave.

Geotekstil u hidrotehničkim građevinama mora omogućiti protjecanje vode okomito na ravninu geotekstila (filtriranje) i/ili u ravnini geotekstila (dreniranje) sprječavajući na taj način pojavu erozije tla.

Geotekstili s primarnom funkcijom filtriranja primjenjuju se radi ograničavanja ispiranja sitnih čestica kod prolaza vode iz sloja tla fine granulacije u sloj krupnije granulacije. Kao filter, geotekstil zadržava sastavne dijelove tla ili druge čestice, uz istovremeno omogućavanje protoka tekućina okomito na ravninu filtra. Pri tome treba razlikovati mehaničku stabilnost filtra (sposobnost zadržavanja tla) i hidrauličku učinkovitost filtra s ciljem odvodnje vode uz minimalne gubitke tlaka. Geotekstili s funkcijom filtra imaju i dodatnu funkciju razdvajanja dva sloja tla, pri čemu ograničavaju međusobno miješanje dvaju slojeva tla različitih fizikalnih svojstva tla

(granulometrijski sastav, konzistencija, stišljivost). Oni sprječavaju ispiranje finih čestica i njihovo prodiranje u krupnozrnati sloj. U hidrotehničkim građevinama ovaj tip geotekstila primjenjuje se kod zaštite obala i dna vodotoka od erozije, regulacije vodotoka.

Geotekstil s primarnom funkcijom dreniranja primjenjuje se radi odvodnje vode koja pritječe u tlo u ravnini geotekstila, uz što manji gubitak tlaka i znatno sprječavanje ispiranja sitnih čestica iz tla putem odgovarajućih filtara. U hidrotehničkim građevinama ovaj tip geotekstila primjenjuje se kod drenaža, te nasipa i malih, ali i velikih, brana.

Geotekstil s primarnom funkcijom razdvajanja i pojačanja se primjenjuje za pojačanje nosivosti temeljnog tla, slojeva nasipa i posteljice. Primjenjuje se kod izgradnje svih tipova hidrotehničkih građevina.

S obzirom na funkciju u hidrotehničkim građevinama, geotekstil mora zadovoljiti zahtjeve na mjerodavna mehanička i hidraulička svojstva te osigurati postojanost tih svojstava za vrijeme životnog vijeka građevine. Mjerodavna svojstva geotekstila su dana u nastavku.

3-02.1.1 Hidraulička svojstva

Karakteristična veličina otvora geotekstila O_{90}

Kako sitne čestice tla ne bi bile protisnute kroz geotekstil kod statičkog i dinamičkog opterećenja s protokom vode, karakteristična širina otvora geotekstila O_{90} , određena prema HRN EN ISO 12956 mora imati ograničenu vrijednost.

Kod procjene dopuštene karakteristične širine otvora geotekstila treba dodatno uzeti u obzir strukturu i svojstva tla koje treba filtrirati te ih uključiti u procjenu. Pri tome se vrste tla, obzirom na njihove tehničke zahtjeve filtriranja, mogu karakterizirati kao:

- **područje A** – CH, CL, CL-ML, CM, GC, SC, GC-GM, SC-SM
Ova se tla ne smatraju problematičnima. Za osiguranje mehaničke stabilnosti filtra kod statičkog opterećenja filtra i malog gradijenta često su dovoljni geosintetici s vrlo velikim karakterističnim širinama otvora u usporedbi s promjerom zrna tla ($O_{90} > 2 \cdot d_{85}$). Međutim, problemi se mogu javiti ukoliko je tlo zajedno s vodom i pod utjecajem dinamičkog opterećenja sklono razmekšavanju te ukoliko se u području geotekstila javljaju veliki hidraulički gradijenti.
- **područje B** – ML, SM, SP, GM (GW-GM/GP-GM)
Ova su tla najčešće vrlo sklona eroziji i zahtijevaju pažljivu prilagodbu odgovarajućeg geotekstila, budući da nemaju svojstva potrebna za stvaranje vlastitog, prirodnog filtra. Posebno su ugrožena jednoliko graduirana tla. Radi osiguranja mehaničke filterske stabilnosti preporuča se striktno pridržavanje kriterija navedenih u nastavku.
- **područje C** – GW, GP, SW, SP
Obzirom na strukturu njihovog zrna, ova su tla općenito neznatno ugrožena od erozije. Za mehaničku stabilnost filtra kod statičkog opterećenja filtra i malog gradijenta često su dovoljni geosintetici velikih karakterističnih širina otvora ($O_{90} > d_{85}$) u usporedbi s promjerom zrna tla, budući da ova tla mogu stvoriti prirodni filter.

pri čemu je d_{85} promjer zrna u tlu ispod kojeg je 85% mase tla.

Napomena: Navedena tla po pojedinom području su prikazana simbolima jedinstvene klasifikacije tla (USCS). Prema Europskoj (ESCS) klasifikaciji tla, a u skladu s normom HRN EN ISO 14688-2, tlo se prikazuje nešto drugačijim simbolima, kako je dano u poglavlju 12 ovih OTU-a.

Razlikuju se dva područja zahtjeva na minimalno/maksimalno dopuštenu karakterističnu širinu otvora.

Područje zahtjeva 1 (geotekstili velikih karakterističnih otvora pora)

Tlo je sposobno načiniti prirodni filter (iza geotekstila). Protok kod malog gradijenta, s pretežno statičkim opterećenjem filtra. Drenaže s malim protokom, odnosno statičko opterećenje filtra. Prednost ima geotekstil krupnijih pora, ali treba biti oprezan, jer ukoliko je otvor pora prevelik može uzrokovati nedopušteno ispiranje materijala.

$$O_{90} \leq d_{85} \quad \text{mm}$$

$$O_{90} \geq 0,05 \quad \text{mm}$$

Dodatni uvjet za šljunak s udjelom mršave gline (GC):

$$O_w \geq 4 \cdot d_{15} \quad \text{mm}$$

Kod šljunka s udjelom mršave gline velike propusnosti postoji opasnost unutarnjeg transporta mršave gline pa stoga i taloženja mršave gline ispred ili u geotekstilu uz mogućnost začepjenja. Kod odabrane prevelike karakteristične širine otvora postoji opasnost od ispiranja materijala, a time i ispiranja tla.

Područje zahtjeva 2 (geotekstili malih karakterističnih otvora pora)

Tlo nije sposobno načiniti prirodni filter (iza geotekstila). Ako je potrebno u znatnoj mjeri spriječiti ispiranje tla, karakterističnu širinu otvora potrebno je prilagoditi granulometrijskoj krivulji tla i njegovoj koherentnosti.

Tlo nije filterski stabilno pa je upitna izvedba prirodnog filtra. Protok kod velikog gradijenta sa statičkim ili dinamičkim opterećenjem filtra.

Tlo sitne granulacije $d_{50} \leq 0.06 \text{ mm}$:

$$O_{90} \leq d_{85} \quad \text{mm}$$

$$O_{90} \geq 0,05 \quad \text{mm}$$

Tlo krupnije granulacije $d_{50} > 0.06 \text{ mm}$:

$$\text{Uvjet 1: } O_{90} \leq d_{85} \quad \text{mm}$$

$$\text{Uvjet 2: } O_{90} \leq 5 \cdot d_{10} \cdot C_u^{1/2} \quad \text{mm}$$

gdje je $C_u = d_{60}/d_{10}$, pri čemu je mjerodavna manja vrijednost iz uvjeta 1 i 2.

$$O_{90} \geq 0,05 \quad \text{mm}$$

Dodatni uvjet za šljunak s udjelom mršave gline (GC):

$$O_{90} \geq 4 \cdot d_{15} \quad \text{mm}$$

Kod vrlo koherentnog, homogenog tla nije obvezna primjena zadanih kriterija za filtre, budući da kohezija sprječava ispiranje zrna. Osim toga, propusnost takvog tla je vrlo mala, a brzina strujanja zanemariva.

Navedene formule vrijede za tla s kontinuiranom granulometrijskom krivuljom. Ukoliko je granulometrijska krivulja tla diskontinuirana, potrebna je prilagodba mjerodavnog promjera d_{10} (promjer zrna u tlu ispod kojeg je 10% mase tla). Tada je 10%-tnu liniju potrebno presjeći kod d_{20} i iz te točke postaviti tangentu na krivulju te tako dobivenu zamjensku vrijednost staviti u formulu za izračunavanje karakteristične veličine otvora geotekstila.

Kod vrlo diskontinuirane granulometrijske krivulje (stepeničasto stupnjevana granulacijska krivulja koja ukazuje na nedostatak zrna određene veličine), treba provjeriti pojavu površinskog ispiranja tla te eventualno primijeniti posebne kriterije za filtre.

Za geotekstile s primarnom funkcijom dreniranja vrijedi područje zahtjeva 2.

Propusnost okomito na ravninu geotekstila k_G

Kako u području geotekstila ne bi došlo do zastoja vode, minimalno je potrebno osigurati dovoljnu vrijednost vodopropusnosti okomito na ravninu geotekstila. Vrijednost $q_{n50/\sigma}$ minimalni je protok, a k_G je minimalan koeficijent vodopropusnosti kod efektivnog opterećenja (obično 20 kPa i 200 kPa) određena prema HRN EN ISO 10776.

Zahtjevi koji se postavljaju na protok $q_{n50/\sigma}$, odnosno na koeficijent vodopropusnosti k_G su pri opterećenju okomitom na geotekstil od $\sigma = 20 \text{ kPa}$, odnosno $\sigma = 200 \text{ kPa}$, sljedeći:

$$k_G (\text{geotekstila}) \geq (10 - 100) \cdot k (\text{tlo}) \quad \text{m/s}$$

$$q_{n50/\sigma} \geq (10 - 100) \cdot k (\text{tlo}) \quad \text{m/s}$$

Donja vrijednost 10 se može uzeti kod relativno malog protoka, kao i kod čisto statičkog opterećenja filtra. Načelno treba težiti gornjoj vrijednosti 100. To prije svega vrijedi za tla sa znatnim udjelom sitnih čestica u frakcijama prašinate gline i pijeska.

Transmisivnost – protok u ravnini geosintetika

Ako se koriste u funkciji dreniranja, moraju zadovoljiti i zahtjev na transmisivnost – protok u ravnini geosintetika, $q_{s,g}$.

Geotekstili kao više ili manje dvodimenzionalni proizvodi bez veće propusnosti u ravnini ne dolaze u obzir za funkciju dreniranja. Prikladni su, prije svega, višeslojni geokompozitni materijali (propusna trodimenzionalna jezgra s vanjskim filtarskim geotekstilom) kao i određeni posebni oblici geosintetika konstruirani specijalno za ovu namjenu.

Transmisivnost je mjera za sposobnost odvodnje vode u ravnini geotekstila. Propusnost u ravnini se mora osigurati za određeno vanjsko opterećenje geotekstila. Vrijednost transmisivnosti, $q_{s,g}$ se određuje prema HRN EN ISO 12958 uz održavanje konstantnog hidrauličkog gradijenta (g) jednakog 1 i normalno naprezanje (σ) od 20 kPa i 200 kPa.

Zahtjev na transmisivnost $q_{s,g}$:

$q_{s,g}$ geosintetika $\geq f \cdot Q / b \cdot i$	l/ms
b - širina trake geosintetskog materijala	m
i - hidraulički gradijent ($\Delta h / \Delta l$)	-
Q - dotok vode po širini b drenažnog materijala	l/s
f - faktor sigurnosti, najčešće $f \geq 5.0$	-
f = 2,0 za geokompozit	
f = 5,0 za jednoslojne drenažne geosintetike	

Dobro poznavanje svih utjecajnih čimbenika omogućuje primjenu nižeg koeficijenta sigurnosti za odnos između transmisivnosti geotekstila i dotoka vode.

3-02.1.2 Mehanička svojstva

Vlačna čvrstoća i otpornost na probijanje

Tijekom ugradnje geotekstila može doći do pojave oštećenja uslijed naprezanja. Otpornost geotekstila na ovakva oštećenja dokazuje ispitivanjem postupkom simulacije oštećenja za vrijeme ugradnje HRN EN ISO 10722. Mogućnost pojave oštećenja prilikom ugradnje smanjuje se odabirom geotekstila većih izduženja koji imaju ograničenu funkciju ojačanja. Osim otpornosti geotekstila na oštećenja, prilikom ugradnje potrebno je ispitati vlačna svojstva geotekstila prema HRN EN ISO 10319, otpornost na statičko probijanje (CBR test) prema HRN EN ISO 12236 i otpornost na dinamičko probijanje ("cone drop test") prema HRN EN ISO 13433.

Mjerodavni zahtjevi za geotekstile velikih izduženja ($\epsilon_{Fmax} > 30\%$) ovise o namjeni geotekstila, a odnose se na:

- najmanje izduženje pri najvećoj vlačnoj sili (MD/CMD) $\epsilon_{Fmax} = 30\%$
- najmanju vlačnu čvrstoću (MD/CMD) F_{max} [kN/m]
- najmanju otpornost na statičko probijanje F_{CBR} [N]
- najveću otpornost na dinamičko probijanje O_d [mm]

Interakcija tlo - geotekstil

Polaganjem geotekstila na tlo pod nagibom (pokosi), potrebno je ispitati parametre posmične čvrstoće na kontaktu tlo – geotekstil, i to u slučaju kada se na geotekstil ugrađuje sloj tla ili neki drugi građevinski element (primjerice kamen) koji će generirati posmična naprezanja na kontaktu s geotekstilom.

Svojstva kontaktne posmične čvrstoće se ne mogu propisati OTU-ima jer ovise o okolini, uvjetima opterećenja, vrsti geotekstila i vrsti tla, pa se tehničkim uvjetima u projektu moraju propisati

minimalne vrijednosti parametara čvrstoće potrebne za stabilnost zahvata, a ono se mora dokazati ispitivanjem koje propisuje projektant.

Općenito, trenje na kontaktu geotekstila i tla se ne može pouzdano procijeniti. Mogu se koristiti vrijednosti dane u literaturi, ali one su u širokom rasponu. Stoga, ako je trenje na kontaktu važno za projektno rješenje, potrebno je to trenje ispitati sukladno normi HRN EN ISO 12957.

U slučaju ispitivanja dvostranog izvlačenja geotekstila kao elementa ojačanja tla provodi se određivanje otpornosti na izvlačenje prema normi HRN EN 13738.

3-02.1.3 Postojanost

Kako bi se dokazala postojanost geotekstila provode se ispitivanja:

- biološke otpornosti
- otpornosti na vremenske utjecaje (UV-zračenje)
- kemijske otpornosti prema lužnatom i kiselom okruženju.

Geotekstil od uobičajenih sintetskih sirovina u pravilu je biološki otporan i neće biti oštećen ili uništen djelovanjem mikroorganizama. Ako je potrebno, mikrobiološka otpornost ispituje se prema HRN EN 12225 postupkom zakapanja u tlo.

Otpornost na vremenske utjecaje ispituje se prema HRN EN 12224, a ispitivanje je potrebno provesti ukoliko se pretpostavlja da će materijal nekoliko tjedana biti izložen izravnim vremenskim utjecajima.

U slučaju kada se pH vrijednost okoline kreće između 4 i 9, radi se o nekontaminiranoj okolini u kojoj nema kemikalija koje su štetne za postojanost geotekstila. Otpornost geotekstila je potrebno provjeriti na kemijske utjecaje prema HRN EN ISO 12960, kada se geotekstil polaže u kiselom ($\text{pH} < 4$) ili lužnatom ($\text{pH} > 9$) tlu. Kod primjene geotekstila u tlu koje je stabilizirano hidrauličkim vezivima ili kada se geotekstil nalazi u kontaktu sa svježim betonom, gdje se očekuju pH vrijednosti od 11 do 12, smiju se primijenjivati samo proizvodi koji su u potpunosti otporni na alkalije.

Tablica 3-02.1.3-1 *Maksimalno dopušteno smanjenje vlačne čvrstoće geotekstila*

Trajnost funkcije geotekstila	Privremeno (≤ 2 godine)	Stalno (> 2 godine)
Otpornost na vremenske utjecaje	maks. 25 %	maks. 5 %
Biološka otpornost	maks. 25 %	maks. 5 %
<i>Kemijska otpornost u:</i>		
kiselom okruženju $\text{pH} < 4$	maks. 25 %	maks. 5 %
normalnom tlu i vodi $4 < \text{pH} < 9$	maks. 25 %	maks. 25 %
lužnatom okruženju $\text{pH} > 9$	maks. 25 %	maks. 5 %

Zahtjev postojanosti je određen maksimalno dopuštenim smanjenjem vlačne čvrstoće geotekstila ovisno o trajanju funkcije geotekstila. Za geotekstile s osnovnom funkcijom odvajanja, filtriranja i dreniranja kod upotrebe u prirodnom tlu i podzemnim vodama granične vrijednosti za dopušteno smanjenje čvrstoće su dane u tablici 3-02.1.3-1.

3-02.2 GEOMREŽE

Geomreže su geosintetici otvorene građe kod kojih su otvori znatno veći od niti, odnosno učvršćenja. Proizvode se od polimernih vlakana kao što su polietilen (PE), polipropilen (PP), poliester (PET) polivinilalkohol (PVA), polietilen visoke gustoće (HDPE), aramid (AR) i drugi. Ovisno o tehnologiji izvedbe razlikujemo tkane, varene, ekstrudirane i monolitne geomreže (proizvedene bušenjem i rastezanjem polipropilenske plahte pri visokim temperaturama).

Prema nosivosti, geomreže se dijele na mreže nosive u jednom, dva ili više smjerova.

Geomreže nosive u jednom smjeru (jednoosne geomreže) imaju izraženu veću čvrstoću u smjeru duljine role te se najviše koriste za izvedbu potpornih zidova od armiranog tla, nosivih platformi i armiranog tla na pokosima nasipa. Geomreže nosive u dva smjera (dvoosne geomreže) imaju veliku čvrstoću u dva smjera i koriste se kod točkastog / lokalnog djelovanja opterećenja (npr.

opterećenje od kotača vozila u prometnicama). Troosne geomreže imaju izražene radijalne smjerove nosivosti i koriste se, kao i dvoosne geomreže, kod točkastog djelovanja opterećenja.

Pri uređenju slabo nosivog temeljnog tla primjenjuju se geomreže koje preuzimaju vlačne sile u dva međusobno okomita smjera. Za osiguranje stabilnosti nasutih građevina mogu se primijeniti i geomreže nosive u jednom smjeru. Za ekstremne uvjete u tlu, kada se očekuju radijalna naprezanja u više smjerova, moguće je koristiti geomreže nosive u minimalno tri smjera u ravnini.

U vodnom gospodarstvu se geomreže manjih otvora koriste za stabilizaciju slabo nosivog temeljnog tla nasutih objekata te za pridržavanje humusa u izvedbi travnate zaštite pokosa, dok se geomreže većih otvora koriste za izradu gabiona i temeljnih madraca.

Geomreže imaju primarnu funkciju armiranja te sporednu funkciju mehaničkog odvajanja materijala. Kod funkcije armiranja geomreže preuzimaju vlačne sile i trenjem ih prenose u tlo uz ograničenu deformaciju.

Tijekom životnog vijeka armirane građevine geomreža mora zadovoljiti uvjete postavljene na mjerodavna mehanička svojstva i postojanost. Mjerodavna svojstva geomreža su navedena u nastavku.

3-02.2.1 Mehanička svojstva

Vlačna čvrstoća

Vlačna čvrstoća geomreže u poprečnom i uzdužnom smjeru određena prema HRN EN ISO 10319 služi kao kontrolna vrijednost za ocjenu kvalitete. Minimalna vlačna čvrstoća polimernih geomreža, neovisno o zahtjevima koji se postavljaju na geomrežu ovisno o specifičnoj primjeni, treba biti 20 kN/m.

Tablica 3-02.2.1-1 Skupine geomreža za armiranje uz uobičajeni raspon F_{max} i ϵ_{Fmax}

Tip geomreže		Sirovina	Uobičajeni raspon F_{max} [kN/m]	Uobičajeni raspon ϵ_{Fmax} [%]
ekstrudirane	jednoosne	PP	20-50	10-20
	dvoosne	HDPE	20-200	10-15
varene		PET	20-600	5-10
		PP	20-400	8-15
Tkane, širina otvora > 5 mm, sa zaštitnim slojem od polivinila (PVC)		PET	30-600	10-20
		PVA	30-600	5-10
		AR	20-600	3-5

Osjetljivost na oštećenja kod ugradnje, osim o vlačnoj čvrstoći ovisi i o radnoj sposobnosti geomreže koju karakterizira umnožak vlačne sile i izduženja uslijed maksimalne vlačne sile. Izduženje pri maksimalnoj vlačnoj sili ispituje se prema HRN EN ISO 10319. S obzirom da je geomreža u tlu trajno izložena opterećenju, potrebno je provjeriti i čvrstoću pri dugotrajnom opterećenju.

U tablici 3-02.2.1-1 prikazana je podjela geomreža prema korištenoj glavnoj sirovini uz uobičajeni raspon vlačne čvrstoće, F_{max} i istezanja pri maksimalnoj vlačnoj sili, ϵ_{Fmax} . Za specijalne primjene mogu se proizvoditi i geomreže znatno veće vlačne čvrstoće.

Puzanje

Puzanje opisuje ponašanje geomreža, tj. promjenu izduženja pri djelovanju konstantne sile kroz duži vremenski period.

Geomreže, čije su sastavne sirovine polietilen (PE) i polipropilen (PP), nemaju sposobnost zadržavanja mehaničkih svojstava kroz duži vremenski period (106 sati). Pri iskorištenju sile od oko 30–35% dolazi do pojave plastičnog tečenja materijala pa se pri proračunu armature za nasipe ovaj tip geomreža uzima s koeficijentom sigurnosti na puzanje od 3,5 do 4,5.

Kod ostalih tipova geomreža (PET, PVA, AR) do plastičnog tečenja uslijed vlačnog naprezanja dolazi pri iskorištenju oko 70 % mehaničkih svojstava materijala. Kod armiranja tla se stoga preporuča upotreba ovog tipa geomreža s time da se koeficijent sigurnosti za puzanje materijala uzima između 1,2 i 2,5.

Interakcija geomreža – tlo

Odnos između geomreža i tla koje se armira definiran je trenjem koje ima glavnu ulogu pri prijenosu vlačne sile s tla na geomrežu i obratno. Ispitivanje interakcije geomreža-tlo provodi se za dva slučaja: jednostrano klizanje i dvostrano izvlačenje.

Određivanje otpornosti u slučaju jednostranog klizanja provodi se prema HRN EN ISO 12957, ispitivanjem izravnim posmikom, dok se u slučaju dvostranog izvlačenja provodi određivanje otpornosti na izvlačenje iz tla prema HRN EN 13738.

Na osnovi rezultata ispitivanja određuje se koeficijent interakcije α_i prema kojem se određuje minimalna duljina sidrenja. Vrijednost koeficijenta interakcije ovisi o granulometrijskom sastavu i koheziji tla, prisutnosti vode te širini otvora i površinskoj strukturi geomreže.

3-02.2.2 Postojanost

Kratkotrajna i dugotrajna čvrstoća geomreža se može umanjiti zbog djelovanja UV zračenja, oštećenja prilikom ugradnje, puzanja, kemijskih, bioloških i drugih utjecaja, što se uzima u obzir u proračunu. Postojanost geomreža, tj. njihova otpornost na utjecaj okoline, dokazuje se ispitivanjem:

- biološke otpornosti
- otpornosti na vremenske utjecaje
- kemijske otpornosti.

Geomreže od uobičajenih polimernih sirovina u pravilu su biološki otporne. Mikrobiološka otpornost geomreža ispituje se prema HRN EN 12225.

Otpornost na klimatske utjecaje se dokazuje prema HRN EN 12224. Otpornost je potrebno ispitati ako je geomreža izložena izravnim vremenskim utjecajima dulje od dva tjedna. Dva tjedna je razdoblje tijekom kojeg u europskim klimatskim uvjetima ne dolazi do smanjenja vlačne čvrstoće pri izravnom izlaganju geomreža vremenskim utjecajima.

U normalnim uvjetima okoline, kada tlo nije kontaminirano, a pH vrijednost vode je između 4 i 9, geomreže u pravilu dugotrajno zadržavaju svoja svojstva.

Zahtjevi postojanosti geomreže određeni su maksimalno dopuštenim smanjenjem vrijednosti vlačne čvrstoće koji su definirani graničnim uvjetima danim u tablici 3-02.2.2-1.

Tablica 3-02.2.2-1 Maksimalno dopušteno smanjenje vlačne čvrstoće geomreža

Trajnost funkcije geotekstila	Granični uvjet
Otpornost na vremenske utjecaje	maks. 5 %
Biološka otpornost	maks. 5 %
<i>Kemijska otpornost u:</i>	
kiselom okruženju pH < 4	dodatni dokazi
normalnom tlu i vodi 4 < pH < 9	maks. 5 %
lužnatom okruženju pH > 9	dodatni dokazi

3-02.3 GLINENI GEOSINTETSKI TEPIH

Glineni geosintetski tepih (GCL) je geosintetski kompozit sastavljen od prerađene gline i geotekstila. Kao glina se najčešće koristi bentonit glina koja ima veliki potencijal upijanja vode i potencijal bubrenja, čime osigurava vodonepropusnost GCL-a. Pri tome su ključna svojstva količine bentonita po jedinici površine (više bentonita po jedinici površine - manja propusnost sustava) i jednolikost ispune. Osnovni mineral gline u bentonitu je montmorilonit koji sadrži većinom katione natrija ili kalcija, pri čemu se češće koristi montmorilonit s kationima natrija jer pogoduje većem potencijalu bubrenja i manjoj vodopropusnosti. Osim toga, svojstva bentonita se

moгу poboljšati dodavanjem kemikalija. Bentonit se obično dostavlja proizvođačima kao suhi prah ili u granulama.

Pri tome je povezivanje s geotekstilom moguće lijepljenjem, prošivanjem, iglanjem ili kombinacijom navedenih postupaka.

Osim geotekstila, može se koristiti geomembrana, međutim ovakav proizvod se znatno rjeđe koristi u praksi. U kompozitu s geomembranom, bentonitni prah se lijepi na geomembranu.

S obzirom na funkciju u hidrotehničkim građevinama GCL mora zadovoljiti zahtjeve na mjerodavna mehanička i hidraulička svojstva te osigurati postojanost tih svojstava za vrijeme životnog vijeka građevine. Mjerodavna svojstva GCL-a za primjenu u vodnom gospodarstvu su obuhvaćena normama HRN EN 13361 (Geosintetičke barijere - Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji akumulacijskih jezera i brana) i HRN EN 13362 (Geosintetičke barijere - Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji kanala), te će se detaljnije dati u nastavku.

3-02.3.1 Hidraulička svojstva

S obzirom na osnovnu ulogu GCL-a, najvažnije hidrauličko svojstvo je njegova vodopropusnost.

Kada voda dođe u dodir s bentonitnim prahom on ju upija i bubri, ali zbog nemogućnosti širenja izvan dva geotekstila popunjavaju se pore među česticama te se stvara vrlo nepropustan gel.

Osnovni mineral gline u bentonitu je montmorilonit koji sadrži većinom katione natrija (najbolje pogoduje većem potencijalu bubrenja i manjoj vodopropusnosti) ili kalcija.

Koeficijent propusnosti proizvoda glinene geosintetičke barijere kreće se od 10^{-10} do 10^{-12} m/s za glinenu geosintetičku barijeru s natrijevim bentonitom, dok je kod proizvoda s kalcijevim bentonitom propusnost veća.

Koeficijent vodopropusnosti se određuje u skladu s HRN EN 16416.

Norma HRN EN 14150 za određivanje vodopropusnosti nije primjerena za geosintetske glinene tepihe, već za polimerne geomembrane.

Osim toga, potrebno je i određivanje vodoupojnosti za bentonit u skladu s HRN EN ISO 10769. Vodoupojnost ovisi o specifičnoj površini sitnih čestica i o površinskoj aktivnosti bentonita. Vodoupojnost se određuje kao:

$$w_A = \frac{m_{wg}}{m_d}$$

gdje je m_{wg} granična vrijednost apsorbirane vode, apsorbirane za vrijeme trajanja ispitivanja, a m_d je suha masa uzorka bentonita.

3-02.3.2 Mehanička svojstva

Vlačna čvrstoća i otpornost na probijanje geotekstila GCL-a

Geotekstili ovom kompozitu daju čvrstoću i određuje njegova mehanička svojstva te je stoga mjerodavna norma za ispitivanje vlačne čvrstoće i izduženja pri vlačnoj čvrstoći ispitivanja HRN EN ISO 10319, sve u skladu s potpoglavljem 3.02.1-2. GCL zahtijeva primjenu netkanog geotekstila s barem jedne strane kompozita.

Otpornost na proboj GCL-a se određuje sukladno normi HRN EN ISO 12236, i to najmanja otpornost na statičko probijanje F_{CBR} [N] i najveća otpornost na dinamičko probijanje O_d [mm].

Određivanje čvrstoće prsnuća i izduženja u svemu prema HRN EN 14151.

Tijekom ugradnje GCL-a može doći do pojave oštećenja geotekstila uslijed naprezanja. Otpornost geotekstila na ovakva oštećenja dokazuje ispitivanjem postupkom simulacije oštećenja za vrijeme ugradnje HRN EN ISO 10722. Mogućnost pojave oštećenja prilikom ugradnje smanjuje se odabirom GCL-a s geotekstilom većih izduženja koji imaju ograničenu funkciju ojačanja.

Vlačna čvrstoća i otpornost na probijanje geotekstila GCL-a se dokazuje u svemu prema odredbama potpoglavlja '3-02.1.2. Mehanička svojstva'.

Posmična čvrstoća GCL-a

Najvažnije mehaničko svojstvo GCL-a kojim se osigurava stabilnost je njegova posmična čvrstoća, i to unutarnja i vanjska. Zbog manje unutrašnje čvrstoće i zbog malog trenja sa okolnim materijalima GCL često predstavlja kritično mjesto (kritičnu plohu) za stabilnost nasipa.

GCL u pravilu ima malu unutarnju posmičnu čvrstoću. Unutarnja čvrstoća (posmična čvrstoća hidratiziranog bentonita) se može povećati prošivanjem kompozita i povezivanjem dva geotekstila koncima. Unutarnja posmična čvrstoća se može ispitati primjenom norme ASTM D6243. Okvirno, unutarnji kut trenja bentonita između dva geotekstila, pri čemu je bentonit pričvršćen ljepljivom topivim u vodi, iznosi tek oko 8°. S druge strane, unutarnji kut trenja bentonita između dva geotekstila, povezanog unakrsnim prošivanjem s otpornošću na guljenje od 8N/10 cm, iznosi oko 18°.

Ugradnjom GCL-a na tlo pod nagibom (pokosi), potrebno je ispitati parametre posmične čvrstoće na kontaktu tlo – geotekstil GCL-a. Vanjska posmična čvrstoća (posmična čvrstoća na kontaktu s okolnim materijalima) je uvjetovana vrstom geotekstila GCL-a te vrstom materijala u kontaktu s geotekstilom.

Svojstva kontaktne posmične čvrstoće se ne mogu propisati OTU-ima jer ovise o okolini, uvjetima opterećenja, vrsti geotekstila i vrsti tla, pa se tehničkim uvjetima u projektu moraju propisati minimalne vrijednosti parametara čvrstoće potrebne za stabilnost zahvata, a ono se mora dokazati ispitivanjem koje propisuje projektant.

Općenito, trenje na kontaktu geotekstila i tla se ne može pouzdano procijeniti. Ako je trenje na kontaktu važno za projektno rješenje, potrebno je to trenje ispitati sukladno normi HRN EN ISO 12957-1 (trenje u izravnom posmiku) i HRN EN ISO 12957-2 (trenje na nagnutoj ravnini).

Kako je GCL geokompozit građen od više komponenti, nužno je provjeriti i čvrstoću spojeva u pokusu guljenja sukladno normi HRN EN ISO 13426-2 (čvrstoća unutarnjih strukturnih spojeva – geokompoziti).

3-02.3.3 Postojanost

Postojanost geokompozita GCL-a se dokazuje u svemu prema odredbama potpoglavlja '3-02.1.3 Postojanost', uključivo:

GCL relativno dobro trpi cikluse vlaženja i sušenja te smrzavanja i topljenja uz neznatno slabljenje propusnosti.

Postojanost GCL-a kao kompozita geotekstila i bentonitne jezgre se treba dokazati za sljedeće navedeno:

Postojanost GCL-a na cikluse vlaženja - sušenja

Postojanost GCL-a na cikluse vlaženja – sušenja se ispituje prema HRS CEN/TS 14417. Pri tome se, nakon podvrgavanja uzorka ciklusima vlaženja i sušenja, određuje koeficijent vlaženja – sušenja:

$$R = 100 \cdot \left(\frac{q_{\text{ispitivanje}}}{q_{\text{referentno}}} \right)$$

gdje je

$q_{\text{ispitivanje}}$ vrijednost jediničnog protoka ($\text{u m}^3/\text{m}^2/\text{dan}$) ispitnog uzorka nakon 'n' ciklusa vlaženja – sušenja

$q_{\text{referentno}}$ vrijednost jediničnog protoka ($\text{u m}^3/\text{m}^2/\text{dan}$) referentnog uzorka

Postojanost GCL-a na cikluse smrzavanja - odmrzavanja

Postojanost GCL-a na cikluse smrzavanja - odmrzavanja se ispituje prema HRS CEN/TS 14418. Pri tome se, nakon podvrgavanja uzorka ciklusima smrzavanja i odmrzavanja, određuje koeficijent smrzavanja - odmrzavanja:

$$R = 100 \cdot \left(\frac{q_{\text{ispitivanje}}}{q_{\text{referentno}}} \right)$$

gdje je

$q_{\text{ispitivanje}}$ vrijednost jed. protoka (u $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dan}$) ispitnog uzorka nakon 'n' ciklusa smrzavanja - odmrzavanja

$q_{\text{ispitivanje}}$ vrijednost jediničnog protoka (u $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dan}$) referentnog uzorka

Indeks bubrenja bentonita

Indeks slobodnog bubrenja bentonita se ispituje prema normi ASTM D5890.

Indeks gubitka fluida

Indeks gubitka fluida se ispituje prema normi ASTM D5891.

Pojava pukotina uslijed naprezanja zbog uvjeta okoline

Pojava pukotina GCL-a nastalih uslijed naprezanja zbog uvjeta okoline se određuje sukladno normi HRN EN 14576.

Kemijska otpornost

Iako je ovo svojstvo većinom relevantno kod primjene GCL-a u odlagalištima otpada, ako je potrebno, ispitivanje kemijske otpornosti se vrši sukladno normi HRN EN 14414.

Otpornost prema izluživanju

Otpornost prema izluživanju GCL-a se određuje sukladno normi HRN EN 14415.

Otpornost na vremenske utjecaje

Otpornost na vremenske utjecaje ispituje se prema HRN EN 12224, a ispitivanje je potrebno provesti ukoliko se pretpostavlja da će materijal nekoliko tjedana biti izložen izravnim vremenskim utjecajima.

Mikroorganizmi

GCL od uobičajenih sintetskih sirovina u pravilu je biološki otporan i neće biti oštećen ili uništen djelovanjem mikroorganizama. Ako je potrebno, mikrobiološka otpornost ispituje se prema HRN EN 12225 postupkom zakapanja u tlo.

Oksidacija

Otpornost na oksidaciju geotekstila (i prošivenih spojeva) GCL-a se određuje sukladno normi HRN EN ISO 13438.

Prodiranje korijenja

Eventualno, ovisno o projektnim zahtjevima, GCL je potrebno ispitati i prema otpornosti na prodiranje korijenja i to prema normi HRS CEN/TS 14416.

3-02.4 GEOMEMBRANE

Svojstva geomembrane uvelike ovise o materijalu od kojeg se proizvodi, a koji je smjesa polimera i dodataka kao što su plastifikatori, antioksidansi, punila, itd. Geomembrane se proizvode kao folije različite debljine (od 0,5 mm do 3,0 mm, ispitivanjem prema normi HRN EN ISO 9863-1) postupkom izvlačenja, valjanja ili slojevitog nanošenja. Najčešće se proizvode postupkom izvlačenja geomembrane od polietilena visoke gustoće (HDPE), polietilena niske gustoće (LLPDE) i elastičnog polipropilena (PP).

Geomembrane mogu biti glatke ili hrapave, gdje su potonje pogodnije s aspekta ostvarenja veće čvrstoće kontakta, a time i stabilnosti građevine. Za postizanje hrapavosti geomembrana razvijene su četiri metode, i to metoda posebnog izvlačenja, špricanja, uslojavanja i utiskivanja.

S obzirom na funkciju u hidrotehničkim građevinama, geomembrana mora zadovoljiti zahtjeve na mjerodavna mehanička, hidraulička i termalna svojstva te osigurati postojanost tih svojstava za vrijeme životnog vijeka građevine. Mjerodavna svojstva geomembrane za primjenu u vodnom

gospodarstvu su obuhvaćena normama HRN EN 13361 (Geosintetičke barijere - Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji akumulacijskih jezera i brana) i HRN EN 13362 (Geosintetičke barijere - Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji kanala), te će se detaljnije dati u nastavku.

3-02.4.1 Hidraulička svojstva

S obzirom na osnovnu ulogu geomembrane, najvažnije hidrauličko svojstvo je njezina vodopropusnost.

Koeficijent propusnosti proizvoda geomembrane kreće se od 10^{-10} do 10^{-14} m/s, a određivanje vodopropusnosti se vrši u skladu s normom HRN EN 14150.

Ostala hidraulička svojstva, navedena za GCL-u, nisu relevantna za polimerne geomembrane.

3-02.4.2 Mehanička svojstva

Vlačna čvrstoća i izduženje pri vlačnoj čvrstoći

Vlačna čvrstoća i izduženje pri vlačnoj čvrstoći za geomembrane se određuje prema danom u tablici 3-02.4.2-1.

Tablica 3-02.3.2-1 Norme i postupci za određivanje vlačne čvrstoće i izduženja polimernih geomembrana, ovisno o tipu korištenog polimera

	Vlačna čvrstoća geomembrane	Izduženje geomembrane
PEHD	HRN EN ISO 527-3, uzorak tip 5	HRN EN ISO 527-3, uzorak tip 5
PE-LLD	HRN EN ISO 527-3, uzorak tip 5	HRN EN ISO 527-3, uzorak tip 5
FPO, PVC-P homogena	HRN EN ISO 527-3, uzorak tip 5 (referentna ispitna metoda), ekvivalentno HRN EN 12311-2 metoda B	HRN EN ISO 527-3, uzorak tip 5 (referentna ispitna metoda), ekvivalentno HRN EN 12311-2 metoda B
FPO, PVC-P višekomponentna	HRN EN 12311-2 metoda A, ekvivalentno HRN EN ISO 527-4, uzorak tip 2; širina: 50 mm	HRN EN 12311-2 metoda A, ekvivalentno HRN EN ISO 527-4, uzorak tip 2; širina: 50 mm
EPDM homogena	HRN EN 12311-2 metoda B	HRN EN 12311-2 metoda B
EPDM višekomponentna	HRN EN 12311-2 metoda A	HRN EN 12311-2 metoda A

Pri tome je:

PEHD: polietilen visoke gustoće

PE-LLD: linearni polietilen niske gustoće

FPO, PVC-P: fleksibilni poliolefin, fleksibilni polivinilklorid

EPDM: etilen-propilen-dien monomer

Otpornost na proboj geomembrane se određuje sukladno normi HRN EN ISO 12236, i to najmanja otpornost na statičko probijanje F_{CBR} [N], a prema istoj normi se određuje i pomak pri statičkom probijanju [mm].

Određivanje čvrstoće prsnuća i izduženja u svemu prema HRN EN 14151 i to u slučajevima kada se očekuje višeoosna deformacija nastala kao rezultat slijeganja u projektnim ili slučajnim situacijama.

Određivanje čvrstoće na paranje prema ASTM D1004, i to u slučajevima kada se geomembrana postavlja na nagnutu površinu ili kada je izložena mehaničkim naprezanjima.

Potrebno je ispitati i ponašanje zavarenog spoja pri pokusu posmikom sukladno normi HRN EN 12317, kao i otpornost spoja na razdvajanje sukladno HRN EN 12316.

Posmična čvrstoća geomembrane

Najvažnije mehaničko svojstvo geomembrane kojim se osigurava stabilnost je njezina posmična čvrstoća kontakta s materijalom tla, koja poprma izrazito niske vrijednosti naročito kod glatkih geomembrana.

Glatka geomembrana u kontaktu s tlom može ostvariti kontaktne kutove trenja u rasponu od 15 – 28° (pijesak) odnosno od 5 – 28° (glina), dok hrapava geomembrana može ostvariti kontaktne kuteve trenja u rasponu od 30– 45° (pijesak), odnosno od 7 – 35° (glina) uz dodatno ostvarenje kontaktne kohezije.

Ugradnjom geomembrane na tlo pod nagibom (pokosi), potrebno je ispitati parametre posmične čvrstoće na kontaktu tlo – geomembrana. Vanjska posmična čvrstoća (posmična čvrstoća na kontaktu s okolnim materijalima) je uvjetovana vrstom geomembrane (ili geotekstila ako se isti koristi kao zaštitni sloj geomembrane) te vrstom materijala u kontaktu s geomembranom (ili geotekstilom ako se isti koristi kao zaštitni sloj geomembrane).

Svojstva kontaktne posmične čvrstoće se ne mogu propisati OTU-ima jer ovise o okolini, uvjetima opterećenja, vrsti geomembrane i vrsti tla pa se tehničkim uvjetima u projektu moraju propisati minimalne vrijednosti parametara čvrstoće potrebne za stabilnost zahvata, a ono se mora dokazati ispitivanjem koje propisuje projektant.

Općenito, trenje na kontaktu geomembrane i tla se ne može pouzdano procijeniti. Ako je trenje na kontaktu važno za projektno rješenje, potrebno je to trenje ispitati sukladno normi HRN EN ISO 12957-1 (trenje u izravnom posmiku) i HRN EN ISO 12957-2 (trenje na nagnutoj ravnini). Ako se geotekstil koristi kao zaštitni sloj geomembrane, navedena ispitivanja je potrebno provesti da se odredi čvrstoća kontakta geotekstila i tla, ali i geotekstila i geomembrane.

3-02.4.3 Termalna svojstva

S obzirom na polimernu prirodu geomembrana, važno je istaknuti termalna svojstva koja se moraju kontrolirati prilikom primjene navedenih proizvoda u vodnom gospodarstvu.

Pri tome se ispituje pregibljivost geomembrane pri niskoj temperaturi sukladno normi HRN EN 495-5, kao i termalna ekspanzija sukladno normi ASTM D696 kojom se određuje koeficijent linearnog termalnog širenja plastike između -30°C i 30°C dilatometrom od staklastog silicijevog dioksida.

3-02.4.4 Postojanost

Otpornost na vremenske utjecaje

Otpornost na vremenske utjecaje ispituje se prema HRN EN 12224, a ispitivanje je potrebno provesti ukoliko se pretpostavlja da će materijal nekoliko tjedana biti izložen izravnim vremenskim utjecajima.

Mikroorganizmi

Geomembrana od uobičajenih sintetskih sirovina u pravilu je biološki otporna i neće biti oštećena ili uništena djelovanjem mikroorganizama. Ako je potrebno, mikrobiološka otpornost ispituje se prema HRN EN 12225 postupkom zakapanja u tlo.

Oksidacija

Otpornost na oksidaciju geomembrane se određuje sukladno normi HRN EN 14575.

Pojava pukotina uslijed naprezanja zbog uvjeta okoline

Pojava pukotina glatke geomembrane, nastalih uslijed naprezanja zbog uvjeta okoline se određuje sukladno normi HRN EN 14576.

Kemijska otpornost

Iako je ovo svojstvo većinom relevantno kod primjene geomembrana u odlagalištima otpada, ako je potrebno, ispitivanje kemijske otpornosti se vrši sukladno normi HRN EN 14414.

Otpornost prema izluživanju

Otpornost prema izluživanju geomembrane se određuje sukladno normi HRN EN 14415.

Prodiranje korijenja

Eventualno, ovisno o projektnim zahtjevima, geomembranu je potrebno ispitati i prema otpornosti na prodiranje korijenja i to prema normi HRS CEN/TS 14416.

3-03 OPIS IZVOĐENJA RADOVA

Pri gradnji i održavanju komunalnih vodnih građevina kao i pri gradnji i održavanju regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina te vodnih građevina za melioracije, geosintetici se koriste prilikom:

- uređenja slabo nosivog temeljnog tla, odnosno izrade posteljice
- ojačanja nasutih građevina
- zaštite pokosa i drugih površina izloženih eroziji
- zaštite dna i pokosa rovova i kanala
- osiguranja vodonepropusnosti nasutih građevina
- izrade temeljnih madraca (opisano u poglavlju 14. 'Radovi na regulaciji vodotoka' ovih OTU-a).

Ukoliko se **slabo nosivo temeljno tlo** ne može uobičajenim jednostavnim metodama urediti, kako bi se na njemu mogla izgraditi građevina, ili ukoliko uređeni završni sloj nasipa, u usjeku uređeno sraslo tlo ili zamijenjeno sraslo tlo, određene ravnosti i nagiba svojim fizikalnim i kemijskim svojstvima, odnosno mehaničkim karakteristikama može zadovoljiti tražene uvjete, tako da bez štetnih posljedica može primiti opterećenje građevine, poboljšava se nekom od primjerenih metoda, u ovom slučaju polaganjem geotekstila ili geomreža.

Ojačanje nasutih građevina se vrši ukoliko nije moguće osigurati stabilnost nasutih građevina radi primjene materijala nasipa niže čvrstoće, ili ukoliko je potrebno ustrmljenje pokosa nasute građevine zbog raznih okolnosti, stabilnost pokosa i nasipa kao cjeline, može se osigurati ojačanjem nasipa primjenom armature - geosintetika. Za tu vrstu radova koriste se najčešće geomreže, a moguća je i primjena geotekstila, geokompozita i geotraka koji se ugrađuju ispod ili između slojeva nasutog tla.

Pokosi i druge površine izvrnute eroziji na svim područjima gradilišta moraju biti primjereno zaštićene, prema projektu ili prema uputama nadzornog inženjera. Geotekstil prilikom izvođenja radova na zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji može predstavljati samostalni zaštitni element ili može predstavljati međusloj između tla pokosa i elemenata zaštite pri čemu ima ulogu sprječavanja iznošenja materijala iz tla.

Zaštita dna i pokosa kanala je hidrotehnička mjera kojom se sprječava erozija korita i osigurava njegova stabilnost. Provodi se na različite načine, primjerice zasijavanjem travom, oblaganjem busenom, oblaganjem geosintetskim materijalima, betoniranjem obloge svježim betonom, oblaganjem betonskim prizmama ili drugačijim prefabrikatima, oblaganjem kamenom (nasipanjem, slobodno složenim ili u cementnom mortu), zaštitom gabionima, asfaltiranjem te raznim kombinacijama navedenih i drugih načina zaštite. Geosintetik se prilikom zaštite dna i pokosa kanala koristi kao zaštita ili predstavlja međusloj između pokosa i elemenata zaštite, pri čemu sprječava iznošenje čestica tla iz pokosa ili dna kanala.

Osiguranje vodonepropusnosti nasutih građevina se vrši kod izvedbe nasutih građevina od propusnih materijala (šljunčanih, pjeskovitih), gdje se sama vodoodrživost građevine postiže ugradnjom glinenih geosintetskih tepiha (bentonitni tepisi, GCL), ili nešto rjeđe geomembrane.

3-03.1 UREĐENJE SLABO NOSIVOG TEMELJENOG TLA GEOTEKSTILIMA I GEOMREŽAMA

Ovaj rad uključuje pripremu površina na koje se polaže geosintetik, njegovu dobavu, prijevoz na radilište, uskladištenje, lokalni prijevoz po radilištu na mjesto ugradnje, polaganje i spajanje. U ovaj su rad uključena kontrolna ispitivanja geosintetika, konca i gotovih spojeva.

Doprema geotekstila ili geomreža

Geosintetici (geotekstili ili geomreže) se dopremaju i uskladištavaju na gradilištu u količini potrebnoj za izvođenje radova na uređenju temeljnog tla bez prekida. Uskladištenje geotekstila na gradilištu mora biti provedeno na način da je geotekstil zaštićen od jake svjetlosti, ultraljubičastih zraka, kiše, snijega, poplavnih voda i slično.

Geotekstili ili geomreže dopremaju se na gradilište u rolama širine 2,0 - 5,0 m. S rolama mase do 150 kg manipulira se ručno. Ako su role veće mase, polaganje geotekstila treba izvesti pomoću pogodnih građevinskih strojeva ili vozila. Smjer polaganja geotekstila određuje se projektom ili prema uputama nadzornog inženjera.

Geomreže se koriste samo u funkciji armiranja. Potrebne osobitosti mreža ovise o nekoliko činitelja, a određuju se projektom i Posebnim tehničkim uvjetima.

Uređenje podloge

Geotekstil ili geomreže polažu se na prethodno uređeno temeljno tlo (odstranjeno drveće, grmlje i ostala vegetacija, izvađeni panjevi i korijenje na način opisan u poglavlju '1. Pripremni radovi' ovih OTU-a, te skinut humus na način opisan u poglavlju '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a).

Jednako tako, ukoliko se geomreže postavljaju na neravnu podlogu u vidu podloge od lomljenog kamena ili uslijed ugradnje između slojeva nasipanog lomljenog kamena, neravnu podlogu je potrebno prethodno poravnati.

Eventualno nastala uleknuća, depresije i jame potrebno je urediti na način opisan u potpoglavlju '2-09 Uređenje temeljnog tla – posteljice', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Sve površine moraju biti uređene tako da se na njima ne može zadržavati voda.

U posebnim slučajevima, kada je temeljno tlo vrlo meko, humus se ne skida. Tada se može prema zahtjevima projekta ili nadzornog inženjera zatražiti od izvođača da pokosi travu i ostalo nisko raslinje. Da bi se spriječilo ponovno izrastanje trave i posječenog raslinja, može se izvesti prskanje kemijskim sredstvima. Izvođač mora koristiti takva kemijska sredstva koja neće zagaditi okoliš i podzemnu vodu te ugroziti život i zdravlje ljudi niti će biti štetna za geosintetik koji će se polagati na uređeno tlo. U određenim slučajevima može se prema projektnom rješenju ili odluci nadzornog inženjera dopustiti da se panjevi i korijenje ne vade iz tla.

Treba se pridržavati pravila da što su geotekstili koji se koriste veće vlačne čvrstoće pri prekidu, kao i manjih izduženja, to podloga mora biti bolje uređena i izravnana kako ne bi došlo do prekoračenja vlačnih čvrstoća i oštećenja geotekstila.

Polaganje geotekstila ili geomreža

Geotekstil ili geomreža ne smiju se polagati na smrznuto tlo ili snijeg te za vrijeme kiše ili kada se ona očekuje. Geosintetik treba polagati pažljivo i dobro zategnuti tako da se ne stvaraju nabori.

Ukoliko je role geotekstila ili geomreža moguće transportirati na mjesto polaganja građevinskim strojevima (primjena na velikim površinama) moguće je direktno, ručno odmotavanje rola. Kod malih površina i loše pristupačnosti preporučuje se prethodno rezanje na potrebnu veličinu polaganja.

Strojno polaganje je praktički ograničeno na velika gradilišta gdje se isplati preinaka građevinskih strojeva za ovu svrhu (naprava za odmotavanje).

Minimalna vlačna čvrstoća geotekstila, odnosno geomreža u slučaju strojnog polaganja mora iznositi u uzdužnom i poprečnom smjeru $F_{\min} = 7,0 \text{ kN/m}$.

Položene geosintetike u pravilu treba prekriti isti dan sa materijalom za nasipavanje te ga iz tih razloga treba polagati u zavisnosti od napredovanja radova.

Kad je geotekstil, odnosno geomreža položen na tlo, ne dopušta se preko njega prijelaz građevinskih strojeva, kamiona i drugih vozila, budući da bi moglo u protivnom doći do oštećenja geotekstila. Po postavljenom geotekstilu građevinski strojevi smiju prelaziti najranije nakon nanošenja nasutog sloja u debljini od minimalno 30 cm. Kod posebnih namjena može biti zahtijevana i veća debljina nasutog sloja.

Izvođač mora za sunčanih dana osigurati zaštitne sunčane naočale osoblju koje radi na polaganju i spajanju bijelih ili vrlo svijetlih geotekstila. Takvi geotekstili snažno reflektiraju sunčevu svjetlost pa je pri radu s njima potrebno provesti zaštitu očiju.

Spajanje geotekstila ili geomreža

Kad je površina koju treba pokriti veća od širine bale, potrebno je međusobno spojiti trake geotekstila ili geomreža po dužini i po širini. Način spajanja se određuje projektom, odnosno Posebnim tehničkim uvjetima ili prema uputama nadzornog inženjera, a može se izvesti preklapanjem, šivanjem ili zavarivanjem toplim zrakom kod geotekstila, odnosno preklapanjem ili spajanjem posebnim spojnicama kod geomreža.

Spajanje geotekstila preklapanjem je najjednostavniji način spajanja. Širina preklopa se određuje projektom, ali ni u kojem slučaju kod poprečnog preklopa ne može biti manja od 15 cm (preporuča se 50 cm), a kod uzdužnog 100 cm. Ako se geotekstilom armira tlo za potrebe građenja cesta ili drugih prometnica u funkciji vodogradnje (pristupne ili gradilišne ceste), uzdužne je preklope poželjno izbjeći, no ukoliko ih je potrebno izvesti rade se van zone kolotruga, ali na mjestu gdje se može aktivirati dovoljno veliko trenje između spojenog geotekstila.

Pri spajanju geotekstila šivanjem potrebno je izvesti preklap u širini najmanje 10 cm materijala. Šivanje se obavlja posebnim strojevima, a šav mora biti udaljen od ruba trake 5-10 cm. To su električni strojevi na struju malog napona koja ne može ugroziti djelatnike. Šivati se može koncem od kevlar, poliamida, poliestera ili polipropilena. Kad geotekstil ima funkciju armiranja, tada konac mora biti minimalne kvalitete 330x6 dtexa.

Izvođač se prilikom šivanja geotekstila mora pridržavati sljedećeg:

- napetost konca prilikom šivanja mora biti dovoljno velika da stisne geotekstil koji se spaja, ali ne prevelika da ga ne reže
- gustoća uboda ne može biti manja od 1 uboda na 1 cm
- ako jednostruki spoj nije dovoljno čvrst može se primijeniti dvostruki ili trostruki konac u jednom ubodu
- ovisno o traženoj čvrstoći spoja, šivanje se može obaviti u jednom, dva ili tri reda
- ovisno o traženoj čvrstoći spoja, mogu se primjenjivati različiti tipovi uboda.

Pri spajanju geotekstila zavarivanjem toplim zrakom potrebno je izvesti preklap u širini najmanje 10 cm. Zavarivanje treba provoditi plamenikom na način da se u zoni spoja otopi geotekstil od obje trake koje se spajaju. Spoj mora biti kontinuiran. Budući da ovakav način spajanja zahtijeva veliku vještinu i pažnju, izvođač smije angažirati samo osobe s velikim iskustvom na takvoj vrsti radova koje posjeduju odgovarajuće certifikate za izvođenje radova na spajanju takvih vrsta materijala. Spajanje zavarivanjem toplim zrakom ne smije se primijeniti u slučajevima kada geotekstil ima funkciju armiranja.

Spojevi šivanjem i zavarivanjem toplim zrakom ne smiju imati čvrstoću manju od samog geotekstila. Pri tome je čvrstoća šavova izvedenih na terenu niža od tvornički proizvedenih šavova. Ukupna čvrstoća spojenih geotekstila je ograničena čvrstoćom šavova.

Spojevi geotekstila trebaju biti oblikovani na način da imaju najveću moguću mehaničku i dugotrajnu učinkovitost. Metode ispitivanja koje se koriste za ocjenu spojeva trebaju približno odgovarati metodama koje se koriste pri određivanju svojstava izvornog materijala. Svi spojevi koji se koriste u trajnim konstrukcijama za prijenos opterećenja trebaju biti ispitani u skladu s HRN EN ISO 10321.

Način spajanja geomreža propisuje se projektom. Kada se spajanje izvodi preklapanjem, potrebna širina preklopa se određuje projektom, ali nikako ne može biti manja od 25 cm (preporuča se 50 cm) u poprečnom smjeru, odnosno 100 cm u uzdužnom. Ako se mreže koriste kao armatura za pristupne ili gradilišne ceste, tada preklap mora biti izveden u zoni gdje će biti aktivirano najveće trenje između pojedinih traka.

Ako se spajanje izvodi pomoću spojnice, upotrebljavaju se nehrđajuće metalne spojnice u obliku slova "U". Profil takvih spojnica mora biti najmanje 6 mm. Postavljaju se na udaljenost prema odredbama projekta, koja ne može biti veća od 1,0 m. Kod takvog spajanja potreban je preklap od najmanje 10 cm.

Nakon spajanja geotekstili ili geomreže se polažu u konačni položaj. Pri polaganju treba paziti da geotekstil ili geomreža budu jednoliko napeti u uzdužnom i poprečnom smjeru. Što je geotekstil ili geomreža veće čvrstoće, to zategnutost mora biti bolja. To se može postići zabijanjem drvenih ili metalnih klinova po rubovima na razmaku od 5,0 m, ukoliko se radi o poboljšanju slabo nosivog tla, odnosno 2,0 m pri izradi posteljice.

Nasipavanje i zbijanje prvog sloja materijala

Na podlogu od geotekstila ili geomreže nasipava se i zbija onakav materijal kako je određeno projektom ili uputama nadzornog inženjera. Debljina prvog sloja nasipa mora biti dovoljna da zaštiti geotekstil od rada strojeva i kamiona, a ni u kojem slučaju ne može biti manja od 30 cm.

Ukoliko se geotekstil koristi pri izradi posteljice, na njega se ručno razastire prirodno granulirani, čisti, kopani riječni šljunak ili drobljeni kamen (određenog granulometrijskog sastava) u debljini 15 cm na površini predviđenoj projektom.

Izvođač mora koristiti takve strojeve, kamione i sredstva za nabijanje da ne ošteti geotekstil. Na mjestima gdje se ošteti geotekstil, izvođač je obavezan provesti odgovarajući popravak na svoj trošak. Nadalje, izvođač mora rad na ugradnji i zbijanju nasipa izvesti na takav način da ne izazove efekt pregnječenja tla u podlozi ispod geotekstila. Sve štete izazvane pregnječenjem tla padaju na teret izvođača. Pri tome treba naglasiti da su štete od pregnječenja često nepopravljive. U slučaju pregnječenja zahtijeva se uklanjanje ugrađenog nasipa, geotekstila i pregnječenog tla te uređenje temeljnog tla prema navedenom u potpoglavlju '2-09 Uređenje temeljnog tla – posteljice', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Ugrađeni nasipni sloj mora u svemu zadovoljiti zahtjeve i uvjete kvalitete navedene u potpoglavlju '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Na zahtjev nadzornog inženjera izvođač je obavezan izvesti pokusnu dionicu.

3-03.2 OJAČANJE NASUTIH GRAĐEVINA GEOMREŽAMA

Ovaj rad uključuje pripremu površina na koje se polaže geomreža, njezinu dobavu, prijevoz na gradilište, uskladištenje, lokalni prijevoz po gradilištu na mjesto ugradnje, polaganje i spajanje. U ovaj rad su uključena i sva ispitivanja geomreža.

Doprema geomreža

Geomreže se dopremaju i skladište na gradilištu u količini potrebnoj za izvođenje radova na ojačanju nasutih građevina bez prekida. Uskladištenje geomreže na gradilištu mora biti provedeno na način da je ona zaštićena od jake svjetlosti, ultraljubičastih zraka, kiše, snijega, poplavnih voda i slično. Također je potrebno osigurati odgovarajuće oslanjanje na način da ne dođe do prekomjernog savijanja rola. Ukoliko se geomreže kratko skladište na gradilištu, nisu potrebne posebne mjere.

Geomreže se dopremaju na gradilište u rolama širine 2,0 - 5,0 m. S rolama mase do 150 kg manipulira se ručno. Ako su role veće mase, polaganje geomreža treba izvesti pomoću pogodnih građevinskih strojeva ili vozila.

Geomreže se koriste samo u funkciji armiranja. Potrebne osobitosti mreža ovise o nekoliko činitelja, a određuju se projektom i Posebnim tehničkim uvjetima.

Uređenje podloge

Geomreža se izvodi kao plošni element koji se postavlja na zbijeni sloj tla prije izvedbe novog sloja zbijanjem. Ona preuzima vlačna naprezanja koja dolaze od trenja s okolnim tlom i pomaže da se potencijalno klizno tijelo zadrži u stanju ravnoteže vlačnom silom koja se predaje trenjem u tlo izvan klizne plohe (tzv. zona sidrenja). Ugradnja geomreže provodi se na visinama u nasipu koje su određene projektom. Osim položaja, projekt ujedno treba propisati i duljinu ugrađene geomreže, kao i njezine karakteristike.

Geomreže za ojačanje nasutih građevina se polažu na prethodno uređeni sloj nasute građevine, sukladno potpoglavlju '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Uređena

podloga za postavljanje geomreže obuhvaća nasuti, razastri i zbijeni sloj. Jednako tako, ukoliko se geomreže postavljaju na neravnu podlogu u vidu podloge od lomljenog kamena ili uslijed ugradnje između slojeva nasipanog lomljenog kamena, neravnu podlogu je potrebno prethodno poravnati. Eventualno nastala uleknuća, depresije i jame potrebno je urediti na način opisan u potpoglavlju '2-09 Uređenje temeljnog tla – posteljice' poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Sve površine moraju biti uređene tako da se na njima ne može zadržavati voda.

Treba se pridržavati pravila da što su geomreže koji se koriste veće vlačne čvrstoće pri prekidu, kao i manjih izduženja, to podloga mora biti bolje uređena i izravnana kako ne bi došlo do prekoračenja vlačnih čvrstoća i oštećenja geomreža.

Polaganje geomreža

Prije početka radova na polaganju geomreže izvođač mora usvojiti metodu polaganja koja treba osigurati ugradnju bez oštećenja geomreže, pri čemu su spojevi geomreža dobro formirani.

U praksi se najjednostavnijim pokazala tehnika omatanja (eng. *wrap around*) geomreža kod armiranja nasutih građevina. Ova tehnika ne zahtijeva primjenu oplata te uključuje polaganje geomreže na ravnu pripremljenu podlogu (sloj tla u nasipu) uz ostavljanje dovoljne duljine geomreže potrebne za omatanje i sidrenje. U zoni pokosa nasute građevine geomreža se dobro zapuni i zategne kako bi se umanjile naknadne deformacije nasute građevine u toj zoni. Nakon toga slijedi ugradnja sloja tla na samu geomrežu i njegovo zbijanje, nakon čega se izvodi omatanje geomreže oko sloja, a u svrhu sidrenja i zadržavanja omotanog tla. Nasipani sloj se u blizini pokosa izvodi u punoj visini, a prema sredini nasipa otprilike u pola visine, kako bi se prekrivanjem tla do pune visine sloja postigla dobra usidrenost geomreže u sloju tla.

Osim toga može se koristiti kombinacija glavne i pomoćne geomreže, gdje glavna geomreža služi za osiguranje lokalne i cjelokupne stabilnosti nasipa, dok pomoćna geomreža osigurava lokalnu stabilnost pokosa nasipa uz rub pokosa. Pomoćna geomreža smješta se između redova glavne geomreže, a može biti izvedena u jednom ili u više slojeva.

Geomreža se ne smije polagati na smrznuto tlo ili snijeg te za vrijeme kiše ili kada se ona očekuje. Geomrežu treba polagati pažljivo i dobro zategnuti.

Ukoliko je role geomreža moguće transportirati na mjesto polaganja građevinskim strojevima (primjena na velikim površinama) moguće je direktno, ručno odmotavanje rola. Kod malih površina i loše pristupačnosti preporučuje se prethodno rezanje na potrebnu veličinu polaganja.

Strojno polaganje je praktički ograničeno na velika gradilišta gdje se isplati preinaka građevinskih strojeva za ovu svrhu (naprava za odmotavanje).

Polaganje geomreže trebalo bi biti u smjeru najvećeg naprezanja. Ovo je naročito važno kod ugradnje jednoosnih geomreža koje se u pravilu polažu okomito na os nasute građevine (okomito na vodotok). Rezanje na odgovarajuću duljinu može se izvesti ostrim škarama.

Polimerne geomreže treba položiti tako da budu dobro i jednoliko napete u uzdužnom i poprečnom smjeru, tj. ne smije doći do većih boranja. Zbog toga se rubovi polimernih geomreža moraju učvrstiti željeznim ili drvenim klinovima na razmacima od po dva metra.

Spajanje geomreža

Način spajanja geomreža propisuje se projektom. Geomreže se spajaju preklopom ili mehaničkim pričvršćenjem.

Spajanje geomreža preklapanjem se može izvoditi kada su ostvarena relativno mala naprezanja, odnosno u sekundarnom vlačnom smjeru u ojačanim nasutim konstrukcijama. Kada se spajanje izvodi preklapanjem, minimalno zahtijevana širina preklopa treba biti definirana projektom. Ova širina ne bi smjela biti manja od 30 cm u poprečnom smjeru, odnosno 100 cm u uzdužnom smjeru. Također je moguće izvoditi spojeve preklapanjem kod ugradnje pod vodom, gdje količina preklopa ovisi o projektom razmatranju i uvjetima izvođenja.

Ako se vrši mehaničko spajanje geomreža, tada se trebaju primjenjivati nehrđajuće metalne spojnice u obliku slova "U", čiji je profil najmanje 6 mm. I u ovom je slučaju potreban preklop

geomreža koji ne bi smio biti manji od 10 cm. Spojnice se postavljaju na udaljenost prema odredbama projekta, a koja ne bi trebala biti veća od 1,0 m.

Učinkovitom metodom uzdužnog nastavljanja geomreža pokazale su se mehaničke spojnice (tipa 'Bodkin' ili slično) kod kojih treba voditi računa da:

- spojnice imaju dovoljnu površinu poprečnog presjeka i čvrstoću kako bi se izbjegle prekomjerne deformacije
- spojnice nisu toliko velike da bi oštetile geomrežu uzrokujući koncentraciju naprezanja
- spojnice su prednapregnute prije opterećenja, kako bi se reducirali pomaci spoja kada se dijelovi zategnu i uklješte.

Nasipavanje i zbijanje prvog sloja materijala

Na razastrte polimerne geomreže nanosi se i razastire nasipni materijal kvalitete prema uvjetima danim u potpoglavlju '2-10 Izrada nasipa', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a. Nasipanje se vrši s čela. Nije dozvoljena vožnja teških vozila po geomreži.

Kad je geomreža položena na tlo, ne dopušta se preko nje prijelaz građevinskih strojeva, kamiona i drugih vozila, budući da bi moglo u protivnom doći do oštećenja. Po postavljenoj geomreži građevinski strojevi smiju prelaziti najranije nakon nanošenja prvog sloja nasipa u debljini od minimalno 30 cm. Kod posebnih namjena može biti zahtijevana i veća debljina nasutog sloja.

Izvođač mora koristiti takve strojeve, kamione i sredstva za nabijanje da ne ošteti geomrežu. Na mjestima gdje se ošteti geomreža izvođač je obavezan provesti odgovarajući popravak na svoj trošak. Nadalje, izvođač mora rad na ugradnji i zbijanju nasipa izvesti na takav način da ne izazove efekt pregnječenja tla u podlozi ispod geomreže. Sve štete izazvane pregnječenjem tla padaju na teret izvođača. Pri tome treba naglasiti da su štete od pregnječenja često nepopravljive. U slučaju pregnječenja zahtijeva se uklanjanje ugrađenog nasipa, geotekstila i pregnječenog tla te uređenje temeljnog tla prema navedenom u potpoglavlju '2-09 Uređenje temeljnog tla – posteljice', poglavlja '2. Zemljani radovi' ovih OTU-a.

Na zahtjev nadzornog inženjera izvođač je obavezan izvesti pokusnu dionicu.

3-03.3 ZAŠTITA POKOSA I DRUGIH POVRŠINA IZLOŽENIH EROZIJI

Za zaštitu pokosa i drugih površina izloženih eroziji geosintetici se mogu koristiti kao materijali koji štite pokos, odnosno površinu, ili kao materijali koji predstavljaju međusloj između tla pokosa i elemenata zaštite, pri čemu im je osnovna funkcija sprječavanje iznošenja sitnijih čestica tla. U ovom dijelu OTU-a bit će opisani radovi na zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji, pri kojima se geosintetik koristi kao zaštitni element, dok su radovi kod kojih se geosintetik predstavlja kao međusloj između tla i elemenata zaštite opisani u potpoglavlju '3-03.4. Izrada podloge za zaštitu rovova i kanala'.

Postoje geosintetici koji omogućuju izravnu zaštitu tla ili zaštitu vegetacije u fazi rasta koja će kasnije svojim korijenskim sustavom pružiti zaštitu od erozije. Najčešće se koriste geotekstili, geopletiva, geoćelije/geosaće koji se mogu dodatno ojačati geomrežama ako se postavljaju na strme pokose.

Ostali opći tehnički uvjeti primjene geosintetika u cilju zaštite pokosa i drugih površina izloženih eroziji, koji nisu navedeni ovdje, dani su u poglavlju '4 Zaštita ravnih i kosih površina vodotoka i nasipa' ovih OTU-a.

Zaštita pokosa i drugih površina izloženih eroziji kod koherentnih tala

Za zaštitu pokosa i drugih površina izloženih eroziji kod koherentnih se tala koriste geopletiva sa ili bez umetnutog sjemena trave, u manjoj mjeri netkani geotekstili i geomreže od prirodnih ili umjetnih vlakana, dok se kod nekoherentnih i stjenovitih tala koriste geomreže (umjetna vlakna).

Geosintetici (geopletivo, geotekstil, geomreža) se polažu na pripremljenu podlogu očišćenu od kamena, korijenja, granja i ostalog otpada. Izravnana se podloga obrađuje do dubine od najmanje

10 cm te se dodaje umjetno gnojivo i ostali sastojci potrebni za rast i razvoj trave, a po potrebi se dodaje i voda. Površina podloge lagano se uvalja.

U krajevima gdje su moguća sušna razdoblja, treba izvesti vodoravne brazde na međusobnim udaljenostima ne većim od 4,0 m, mjereno po kosini. Brazde trebaju biti dubine najmanje 15 cm mjereno okomito na kosinu te širine ne manje od 12 cm. Položeni geosintetik (geotekstil, geopletivo ili geomreža) učvršćuje se u brazdama. Do polovice visine brazdi, nakon polaganja geotekstila, može se nasipati humus i zasijati trava.

Geosintetici (geopletivo, geotekstil, geomreža) se postavljaju i učvršćuju tako da na zaštićenom pokosu ne može doći do šteta od erozije ili drugih utjecaja za što je odgovoran izvođač.

Pričvršćivanje geosintetika za zaštitu od erozije na pokose obavlja se klinovima ili spajalicama. Pri tome je nužno izvesti pričvršćivanje proizvoda po kosini, na preklapima te u sidrenim jarcima tako da ne dođe do prodiranja vode ispod geosintetika i ispiranja tla. Na vrhu i dnu kosine potrebno je izvesti sidrenje geosintetika na jedan od tri sljedeća načina:

- a) u duljini od bar 900 mm od vrha kosine na ravnoj podlozi, sa spajalicama na razmaku 300 mm
- b) u sidrenom jarku dimenzija 150 x 150 mm. uz 900 mm duljine role za sidrenje. Nakon polaganja u jarak proizvod se položi natrag preko zbijenog tla u jarku te pričvrsti spajalicama na razmaku od 300 mm
- c) u sidrenom jarku dimenzija 150 x 150 mm, postavljajući dva reda spajalica razmaknutih 100 mm, na svakih 100 mm, uz dodatno pričvršćivanje na kosinu spajalicama, min. 1,5/m².

Rubovi geosintetika (geopletiva, geotekstila ili geomreže) učvršćuju se drvenim klinovima na razmacima ne većim od 5,0 m ili se stabiliziraju nasipanom zemljom.

Ako je tlo u podlozi premale vlažnosti, odmah nakon polaganja odgovarajućeg geosintetika (geotekstila, geopletiva ili geomreže) treba površine prskati vodom.

Obveza je izvođača da održava površine dok trava nije sposobna za daljnji samostalan rast i razvoj kada će nadzorni inženjer obaviti pregled i preuzeti radove. Vizualno će se procijeniti površine jednake gustoće trave te ocijeniti potreban rast, izgled i boja trave. Sve oštećene površine ili površine na kojima trava nije izrasla ili je nedovoljno razvijena popraviti će izvođač o svom trošku.

Zaštita geopletivom

Ukoliko se pokos ili druga površina štiti geopletivom s umetnutim sjemenom trave, koristi se struktura s minimalnim sadržajem pora 80% kojoj je odgovarajućim industrijskim postupkom umetnuto sjeme trave, pri čemu vrsta trave u potpunosti mora odgovarati uvjetima na terenu. Izvođač mora nadzornom inženjeru dati na uvid i odobrenje rezultate prethodnih ispitivanja na temelju kojih se određuje vrsta trave i gnojiva te dokaze o kvaliteti sjemena trave koje namjerava upotrijebiti. Polaganje geopletiva sa ugrađenim sjemenom trave može započeti tek nakon što uređenu i obrađenu površinu pregleda i preuzme nadzorni inženjer.

Zaštita geotekstilom

Ukoliko se pokos ili druga površina štiti geotekstilom, koristi se struktura izrađena odgovarajućim industrijskim postupkom od prirodnih vlakana ili drvene sječke koja može biti dodatno učvršćena mrežom od umjetnih vlakana. Polaganje geotekstila može započeti tek nakon što uređenu i obrađenu površinu pregleda i preuzme nadzorni inženjer. Vrsta trave koja će se zasijati mora u potpunosti odgovarati klimatskim i drugim lokalnim uvjetima na terenu. Izvođač mora nadzornom inženjeru dati na uvid i odobrenje rezultate prethodnih ispitivanja na temelju kojih se određuje vrsta trave i gnojiva te dokaze o kvaliteti sjemena trave koje namjerava upotrijebiti.

Zaštita geomrežom

Ukoliko se za zaštitu i uređenje pokosa i drugih površina izloženih eroziji koriste geomreže, zatravljivanje se obavlja ručno na pripremljenu podlogu, tj. na strojno uređenu površinu korita kanala ili na sloj humusa, ako je humusiranje predviđeno projektom. Gnojidba se vrši ručno ili strojno, zavisno od odabrane vrste gnojiva (kruto ili tekuće gnojivo, biološkog porijekla ili

umjetno) i režima gnojidbe. U slučaju primjene krutog umjetnog gnojiva, gnojidba se obavlja zajedno sa sjetvom po propisanom postupku za odabrano gnojivo i uz primjenu zaštitnih sredstava.

U slučaju humusiranja, humusni se materijal nanosi počinjući od dna pa prema vrhu pokosa kanala. Debljina humusnog sloja treba biti određena projektom. Ako to nije slučaj, dovoljno je uz primjenu geomreže ugraditi sloj humusa debljine 10 do 15 cm. Humusni se sloj planira (razastire) i nakon sijanja sjemena i gnojidbe, zbija se lakim nabijačima ili lopatama, a preko njega se polaže i klinovima pričvršćuje geomreža.

U slučaju da humusiranje nije predviđeno, potrebno je za ručno sijanje najprije razrhliti površinu korita kanala na dubinu 5-10 cm te nakon sijanja i gnojidbe ponovo zbiti površinski sloj lakim nabijačima ili lopatama, a nakon toga treba položiti i pričvrstiti geomrežu.

I ovaj oblik protuerozijske zaštite treba se primjenjivati početkom ili tijekom vegetacijskog razdoblja, sve do vremena za koje se, prema klimatskim obilježjima područja, može realno pretpostaviti da će se travnati pokrov razviti u zadovoljavajućoj mjeri do kraja vegetacijskog razdoblja. Dinamika gradnje građevine, koja se prema projektnom rješenju štiti travnatim pokrovom, treba biti podređena tom uvjetu vegetacijskog razvoja pokrova.

Nakon sjetve i ugradbe geomreže obavlja se njegovanje usjeva zalijevanjem i dosijavanjem sjemena (upotpunjavanjem) na mjestima gdje se trava nije dovoljno primila te po potrebi sanacijom i ponovnim zasijavanjem mogućih erodiranih površina kanala u razdoblju od sjetve do uspostave dovoljno gustog sklopa travnatog pokrova.

U opseg posla spada i prva košnja. Njen način izvedbe treba biti predviđen u projektu kanala, ovisno o njegovim proporcijama i drugim uvjetima košnje. To se naročito odnosi na klinove kojima je pričvršćena plastična mreža.

Način izvedbe prve košnje uglavnom je istovjetan tehnologiji kasnijih košnji tijekom održavanja kanala, što također treba biti predviđeno projektom. Preporučuje se strojna košnja, a ručna tek iznimno.

Zaštita pokosa izvedenih u stijeni

Za zaštitu pokosa izvedenih u stijeni, pored mreža izrađenih od pocinčane čelične žice ili PVC-om zaštićene čelične žice, promjera najmanje 1,2 mm, mogu se upotrebljavati i odgovarajuće geomreže.

Prije postavljanja zaštitnih geomreža potrebno je urediti pokos, očistiti sve otpatke i odstraniti sav rastešen kameni materijal, a osobito pojedine blokove kamena za koje se pretpostavlja da bi se mogli obrušiti.

Na svom gornjem kraju mreže se učvršćuju pomoću čeličnih sidra čiji promjer ne smije biti manji od 10 mm. Dubina sidrenja tih sidara ovisi o kvaliteti stijene te njezinoj rastrošenosti i raspucalosti, a ne smije biti manja od 350 mm. Razmak između pojedinih sidara ne smije biti veći od 2,00 m.

Alternativno, zaštitna geomreža može biti na svom gornjem kraju pričvršćena na armirano - betonsku gredu. Takva greda mora biti dobro usidrena u stijenu da bez štetnih posljedica prihvati opterećenje mreže. Mreže se na gredu pričvršćuju pomoću sidara minimalnog promjera 10 mm.

Na svom donjem kraju mreže se po potrebi učvršćuju pomoću utega od betona. Takav način učvršćenja donjeg kraja omogućuje potrebno razmicanje mreža i čišćenje obrušenog materijala. Ako predviđa projekt ili zahtijeva nadzorni inženjer, izvođač je obavezan izvesti i drugi način učvršćenja donjeg kraja mreža.

Položene mreže se na odgovarajući način međusobno spajaju žicom po čitavoj dužini. Nastavljanje mreža po dužini nije dopušteno. U posebnim slučajevima nadzorni inženjer ima pravo odobriti nastavljanje mreža i to po uvjetima koje će tom prilikom odrediti. Kad je visina pokosa koji se štiti veća od dužine tvornički izrađenih mreža, tada je spajanje nužno, a izvest će se prema posebnim uvjetima koji će ovisiti o osobitostima mreža i uvjetima na terenu.

Prije izvođenja zaštite pokosa zaštitnim mrežama izvođač je dužan pribaviti i predati nadzornom inženjeru na uvid i odobrenje svu potrebnu dokumentaciju kojom se dokazuje kvaliteta mreža i materijala koji će se upotrijebiti kao i trajnost mreža u odnosu na utjecaj atmosferilija. Nadzorni inženjer preuzima izvršeni rad na temelju vizualne ocjene.

3-03.4 IZRADA PODLOGE ZA ZAŠTITU ROVOVA I KANALA

Geosintetici koji se koriste pri izradi podloge elementima kojima se štite pokosi i dno kanala i rovova ili pri uređenju temeljnog tla za izvedbu armiranobetonskih konstrukcija (npr. crpne stanice i vodospreme) mogu djelovati kao samostalna podloga u kombinaciji sa šljunkom ili šljunkom i betonom. Pri izradi podloga isključivo se koriste geotekstili.

Izrada podloge od geotekstila

Prilikom zaštita dna i pokosa kanala, kao podloga elementima za zaštitu pokosa i drugih površina izloženih eroziji geotekstil se koristi kao samostalna podloga. Geotekstil se postavlja na, prema odredbama projekta ili nadzornog inženjera, uređene površine, odnosno uređeno temeljno tlo te po potrebi izveden temeljni iskop do dubine određene projektom.

Geotekstil se dovozi na gradilište u rolama (balama) i nakon istovara se iz prijevoznih sredstava raznosi na mjesta ugradbe te se rasprostire po dijelu korita koji se oblaže. Po pokosu se geotekstil rasprostire tako da se rola razmotava niz pokos kanala, a na gornjem se rubu projektirane zaštite pokosa geotekstil pričvrsti drvenim kolčićima ili čeličnim klinovima na razmaku od 50 cm.

Iduća se rola geotekstila razmotava po pokosu kanala tako da preklapa prethodnu traku u širini od 10 cm. Redosljed polaganja geotekstila treba biti od nizvodnog prema uzvodnom dijelu korita, tako da preklopi budu usmjereni nizvodno. Po dnu kanala geotekstil se rasprostire na način da se jednostavno nastavi razmotavati s pokosa po dnu kanala.

Na rasprostrti geotekstil polažu se gabionske košare ili madraci, odnosno elementi za zaštitu pokosa i drugih površina izloženih eroziji.

Izrada podloge od geotekstila i šljunka

Prilikom izrade armiranobetonskih konstrukcija na slabonosivom tlu, kao i zaštite dna i pokosa kanala betonom ili betonskim prizmama s reškama u cementnom mortu, izrađuje se, prema potrebi, podloga od geotekstila i šljunka.

Industrijski proizveden geotekstil doprema se prijevoznim sredstvima prema narudžbi na gradilište u rolama. Nakon istovara iz prijevoznih sredstava se raznosi na mjesta ugradnje te se rasprostire po dijelu korita koji se oblaže.

Geotekstil u rolama, prirodni šljunak te lomljeni kamen, odnosno betonske prizme, mogu se prevoziti po obali kanala ili po njegovu dnu, a postoje i obje mogućnosti, što ovisi o hidrološkim uvjetima gradnje. Ako se šljunak prevozi po dnu kanala, to se ne smije obavljati na potezima kanala na kojima je već položen geotekstil. Iz prijevoznih sredstava betonske prizme i šljunak se istovaruju na obalu ili na dno kanala, što bliže mjestu ugradbe, u količinama koje se prema projektu zahtijevaju po dužinskom metru šljunčane podloge ili zaštite kanala.

Pri ručnoj izradi obaloutvrde po pokosu obale, geotekstil se polaže na uređenu posteljicu. Posteljica je izvedena po trasiranoj crti obaloutvrde i isplaniranom obalnom pokosu od ručno razastrog pijeska, sitnog prirodnog šljunka ili drobine odgovarajućeg granulometrijskog područja u sloju debljine 5 do 10 cm. Geotekstil se polaže na način da se koljem pričvrsti na obalu iznad obalnog pokosa i ovjesi niz pokos.

Rasprostiranje geotekstila po pokosu provodi se identično kao pri izradi podloge od geotekstila.

Na geotekstil se zatim ručnim alatom razastire dobro graduirani prirodni šljunak ili drobina odgovarajuće granulacije, u sloju debljine 15 cm kao zaštita geotekstila i podloga betonskih elemenata.

Ukoliko je opseg radova veći te bi ručno razastiranje šljunka i doprema betonskih elemenata od mjesta istovara iz prijevoznih sredstava do neposrednog mjesta ugradbe zahtijevali prevelik opseg

ručnog rada, te ukoliko je to ekonomski opravdano, moguće je dopremu šljunka i betonskih elemenata od mjesta istovara iz prijevozne mehanizacije do neposrednog mjesta ugradbe, kao i grubo razastiranje šljunka izvoditi pomoću bagerske košare, ali se bager ne smije kretati po dijelovima korita na kojima je već postavljen geotekstil.

Na razastrti se šljunak, zatim, ručno slažu i ručnim alatom namještaju obložni betonski elementi. Oblici ili vrsta tih elemenata, kao i njihov raspored u gotovoj oblozi trebaju biti predviđeni projektom. Pri tom se površinski poravnavaju betonski elementi ručnim pritiskanjem na šljunčanu podlogu, uz pripomoć laganog udaranja čekićem ili drvenim batom. Ako je potrebno, dodatno se podlaže stanovita količina šljunka.

Ukoliko je to predviđeno projektom, nakon polaganja betonskih elemenata reške se zapunjavaju i obrađuju prethodno pripremljenim cementnim mortom. Nakon izvedbe reški u cementnom mortu oblogu je potrebno završno očistiti.

Ova se tehnologija izvedbe zaštite kanala primjenjuje samo na suhom. Nije, dakle, moguć rad u vodi pa se pri izvedbi ili sanaciji kanala uz ovu vrstu zaštitne obloge moraju na neki način osigurati (postići) uvjeti rada u suhom.

Izrada podloge od geotekstila, šljunka i betona

Pri izradi zaštita dna i pokosa kanala obrađenim kamenom ili betonskim prizmama, s reškama u cementnom mortu može se izrađivati podloga od geotekstila, šljunka i betona.

Doprema i rasprostiranje geotekstila po pokosu provodi se identično kao pri izradi podloge od geotekstila.

Nakon polaganja geotekstila, preko njega se ručnim alatom razastire šljunak u sloju debljine 10 cm. Na pripremljenu podlogu od šljunka ugrađuje se sloj od 10 cm svježeg betona klase C16/20.

Doprema svježeg betona do mjesta ugradbe treba biti u malim količinama primjereno normi ugradnje obrađivanog kamena, tako da se svaki kamen, odnosno betonska prizma ugradi u svježi beton prije njegovog stvrdnjavanja (vezivanja).

Ako je svježi beton dopremljen na gradilište iz tvornice svježeg betona, razastire se pomoću pumpe za beton ili se pomoću bagerske košare donosi na mjesto ugradbe, gdje se razastire ručnim alatom.

Ako se svježi beton priprema strojno na gradilištu i ako je manja površina kanala koju treba obložiti, doprema svježeg betona do mjesta ugradbe može biti građevinskim ručnim kolicima (japanerima) ili raznošenjem u kantama. Ako se upotrijebe ručna kolica, za spuštanje svježeg betona niz pokos trebat će vitlo. Kada su u pitanju veće količine oblaganja, za donos svježeg betona do mjesta ugradbe koristit će se bagerska košara.

Nakon ugradnje svježeg betona do mjesta ugradnje dopremaju se lomljeni kamen koji se obrađuje ručnim alatom (čekić i/ili dljeto), odnosno betonska prizma, koje se polažu na svježu betonsku podlogu. Kamen ili prizme se ugrađuju ručno, uz pomoć ručnog alata. Kamen treba pažljivo slagati jedan do drugog kako bi se dobila što manja i što jednoličnija veličina reški. Pri tom se ručnim pritiskanjem prizmi (kamena) u podlogu od svježeg betona uz pripomoć laganog udaranja čekićem ili drvenim batom površinski poravnava obloga.

Ako je potrebno, dodatno se na mjesto ugradbe pojedine prizme, odnosno kamena, polaže određena količina svježeg betona.

Nakon polaganja kamena, odnosno prizmi, reške se zapunjavaju i obrađuju prethodno pripremljenim cementnim mortom. Nakon izvedbe reški u cementnom mortu oblogu je potrebno završno očistiti od otpadaka kamena i morta.

Ova se tehnologija izvedbe zaštite kanala primjenjuje samo na suhom. Nije dakle moguć rad u vodi pa se pri izvedbi ili sanaciji kanala uz ovu vrstu zaštitne obloge moraju na neki način osigurati (postići) uvjeti rada u suhom.

Projektirani nagib podloge zaštitne obloge na pokosu kanala postiže se na način da se na svaka 3 m pokosa prethodno postave šablone koje označavaju nagib pokosa i završnu površinu obloge, npr.

drvene šablone od pobijenog kolja i na njih pričvršćenih letava ili dasaka u projektiranom nagibu pokosa. Izvedeno stanje obloge od lomljenog kamena ili betonskih prizmi završno se kontrolira geodetskim premjeravanjem. Ako izvedena obloga prekomjerno odstupa od projektirane, nadzorni inženjer može zatražiti otklanjanje (sanaciju) pogreške na trošak izvođača, a izvođač je dužan pogrešku otkloniti.

3-03.5 OSIGURANJE VODONEPROPUSNOSTI NASUTIH GRAĐEVINA

U područjima gdje se traži osiguranje vodonepropusnosti nasutih građevina, koristi se GCL, nešto rjeđe geomembrana, a vrlo rijetko geotekstili na koje se nanosi bitumen, gumeni bitumen ili neka druga polimerna mješavina. Ovo poglavlje pokriva rad koji uključuje pripremu površina na koje se polaže GCL ili geomembrana, njihova dobava, prijevoz na gradilište, uskladištenje, lokalni prijevoz po gradilištu na mjesto ugradnje, polaganje i spajanje. U ovaj su rad uključena i sva ispitivanja GCL-a i njegovih spojeva te geomembrane i njezinih spojeva.

3-03.5.1 Ugradnja GCL-a

Doprema GCL

Geosintetski glineni tepisi se dopremaju i uskladištavaju na gradilištu u količini potrebnoj za izvođenje radova na polaganju GCL-a bez prekida. Uskladištenje GCL-a na gradilištu mora biti provedeno na način da je isti zaštićen od jake svjetlosti, ultraljubičastih zraka, a naročito od kiše, snijega, poplavnih voda. Polaganje mora biti osigurano u suhim uvjetima, osim u slučajevima kada se koristi specijalni tip GCL-a predviđen za ugradnju pod vodom.

GCL se doprema na gradilište u rolama širine 3,0 - 5,0 m. S rolama mase do 150 kg manipulira se ručno. Ako su role veće mase, polaganje GCL-a treba izvesti pomoću pogodnih građevinskih strojeva ili vozila.

Uređenje podloge za GCL

Prije ugradnje GCL-a potrebno je vrlo pažljivo pripremiti podlogu kako bi se minimalizirala oštećenja materijala. Podloga na koju se polaže GCL mora biti ravna i zbijena do stupnja 90%-tnog modificiranog Proctor-a za što se koriste glatki valjci. Površina mora biti očišćena od vegetacije, građevinskog otpada, oštrog kamenja, štapova i bez prisustva lokvi vode, rupa, pukotina u tlu i neravnina (npr. od kotača vozila). Iako različiti proizvođači daju različite preporuke za ugradnju GCL-a, zajednička preporuka je da se GCL treba polagati na pripremljenu, propisno zbijenu, ravnu podlogu bez izbočenja i udubljenja.

Radi osiguranja veće posmične otpornosti kontakta GCL - tlo, moguće je na pokosu nasute građevine izvesti stepeničasti ukop na koji se zatim polaže GCL. Međutim, iskustvo je pokazalo da je bolje GCL polagati na ravnu podlogu bez stepenica, iz razloga jer na rubovima stepenica GCL može ostati u zraku što može utjecati na nepropusnost. Nužan je kvalitetan kontakt GCL-a s podlogom, kako bi mogao ostvariti svoja projektirana svojstva.

Sve površine moraju biti uređene tako da se na njima ne može zadržavati voda.

Nadzorni inženjer će pregledom podloge i upisom u građevinski dnevnik odobriti ugradnju GCL-a.

Polaganje GCL-a

Ugradnja GCL-a se izvodi pomoću odgovarajuće opreme, a metode ugradnje se mogu podijeliti u četiri kategorije:

- a) ručno odmotavanje, kod kojeg se GCL postavlja na tlo i odmotava ručno
- b) kontrolirano postavljanje niz pokos, kod kojeg se GCL postavlja niz pokos polaganim otpuštanjem s opreme za ugradnju
- c) odmatanje sa nepomične role, gdje se jedan kraj role povlači na mjesto gdje se postavlja, a drugi kraj je nepomičan
- d) odmatanje sa pomične role, gdje se jedan kraj role postavlja na tlo, a ostatak role se odmotava duž dionice pomoću opreme za ugradnju.

Ugradnja se najčešće obavlja u suhim uvjetima. Međutim, moguće je polaganje i pod vodom, gdje su se na tržištu razvile posebne vrste GCL-a koje u sebi sadrže sloj pijeska koji povećava težinu proizvoda i omogućava njegovo brže tonjenje. Prilikom ugradnje, zbog velike težine proizvoda, uređaji i način ugradnje se moraju prilagoditi teškom proizvodu.

Polaganje bentonitne membrane je praktično nezavisno o atmosferskim utjecajima glede narušavanja njene kvalitete. Ipak, radi lakše ugradnje valja izbjegavati rad po kiši jer nabujali bentonitni prah znatno povećava težinu membrane, a i pojava lokvi na zemljanoj podlozi ne pogoduje povoljnim radnim uvjetima. U slučaju rada po velikoj hladnoći potrebno je provjeriti prisustvo komada leda na podlozi koji bi mogli oštetiti membranu i izazvati naknadna oštećenja nakon otapanja. Rad po velikoj hladnoći se ne preporučuje.

Osim toga, mora se voditi računa i o stabilnosti pokosa uslijed male posmične čvrstoće GCL-a. Nakon ugradnje obavezno je propisano testiranje GCL-a.

Prilikom postavljanja GCL-a mora se osigurati njegova ravnost te se ne smiju pojaviti nabori i pregibi. Osim toga, vozila i oprema za ugradnju ne smiju prelaziti direktno preko GCL-a. Ukoliko dođe do oštećenja GCL-a tijekom ugradnje, ista se popravljaju komadom novog GCL-a.

Stabilnost i trajnost sustava GCL-a ovisi uvelike i o učinkovitosti njegovog sidrenja na vrhu pokosa nasute građevine. Sidrenje u kruni nasipa se može oblikovati na različite načine, ovisno o slobodnom prostoru na vrhu pokosa i primijenjenom opterećenju. Pri tome se mogu primijeniti sljedeće varijante sidrenja:

- ravno sidrenje
- L-sidrenje
- V-sidrenje.

Uloga sidrenog rova je izdržati vlak koji se javlja uslijed težine pokrovnih slojeva duž pokosa koji se postavljaju na ugrađeni GCL. Za sidrenje GCL-a u sidreni rov potrebno je prvo iskopati rov određenih dimenzija i položaja, pri čemu se njegove dimenzije i položaj trebaju odrediti proračunom, s obzirom na silu koju GCL prenosi u tlo. Za projektiranje sidrenog rova su, osim geometrije i svojstava trenja, važne i mehaničke karakteristike materijala ispunje rova.

Ponekad se u isti rov sidri i geomreža kada se koristi kao dodatak GCL-u. Sidreni rov se zakopava iskopanim ili nekim drugim materijalom koji neće oštetiti GCL. Rov ne smije biti krutih i oštih rubova.

Također, kako bi se izbjegli problemi s procjeđivanjem vode kroz nasutu građevinu, potrebno je osigurati da GCL bude bar 30 cm usidren iznad razine višegodišnje velike vode.

Preklop i spajanje GCL-a

Kako se ovaj proizvod isporučuje u namotajima širine 3,0 do 5,0 m i duljine oko 40 m, propisana je ugradnja okomito na os trase nasipa. Tijekom ugradnje rola GCL-a potrebno je izvesti preklapanje dviju traka u širini od 30 cm do 50 cm. Širina preklapanja ovisi uvelike o očekivanim deformacijama podloge te uvjetima izvedbe. Preklapanje se mora izvesti i u poprečnom i u uzdužnom smjeru, a preklopne se površine ručno posipaju bentonitnim prahom (minimalno 0,40 kg/m²). Bentonitni prah za preklapanje zatvaranje otvora mora biti istog sastava i kvalitete kao onaj u GCL-u te na jednak način pohranjen.

Osim bentonitnog praha, može se koristiti GCL koji već ima tvornički impregniran dodatni prah na rubnim preklapnim dijelovima.

Nije dopušteno hodanje po preklopima, onečišćenja, naknadno posipanje prahom niti trostruki preklopi.

Ugradnja zaštitnog sloja

GCL se u pravilu mora pokriti zaštitnim nadslojem tla čija je ugradnja najčešće ograničena na suhe uvjete bez prisustva vode. Debljina zaštitnog sloja je minimalno 60 cm, kako bi se spriječilo gužvanje GCL-a prilikom hidratacije i osigurao dobar kontakt s podlogom.

Zaštitni sloj nad GCL-om se mora predvidjeti s dovoljno velikom nožicom koja će pomoći stabilnosti pokosa. Korisno je nad GCL postaviti geomrežu koja će pomoći stabilnosti, pri čemu geomreža mora biti sidrena u rovu u kojem je sidren i GCL.

Minimalna debljina zaštitnog sloja od 30 cm vrijedi samo za privremene situacije u gradnji, kao zaštita GCL-a od bubrenja, zaštita od vremenskih uvjeta te zaštita od mehaničkog opterećenja pri daljnjoj izgradnji nasipa. Ukoliko nije moguće pokrivanje minimalnim slojem tla odmah nakon ugradnje, GCL je potrebno privremeno zaštititi od vremenskih utjecaja zaštitnim folijama.

Granulacija pokrovnog tla mora biti odgovarajuća gdje je granulometrijski sastav materijala od 0 - 25 mm. Ujedno se zahtjeva kemijska kompatibilnost tla (izbjegavati tla s visokim koncentracijama kalcija: vapnenac, dolomit). Kao zaštitni sloj se može koristiti i materijal nastao uslijed iskopa na predmetnoj lokaciji (primjerice iz zasjeka nasipa koji se rekonstruira), ali u tom je slučaju potrebno provesti ispitivanja navedenog materijala te za isti dobiti suglasnost nadzornog inženjera za ugradnju. Pokrovno tlo koje se postavlja na GCL ne smije sadržavati zrna s oštrim rubovima kako ne bi došlo do oštećenja proizvoda.

Zaštitni zemljani sloj iznad membrane potrebno je izvesti prema kotama projekta. Prilikom nasipavanja treba voditi računa da zemljani materijal ne ulazi u preklape. Također treba izbjegavati kretanje vozila izravno po nezatpanoj membrani pri čemu je minimalni zaštitni sloj po kojem vozilo smije prolaziti 30 cm.

3-03.5.2 Ugradnja geomembrane

Doprema geomembrane

Geomembrane se dopremaju i uskladištavaju na gradilištu u količini potrebnoj za izvođenje radova na polaganju bez prekida. Uskladištenje geomembrana na gradilištu mora biti provedeno na način da je isti zaštićen od jake svjetlosti i ultraljubičastih zraka, ali i proboja i habanja. Privremeno skladištenje geomembrane na gradilištu treba biti u skladu s uputama proizvođača, te se iste smiju skladištiti na ravnim površinama na kojima se ne zadržava voda. Tijekom skladištenja ne smije se dozvoliti gnječenje rola uslijed prekomjernog opterećenja (npr. slaganjem više rola jednu površ drugu).

Geomembrana, uobičajeno debljine od 0,75 do 3,0 mm, se doprema na gradilište u rolama širine 4,0 - 15,0 m. S rolama mase do 150 kg manipulira se ručno. Ako su role veće mase, polaganje treba izvesti pomoću pogodnih građevinskih strojeva ili vozila.

Uređenje podloge za geomembranu

Jednako kao i pri ugradnji GCL-a, prije ugradnje geomembrane potrebno je vrlo pažljivo pripremiti podlogu kako bi se minimalizirala oštećenja materijala. Podloga na koju se polaže geomembrana mora biti ravna i zbijena do stupnja 90%-tnog modificiranog Proctor-a za što se koriste glatki valjci. Površina mora biti očišćena od vegetacije, građevinskog otpada, oštrog kamenja, štapova i bez prisustva lokvi vode, rupa, pukotina u tlu i neravnina (npr. od kotača vozila). Iako različiti proizvođači daju različite preporuke za ugradnju geomembrane, zajednička preporuka je da se geomembrana treba polagati na pripremljenu, propisno zbijenu, ravnu podlogu bez izbočenja i udubljenja.

Radi osiguranja veće posmične otpornosti kontakta geomembrane - tlo, moguće je na pokosu nasute građevine izvesti stepeničasti ukop na koji se zatim polaže geomembrana. Međutim, iskustvo je pokazalo da je bolje geomembranu polagati na ravnu podlogu bez stepenica, iz razloga jer na rubovima stepenica geomembrana može ostati u zraku što može utjecati na nepropusnost. Nužan je kvalitetan kontakt geomembrane s podlogom kako bi mogla ostvariti svoja projektirana svojstva.

Iako se proizvode obostrano glatkih površina, obostrano hrapavih površina ili miješano (glatko / hrapavo), važno je uzeti u obzir činjenicu da hrapava površina geomembrane ima znatno veći kut trenja u kontaktu s tlom ili drugim geosintetikom u odnosu na glatku geomembranu. Stoga površina geomembrane može biti glatka ako se ista polaže na horizontalnu ili blago nagnutu

(nekoliko stupnjeva nagiba) površinu, ali u slučaju strmijeg pokosa nužno je koristiti hrapavu geomembranu.

Sve površine moraju biti uređene tako da se na njima ne može zadržavati voda.

Nadzorni inženjer će pregledom podloge i upisom u građevinski dnevnik odobriti ugradnju geomembrane.

Polaganje geomembrane

Ugradnja geomembrane se izvodi pomoću odgovarajuće opreme, a metode ugradnje se mogu podijeliti u četiri kategorije:

- a) ručno odmotavanje, kod kojeg se geomembrana postavlja na tlo i odmotava ručno
- b) kontrolirano postavljanje niz pokos, kod kojeg se geomembrana postavlja niz pokos polaganim otpuštanjem s opreme za ugradnju
- c) odmatanje sa nepomične role, gdje se jedan kraj role povlači na mjesto gdje se postavlja, a drugi kraj je nepomičan
- d) odmatanje sa pomične role, gdje se jedan kraj role postavlja na tlo, a ostatak role se odmotava duž dionice pomoću opreme za ugradnju.

Geomembrane dostavljene u rolama se polažu na način da je njihovo premještanje po gradilištu svedeno na minimum, a samo odmotavanje geomembrane vrši se na način da se izbjegne prekomjerno naprezanje. Tijekom polaganja geomembrana treba uzeti u obzir njihovo toplinsko (termalno) skupljanje i širenje te je stoga nužno na gradilištu odmotati samo one role koje će istoga dana biti spojene. Tijekom polaganja, geomembrane nije preporučljivo presavijati te se ne smiju bacati, povlačiti ili podizati na jednom kraju. Osim toga geomembrane nije preporučljivo polagati niti spajati u uvjetima visoke vlažnosti ili po vjetrovitom vremenu. Prilikom postavljanja geomembrane mora se osigurati njezina ravnost te se ne smiju pojaviti nabori i pregibi. Vozila i oprema za ugradnju ne smiju prelaziti direktno preko geomembrane. Ukoliko dođe do oštećenja geomembrane tijekom ugradnje, ista se popravljaju komadom nove geomembrane.

Geomembrana je poprilično krut materijal te može doći do njegovog pucanja pri sobnoj temperaturi prilikom rastezanja od 10 do 13%. Stoga je naročito potrebno posvetiti pažnju prilikom izvođenja ako su temperature tokom dana različite te se preporuča polaganje i spajanje geomembrana pri temperaturi zraka +5 °C do +40 °C.

Stabilnost i trajnost sustava geomembrane ovisi uvelike i o učinkovitosti njegovog sidrenja na vrhu pokosa nasute građevine. Sidrenje u kruni nasipa se može oblikovati na različite načine, ovisno o slobodnom prostoru na vrhu pokosa i primijenjenom opterećenju. Pri tome se mogu primijeniti sljedeće varijante sidrenja:

- ravno sidrenje
- L-sidrenje
- V-sidrenje.

Uloga sidrenog rova je izdržati vlak koji se javlja uslijed težine pokrovnih slojeva duž pokosa koji se postavljaju na ugrađenu geomembranu. Za sidrenje geomembrane u sidreni rov potrebno je prvo iskopati rov određenih dimenzija i položaja, pri čemu se njegove dimenzije i položaj trebaju odrediti proračunom, s obzirom na silu koju geomembrana prenosi u tlo. Za projektiranje sidrenog rova su, osim geometrije i svojstava trenja, važne i mehaničke karakteristike materijala ispune rova.

Rubovi rova trebaju biti lagano zaobljeni da se izbjegnu oštra savijanja geomembrane. Nevezano tlo, kamenje promjera većeg od 25 mm, te bilo koji drugi materijal koji bi mogao oštetiti geomembranu treba biti uklonjen s površine rova. Geomembranu treba razastrti preko prednjeg pokosa i dna sidrenog rova.

Ponekad se u isti rov sidri i geotekstil kao zaštitni sloj geomembrane. Sidreni rov se zakopava iskopanim ili nekim drugim materijalom koji neće oštetiti geomembranu. Rov ne smije biti krutih i oštih rubova.

Također, kako bi se izbjegli problemi s procjeđivanjem vode kroz nasutu građevinu, potrebno je osigurati da geomembrana bude bar 30 cm usidrena iznad razine višegodišnje velike vode.

Preklap i spajanje geomembrane

Role geomembrana se moraju spajati u skladu s normom ONORM S 2076-1. Postoji više načina spajanja geomembrane: spajanje vrućim varenjem, butil gumenom trakom, šivanjem, preklapanjem i bentonitom. U cilju osiguranja vodonepropusnosti, što je i glavni razlog primjene geomembrana u vodnom gospodarstvu, poželjno je koristiti metodu vrućeg varenja.

Metoda vrućeg varenja obuhvaća metodu ekstrudiranja i metodu varenja vrućim zrakom. Tijekom varenja, hladno vrijeme može utjecati na kvalitetu varenja, pa nije preporučljivo varenje pri temperaturama ispod 5 °C. Međutim, više od same temperature zraka, prisustvo vlage može biti puno veći problem.

Metoda ekstrudiranjem zahtjeva minimalnu debljinu folije od 1 mm za proizvodnju efektivnog vara bez distorzija, ali se preporuča primjena ovakve metode spajanja za debljine membrana veće od 1.5 mm. U pojedinim slučajevima je potrebno, prije samog ekstrudiranja izbrusiti HDPE foliju, zbog oksidiranja HDPE folije. Varenje ekstrudiranjem je spor proces varenja i najčešće se koristi za popravke, sanacije i oblikovanje detalja. Kod ove se metode varovi ispituju metodom vakuma pomoću staklenog vakumskog zvona.

Metoda varenja vrućim zrakom je relativno brza metoda varenja koja se najčešće koristi u praksi u vodnom gospodarstvu i to za geomembrane debljine od 1.0 mm do 3.0 mm. Postupkom se može postići visoka kvaliteta varova, gdje strojevi za varenje proizvode dva paralelna vara između kojih se nalazi prazan, zrakom ispunjen, kanal. Sama provjera kvalitete vara se izvodi varenjem kanala s početne i sa završne strane vara, gdje se trak pod tlakom upumpava i provjerom na manometru se kontrolira pad tlaka.

Butil gumena traka, kao dvostrana ljepljiva gumena traka, ima vrlo dobra svojstva prijanjanja, a kemijski je vrlo otporna i stabilna. Prilikom spajanja geomembrana ovom metodom, preporuča se preklap geomembrane od bar 30 cm, te je nužno da podloga bude čista kako bi se osigurala optimalna kvaliteta lijepljenja.

Od ostalih metoda, metoda šivanjem je najbrži i najjednostavniji način spajanja geomembrana, međutim potrebno je istu izbjegavati ako se želi osigurati potpuna vodonepropusnost, bez obzira što mala probušena površina još uvijek može osigurati relativno dobru vodoodrživost. Jednako tako, jednostavno preklapanje geomembrane od minimalno 30 cm bi također trebalo izbjegavati ako se želi osigurati vodoodrživost rješenja. Slično kao i kod GCL-a, preklap se može vršiti bentonitom u obliku praha i smole, s preporučenim preklapanjem od 40 cm, međutim sama tehnologija spajanja je više prilagođena za GCL.

Svakako se preporuča izvedba probnih spojeva, i to u terenskim uvjetima prije stvarnog spajanja. Probni spojevi se mogu izvesti na dijelovima koji se odstranjuju kao višak geomembrane. Same probne spojeve je potrebno izvoditi svaki dan prije nego se izvodi stvarno spajanje, uvijek kada dođe do promjena u osoblju koje izvodi spajanje ili u opremi kojom se izvodi spajanje te najmanje jednom u svaka četiri sata za svakog izvođača spajanja i za svaki dio opreme za spajanje koji se koristi tog dana.

Ugradnja zaštitnog sloja

Radi bolje zaštite od vanjskih utjecaja na geomembranu se kao zaštitni sloj često postavlja netkani geotekstil težine veće od 500 g/m², debljine bar 4 mm i otpornosti na statičko probijanje bar 6 kN, koji ujedno može služiti i kao dodatna mjera povećanja posmične stabilnosti prilikom ugradnje na pokosima, a može se koristiti i geokompozit geotekstila i geomreže, gdje geomreža, sidrena u rovu u kojem je sidrena i geomembrana, može pomoći stabilnosti.

Jednako kao i GCL, geomembrana se u pravilu mora pokriti zaštitnim nadslojem tla čija je ugradnja najčešće ograničena na suhe uvjete bez prisustva vode, pri čemu je debljina zaštitnog sloja minimalno 60 cm. Zaštitni sloj nad geomembranom se mora predvidjeti s dovoljno velikom nožicom koja će pomoći stabilnosti pokosa.

Granulacija pokrovnog tla mora biti odgovarajuća gdje je granulometrijski sastav materijala od 0 - 25 mm. Ujedno se zahtjeva kemijska kompatibilnost tla (izbjegavati tla s visokim koncentracijama kalcija: vapnenac, dolomit). Kao zaštitni sloj se može koristiti i materijal iz iskopa na predmetnoj lokaciji (primjerice iz zasjeka nasipa koji se rekonstruira), ali u tom je slučaju potrebno provesti ispitivanja navedenog materijala te za isti dobiti suglasnost nadzornog inženjera za ugradnju. Pokrovno tlo, koje se postavlja na geomembranama, ne smije sadržavati zrna s oštrim rubovima kako ne bi došlo do oštećenja proizvoda. Prije ugradnje zaštitnog sloja, geomembrana, spojevi i područja bez spojeva trebaju biti vizualno pregledani od strane nadzornog inženjera zbog mogućnosti pojave nedostataka, rupa ili oštećenja zbog vremenskih uvjeta ili aktivnosti za vrijeme izvođenja.

Zaštitni zemljani sloj iznad membrane potrebno je izvesti prema kotama projekta. Prilikom nasipavanja treba voditi računa da zemljani materijal ne ulazi u preklope. Također treba izbjegavati kretanje vozila izravno po nezatpanoj membrani, pri čemu je minimalni zaštitni sloj po kojem vozilo smije prolaziti 30 cm.

3-04 ZAHTJEVI KVALITETE

3-04.1 UREĐENJE SLABO NOSIVOG TEMELJNOG TLA

3-04.1.1 Geotekstil

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na geotekstil koji se koristi pri uređenju slabo nosivog temeljnog tla ili posteljice su:

- mehanički - sprječavanje miješanja materijala pri statičkim i dinamičkim djelovanjima
- hidraulički - ograničavanje ispiranja sitnog materijala, a time i sprječavanje transporta sitnog materijala u krupnozrni. Ovim se zahtjevima sprječava jednostrani zastoj vode na geotekstilu (učinak membrane) osiguranjem dovoljne propusnosti za vodu okomito na ravninu kao i u ravnini geotekstila
- postojanost.

Karakteristična svojstva geotekstila mjerodavna, ukoliko se koristi za uređenje slabo nosivog temeljnog tla ili izradu posteljice, su:

Mehanička svojstva:

- vlačna čvrstoća
prema HRN EN ISO 10319 F_{\max} kN/m
- izduženje u trenutku sloma
prema HRN EN ISO 10319 $\varepsilon_{F_{\max}}$ %
- umnožak (vlačna čvrstoća · istezanje uslijed najveće vlačne sile)
prema HRN EN ISO 10319 $F_{\max} \cdot \varepsilon_{F_{\max}}$ kN/m · %
- otpornost na statičko probijanje (CBR)
prema HRN EN ISO 12236 F_{CBR} kN
- otpornost na dinamičko probijanje ("Cone drop test")
prema HRN EN ISO 13433 O_d mm

Hidraulička svojstva:

- karakteristična širina otvora
prema HRN EN ISO 12956 O_{90} mm
 - vodopropusnost okomito na ravninu, bez opterećenja
prema HRN EN ISO 11058 V_{H50} mm/s
 - vodopropusnost okomito na ravninu, s opterećenjem
prema HRN EN ISO 10776 $q_{N50/\sigma}$ m/s
- alternativno
- vodopropusnost okomito na ravninu, s opterećenjem
prema DIN 60500-4 k_G m/s
 - određivanje kapaciteta otjecanja vode u ravnini
prema HRN EN ISO 12958 $q_{s,g}$ l/ms

Postojanost (karakterizirana smanjenjem čvrstoće u %):

- otpornost na utjecaj atmosferilija
prema HRN EN 12224 smanjenje %

- otpornost na utjecaje kemikalija

prema HRN EN ISO 12960

0,025 molarne sumporne kiseline

smanjenje %

vapneno mlijeko (pH 12.5)

smanjenje %

Minimalni zahtjevi koji se postavljaju na geotekstil utvrđuju se temeljem sljedećih ulaznih parametara koji se odnose na tlo, vodu u tlu te vanjska opterećenja.

Minimalni zahtjevi za mehanička svojstva

Prilikom utvrđivanja minimalnih zahtjeva koji se postavljaju na geotekstil potrebno je obratiti pažnju na dva slučaja; prvi kada se radi o geotekstilu velikog izduženja ($\epsilon_{F_{max}} > 30\%$) te drugi, kada se radi o geotekstilu malog izduženja ($\epsilon_{F_{max}} < 30\%$). Vrijednosti ovih minimalnih zahtjeva navedene u tablici 3-04.1.1-1 odnose se na uzdužni (MD) i poprečni (CMD) smjer, a vrijede samo za geotekstile s osnovnom funkcijom odvajanja.

Tablica 3-04.1.1-1 Minimalni zahtjevi za mehanička svojstva geotekstila

Klasa nosivosti tla	Debljina nasutog sloja, h_{min} [m]	Tip geotekstila	Mehanička karakteristika	Minimalni zahtjevi					
				Opterećenje					
				≤ 500 MN			> 500 MN		
				Vrsta materijala za nasipavanje					
				A	B	C	A	B	C
N_0 vrlo mala	0,5	$\epsilon_{F_{max}} > 30\%$	F_{max}^* [kN/m]	12	14	16	14	16	18
		$\epsilon_{F_{max}} < 30\%$	$F_{max} \cdot \epsilon_{F_{max}}$ [kN/m · %]	360	420	480	420	480	540
N_1 mala	0,4	$\epsilon_{F_{max}} > 30\%$	F_{max}^* [kN/m]	10	12	14	12	14	16
		$\epsilon_{F_{max}} < 30\%$	$F_{max} \cdot \epsilon_{F_{max}}$ [kN/m · %]	300	360	420	360	420	480
N_2 srednja	0,3	$\epsilon_{F_{max}} > 30\%$	F_{max}^* [kN/m]	6	8	10	8	10	12
		$\epsilon_{F_{max}} < 30\%$	$F_{max} \cdot \epsilon_{F_{max}}$ [kN/m · %]	180	240	300	240	300	360
$N_{3,4}$ velika, vrlo velika	0,2	$\epsilon_{F_{max}} > 30\%$	F_{max}^* [kN/m]	6	8	10	8	11	12
		$\epsilon_{F_{max}} < 30\%$	$F_{max} \cdot \epsilon_{F_{max}}$ [kN/m · %]	180	240	300	240	300	360
neovisno o nosivosti			$O_{d,max}$ [mm]	35	30	25	35	30	25
neovisno o nosivosti			F_{CBR} [N]	1500	2000	2500	1500	2000	2500

* Geotekstil za odvajanje malog izduženja ($\epsilon_{F_{max}} < 30\%$). mora uvijek zadovoljavati i ovaj zahtjev.

Oznake A, B i C odnose se na sloj znatog kamenog materijala koji će se neposredno nasipavati na geosintetski materijal. Pri tome oznake imaju sljedeće značenje:

A: šljunak, zaobljen $\varnothing \leq 150$ mm

B: šljunak, lomljeni $\varnothing \leq 150$ mm

C: ostali materijali za nasipanje, zaobljeni ili lomljeni, tucanik i slično

Za materijale s funkcijom armiranja vrijede druge odredbe koje trebaju biti definirane projektom.

Ovim poglavljem obuhvaćena je upotreba geosintetskih materijala na podlozi klase nosivosti N_0 , N_1 i N_2 . Kod nosivosti podloge N_3 ili veće, upotreba geosintetskih materijala kao slojeva za razdvajanje u pravilu nije potrebna.

Ukoliko se geosintetski materijal primjenjuje kao razdvajajući sloj kod podloga nosivosti N_3 i više, na njega se primjenjuju odredbe koje vrijede za klasu nosivosti N_2 .

Klase nosivosti korištene pri definiranju minimalnih zahtjeva koji se postavljaju na geotekstile navedene su u tablici 3-04.1.1-2.

Tablica 3-04.1.1-2 Klase nosivosti – karakteristike tla

Nosivost tla	Klasa nosivosti tla	CBR [%]	E_{v2} [MNm^{-2}]
vrlo mala	N_0	≤ 3	≤ 10
mala	N_1	3 – 5	10 – 20
srednja	N_2	5 – 10	20 – 60
velika	N_3	10 – 15	60 – 80
vrlo velika	N_4	>15	>80

Opterećenje se odnosi na ukupno opterećenje završenog sloja od znatog kamenog materijala, a prije nastavka radova, pri čemu je kategorija < 500 MN ekvivalentna kumulativnom opterećenju 22.000 m^3 šljunka, a kategorija > 500 MN ekvivalentna kumulativnom opterećenju 23.500 m^3 šljunka.

Minimalni zahtjevi za hidraulička svojstva

Kako sitne čestice tla ne bi bile protisnute kod dinamičkog napreznja bez vode (glavna funkcija odvajanje), kao i da kod statičkog i dinamičkog opterećenja s protokom vode budu u što većoj mjeri zadržane (sporedna funkcija filtriranje), geotekstil mora imati ograničenu maksimalnu vrijednost karakteristične širine otvora O_{90} , određenu prema HRN EN ISO 12956.

S druge strane, u području geotekstila ne smije doći do zastoja vode, što se osigurava dovoljnom propusnošću vode okomito na ravninu geotekstila koja se izražava indeksom brzine protoka pri razlici potencijala 50 mm (V_{H50}) određenoj prema HRN EN ISO 11058, ukoliko se mjerenje provodi bez opterećenja ili protokom okomito na ravninu geotekstila ($q_{N50/G}$) mjerenoj pri razlici potencijala 50 mm te pri različitim opterećenjima (obično 2, 20 i 200 kPa) na način opisan u normi HRN EN ISO 10776. Alternativno, koeficijent vodopropusnosti okomito na ravninu (k_G), kod efektivnog opterećenja koje uzrokuje materijal za nasipavanje može se odrediti prema DIN 60500-4.

Europska norma HRN EN ISO 11058 propisuje postupak ispitivanja vodopropusnosti okomito na površinu geotekstila, ali bez opterećenja. Rezultat ispitivanja je indeks brzine V_{H50} (m/s). Indeks brzine se često zamjenjuje koeficijentom vodopropusnosti k_G , zbog čega prilikom vrednovanja i ocjenjivanja sukladnosti materijala dolazi do nesporazuma. Hidraulička svojstva, određena prema HRN EN ISO 11058, moraju biti posebno označena kao indeks brzine V_{H50} , a ne kao k_G . Za slojeve s ulogom razdvajanja preporučeni je zahtjev $V_{H50} > 3 \text{ mm/s} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

Kod opterećenja nasipnim materijalom visine do 2 m, u pravilu se treba uvažavati vrijednost $q_{N50/G}$ (alternativno k_G), određena kod normalnog opterećenja 20 kN/m^2 , a za opterećenja nasipnim materijalom višim od 2 m vrijednosti određene pri normalnom opterećenju 200 kN/m^2 .

Ukoliko geotekstil pored uloge razdvajanja ima i ulogu filtriranja, mora ispunjavati odgovarajuće kriterije za filtarske geotekstile. Minimalni zahtjevi na hidraulička svojstva geosintetskih materijala navedeni su u tablici 3-04.1.1-3.

Tablica 3-04.1.1-3 Hidraulički minimalni zahtjevi za geotekstil s funkcijom odvajanja

tlo	karakteristična veličina otvora O_{90} [mm]	vodopropusnost (okomito na ravninu) DIN 60500-4 $k_{G,min}$ [m/s]	vodopropusnost (okomito na ravninu) HRN EN ISO 11058 V_{H50} [m/s]
pijesak (SW, SP)	$0,05 < O_{90} < 0,5$	$> 10^{-4}$	$> 3 \cdot 10^{-3}$
mješavine pijeska, praha i gline (ML, SM, SM-ML, SM-SC, GM-GC)	$0,05 < O_{90} < 0,2$	$> 10^{-5}$	$> 3 \cdot 10^{-3}$
glina i mješavine s glinom (CL, CL-ML, SC-CL, SC, GC, CH)	$0,05 < O_{90} < 0,5$	$> 10^{-6}$	$> 3 \cdot 10^{-3}$
organska tla (OL, OH, Pt)	$0,05 < O_{90} < 0,5$	$> 10^{-4}$	$> 3 \cdot 10^{-3}$

Ako se geosintetik koristi u funkciji dreniranja, mora zadovoljiti i zahtjev na transmisivnost – protok u ravnini geosintetika, $q_{s,g}$. Geotekstili su proizvodi bez veće propusnosti u ravnini i kao takvi ne dolaze u obzir za funkciju dreniranja, već se koriste višeslojni geokompozitni materijali (propusna trodimenzionalna jezgra s vanjskim filtarskim geotekstilom). Vrijednost transmisivnosti, $q_{s,g}$, se određuje prema HRN EN ISO 12958 uz održavanje konstantnog hidrauličkog gradijenta (g) jednakog 1 i normalno naprezanje (s) od 20 kPa i 200 kPa. Minimalne zahtijevane vrijednosti transmisivnosti određuju se proračunom u okviru projekta.

Minimalni zahtjevi na postojanost

Geotekstil je u dugoročnoj normalnoj primjeni dovoljno postojan, ukoliko kod ispitivanja postojanosti nije utvrđeno bitno opadanje čvrstoće. „Normalnim“ se smatra ugradnja u prirodna tla i rastresite materijale, kao i prirodne podzemne vode, bez izlaganja geotekstila stalnim izravnim vremenskim utjecajima.

Odgovarajuća ispitivanja u pravilu obuhvaćaju ona koja daju informaciju o:

- kemijskoj otpornosti u kiselom i lužnatom okruženju;
- biološkoj otpornosti;
- otpornosti na vremenske utjecaje (UV-zračenje).

Geotekstil od uobičajenih sintetskih sirovina u pravilu je biološki otporan i neće biti oštećen ili uništen djelovanjem mikroorganizama.

Granične vrijednosti za dopušteno smanjenje čvrstoće kod geotekstila s osnovnim zadaćama odvajanja, filtriranja i dreniranja kod upotrebe u normalnom, prirodnom tlu i podzemnim vodama prikazane su u tablici 3-04.1.1-4.

Geotekstil koji u postupcima ispitivanja ne pokaže statički bitno opadanje čvrstoće smatra se visoko postojanim za normalne namjene te se može koristiti za sve primjene gdje je pokriven zemljom, bez izravnih vremenskih utjecaja te u načelu, također, i za stalne zadaće.

Tablica 3-04.1.1-4 Maksimalno dopušteno smanjenje vlačne čvrstoće geotekstila

Trajnost funkcije geotekstila	Privremeno (≤ 2 godine)	Stalno (> 2 godine)
Otpornost na vremenske utjecaje	maks. 25 %	maks. 5 %
Biološka otpornost	maks. 25 %	maks. 5 %
Kemijska otpornost u:		
kiselom okruženju $pH < 4$	maks. 25 %	maks. 5 %
normalnom tlu i vodi $4 < pH < 9$	maks. 25 %	maks. 25 %
lužnatom okruženju $pH > 9$	maks. 25 %	maks. 5 %

Normalna, nekontaminirana tla općenito ne sadrže kritične kemikalije koje su štetne za postojani geotekstil od sintetskih sirovina koje se danas koriste za proizvodnju geotekstila. To vrijedi u slučaju kada se pH-vrijednost tla kreće u području od pH 4 do 9, dok je u kiselom tlu s pH<4 te posebice u jako lužnatom tlu s pH>9 potrebna točnija analiza.

Kod primjene geotekstila u tlu koje je stabilizirano hidrauličkim vezivima (vapno, cement), kao i u kontaktu sa svježim betonom gdje se mogu očekivati pH-vrijednosti u području od 11 do 12, smiju se primjenjivati samo proizvodi koji su u potpunosti otporni na alkalije.

Ne smije se koristiti geotekstil od poliesterskih vlakana (PET), osim ako za te proizvode nije posebno dokazana njihova stabilnost.

Ukoliko se pretpostavlja da će geosintetik ostati nepokriven nekoliko tjedana, potrebno je provesti ispitivanje prema HRN EN 12224 kojim se mora dokazati da je proizvod za to prikladan. Vrijede minimalni zahtjevi sukladno tablici 3-04.1.1-5 (u zgradama su vrijednosti koje se primjenjuju ako nije potrebna dugotrajna čvrstoća, primjerice geotekstili s ulogom odvajanja i filtriranja).

Tablica 3-04.1.1-5 Analiza postojanosti na vremenske utjecaje

Maksimalno dopušteno vrijeme do prekrivanja	Maksimalno dopušteno smanjenje čvrstoće nakon izlaganja vremenskim utjecajima, prema HRN EN 12224
1 do 4 mjeseca	20% (40 %)
2 tjedna	40% (80 %)
2 dana	nije potrebno ispitivanje

Čvrstoća spojeva

Čvrstoća lijepljenih ili varenih spojeva dokazuje se ispitivanjem spoja na posmik i guljenje prema HRN EN ISO 10321, pri čemu do popuštanja mora nastupiti trganjem spoja, ali ne u materijalu spoja.

Čvrstoća spoja mora biti identična čvrstoći osnovnog materijala.

Provodi se minimalno jedno ispitivanje spoja na 500 m' izvedenog spoja.

3-04.1.2 Geomreže

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na geomreže za uređenje temeljnog tla su oni koji se odnose na geometriju, mehanička svojstva te postojanost.

Zahtjevi kvalitete geomreže koja se koristi pri uređenju slabo nosivog temeljnog tla ili posteljice moraju biti postavljeni u dijelu projekta koji se odnosi na temeljno tlo.

Ukoliko su ti zahtjevi izostali, preporučuje se da geomreža zadovoljava sljedeće zahtjeve:

- veličina otvora mreže, D (MD/CMD) max 40/30 mm
- vlačna čvrstoća F_{max} , HRN EN ISO 10319 min 30/30 kN/m
- vlačna čvrstoća pri izduženju $\varepsilon=2\%$, F_5 , HRN EN ISO 10319 min 10/10 kN/m
- vlačna čvrstoća pri izduženju $\varepsilon=5\%$, F_5 , HRN EN ISO 10319 min 20/20 kN/m
- izduženje u trenutku sloma $\varepsilon_{F_{max}}$, HRN EN ISO 10319 max 10/10 %
- otpornost na utjecaj atmosferilija, smanjenje čvrstoće u %, HRN EN ISO 12224 max 25%

Za prvih 20 000 m² materijala (geotekstila ili geomreže) isporučenog na gradilište i ugrađenog potrebno je provoditi ispitivanje na svakih 5 000 m², dok se za količine materijala iznad 20 000 m² ispitivanje provodi na svakih 10 000 m² materijala.

3-04.2 GEOMREŽE ZA OJAČANJE NASIPA

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na geomreže za ojačanje nasipa su oni koji se odnose na geometriju, mehanička svojstva te postojanost.

Zahtjevi kvalitete geomreže koja se koristi pri ojačanju nasipa moraju biti postavljeni u dijelu projekta koji se odnosi na izvedbu nasipa.

Ukoliko su ti zahtjevi izostali, preporučuje se da geomreža zadovoljava sljedeće zahtjeve:

- | | |
|--|----------------|
| • veličina otvora mreže, D (MD/CMD) | max 50/50 mm |
| • vlačna čvrstoća F_{max} , HRN EN ISO 10319 | min 55/45 kN/m |
| • izduženje u trenutku sloma $\epsilon_{F_{max}}$, HRN EN ISO 10319 | max 10/10 % |
| • otpornost na utjecaj atmosferilija, smanjenje čvrstoće u %, HRN EN ISO 12224 | max 25% |

Za prvih 20 000 m² materijala geomreže isporučenog na gradilište i ugrađenog potrebno je provoditi ispitivanje na svakih 5 000 m², dok se za količine materijala iznad 20 000 m² ispitivanje provodi na svakih 10 000 m² materijala.

3-04.3 ZAŠTITA POKOSA I DRUGIH POVRŠINA IZLOŽENIH EROZIJI

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na geosintetike (geopletiva, geotekstil, geomreža) koji se koriste pri zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji su:

- mehanički - sprječavanje odnošenja materijala te zaštita vegetacije u onom razdoblju koje je potrebno da se ona prihvati i ukorijeni te tako osigura pokos, samostalno ili u kombinaciji s vegetativnom zaštitom koja doprinosi stabilizaciji pokosa, ali se sama ne bi mogla održati
- postojanost.

Karakteristična svojstva geosintetika, mjerodavna ukoliko se koriste pri zaštiti pokosa i drugih površina izloženih eroziji su:

Mehanička svojstva:

- | | | |
|-------------------------------|----------------------|------|
| • vlačna čvrstoća | | |
| <i>prema HRN EN ISO 10319</i> | F_{max} | kN/m |
| • izduženje u trenutku sloma | | |
| <i>prema HRN EN ISO 10319</i> | $\epsilon_{F_{max}}$ | % |

Postojanost (karakterizirana smanjenjem čvrstoće u %):

- | | |
|--------------------------------------|-------------|
| • otpornost na utjecaj atmosferilija | |
| <i>prema HRN EN 12224</i> | smanjenje % |

Zahtjevi kvalitete geopletiva, geotekstila i geomreža koji se koriste za zaštitu i uređenje pokosa i drugih površina izloženih eroziji moraju biti postavljeni u dijelu projekta koji se odnosi na zaštitu i uređenje pokosa i drugih površina izloženih eroziji.

Ukoliko su ti zahtjevi izostali, preporučuje se da geosintetik zadovoljava zahtjeve navedene u nastavku.

3-04.3.1 Geopletiva

- | | |
|---|------------------|
| • vlačna čvrstoća F_{max} (MD/CMD) | |
| <i>prema HRN EN ISO 10319</i> | min 1,8/1,8 kN/m |
| • izduženje u trenutku sloma $\epsilon_{F_{max}}$, | |
| <i>prema HRN EN ISO 10319</i> | max 30/30% |
| • otpornost na utjecaj atmosferilija, smanjenje čvrstoće u %, <i>prema HRN EN ISO 12224</i> | max 10% |

3-04.3.2 Geotekstil

Za zaštitu i uređenje pokosa i drugih površina izloženih eroziji koriste se prvenstveno biodegradibilni geotekstili izrađeni od jutelih, kokosovih ili sličnih vlakana kao i od drvene sječke, samostalno ili u kombinaciji s mrežom izrađenom od prirodnih ili umjetnih vlakana.

geotekstil od prirodnih vlakana, drvene sječke ili u kombinaciji s mrežom od prirodnih vlakna;

- vlačna čvrstoća F_{max} (MD/CMD),
prema HRN EN ISO 10319 min 1/1 kN/m
- izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax}
prema HRN EN ISO 10319 max 30/30 %
- debljina,
prema HRN EN ISO 9863-1 min 6 mm
- vodopropusnost okomito na ravninu bez opterećenja, V_{H50} ,
prema HRN EN ISO 11058 min $1,5 \cdot 10^{-3}$ mm/s

geotekstil od prirodnih vlakana ili drvene sječke u kombinaciji s mrežom od umjetnih vlakana;

- vlačna čvrstoća F_{max} (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 2/2 kN/m
- izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax}
prema HRN EN ISO 10319 max 30/30 %
- debljina,
prema HRN EN ISO 9863-1 min 8 mm
- vodopropusnost okomito na ravninu bez opterećenja, V_{H50}
prema HRN EN ISO 11058 min $1,5 \cdot 10^{-3}$ mm/s

3-04.3.3 Geomreže

Geomreža koja se koristi za zaštitu pokosa i drugih površina izloženih eroziji u koherentnim materijalima (uobičajena primjena mreža od prirodnih vlakana) treba zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

- vlačna čvrstoća F_{max}
prema HRN EN ISO 10319 min 5/2 kN/m
- izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax}
prema HRN EN ISO 10319 max 25/30 %
- otpornost na utjecaj atmosferilija (od umjetnih vlakana), smanjenje čvrstoće u %
prema HRN EN ISO 12224 max 10 %

Geomreža koja se koristi za zaštitu pokosa u nekoherentnim i stjenovitim tlima mora zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

- veličina otvora mreže, D (MD/CMD) min 25/30 mm
- vlačna čvrstoća F_{max}
prema HRN EN ISO 10319 min 12/18 kN/m
- vlačna čvrstoća pri izduženju $\varepsilon=5\%$, F_5
prema HRN EN ISO 10319 min 8/12 kN/m
- otpornost na utjecaj atmosferilija, smanjenje čvrstoće u %
prema HRN EN ISO 12224 maksimalno 10%

3-04.4 IZRADA PODLOGE ZA ZAŠTITU ROVOVA I KANALA

Zahtjevi kvalitete geotekstila koji se koristi:

- kao samostalna podloga žičanim ili plastičnim gabionskim madracima od lomljenog kamena koji se koriste za zaštitu dna i pokosa kanala
- u kombinaciji sa šljunkom kao podloga elementima zaštite (betonski elementi) pri izradi obaloutvrda kao i zaštite dna i pokosa lateralnih, oteretnih ili drugih kanala betonom ili betonskim prizmama s reškama u cementnom mortu
- u kombinaciji sa šljunkom i betonom kao podloga elementima zaštite (obrađeni kamen ili betonske prizme) pri izradi zaštite dna i pokosa kanala obrađenim kamenom ili betonskim prizmama s reškama u cementnom mortu,

moraju biti postavljeni u projektu zaštite kanala.

Ukoliko su ti zahtjevi izostali, preporučuje se da geotekstil zadovoljava sljedeće zahtjeve:

Geotekstil kao samostalna podloga žičanim ili plastičnim gabionskim madracima

- vlačna čvrstoća F_{max} (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 30/30kN/m
- izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax} , (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 max 80/80%
- otpornost na statičko probijanje (CBR) F_{CBR}
prema HRN EN ISO 12236 min 4000 N
- otpornost na dinamičko probijanje, O_d
prema HRN EN ISO 13433 max 10 mm
- vodopropusnost okomito na ravninu, bez opt., V_{H50}
prema HRN EN ISO 11058 min 45 mm/s
- vodopropusnost okomito na ravninu, sa opt., $q_{N50/G}$
prema HRN EN ISO 10776 min $3 \cdot 10^{-3}$ m/s

alternativno

- vodopropusnost okomito na ravninu, sa opt., k_G
prema DIN 60500-4 min $3 \cdot 10^{-3}$ m/s
- karakteristična širina otvora, O_{90}
prema HRN EN ISO 12956 max 80 μ m
- otpornost na utjecaj atmosferilija, smanjenje čvrstoće u %
prema HRN EN ISO 12224 max 10%
- otpornost na utjecaje kemikalija, smanjenje čvrstoće u %
prema HRN EN ISO 12960 max 5%

Geotekstil u kombinaciji sa šljunkom kao podloga elementima zaštite

- karakteristična širina otvora, O_{90}
prema HRN EN ISO 12956 max 80 μ m
- otpornost na utjecaj atmosferilija, smanjenje čvrstoće u %
prema HRN EN ISO 12224 max 10%

- otpornost na utjecaje kemikalija, smanjenje čvrstoće u %
prema HRN EN ISO 12960 max 5%

Geotekstil u kombinaciji sa šljunkom i betonom kao podloga elementima zaštite

- vlačna čvrstoća F_{max} (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 30/30kN/m
 - izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax} , (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 max 80/80%
 - otpornost na statičko probijanje (CBR), F_{CBR}
prema HRN EN ISO 12236 min 4000 N
 - otpornost na dinamičko probijanje, O_d
prema HRN EN ISO 13433 max 10 mm
 - vodopropusnost okomito na ravninu, bez opt. V_{H50}
prema HRN EN ISO 11058 min 40 mm/s
 - vodopropusnost okomito na ravninu, sa opt. $q_{N50/\sigma}$
prema HRN EN ISO 10776 min $3 \cdot 10^{-3}$ m/s
- alternativno
- vodopropusnost okomito na ravninu, sa opt., k_G
prema DIN 60500-4 min $3 \cdot 10^{-3}$ m/s
 - karakteristična širina otvora, O_{90}
prema HRN EN ISO 12956 max 80 μ m
 - otpornost na utjecaj atmosferilija, smanjenje čvrstoće u %
prema HRN EN ISO 12224 max 10%
 - otpornost na utjecaje kemikalija, smanjenje čvrstoće u %
prema HRN EN HRN EN ISO 12960 max 5%

3-04.5 OSIGURANJE VODONEPROPUSNOSTI NASUTIH GRAĐEVINA

3-04.5.1 Geosintetski glineni tepih (GCL)

Proizvođači GCL-a često jamče kvalitetu (trajnost i funkcionalnost) svoga proizvoda ukoliko izvođač vrši ugradnju pod njihovim nadzorom ili ima njihovu potvrdu o podobnosti izvođenja tih radova na temelju prethodnih iskustava. To proizlazi iz posebne tehnologije i uvjeta koje ovaj proizvod zahtijeva pri ugradnji.

Proizvođač mora naručitelju dati certifikate kvalitete i kontrole proizvodnje te odgovarajuće reference glede dosadašnjeg proizvodnog iskustva kao i mjesta primjene. Ovjereni certifikati od strane proizvođača moraju sadržavati podatke o bubrenju i gubitku fluida bentonita, količini bentonita po kvadratnom metru, masi primijenjenog geotekstila i čvrstoći GCL-a.

Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na GCL-u u osiguranju vodonepropusnosti nasutih građevina su:

- hidraulički – najvažniji zahtjev uzimajući u obzir ulogu GCL-a
- mehanički
- postojanost.

Hidraulička svojstva:

- sadržaj bentonita (pri sadržaju vode <15 %)

<i>prema HRN EN 14196</i>	prirodni ili aktivirani natrijum bentonit $\geq 4500 \text{ g/m}^2$ kao prah ili granulat
---------------------------	---
- vodopropusnost (za debljinu od 1 cm)

<i>prema HRN EN 16416</i>	max $1 \cdot 10^{-10}$ m/s
---------------------------	----------------------------
- kapacitet upijanja vode bentonita

<i>prema HRN EN ISO 10769</i>	min 600 %
-------------------------------	-----------

Mehanička svojstva:

- vlačna čvrstoća netkanog geotekstila GCL-a

<i>prema HRN EN ISO 10319</i>	min 15 kN/m
-------------------------------	-------------
- vlačna čvrstoća tkanog geotekstila GCL-a i kombiniranih proizvoda

<i>prema HRN EN ISO 10319</i>	min 50 kN/m
-------------------------------	-------------
- izduženje u trenutku sloma

<i>prema HRN EN ISO 10319</i>	max 30/30 %
-------------------------------	-------------
- otpornost na statičko probijanje (CBR) GCL-a

<i>prema HRN EN ISO 12236</i>	min 3,5 kN
-------------------------------	------------
- vanjska posmična otpornost GCL-a

<i>prema HRN EN ISO 12957</i>	prema projektu
-------------------------------	----------------
- unutarnja posmična otpornost GCL-a

<i>prema ASTM D6243</i>	prema projektu
-------------------------	----------------
- čvrstoća spojeva u pokusu guljenja

<i>prema HRN EN ISO 13426-2</i>	min 100 N / 10 cm
---------------------------------	-------------------

Postojanost:

- otpornost na utjecaj atmosferilija, smanjenje čvrstoće u %

<i>prema HRN EN 12224</i>	max 10%
---------------------------	---------
- ciklusi vlaženja i sušenja (povećanje propusnosti)

<i>prema HRS CEN/TS 14417</i>	prema projektu, ovisno o broju ciklusa
-------------------------------	--
- ciklusi smrzavanja i odmrzavanja (povećanje propusnosti)

<i>prema HRS CEN/TS 14418</i>	prema projektu, ovisno o broju ciklusa
-------------------------------	--
- indeks bubrenja

<i>prema ASTM D5890</i>	min 25 mL
-------------------------	-----------
- indeks gubitka fluida

<i>prema ASTM D5891</i>	max 18 mL
-------------------------	-----------
- ostale karakteristike postojanosti

<i>prema normama iz poglavlja 3-02.3.3</i>	prema projektu
--	----------------

3-04.5.2 Geomembrana

Proizvođači geomembrane često jamče kvalitetu (trajnost i funkcionalnost) svoga proizvoda ukoliko izvođač vrši ugradnju pod njihovim nadzorom ili ima njihovu potvrdu o podobnosti izvođenja tih radova na temelju prethodnih iskustava. To proizlazi iz posebne tehnologije i uvjeta koje ovaj proizvod zahtijeva pri ugradnji.

Proizvođač mora naručitelju dati certifikate kvalitete i kontrole proizvodnje te odgovarajuće reference glede dosadašnjeg proizvodnog iskustva kao i mjesta primjene. Ovjereni certifikati od strane proizvođača moraju sadržavati podatke o čvrstoći i izduženju geomembrane, njezinoj vodopropusnosti te o ključnim termalnim svojstvima. Osnovni zahtjevi koji se postavljaju na geomembranu u osiguranju vodonepropusnosti nasutih građevina su:

- hidraulički – najvažniji zahtjev uzimajući u obzir ulogu geomembrane
- mehanički
- termalni
- postojanost.

Hidraulička svojstva:

- vodopropusnost
prema HRN EN 14150 max $1 \cdot 10^{-10}$ m/s

Mehanička svojstva:

- vlačna čvrstoća pri popuštanju
prema HRN EN 527-3 min 15 MPa
- vlačna čvrstoća pri slomu
prema HRN EN 527-3 min 35 MPa
- izduženje pri popuštanju
prema HRN EN 527-3 min 12 %
- izduženje pri slomu
prema HRN EN 527-3 min 700 %
- otpornost na statičko probijanje (CBR)
prema HRN EN ISO 12236 min 5,0 kN
- pomak pri statičkom probijanju
prema HRN EN ISO 12236 ≥ 100 mm
- vanjska posmična otpornost geomembrane
prema HRN EN ISO 12957 prema projektu
- čvrstoća prsnuća i izduženja
prema HRN EN 14151 $\geq 30\%$
- čvrstoća na paranje
prema ASTM D1004 ≥ 30 kN/m
- posmična otpornost spojeva
prema HRN EN 12317 ≥ 900 N/50mm
- otpornost spojeva na razdvajanje
prema HRN EN 12316 ≥ 150 N/50mm

Termalna svojstva:

- pregibljivost pri niskim temperaturama
prema HRN EN 495-5 bez pukotina na -40°C
- koeficijent linearnog termalnog širenja
prema ASTM D696 $< 1 \cdot 10^{-5} \text{ cm/cm}^{\circ}\text{C}$

Postojanost:

- oksidacijska postojanost
prema HRN EN 14575 80°C , 180 dana
- pojava pukotina uslijed naprezanja zbog uvjeta okoline
prema HRN EN 14576 $\geq 400 \text{ h}$
- ostale karakteristike postojanosti
prema normama iz poglavlja 3-02.4.4 prema projektu

3-04.6 IZRADA TEMELJNOG MADRACA

Zahtjevi kvalitete geosintetika koji se koriste pri izradi temeljnih madraca od:

- fašinskih snopova ili kasetiranih fašinskih koba i lomljenog kamena iz plovnih objekata (geotekstila ili armiranog geotekstila)
- kasetiranih fašinskih koba i lomljenog kamena iz plovnih objekata (geokompozita - geotekstila na plastičnoj mreži)
- kasetiranih fašinskih koba i lomljenog kamena iz plovnih objekata (geomreža)

moraju biti postavljeni u dijelu projekta koji se odnosi na izradu temeljnih madraca.

Ukoliko su ti zahtjevi izostali, preporučuje se da upotrebljeni geosintetici zadovoljavaju sljedeće zahtjeve:

Geotekstil ili armirani geotekstil

za *mala mehanička opterećenja*

- vlačna čvrstoća F_{\max} (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 30/15kN/m
- izduženje u trenutku sloma $\varepsilon_{F_{\max}}$, (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 max 80/80%
- otpornost na statičko probijanje (CBR), F_{CBR}
prema HRN EN ISO 12236 min 5000 N
- otpornost na dinamičko probijanje, O_d
prema HRN EN ISO 13433 max 15 mm

za *velika mehanička opterećenja*

- vlačna čvrstoća F_{\max} (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 60/30kN/m
- izduženje u trenutku sloma $\varepsilon_{F_{\max}}$, (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 max 90/80%
- otpornost na statičko probijanje (CBR), F_{CBR}
prema HRN EN ISO 12236 min 9500 N

- otpornost na dinamičko probijanje, O_d
prema HRN EN ISO 13433 max 8 mm

Geokompozit (geotekstil na plastičnoj mreži)

za *mala* mehanička opterećenja

svojstva **geomreže**:

- veličina otvora mreže, D (MD/CMD) max 40/40 mm
- vlačna čvrstoća F_{max} , (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 40/30 kN/m
- izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax} , (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 max 20/20%

svojstva **geotekstila**:

- vlačna čvrstoća F_{max} (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 30/15 kN/m
- izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax} , (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 max 40/40%
- otpornost na statičko probijanje (CBR), F_{CBR}
prema HRN EN ISO 12236 min 4000 N
- otpornost na dinamičko probijanje, O_d
prema HRN EN ISO 13433 max 15 mm

za *velika* mehanička opterećenja

svojstva **geomreže**:

- veličina otvora mreže, D (MD/CMD) max 50/50 mm
- vlačna čvrstoća F_{max} , (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 55/45 kN/m
- izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax} , (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 max 35/35%

svojstva **geotekstila**:

- vlačna čvrstoća F_{max} (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 min 30/30kN/m
- izduženje u trenutku sloma ε_{Fmax} , (MD/CMD)
prema HRN EN ISO 10319 max 80/80%
- otpornost na statičko probijanje (CBR), F_{CBR}
prema HRN EN ISO 12236 min 5000 N
- otpornost na dinamičko probijanje, O_d
prema HRN EN ISO 13433 max 10 mm

Geomreža

za *mala* mehanička opterećenja

- veličina otvora mreže, D (MD/CMD) max 50/50 mm

- vlačna čvrstoća F_{\max}
prema HRN EN ISO 10319 min 40/30 kN/m
- izduženje u trenutku sloma $\varepsilon_{F_{\max}}$
prema HRN EN ISO 10319 max 20/20 %

za **velika** mehanička opterećenja

- veličina otvora mreže, D (MD/CMD) max 50/50 mm
- vlačna čvrstoća F_{\max}
prema HRN EN ISO 10319 min 55/45kN/m
- izduženje u trenutku sloma $\varepsilon_{F_{\max}}$
prema HRN EN ISO 10319 max 35/35 %

Obzirom na odabranu širinu trake geosintetika prilikom dobave i obzirom na projektiranu veličinu (površinu) fašinskog madraca, geosintetik se do potrebne veličine kroji i spaja posebnim sintetičkim koncem debljine 3 mm ili spojnicama s preklopom od najmanje 10 cm, a na fašinske snopove ili kobe se veže žicom broj 18 do 20.

3-05 NAČIN PREUZIMANJA IZVEDENIH RADOVA

Položeni geosintetik ocjenjuje i preuzima nadzorni inženjer na temelju rezultata provedenih tekućih i kontrolnih ispitivanja.

Sve ustanovljene manjkavosti prema navedenim zahtjevima izvođač je dužan otkloniti.

Svi troškovi otklanjanja ustanovljenih manjkavosti terete izvođača, uključujući i sva dodatna ispitivanja i mjerenja koje je potrebno provesti da se ustanovi kvaliteta sanacije.

Za sve radove koji ne zadovoljavaju propisane zahtjeve kvalitete, a izvođač ih nije sanirao po zahtjevu nadzornog inženjera, izvođač nema pravo tražiti nikakvo plaćanje.

3-06 OBRAČUN RADOVA

Dobava, polaganje i spajanje geosintetika, uključujući konac (geotekstil), spojnice (geomreže) i bentonitni prah (GCL), vruće varenje ili neki drugi način spajanja (geomembrane) te svi preklopi, kao i sav potreban rad i materijal te sva kontrolna ispitivanja, obračunavaju se po kvadratnom metru (m²) ugrađenog geosintetika. Osnovica za proračun je projekt ili izmjera na terenu.

Količina za obračun određuje se iz dokumenata izvedenog stanja koje kontrolira i ovjerava nadzorni inženjer. Nadzorni inženjer kontrolira i ovjerava geodetsku izmjeru podloge na koju se postavlja geosintetik prije njegovog polaganja, što se upisuje u dokumente izvedenog stanja.

3-07 NORME I TEHNIČKI PROPISI

Ovdje je naveden samo dio normi i propisa koji se odnose na radove, građevinske proizvode i opremu u ovom poglavlju. Izvođači i projektanti su dužni uzeti u obzir i sve ostale važeće zakone, norme i propise koji nisu ovdje navedeni, a odnose se posredno ili neposredno na radove, građevinske proizvode i opremu iz ovog poglavlja.

3-07.1 NORME

NORMA	HRVATSKI NAZIV
HRN EN 495-5:2013	Savitljive hidroizolacijske trake -- Određivanje pregibljivosti pri niskoj temperaturi -- 5. dio: Plastične i elastomerne hidroizolacijske trake za krovove (EN 495-5:2013)
HRN EN ISO 527-3:2019	Plastika -- Određivanje rastezних svojstava -- 3. dio: Ispitni uvjeti za filmove i folije (ISO 527-3:2018; EN ISO 527-3:2018)
HRN EN ISO 527-4:2008	Plastika -- Određivanje rastezних svojstava -- 4. dio: Uvjeti ispitivanja izotropnih i ortotropnih plastičnih kompozita ojačanih vlaknima (ISO 527-4:1997; EN ISO 527-4:1997)
HRN EN ISO 9862:2005	Geosintetici -- Uzorkovanje i priprema ispitnih uzoraka (ISO 9862:2005; EN ISO 9862:2005)
HRN EN ISO 9863-1:2016	Geosintetici -- Određivanje debljine pri određenim tlakovima -- 1. dio: Jednoslojni (ISO 9863-1:2016; EN ISO 9863-1:2016)
HRN EN ISO 9863-1:2016/A1:2020	Geosintetici -- Određivanje debljine pri određenim tlakovima -- 1. dio: Jednoslojni (ISO 9863-1:2016/Amd 1:2019; EN ISO 9863-1:2016/A1:2019)
HRN EN ISO 9863-2:2002	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje debljine pri određenim tlakovima -- 2. dio: Postupak određivanja debljine pojedinačnih slojeva višeslojnih proizvoda (ISO 9863-2:1996; EN ISO 9863-2:1996)
HRN EN ISO 9864:2005	Geosintetici -- Ispitna metoda za određivanje mase po jedinici površine geotekstila i proizvoda srodnih s geotekstilom (ISO 9864:2005; EN ISO 9864:2005)
HRN EN ISO 10318-1:2015	Geosintetici -- 1.dio: Nazivi i definicije (ISO 10318-1:2015; EN ISO 10318-1:2015)
HRN EN ISO 10318-1:2015/A1:2018	Geosintetici -- 1.dio: Nazivi i definicije (ISO 10318-1:2015/Amd 1:2018; EN ISO 10318-1:2015/A1:2018)
HRN EN ISO 10318-2:2015	Geosintetici -- 2. dio: Simboli i piktogrami (ISO 10318-1:2015; EN ISO 10318-2:2015)
HRN EN ISO 10318-2:2015/A1:2018	Geosintetici -- 2. dio: Simboli i piktogrami (ISO 10318-2:2015/Amd 1:2018; EN ISO 10318-2:2015/A1:2018)
HRN EN ISO 10319:2015	Geosintetici -- Vlačno ispitivanje na širokim trakama (ISO 10319:2015; EN ISO 10319:2015)
HRN EN ISO 10320:2019	Geosintetici -- Identifikacija na gradilištu (ISO 10320:2019; EN ISO 10320:2019)
HRN EN ISO 10321:2008	Geosintetici -- Vlačno ispitivanje spojeva/šavova na širokim trakama (ISO 10321:2008; EN ISO 10321:2008)
HRN EN ISO 10722:2019	Geosintetici -- Postupak ispitivanja za indeksni pokazatelj mehaničkog oštećenja pod djelovanjem opterećenja koje se ponavlja -- Oštećenje uzrokovano zrnatim materijalom (laboratorijska metoda ispitivanja) (ISO 10722:2019; EN ISO 10722:2019)
HRN EN ISO 10769:2012	Glineno-geosintetičke barijere -- Određivanje vodoupojnosti za bentonit (ISO 10769:2011; EN ISO 10769:2011)
HRN EN ISO 10772:2012	Geotekstili -- Metoda ispitivanja za određivanje ponašanja geotekstila kao filtera pri nestacionarnom tečenju vode (ISO 10772:2012; EN ISO 10772:2012)

HRN EN ISO 10773:2012	Glineno-geosintetičke barijere -- Određivanje plinopropusnosti (ISO 10773:2011; EN ISO 10773:2011)
HRN EN ISO 10776:2012	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje vodopropusnosti okomito na ravninu, pod opterećenjem (ISO 10776:2012; EN ISO 10776:2012)
HRN EN ISO 11058:2019	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje vodopropusnosti okomito na ravninu, bez opterećenja (ISO 11058:2019; EN ISO 11058:2019)
HRN EN 12224:2002	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje otpornosti na starenje (EN 12224:2000)
HRN EN 12225:2002	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Metoda za određivanje mikrobiološke otpornosti postupkom zakapanja u tlo (EN 12225:2000)
HRN EN 12226:2012	Geosintetici -- Opći postupci za vrednovanje nakon ispitivanja postojanosti (EN 12226:2012)
HRN EN ISO 12236:2008	Geosintetici -- Ispitivanje statičkim probijanjem (CBR ispitivanje) (ISO 12236:2006; EN ISO 12236:2006)
HRN EN 12311-2:2013	Savijljive hidroizolacijske trake -- Određivanje vlačnih svojstava -- 2. dio: Plastične i elastomerne hidroizolacijske trake za krovove (EN 12311-2:2013)
HRN EN 12316-2:2013	Savijljive hidroizolacijske trake -- Određivanje otpornosti spojeva na razdvajanje -- 2. dio: Plastične i elastomerne hidroizolacijske trake za krovove (EN 12316-2:2013)
HRN EN 12317-2:2011	Savijljive hidroizolacijske trake -- Određivanje posmične otpornosti spojeva -- 2. dio: Plastične i elastomerne hidroizolacijske trake (EN 12317-2:2010)
HRN EN 12447:2002	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Selektivna metoda ispitivanja za određivanje otpornosti na hidrolizu u vodi (EN 12447:2001)
HRN EN ISO 12956:2020	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje karakteristične veličine otvora (ISO 12956:2010; EN ISO 12956:2010)
HRN EN ISO 12957-1:2019	Geosintetici -- Određivanje značajka trenja -- 1. dio: Ispitivanje izravnim posmikom (ISO 12957-1:2005; EN ISO 12957-1:2005)
HRN EN ISO 12957-2:2005	Geosintetici -- Određivanje značajka trenja -- 2. dio: Ispitivanje na nagutoj ravnini (ISO 12957-2:2005; EN ISO 12957-2:2005)
HRN EN ISO 12958:2010	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje kapaciteta otjecanja vode u ravnini (ISO 12958:2010; EN ISO 12958:2010)
HRN EN ISO 12960:2020	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Selektivna metoda ispitivanja za određivanje otpornosti prema kiselim i lužnatim tekućinama (ISO 12960:2020; EN ISO 12960:2020)
HRN EN 13251:2016	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Zahtijevana svojstva za uporabu pri izvođenju zemljanih radova, temelja i potpornih konstrukcija (EN 13251:2016)
HRN EN 13252:2016	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Zahtijevana svojstva za uporabu u drenažnim sustavima (EN 13252:2016)
HRN EN 13253:2016	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Zahtijevana svojstva za uporabu u zaštiti od erozije (zaštita obale, obaloutvrde) (EN 13253:2016)
HRN EN 13254:2016	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji akumulacijskih jezera i brana (EN 13254:2016)
HRN EN 13255:2016	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji kanala (EN 13255:2016)
HRN EN 13256:2016	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji tunela i podzemnih građevina (EN 13256:2016)
HRN EN 13361:2018	Geosintetičke barijere -- Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji akumulacijskih jezera i brana (EN 13361:2018)
HRN EN 13362:2018	Geosintetičke barijere -- Zahtijevana svojstva za uporabu pri izgradnji kanala (EN 13362:2018)
HRN EN ISO 13426-1:2019	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Čvrstoća unutarnjih strukturnih spojeva -- 1. dio: Geočelije (ISO 13426-1:2019; EN ISO

	13426-1:2019)
HRN EN ISO 13426-2:2005	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Čvrstoća unutarnjih strukturnih spojeva -- 2. dio: Geokompoziti (ISO 13426-2:2005; EN ISO 13426-2:2005)
HRN EN ISO 13427:2015	Geosintetici -- Simulacija oštećenja abrazijom (ispitivanje kliznim blokom) (ISO 13427:2014; EN ISO 13427:2014)
HRN EN ISO 13428:2005	Geosintetici -- Određivanje učinkovitosti zaštite geosintetikom od oštećenja udarcem (ISO 13428:2005; EN ISO 13428:2005)
HRN EN ISO 13431:2002	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje puzanja pri vlaku i ponašanje pri slomu uslijed puzanja (ISO 13431:1999; EN ISO 13431:1999)
HRN EN ISO 13433:2008	Geosintetici -- Ispitivanje dinamičkim probijanjem (ispitivanje padajućim stošcem) (ISO 13433:2006; EN ISO 13433:2006)
HRS ISO/TS 13434:2014	Geosintetici -- Smjernice za procjenu trajnosti (ISO/TS 13434:2008)
HRN EN ISO 13437:2019	Geotekstili -- Ugradnja i vađenje uzoraka na terenu za procjenu trajnosti (ISO 13437:2019; EN ISO 13437:2019)
HRN EN ISO 13438:2019	Geosintetici -- Selektivna metoda ispitivanja za određivanje otpornosti na oksidaciju geotekstila i proizvoda srodnih geotekstilu (ISO 13438:2018; EN ISO 13438:2018)
HRN EN 13491:2018	Geosintetičke barijere -- Zahtijevana svojstva za uporabu kao barijere za tekućine pri izgradnji tunela i podzemnih građevina (EN 13491:2018)
HRN EN 13562:2002	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje otpornosti prema prodiranju vode (hidrostatičko tlačno ispitivanje) (EN 13562:2000)
HRN EN 13719:2016	Geosintetici -- Određivanje dugotrajne zaštitne učinkovitosti geosintetika u dodiru s geosintetičkim barijerama (EN 13719:2016)
HRN EN 13738:2005	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Određivanje otpornosti na izvlačenje iz tla (EN 13738:2004)
HRN EN 14150:2019	Geosintetičke barijere -- Određivanje propusnosti tekućina (EN 14150:2019)
HRN EN 14151:2010	Geosintetici -- Određivanje čvrstoće prsnuća (EN 14151:2010)
HRN EN 14196:2016	Geosintetici -- Metode ispitivanja za mjerenje mase po jedinici površine glinenih geosintetičkih barijera (EN 14196:2016)
HRN EN 14414:2004	Geosintetici -- Selektivna metoda ispitivanja za određivanje kemijske otpornosti za primjenu u odlagalištima otpada (EN 14414:2004)
HRN EN 14415:2004	Geosintetičke barijere -- Ispitna metoda za određivanje otpornosti prema izluživanju (EN 14415:2004)
HRS CEN/TS 14416:2014	Geosintetičke barijere -- Metoda ispitivanja za određivanje otpornosti na prodiranje korijenja (CEN/TS 14416:2014)
HRS CEN/TS 14417:2016	Geosintetičke barijere -- Metoda ispitivanja za određivanje utjecaja ciklusa vlaženja i sušenja na propusnost glinenih geosintetičkih barijera (CEN/TS 14417:2014)
HRS CEN/TS 14418:2016	Geosintetičke barijere -- Metoda ispitivanja za određivanje utjecaja ciklusa smrzavanja i odmrzavanja na propusnost glinenih geosintetičkih barijera (CEN/TS 14418:2014)
HRN EN 14575:2005	Geosintetičke barijere -- Selektivna ispitna metoda za određivanje otpornosti na oksidaciju (EN 14575:2005)
HRN EN 14576:2005	Geosintetici -- Ispitna metoda za određivanje otpornosti polimernih geosintetičkih barijera na pucanje pri naprezanju uz utjecaj okoliša (EN 14576:2005)
HRN EN ISO 14688-2:2018	Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Identifikacija i klasifikacija tla -- 2. dio: Načela klasifikacije (ISO 14688-2:2017; EN ISO 14688-2:2018)
HRN CEN/TR 15019:2005	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom -- Kontrola kvalitete na gradilištu (CEN/TR 15019:2005)
HRN EN 16416:2013	Glinene geosintetičke barijere -- Određivanje indeksa protoka vode -- Metoda mjerenja propusnosti u uređaju s elastičnim stijenkama pri

	konstantnom potencijalu (EN 16416:2013)
HRN EN 16994:2018	Glinene geosintetičke barijere -- Zahtijevana svojstva za uporabu kao barijere za tekućine pri izgradnji podzemnih građevina (osim tunela i pridruženih građevina) (EN 16994:2018)
HRN EN 17096:2018	Geosintetici -- Metoda ispitivanja za određivanje modula očvršćivanja HDPE geosintetičke barijere nakon granice popuštanja (EN 17096:2018)
HRN EN ISO 25619-1:2009	Geosintetici -- Određivanje ponašanja pri opterećenju tlakom -- 1. dio: Svojstva puzanja pri opterećenju tlakom (ISO 25619-1:2008; EN ISO 25619-1:2008)
HRN EN ISO 25619-2:2015	Geosintetici -- Određivanje ponašanja pri opterećenju tlakom -- 2. dio: Određivanje ponašanja pri kratkotrajnom opterećenju tlakom (ISO 25619-2:2015; EN ISO 25619-2:2015)
DIN 60500-4:2007-12	Geotekstili i proizvodi srodni s geotekstilom – dio 4: Određivanje vodopropusnosti okomito na ravninu pri konstantnom hidrauličkom gradijentu
ASTM D696	Standardna ispitna metoda za koeficijent linearnog termalnog širenja plastike između -30°C i 30°C dilatometrom od staklastog silicijevog dioksida
ASTM D1004	Standardna ispitna metoda za otpornosti na razdvajanje plastičnog filma i obloga
ASTM D5890	Standardna ispitna metoda za određivanje indeksa bujanja glinene mineralne komponente geosintetskih glinenih tepiha (ASTM D 5890 : 2019)
ASTM D5891	Standardna ispitna metoda za određivanje gubitka fluida glinene komponente geosintetskih glinenih tepiha (ASTM D5891 / D5891M – 19)
ASTM D6243	Standardna ispitna metoda za određivanje unutarnje i kontaktne posmične čvrstoće geosintetskih glinenih tepiha izravnim posmikom (ASTM D6243 / D6243M – 20)
ONORM S 2076-1	Odlagališta otpada - Sustavi brtvljenja fleksibilnim plastičnim oblogama - dio 1: Ugradnja (austrijski standard)

3-07.2 TEHNIČKI PROPISI

TEHNIČKI PROPISI	
Tehnički propis za građevinske konstrukcije	NN 17/2017
Tehnički propis o izmjeni i dopunama tehničkog propisa za građevinske konstrukcije	NN 75/2020
Tehnički propis o građevnim proizvodima	NN 35/2018, 104/2019

Poveznica:

Više informacija o EU fondovima možete pronaći na stranici Ministarstva regionalnoga razvoja i fondova
Europske unije: **www.strukturnifondovi.hr**

Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Hrvatskih voda