

DuPont™ Typar® SF

Geotekstiil

TEHNILINE KÄSIRAAMAT

SISUKORD

1. TYPAR® SF SISSEJUHATUS	3
1.1. Sissejuhatus.....	3
1.2. DuPonti kvaliteet	3
1.3. Mis on Typar® SF?	3
1.4. DuPonti Typar® kiudude tootmine.....	4
1.5. Tüüpilised omadused	4
2. FUNKTSIOONID JA NÕUDED.....	5
2.1. Sissejuhatus.....	5
2.2. Eraldamine	5
2.3. Stabiliseerimine ja armeerimine.....	6
2.3.1. Tõkestamine ja tihendamine	6
2.3.2. Membraanmehhanism.....	6
2.3.3. Koha armeerimine	6
2.4. Filtreerimine	7
2.5. Dreenimine.....	8
2.6. Kaitse	8
2.7. Vastupidavus paigaldusaegsetele kahjustustele	8
2.8. Energia neeldumine	9
3. TÄITEMATERJALIST ALUSED	10
3.1. Sissejuhatus.....	10
3.2. Funktsioonid.....	10
3.2.1. Stabiliseerimine	10
3.2.2. Isoleerimine ja filtreerimine	11
3.2.3. Pikirööbaste tekkimine	11
3.3. Täitematerjalist aluste projekteerimine Typar® SF kasutamise korral	12
3.3.1. Kõvakatteta teed	12
3.3.2. Kõvakattega teed	16
3.3.3. Kõvakattega teed koos aluskihiga ehitusaegse teega	17
3.4. Typar® SF õige tüübi valimine.....	18
3.4.1. Liikluse toime.....	18
3.4.2. Paigaldustingimuste toime	19
3.4.3. Tihendamise toime	19
3.4.4. Filtreerimisnõuded	19
3.5. Paigaldusjuhised	20
3.6. Projekteerimisnäited	20
3.6.1. Näide 1 (vastavalt punktile 3.3.1).....	20
3.6.2. Näide 2 (vastavalt punktile 3.3.3).....	21
3.6.3. Näide 3	23
4. DRENAAŽISÜSTEEMID	26
4.1. Sissejuhatus.....	26
4.2. Funktsioonid.....	26
4.3. Geotekstiili omadused.....	27
4.4. Drenaažisüsteemide projekteerimine	27
4.4.1. Pinnase tõkestamise kriteerium	28
4.4.2. Läbilaskvuse kriteerium.....	28
4.4.3. Eripinnased	29
4.4.4. Kommentaarid ja täiendavad valikukriteeriumid	30
4.5. Tüüpilised drenaažisüsteemid	30
4.5.1. Imbväljad	30
4.5.2. Teepeenra drenaaž.....	31

4.5.3. Pinnadrenaaž	31
4.5.4. Liivalusdrenaažid	32
4.5.5. Liitdrenaaž	33
4.6. Paigaldusjuhised	34
4.6.1. Kraavid	34
4.6.2. Liivalusdrenaažid	34
4.6.3. Vertikaaldrenaažid Typar® SF abil	34
5. EROSIONI TÕKESTAMINE	36
5.1. Sissejuhatus	36
5.2. Funktsioonid	36
5.3. Typar® SF õige tüübi valimine	36
5.3.1. Filtriga seotud kriteerium	36
5.3.2. Energiaga seotud kriteerium	37
5.4. Paigaldusjuhised. Erosioonitõke Typar® SF-iga	37
6. SOOVITUSI KASUTAMISEKS	39
7. LISA	45
7.1. Standardsed katsemeetodid	45
7.1.1. Kirjeldavad omadused	45
7.1.2. Mehaanilised omadused	45
7.1.3. Hüdraulilised omadused	46
7.2. Hüdraulilised omadused	47
7.3. Neeldunud energia	47
7.4. Omaduste võrdlus	48
7.5. Toormaterjalid	48
7.6. Vastupidavus	49
7.6.1. Vastupidavus ultraviolettkiirgusele	49
7.6.2. Oksüdatsioonikindlus	49
7.6.3. Mikrobioloogiline vastupidavus	49
7.6.4. Keemiline püsivus	49
7.7. Termiline püsivus	50
7.7.1. Madal temperatuur	50
7.7.2. Kõrge temperatuur	50
7.8. Ühendamismeetodid	51
7.8.1. Õmblemine	51
7.8.2. Ülekate	51
7.9. Vajalikud andmed	52
7.10. Tehnilised andmed	56

1. TYPAR® SF SISSEJUHATUS

1.1. Sissejuhatus

Käesoleva juhendi eesmärk on anda põhiteavet geotekstiilide, nende funktsioonide ja geotekstiilidelt erinevates rakendustes nõutavate omaduste kohta. Tehnilises käsiraamatus on esitatud juhised Typar® SF geotekstiilide omaduste, valimise ja kasutamise kohta sellistes inseneriehituslikes rakendustes nagu täitematerjalist aluste, drenaaži ja erosioonitõkkesüsteemide ehitamine. Kirjeldatakse geotekstiilide omaduste määramise katsemeetodeid ja esitatakse tehnilised andmed. Täpsed andmed DuPonti Typar® geosünteedide tooteseeria kohta leiduvad meie Typar® SF ja Typar® HR brošüürides ning meie veebilehel www.typargeo.com. Täiendavate nõuannete ja tehnilise abi saamiseks pöörduge DuPonti geosünteedide tehnilise keskuse poole.

1.2. DuPonti kvaliteet

Juba kaks sajandit on DuPonti leiutised arendanud tööstusharu tänu sellistele revolutsioonilistele ja kõrgtehnoloogilistele materjalidele nagu Nylon, Kevlar®, Tyvek®, Lycra® ja Teflon®. Nende materjalide tehnoloogiline tase ja kvaliteedistandardid on ületamatud, mis on ainult kaks põhjust, miks DuPonti Typar® geosünteedid tagavad inseneri- ja üldehitusprojektides usaldusväärsed ja pikaajalised tehnilised näitajad.

Välja töötatud ja toodetud DuPonti Luxembourg'i tehases, on Typar® SF ajaproovile vastu pidanud. Enam kui 1 miljardi kogu maailmas müüdud ruutmeetriga on Typar® SF geotekstiili kasutatud maanteedel, raudteetrassidel ja ehituspindadel koguses, mis vastab kuuerajalisele ja 23 m laiusele autoteele ümber maakera.

Typar® toodetakse vastavalt standarditele ISO 9001. DuPonti ranged kvaliteedinõuded tagavad, et turule lastakse ainult kõrge kvaliteediga tooteid. Tootmise ja laborite integreeritud süsteem tagab, et iga materjalirulli tootmisprotsessi tingimused ja laborikatsete tulemused on kontrollitavad.

DuPonti keskkonnajuhtimissüsteem vastab EMAS-i (*Eco-Management and Audit Scheme* – keskkonnajuhtimis- ja -auditeerimissüsteem) keskkonnastandarditele ja standardile ISO 14001. Lisaks on Typar® SF geotekstiilidel CE-märgis ja need on sertifitseerinud mitu erinevat sertifitseerimissüsteemi, näiteks Prantsusmaa ASQUAL ja Saksamaa välisauditeerimise süsteem Fremdüberwachung DIN 18200.



1.3. Mis on Typar® SF?

Typar® SF on õhuke, termiliselt seotud, vett läbilaskev, mittekoostud geotekstiil, mis on 100% valmistatud polüpropüleen-filamentkiust. Väljatöötatud materjal on ühendatud suur algmoodul (jäikus), suur pikenemine (tüüpiliselt > 50%) ja silmapaistev ühtlus, parimad tööparameetrid, vastupidavus kahjustuste suhtes ja suurepärased filtreerimisomadused. Typar® SF on isotroopne materjal, mis tähendab, et selle füüsikalised omadused on igas suunas ühesugused. See ilmneb tüüpilises eraldamislahenduses esinevate pingete ja deformatsioonide korral.

Typar® SF on 100% valmistatud polüpropüleenist, mis muudab selle vastupidavaks kõdunemise, niiskuse ja kemikaalide, eelkõige leeliste toime suhtes.³

¹ DQS – Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen mbH.

² BVQI – Bureau Veritas Quality International.

³ Andmed kemikaalidele vastupidavuse kohta on esitatud lisa punktis 7.6.

1.4. DuPonti Typar® kiudude tootmine

Kiudude ekstrudeerimisel tekivad tuhanded äärmiselt peened filamentkiud, mis läbivad DuPonti patenteeritud eelvenituse. Seejärel need peened, kuid tugevad kiud ühendatakse (joonis 1), et saada isotroopsetest kiududest kangas, mis seotakse termiliselt ja mehaaniliselt.



Joonis 1. Kiudude ühendamine



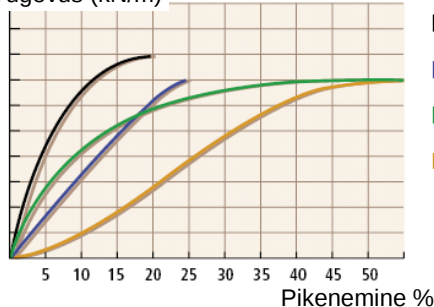
Joonis 2. Typar® mikroskoobi all

Ekstrudeerimise tingimusi muutes saab toota laia valikut suure tugevusega, mittekootud, erineva denjee ja füüsikaliste omadustega Typar®-kangast. See DuPonti patenteeritud tootmistehnoloogia on üks Typar® SF unikaalsete omaduste peamisi põhjuseid võrreldes muude geotekstiilidega.

1.5. Tüüpilised omadused

Joonisel 3 on näidatud mitme erineva, kuid samasuguse kaaluga geotekstiili tüüpilist pingedeformatsioonikäitumist. Typar® SF on suure tõmbetugevuse ja pikenemisega ning samuti suure algmooduliga, mis on parim omaduste kombinatsioon geosünteedide rakenduste jaoks (võrdluseks vt ka tabelit 1).

Tugevus (kN/m)



Joonis 3. Typar® SF ja muude geotekstiilide tüüpilised pingedeformatsiooni kõverad

Typar® SF väga suure ühtluse saavutamiseks kasutatakse tootmises pidevat *online*-, β -kiirguse ja ultraheliga jälgimist. Ühtki toodet, mis ei vasta ettenähtud standarditele, ei võeta vastu ja see utiliseeritakse. Tootmisprotsessis lisatakse polüpropüleenile stabilisaatoreid, mis suurendavad Typar® SF vastupidavust. Materjal võib mitu nädalat vastu pidada otsesele päikese kiirgusele, kuid pikemaajaline eelkõige troopikapäikese mõju võib põhjustada tugevuse vähenemist.⁴ Geotekstiil tuleb kohe pärast paigaldamist kinni katta, sest see aitab vältida lagunemist UV-kiirguse tõttu, tuule toimel üleskerkimist ja mehaanilisi kahjustusi.

	Typar® SF	Kootud	Nõelperforeeritud, stabiliseeritud kiud	Nõelperforeeritud filamentkiud	Muud termiliselt seotud kiud
Energia	suur	väike	keskmine	keskmine	väga väike
Tõmbetugevus	suur	väga suur	keskmine	suur	suur
Algmoodul	suur	suur	väga väike	väike	suur
Pikenemine	suur	väike	suur	suur	väike

Tabel 1. Erinevate geotekstiilitüüpide pingedeformatsiooniomaduste kõverad

⁴ Andmed UV-kiirgusele vastupidavuse kohta on esitatud lisa punktis 7.6.

2. FUNKTSIOONID JA NÕUDED

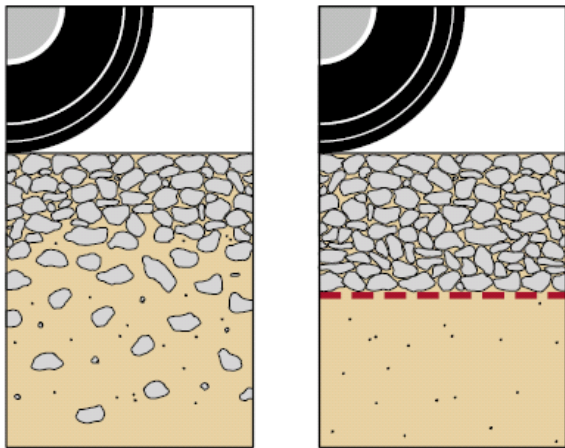
2.1. Sissejuhatus

Sõltuvalt erinevatest rakendustest jagunevad geotekstiilide põhilised kasutusfunktsioonid eraldamise, filtreerimise, armeerimise, kaitsmise ja stabiliseerimise vahel. Enamik rakendusi nõuab mitme funktsiooni kombineerimist. Lisanõudeks on vastupidavus paigaldusaegsete kahjustuste suhtes. Käesolevas peatükis antakse geotekstiilide ja nende funktsioonide erinevate mehhanismide kohta põhiline tehniline teave ja nõuded. Selles peatükis esitatud teave aitab valida sobivaks otstarbeks sobivat geotekstiili, mis on raske ülesanne, sest selliste vastastikku seotud tegurite nagu mehaaniliste ja hüdrauliliste omaduste, kolmatsiooni, struktuuri, aja ja lagundumise vaheline toime on väga keeruline.

2.2. Eraldamine

Eraldamine on määratletud järgmiselt: „Erinevate pinnaste ja/või täitematerjalide segunemise takistamine geotekstiili või geotekstiiliga sarnaste toodete abil.”⁵

Eraldajana kasutatava geotekstiili peamiseks kasutusvaldkonnaks on teede- ja raudteehitusprojektid. Geotekstiili kasutamise korral säilivad ja paranevad erinevate materjalide ühtsus ja funktsioneerimine. Kui pehmele aluspinnasele paigaldatakse täitematerjalist alus ja rakendatakse vertikaalkoormust, toimivad kahte liiki mehhanismid.



Joonis 4. Vasakul: ilma geotekstiilita – täitematerjal kaob pehmesse aluspinnasesse, paremal: geotekstiiliga – täitematerjali kadu puudub, parem tihendusvõime

Esiteks takistab geotekstiil täitematerjali vajumist pehmesse aluspinnasesse (joonis 4). Seda kirjeldab väga hästi järgmine inseneride tähelepanek: „Kui 10 kilole mudale lisada 10 kilo kive, on tulemuseks 20 kilo muda”. Geotekstiil muudab täitematerjalist aluse vettpidavaks ja tänu sellele on võimalik saavutada suurem tihendusaste ja järelikult ka suurem kandevõime. Teiseks takistatakse täitematerjalist aluse saastumist aluspinnasega ja selle tõttu aluse kandevõime vähenemist. Väikesed pinnaseosakesed tungivad puhtasse täitematerjali eelkõige dünaamiliste pingete toimel ja seda nähtust nimetatakse pumpamisefektiks. Need väikesed osakesed toimivad määrdeainena täitematerjali jämedamate terade vahel ja vähendavad seetõttu tunduvalt täitematerjali nihketugevust.

Ühtlasi drenib mittestaastuv täitematerjal tõhusalt ja püsib selle vastupidavus külmakerkele.

Geotekstiili omadus eraldada:

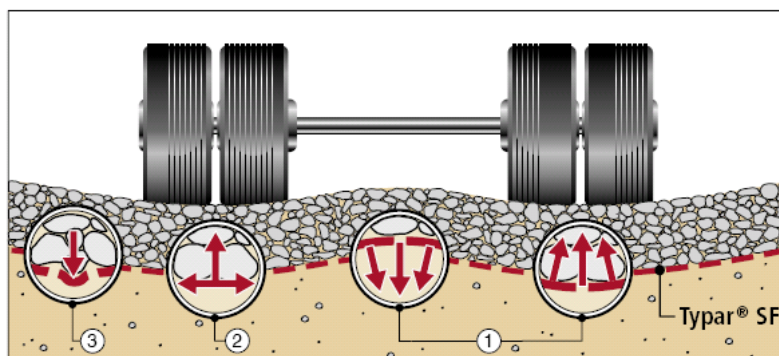
- hoiab ära kandevõime vähenemise, mis on tingitud peeneteralise aluspinnase segunemisest täitematerjalist alusega
- suurendab kandevõimet, hoides ära täitematerjali vajumise pehmesse aluspinnasesse ja suurendades tihendusastet
- vähendab külmakerkest tingitud teekahjustusi
- hoiab ära nõrga aluspinnase eemaldamise vajaduse
- säilitab täitematerjalist aluse drenimisvõime
- väldib peenosakeste siiret eelkõige dünaamilise koormuse korral.

⁵ EN ISO 10318 Terminid ja määratlused.

2.3. Stabiliseerimine ja armeerimine

Paljudes rakendustes täidab geotekstiil stabiliseerimise või armeerimise ülesannet.⁶ Geotekstiil stabiliseerijana annab pinnasele tõmbetugevuse ja parandab seeläbi pinnase vähest tõmbetugevust vertikaalkoormuste suhtes.

Geotekstiiliga stabiliseeritakse kolme erineva mehhanismi abil aluse täitematerjali ja suurendatakse selle vastupidavust püsivate deformatsioonide suhtes korduval koormamisel (vt joonist 5).



- 1 Tõkestamine + tihendamine
- 2 Membraanmehhanism
- 3 Koha armeerimine

Joonis 5. Kolm stabiliseerimismehhanismi

Mida suurem on geotekstiili algmoodul, seda tõhusamad on need mehhanismid. Väikese algmooduliga geotekstiilidel on suured deformatsioonid ning nende tõkestamisvõime, membraanmehhanism ja koha armeerimisvõime on vähene. Suurtele kohadeformatsioonidele vastupidavuse ja perforatsioonikindluse seisukohast on tähtis suur algmoodul ja suur pikenemisvõime.

2.3.1. Tõkestamine ja tihendamine

Nagu on näidatud eespool joonisel (joonis 5), on kahte liiki tõkestamist. Üks liik on seotud geotekstiili vastupidise kõverusega väljaspool ratta trajektoori, kus mõjub allapoole suunatud surve. Sellega kaasneb lisakoormus, mis ühtlustab deformatsiooni ja kutsub esile aluspinnase kokkusurumise. Geotekstiil tagab teist liiki tõkestamise, kui täitematerjali osakesed püüavad koormuse alt ära liikuda. Geotekstiil annab täitematerjali kihile suurema tõmbetugevuse. Täitematerjali tihendamine suurendab tugevust ja moodulit, mis omakorda vähendab survejõude aluspinnasele ja jaotab koormust rattakoormuse all paremini.

2.3.2. Membraanmehhanism

Membraanmehhanism toimib, kui geotekstiil paigaldatakse deformeeruvale pinnasele ja mõjuvad vertikaalkoormused. Geotekstiilis tekib tasapinnaline tõmbepinge, mis vähendab pinnase koormust, kui see ei ole suuteline seda neelama. See tasapinnaline jõud sisaldab pingekomponenti, mis mõjub geotekstiili kangaga risti ja jõu suunas.

Seetõttu on sellel suur tähtsus ajutiste teekonstruktsioonide korral, kus see võib väga oluliselt vähendada pikirööbaste tekkimist. Mida suurem on geotekstiili algmoodul, seda enam väheneb pikirööbaste tekkimise tõenäosus.¹

2.3.3. Koha armeerimine

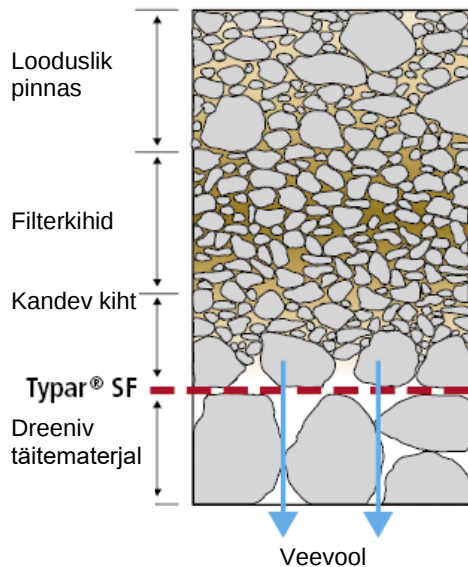
Üksikutele kividele mõjuvad koormused võivad aluspinnases põhjustada punktdefekte. Suure algmooduliga geotekstiil võimaldab jaotada koormust, vähendada pinget ja vältida pinnase ümberpaigutumist. Üksikuid perforatsioone väldib geotekstiili suur pikenemine, mis võimaldab geotekstiilil läbitungiva kivi ümber venida.

⁶ Lisateavet ja täpsemaid andmeid geotekstiilide kasutamise kohta armeeritud pinnases saate Typar® HR toote- ja projekteerimisjuhendist. Pinnasega tugevdatud konstruktsioonide tüüpilisteks näideteks on sulundseinad, järsud nõlvad, maalihete parandustööd, pehme pinnasega tammid, vundamentide aluse armeerimine, tugevdamine või sildamine karsti piirkondade või tühimike kohal jmt.

2.4. Filtreerimine

Filtreerimine on defineeritud pinnase või muudele hüdrodünaamilistele jõududele allutatud osakeste tõkestamisena, mis võimaldab vedelike läbipääsu geotekstiili või geotekstiiliga sarnase toote sisse või selle kohale.⁷

Geotekstiili filtreerimisomaduste kirjeldamiseks kasutatakse tavaliselt poori suurust ja läbitungimisvõimet. Hea töövõimega geotekstiili poorid peavad olema piisavalt väikesed, et siduda erosiooni vältimiseks suuremaid pinnaseosakesi. Väikesed pinnaseosakesed peavad geotekstiilist läbi minema, et toetada suuremate, geotekstiiliga piirnevate loodusliku pinnasefiltrina toimivate osakeste kandvat struktuuri (joonis 6). Kui geotekstiili poorid on liiga väikesed, ei ole väikesi osakesi võimalik ära juhtida ja moodustub väikese läbimõõduga materjalist kandev kiht. See moodustab väiksema läbilaskvusega looduslikust pinnasest tõkke.



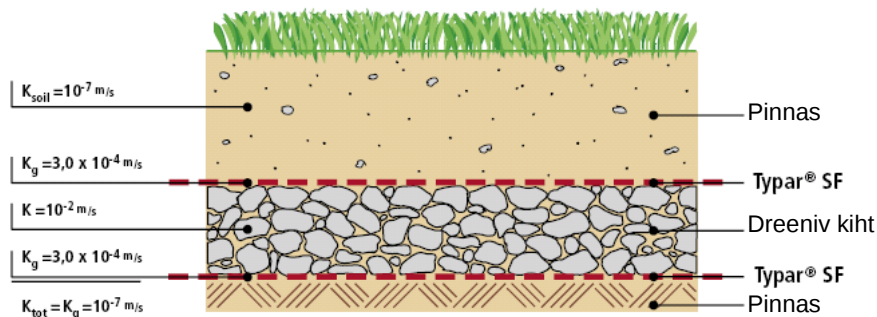
Joonis 6. Geotekstiiliga külgnev looduslikust pinnasest filter

Tõhusatel geotekstiilist filtritel peavad olema erineva kujuga, suuruse ja suurusjaotusega poorid, mis on sarnased pinnaseosakeste suuruse jaotusele.

Sageli ei võeta arvesse seda, et süsteemis täitematerjal – aluspinnas (joonis 7) määrab süsteemi läbilaskevõime kõige väiksema läbilaskevõimega kiht. Tavaliselt on pinnase läbilaskevõime geotekstiili läbilaskevõimest tunduvalt väiksem.⁸

Pinnase tüüpiline läbilaskevõime⁹

Kruus	3×10^2 m/s	Liiv	10^{-8} m/s
Muda	10^9 – 10^{-7} m/s	Savi	10^{-8} – 10^{-10} m/s



Joonis 7. Erineva läbilaskevõimega dreniv süsteem, pinnased ja geotekstiil. K_{tot} määratakse kõige väiksema läbilaskevõimega pinnasekihi järgi¹⁰

Geotekstiili läbilaskevõimet mõjutab ka geotekstiili kokkusurutavus. Paks geotekstiil on tavaliselt tundlik kokkusurumise suhtes. Paigaldamise korral surve alla läbilaskevõime väheneb. Seda tuleb võtta arvesse geotekstiili nõutava läbilaskevõime määramisel. **Paksus on pigem kirjeldatav kui arvutuslik omadus.**¹¹

Filtreerimisfunktsioon on seotud tammide ehituse, erosiooni vältimise, maanteede drenaaži ja aluspinnase drenaažiga. Nendes konstruktsioonides asendab geotekstiil tavalist teralist filtrit. Jõealada või pinnasenõlva erosiooni vältimise süsteemis kasutatakse veevoolu või lainete toime eest kaitsmiseks tavaliselt jämedat materjali (gabioone/kivipuistet) või betoonplaate. Peenosakeste erosioon hoitakse ära tänu geotekstiili kasutamisele filtrina.

⁷ EN ISO 10318.

⁸ Peale jämeda liiva ja kruusa.

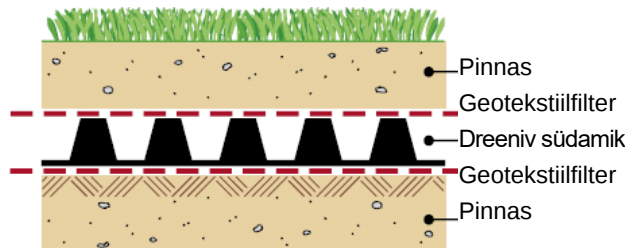
⁹ Pinnase läbilaskevõime kohta saate täpsemat teavet punktist 7.10.

¹⁰ Läbilaskevõime kohta vt ka punkti 4.4.2.

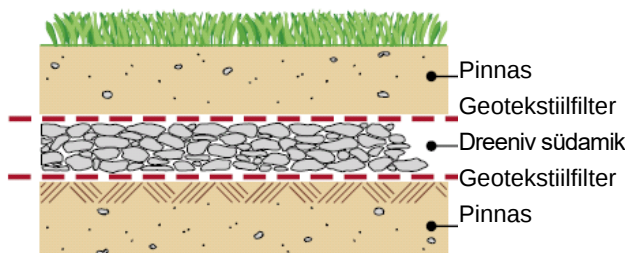
2.5. Dreenimine

Dreenimine on sademete, pinnavee ja/või muude vedelike kogumine ja ärajuhtimine. Tavaliselt juhitakse vesi ära kalde all olevate looduslike materjalide abil. Viimase 30 aasta jooksul on geotekstiilfiltrid järjest enam asendanud täitematerjalist filtreid ja suurendanud mitteläbilaskvate pinnaste looduslikku läbilaskevõimet.

Geotekstiili ennast ei tohi kasutada (otsese) drenaažikihina, sest ehkki selle drenivaid omadusi saab laboris puhta vee abil mõõta, on tegelikes ehitustingimustes (tihendatud pinnas konstruktsiooni sees) drenivad omadused raskesti ennustatavad. Drenaaži puhul on ühtlasi oluline, et see säilitaks piisava drenimisvõime pikaajalisel kasutamisel, ja ka siis, kui seda mõjutab tugev pinnase surve. Drenaažikihi ummistumise ja saastumise vältimiseks peab drenaažisüsteemis olema filter.



Joonis 8. Liitne drenaažielement



Joonis 9. Tavalisest täitematerjalist drenaažikiht

Geotekstiilfiltritega sünteetilised drenid on osutunud võrreldes traditsiooniliste liivdrenide, imbkaevude ja muude drenaažisüsteemidega säästlikumaks alternatiiviks. Geosünteetilised drenaažimatid või drenid koosnevad tüüpiliselt geotekstiilfiltrite vahel paiknevast südamikukihist (joonis 8).

Filtermaterjal peab olema püsiva kvaliteedi ja püsivate füüsikaliste omadustega, suure tugevuse ja vastupidavusega, hea vastupidavusega paigaldamise ajal esinevate pingete suhtes ning pikaajaliste filtreerimisomadustega.

Drenaažisüsteemi töötõrked või enneaegne purunemine võivad põhjustada maapinna struktuuri tõsiseid ohutusega seotud ja funktsionaalseid probleeme. Halvimal juhul võib drenaaži purunemine tähendada kalleid remonditöid ja dreenimise katkemist. On tähtis, et kasutataks filtermaterjali, mis suudab ka kõige kriitilisemate pinnaste korral pikka aega tõrgeteta töötada.

2.6. Kaitse

Kaitse on defineeritud „Materjali või elemendi kohalike kahjustuste vältimise või piiramisena geotekstiili või geotekstiilile sarnase toote abil”¹¹.

Geotekstiili kasutatakse tüüpiliselt geosünteetidest tõkete kaitseks prügilates, katusekatetes, mahutites ja vesiehitusprojektides.

Kaitse seisukohalt on geotekstiili kõige tähtsamateks omadusteks vastupanu perforatsioonile ja toote ühtluse tagamine (st nõrkade kohtade puudumine). Perforatsioonikatsed naeltega¹² on näidanud, et toote sellised omadused nagu paksus ja pinnaühiku mass üksi ei taga tõhusat kaitset.

2.7. Vastupidavus paigaldusaegsetele kahjustustele

Geotekstiil ei täida oma ülesandeid, kui see puruneb kohe pärast paigaldamist. Analüüsid näitavad, et geotekstiili elutsükli kriitiliseks perioodiks on mitte kasutusperiood, vaid pigem paigaldamine. Nii tekib 95% kahjustustest paigaldamise ajal ja väga sageli on see lihtsalt tingitud löögikahjustustest täitematerjali mahalaadimise ja tihendamise ajal. Kui geotekstiil peab vastu paigaldusega seotud pingetele, siis peab see tavaliselt vastu ka kasutusaegsetele pingetele.

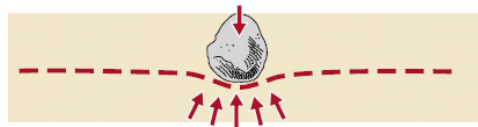
Eraldava geotekstiili füüsikaliste omaduste ja selle tegelike tööparameetrite vahelisi seoseid kasutuskohas on palju uuritud. Uurimistulemused on kinnitanud, et geotekstiili võime neelata löögienergiat ja ehitusaegse kahjustumise tundlikkus korreleeruvad oluliselt.¹³

¹¹ EN ISO 10318.

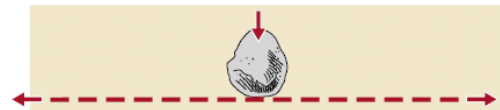
¹² DuPonti välja töötatud ja DuPont Typar® QC laboris teostatud paigalduskohas käitumist simuleerivad naelakatsed.

Järgmistel joonistel on kujutatud geotekstiili kahjustuste erinevaid vorme ja suure energianeeldumisega materjali tähtsust.

Joonis 10. Suur pikenemine võimaldab geotekstiilil venida kivi läbitungimiskoha ümber



Joonis 11. Suur tugevus võimaldab geotekstiilil pidada vastu langeva kivi jõule



Joonis 12. Geotekstiili purunemine vajaliku tugevuse või pikenemise puudumise tõttu



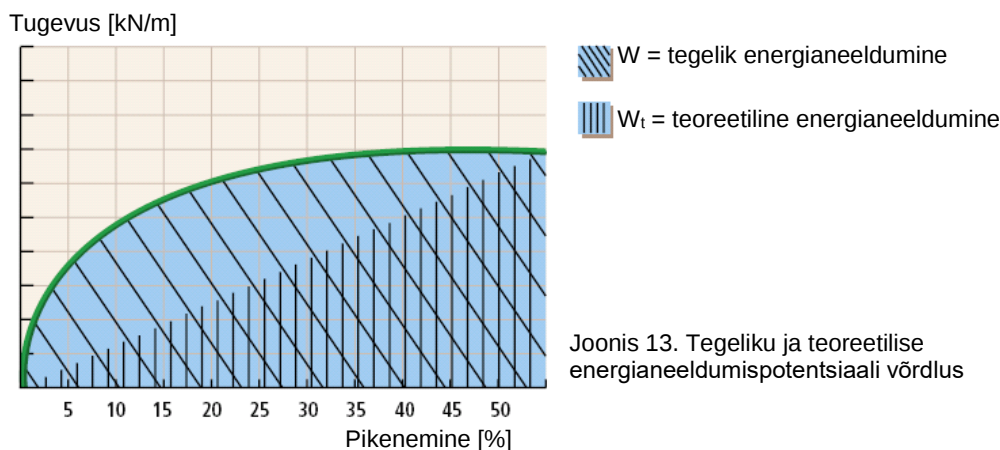
2.8. Energia neeldumine

Definitsioon: energia on füüsikalise süsteemi võime töötada. Energia standardne ühik on džaul, mille tähiseks on J. Üks džaul (1 J) on energiahulk, mis tekib ühe njuutoni (1 N) suuruse jõu mõjumisel kehale, mis läbib ühe meetri (1 m) pikkuse tee. On kaks põhilist energialiiki, mida nimetatakse potentsiaalseks energiaks ja kineetiliseks energiaks. Potentsiaalne energia on kehas salvestunud energia.

Geotekstiili energianeeldumise potentsiaali (W) saab kirjeldada selle pikenemise ja sellele rakendatud jõu kombinatsioonina. See määratakse geotekstiili pingedeformatsiooni kõvera abil, mis saadakse tõmbetugevuse katsel. Ala kõvera all (J) näitab geotekstiili energianeeldumispotentsiaali.

Paljude riikide tehnilistes tingimustes ei ole veel lõplikult kasutusele võetud energianeeldumise mõistet. Mõned tehnilised tingimused põhinevad siiski pigem teoreetilistel väärtustel või energianeeldumisteguril kui kõvera $W = \int (T \cdot \epsilon) d\epsilon$ all asuva ala arvutamisel. Lihtsustatud arvutamiseks kasutatakse valemist $W_{index} = \frac{1}{2} T \cdot \epsilon$.

Tulemusena on mõnede toodete energianeeldumistegur (W_{index}) tundvalt kõrgem ja muude toodete teoreetiline energianeeldumine on madalam kui tegelik energianeeldumispotentsiaal, mida mõõdetakse tõmbetugevuse katsel (EN ISO 10319). Seda on kujutatud järgmisel graafikul (joonis 13), millel on näidatud tegeliku energianeeldumise erinevaid kujusid ja teoreetilist energianeeldumispotentsiaali.



Joonis 13. Tegeliku ja teoreetilise energianeeldumispotentsiaali võrdlus

Kirjandus

^I Love, J.P., Burd, H.J., Milligan, G.W.E. and Houslsby, G.T. (1987). Analytical and model studies of reinforcement of a granular layer on a soft clay subgrade. Canadian Geotechnical Journal, Vol.24, No 4, p. 611-622

^{II} Koerner, Designing with Geotextiles, 4th edition 1998, p.96

^{III} SINTEF Report, Arnstein Watn, Non woven geotextiles – Field test on damage during installation, SINTEF Civil and Environmental Engineering, Norway
Evaluation of Installation Damage of Geotextiles - A Correlation to Index Tests, R. Diederich, DuPont de Nemours, Luxembourg

3. TÄITEMATERJALIST ALUSED

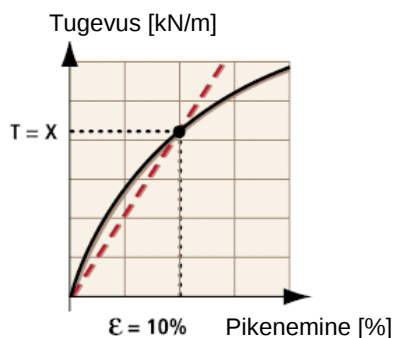
3.1. Sissejuhatus

Selles peatükis on antud juhised püsivate ja ajutiste teekonstruktsioonide täitematerjalist aluste projekteerimiseks ja ehitamiseks, kasutades Typar® SF geotekstiile. Seda tehnoloogiat kasutatakse täitematerjalist aluste korral, mis kannavad suuremal või vähemal määral dünaamilisi koormusi kiirteedel, maanteedel ja automagistraalidel, ajutistel ehitusaegsetel teedel/juuresõiduteedel, ladustamispiirkondades, parkimisplatsidel ja spordiväljakutel.

Riiklikus maanteeametis on välja töötatud kohalikel tingimustel ja ulatuslikul kogemusel põhinevad kõvakattega teede, näiteks kiirteede, maanteedel ja automagistraalide projekteerimismeetodid. Seetõttu ei ole käesoleva juhendi eesmärgiks mitte pakkuda uusi projekteerimismeetodeid, vaid lihtsalt rõhutada Typar® SF kasutamise eeliseid selliste kõvakattega teede korral. Alljärgnevalt esitatud projekteerimismeetodeid võib rakendada kõvakattega teedele, arvestades, et aluspinnast kasutatakse ehitusaegse ajutise teena.

Projekteerimismeetod Typar® SF kasutamiseks on välja töötatud teadmiste põhjal, mis on saadud mitmesugustele väikese kandevõimega aluspinnastele ehitatud teede paljude ulatuslike maanteedatsete ja üle 30 aasta pikkuse kogemuse tulemusena.

Mis on algmoodul?



Joonis 14. Algmoodul = nt normaalelastusmoodul $\epsilon = 10\%$ korral

Algmoodul kirjeldab geotekstiili käitumist vähesel deformatsioonil korral. Normaalelastusmoodul annab näiteks 5% deformatsiooni juures selged andmed. Koordinaatide algpunktist tõmmatakse ettenähtud kõvera suunas 5%-lisele deformatsioonile vastav joon (joonis 14). Mõõdetakse algmoodul (kalle) $K = T/\epsilon$. Mida järsem on gradient, seda suurem on moodul.

Mida suurem on geotekstiili tõmbetugevus näiteks 5% algdeformatsiooni korral, seda suurem on algmoodul ja seda suurem on vastupidavus pikirööbaste tekkimisele.

3.2. Funktsioonid

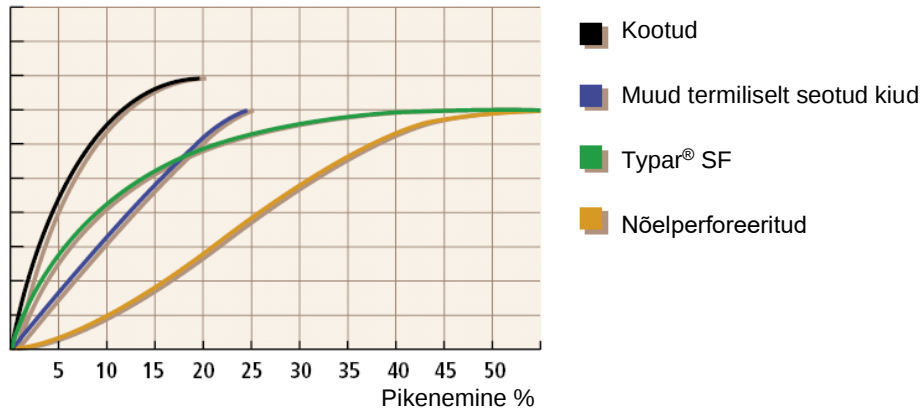
Geotekstiili omaduste kombinatsioon lisada täitematerjalist alusele tugevust (võrreldes aluspinnase peal oleva täitematerjali samasuguse paksusega, kui Typar® SF ei kasutata) on igas rakenduses erinev. Täitematerjalist aluse peamiseks funktsioonideks on eraldamine ja stabiliseerimine. Uuringud on näidanud, et stabiliseerimine sõltub suuresti kanga moodulist.¹ Geotekstiili kasutamine võimaldab lisaks vähendada tunduvalt täitematerjali kihi paksust.

3.2.1. Stabiliseerimine

Kõigi eelmises peatükis kirjeldatud mehhanismide tõhusus on seotud geotekstiili pingede-deformatsiooni omadustega (vt joonis 15). Erinevat tüüpi geotekstiilidel on erinev pingede-deformatsiooni kõver. Seda erinevust saab kõige paremini kirjeldada energianeeldumipotentsiaalina W (vt ka punkti 2.7).

Kootud geotekstiilidel on väga suur algmoodul ja suur maksimaalne tugevus, kuid väike pikenemisevõime, mille tulemuseks on väike energianeeldumipotentsiaal W . Nõelperforeeritud mittekoostatud materjalidel on väike algmoodul ja vajalik on tugev deformatsioon, et geotekstiilis tekiks märgatav tõmbetugevus. Selle tulemuseks on väike energianeeldumipotentsiaal W . Geotekstiilil Typar® SF on maksimaalse koormuse korral suur algmoodul, suur tugevus ja pikenemisevõime ning tänu sellele suur energianeeldumipotentsiaal W . Tänu sellele, et hea energianeeldumine muudab materjali väga vastupidavaks kahjustuste suhtes, on Typar® SF eriti sobiv stabiliseerimiseks.

Tugevus (kN/m)



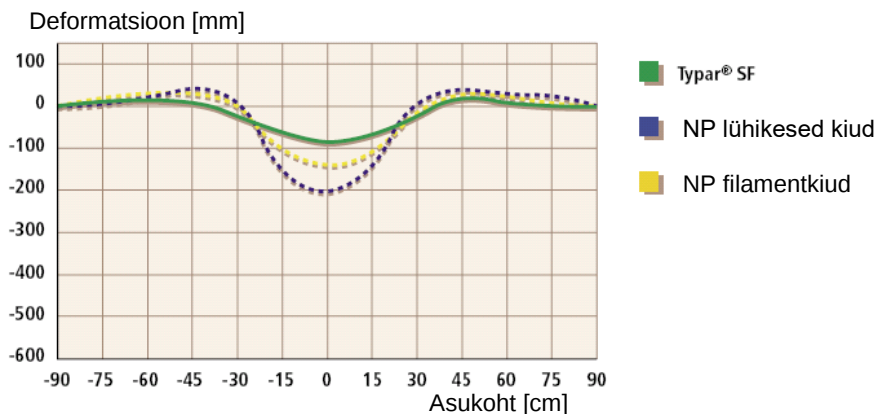
Joonis 15. Erinevat tüüpi geotekstiilide tüüpilised pingede-deformatsiooni kõverad

3.2.2. Isoleerimine ja filtreerimine

Typar® SF poorisuuruse vahemik, mis on sarnane pinnasega, tagab tõhusa filtreerimise tänu sellise hüdrogeoloogilise nõude nagu vajalik poorisuurus täitmisele. Typar® SF vee läbilaskvus on üldiselt suurem kui enamikul aluspinnastel.¹³ Typar® SF vee läbilaskvust ei mõjuta peale selle koormusest tingitud surve, sest sellel on võrreldes paksemate, kokkusurutavate geotekstiilidega eelsurvestatud struktuur.

3.2.3. Pikirööbaste tekkimine

Pikirööpad võivad eelkõige ajutistel teedel muutuda tõsiseks probleemiks. Ratastranspordivahendite pidev liiklus tekitab pingeid, mis deformeerivad aluspinnast. Erinevalt enamikust muudest geotekstiilidest vajab Typar® SF pinge vastuvõtmiseks palju vähem pikenemist ja deformatsiooni (suure algmooduli tõttu) ja vähendab tänu sellele tunduvalt pikirööbaste tekkimist. Allpool on graafikul (joonis 16) näidatud katsete tulemusi, milles simuleeriti liikluskõormusi¹⁴, rakendades erinevate geotekstiilide suhtes 1000 dünaamilist koormustsüklit, ja vaadeldi erinevust Typar® SF ja kahe nõelperforeeritud, väikese algmooduliga geotekstiiltoote (NP stabiliseeritud kiud, NP filamentkiud) vahel.



Joonis 16. Hinnanguline läbipaindest tingitud nõrgusus pärast 1000 tsüklit (läbipaine mõõdetud geotekstiili tasapinnas, klassi 3 kuuluvad tooted)¹⁴

Tulemused näitavad korrelatsiooni algmooduli ja deformatsiooni (pikirööbaste) vahel. Suur algmoodul võimaldab geotekstiilil Typar® SF neelata rohkem välispinget, enne kui energia neeldumisega kaasneb deformatsioon.

Tänu suurele energianeeldumisele on Typar® SF väga hea vastupidavusega paigaldusaegsete kahjustuste suhtes. Lisaks on vajalik piisav pikenemine piirilukorras, et pidada vastu kivide läbitungimisele ja tagada ohutu piirtugevus, kui geotekstiil on pingel all.

¹³ Välja arvatud jämeda liiva ja kruusa korral.

¹⁴ Vastavalt Norra klassifikatsioonisüsteemile.

3.3. Täitematerjalist aluste projekteerimine Typar® SF kasutamise korral

Teekatte seisukorra halvenemise peamised põhjused on:

- Täitematerjalist aluse saastumine peeneteralise aluspinnasega dünaamilise koormuse korral („pumpamise efekt”), mis põhjustab täitematerjali nihketugevuse tunduvalt vähenemist. „Puhta” täitematerjali paksus ja selle tõttu ka konstruktsiooni kandevõime väheneb lubamatule tasemele.
- Täitematerjali eespool kirjeldatud saastumine muudab täitematerjali tundlikuks külma suhtes, millega kaasneb kandevõime vähenemine sulaperioodidel.
- Puudub maa-alune drenaaž.
- Liikluse prognoosimatu tihenemine.

Typar® SF kasutamine väldib täitematerjali saastumist ja tagab tänu sellele pikema tööea.

Käesolevas juhendis kasutatakse pinnase kandevõime mõõteväärtusena CBR¹⁵ väärtust. Tabelis 2 allpool on esitatud korrelatsioonitegurid CBR, C_u (dreenimata nihketugevus), E_v (jäikusmoodul) ja M_E (survemoodul) vahel. Kõvakatteta ja kõvakattega teedele siin esitatud omadused projekteerimiseks põhinevad Typar® SF tüübil energiatasemega 2. Sõltuvalt geotekstiili paigaldustingimustest ja liiklustingimustest võib valida kõrgema energiatasemega geotekstiili.

Aluspinnase kandevõime CBR-väärtuse hindamise korrelatsioonigraafik

Väga halb					Halb		Rahuldav			Keskmine					Hea	Pinnas
0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9					CBR
20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280			C_u [kN/m ²]*
2	2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42					C_u [psi]
		4	6	8	10	12	14	16	18							M_E [MN/m ²]**
	2		4		6		8		10		12		14			E_V [MN/m ²]

* Nihketugevus dreenimata pinnase korral

** Kokkusurutavusmoodul

Tabel 2. Aluspinnase kandevõime CBR-väärtuse hindamise korrelatsioonigraafik (allikas: Barenberg)

3.3.1. Kõvakatteta teed

Kõvakatteta tee, mis võimaldab ajutist või alalist juurdepääsu (nt ehitusaegne tee või kruusatee) koosneb tavaliselt lihtsast, sidumata täitematerjalist alusest.

Allpool esitatud projekteerimismeetod eeldab, et Typar® SF paigaldamine aluspinnase ja täitematerjalist aluse vahele tagab:

- täitematerjali parema tihendatavuse
- aluspinnase tihenemise dünaamiliste koormuste toimel
- tugevama konstruktsiooni tänu membraan- ja tõkestusefektile
- aluspinnase lubatud surve suurenemise piirkandevõimeni $p = (\pi + 2) * C_u$

Empiiriliste andmete alusel on teada, et nende eeliste koosmõju on võrdväärne aluspinnase kandevõime CBR suurenemisega umbes kolme protsendi võrra. Seda projekteerimismeetodit tohib rakendada ainult Typar® SF kasutamise korral.

Selle meetodi puhul tuleb esmalt koormuse ja aluspinnase olukorra alusel määrata täitematerjali esialgne paksus ja seejärel hinnata tööiga ja täitematerjali efektiivsust. Pärast täitematerjali efektiivpaksuse T_{eff} määramist tuleb valida Typar® SF tüüp, mis vastab vajalikule energiatasemele.

A. Täitematerjali algpaksus T_0

B. T_0 korrigeerimine tööea suhtes $\Rightarrow T$

C. T korrigeerimine täitematerjali efektiivsuse suhtes $\Rightarrow T_{eff}$

¹⁵ Kalifornia kandevõimetegur (*California Bearing Ratio*). Ehitusplatsil kasutatava ligikaudse arvutamise meetodid on esitatud lisas 7.10.

Tähelepanu tuleb pöörata teljekoormusele > 130 kN. Täitematerjali esialgse paksuse T_0 määramiseks tuleb valida asjakohane kõver. Tööea korrigeerimisteguri C määramiseks kasutatakse läbisõitude tegelikku arvu N .

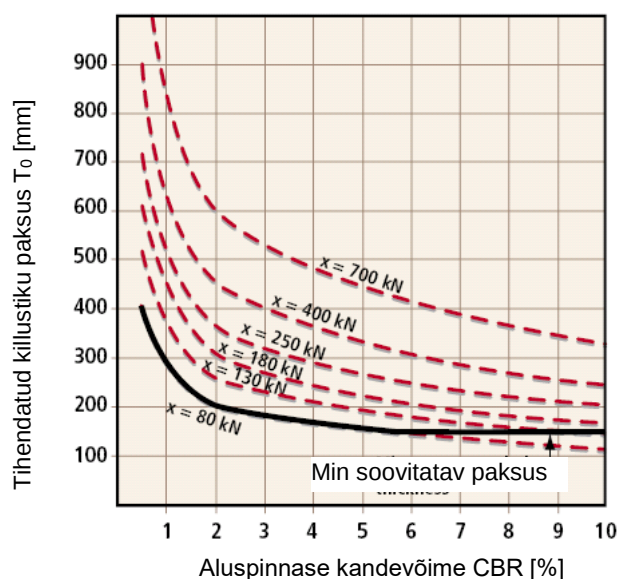
Kõvakatteta tee projekteerimismeetod

A. Täitematerjali algpaksus T_0

Pinnase kandevõime CBR, C_u

Teljekoormus P_i

Teljekoormuse 1000 tsüklile vastava tihendatud killustiku paksuse T_0 määramiseks kasutage joonist 1, rakendades aluspinnase kandevõimetegurit CBR ja teljekoormust P_i ¹⁶. Tabelis 3 on esitatud alternatiivne valem T_0 arvutamiseks.



Joonis 17. Kõvakatteta teed: tihendatud killustiku paksus teljekoormuse 1000 tsükli korral

CBR [%]	P_1 [kN]	P_2 [lbs]
0,5	45.31	0.119
1	32.37	0.085
1.5	25.89	0.068
2	22.47	0.059
3	20.56	0.054
4	18.66	0.049
5	17.14	0.045
6	16.00	0.042
7	14.85	0.039
8	13.71	0.036
9	12.95	0.034
10	12.19	0.032

$T_0 \text{ (mm)} = P_1 \sqrt{\text{Axle Load (kN)}}$	
$T_0 \text{ (in)} = P_2 \sqrt{\text{Axle Load (lbs)}}$	

Tabel 3. Kõvera P_i määramise tegurid

B. T_0 korrigeerimine tööea suhtes

Teljekoormus

P_i

Ülesõitude tegelik arv

N_i

Tihendatud killustiku paksus

T_0

$$T = C * T_0 =$$

$$T = (0.27 * \log(\sum N_i * \text{ESAL}) + 0.19) * T_0$$

- Kui kõige sagedasemad teljekoormused on suuremad kui 130 kN (nt karjääri sõiduteed), ei ole $N_e = \sum N_i * \text{ESAL}$ (ekvivalentsete teljekoormuste arvu) kasutamine kohane. Tuleb määrata tööea korrigeerimistegur C , kasutades tegelike ülesõitude arvu N_i
- Tööiga väljendatakse 80 kN teljekoormuse rakenduste koguarvuna. Tegelik teljekoormus taandatakse esmalt ekvivalentsusteguri ESAL abil samaväärseks standardseks teljekoormuseks ($P_0 = 80 \text{ kN}$):

$$\text{ESAL} = (P_i / P_0)^{3.95}$$

¹⁶ Kui tegelikud teljekoormused ei ole teada, jagatakse teljekoormuse määramiseks sõiduki kogumass tavaliselt telgede arvuga. Kõik teljekoormused taandatakse ekvivalentsusteguri ESAL abil

samaväärseteks standardseks teljekoormuseks $P_0 = 80 \text{ kN}$.

Teljekoormus (kN)	ESAL	Teljekoormus (kN)	ESAL
10	0.0003	140	9.12
20	0.004	150	11.98
30	0.021	160	15.45
40	0.065	170	19.64
50	0.16	180	24.61
60	0.32	190	30.47
70	0.55	200	37.31
80	1.0	250	90.08
90	1.59	300	185.10
100	2.41	400	576.70
110	3.52	500	1392.30
120	4.96	600	2860.80
130	6.80	700	5259.30

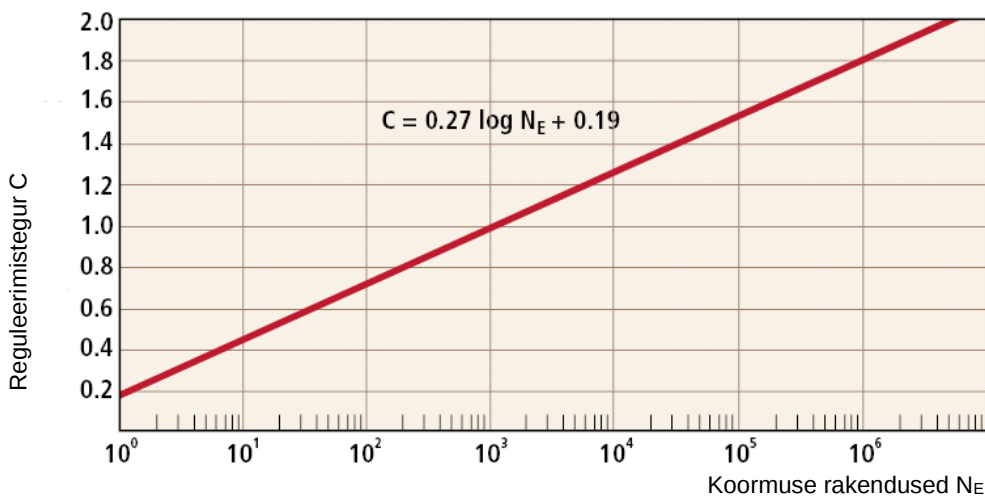
Tabel 4. Ekvivalentsustegur (ESAL)

Tabelis 4 on esitatud ekvivalentsustegurid ESAL erinevate teljekoormuste jaoks.

- Korrutades ülesõitude tegeliku arvu (N_i) telje kohta ekvivalentsusteguriga ESAL, määratakse ülesõitude arv N_E samaväärsete standardsete teljekoormuste korral.

$$N_E = \sum N_i * ESAL_i$$

Kuna T_0 on indekseeritud 1000 teljekoormuse rakenduse tööea alusel, tuleb seda reguleerida teguriga C , mis sõltub standardsete koormuste tegelikust arvust N_E . N_E ja C vaheline suhe on näidatud joonisel 18.



Joonis 18. Tööea korrigeerimistegur^{III}

- Sellisel juhul on täitematerjali paksuseks T :

$$T = C * T_0 = (0.27 * \log(\sum N_e) + 0.19) * T_0$$

C. T korrigeerimine täitematerjali efektiivsuse suhtes

$$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i$$

Täitematerjalist alustes kasutatavad erinevad materjalid on erineva efektiivsusega. Selle erinevuse arvessevõtmiseks kasutatakse täitematerjali efektiivsustegurit α . Valitud täitematerjal peab olema tihendatav. Typar® SF armeerivate omaduste kasutamiseks tuleb kogu koormatav materjal siduda kompaktselt massiks. Kildne purustatud täitematerjal on parim, sest selle tükid haakuvad omavahel hästi, mis tagab suure kandevõime. Sõltuvalt kättesaadavusest võib kasutada muid materjale või segusid. Tabelis 5 on esitatud erinevate teekatte ja aluse ehitamise materjalide tüüpilised efektiivsustegurid.

Materjal	Efektiivsus α
Sillutuskivi	2
Kuumsegu (tihe killustikkate)	2
Tihe pindamiskiht	2
Tsementeeritud pinnas (survega > 5 MPa)	1,5
Bituumeniga seotud pinnas	1,5
Kõvakillustik-täitematerjal – standardne 1,0	
Keskmine killustik-täitematerjal (CBR > 80%)	0,8
Kõva ümmargune killustik-täitematerjal (CBR > 80%)	0,8
Keskmine ümar killustik-täitematerjal	0,5
Liivkruus (CBR = 20–30%)	0,5
Lubjakivikillustik	0,5
Lahtine kruus, tihendatud liiv	0,4
Näide: 10 mm kuumsegu = 20 mm standardne kõva killustik	

Tabel 5. Täitematerjali efektiivsuse korrigeerimine

Täitematerjali paksuse lõpliku arvutusliku väärtuse T_{eff} (efektiivse paksuse) saamiseks saab killustiku esialgselt projekteeritud paksuse T seega asendada üksteise peale paigaldatavate materjalidega, mille paksused on T_i ja efektiivsus α_i :

$$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i$$

Näited on esitatud punktis 3.6.

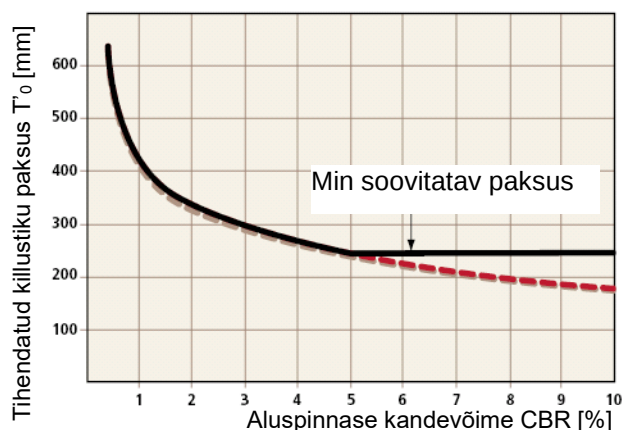
3.3.2. Kõvakattega teed

Alalised kõvakattega teed koosnevad tavaliselt täitematerjalist alusest, bituumensideainega aluskihist ja betoon- või bituumenkattest.

Pakutav projekteerimismeetod eeldab, et Typar® SF paigaldamine aluspinnase ja täitematerjalist aluse vahele tagab

- täitematerjali parema tihendatavuse
- aluspinnase tihenemise dünaamiliste koormuste toimel
- täitematerjali pikaajalise saastumise vältimise.

Need eelised tähendavad pikemat tööiga ehk teiste sõnadega võimet taluda täitematerjalist aluse teatud paksuse korral suuremat liikluskkoormust. Kui kasutada osa täitematerjalist alusest ehitusaegse juurdepääsutee rajamiseks, saab lisaks kasu geotekstiili Typar® SF stabiliseerivatest omadustest. Eraldamis- ja filtreerimisfunktsioon soodustavad aluspinnase tihenemist staatilise ja dünaamilise koormuse korral. See on enamasti sama tõhus kui pinnase stabiliseerimine.



Projekteerimine on sarnane kõvakatteta tee projekteerimisega (vt eelmist punkti). Kõvakattega teedel määratakse tihendatud killustiku paksus T'_0 teljekoormuse 1000 tsükli kohta siiski joonise 19 alusel. Seda paksust tuleb korrigeerida tööea ja täitematerjali efektiivsuse suhtes nagu kõvakatteta teedelgi.

Joonis 19. Tihendatud killustiku paksus T'_0

3.3.3. Kõvakattega teed koos aluskihiga ehitusaegse teega

Kasutage täielikult ära geotekstiili Typar® SF tugevdav mehhanism, kasutades ajutiste ehitusaegsete teede täitematerjali minimaalse paksuse määramiseks joonist 17. Aluskiht tuleb siduda kõvakattega tee lõpliku konstruktsiooniga, lisades ülejäänud täitematerjali, mis on vajalik joonise 18 alusel määratava vajaliku paksuse saavutamiseks. Alljärgnevalt on esitatud projekteerimistoimingute kokkuvõte.

Kõvakattega konstruktsioon

A. Täitematerjali algpaksus T'_0

Pinnase kandevõime CBR

Teljekoormus P_i

Joonis 19 $\Rightarrow$ T'_0

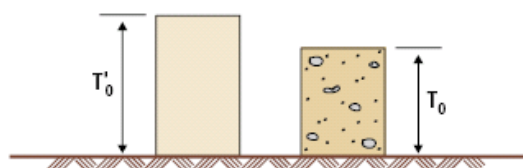
Kõvakatteta ehitusaegne tee¹⁷

A. Täitematerjali algpaksus T_0

Pinnase kandevõime CBR

Teljekoormus P_i

Joonis 17 $\Rightarrow$ T_0



B. T'_0 korrigeerimine tööea suhtes

Teljekoormus P_i

Ülesõitude tegelik arv N'_i

Tihendatud killustiku paksus T'_0

B. T_0 korrigeerimine tööea suhtes

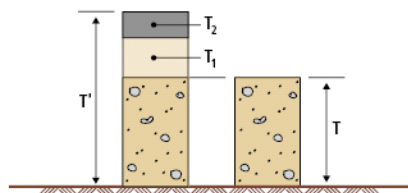
Teljekoormus P_i

Ülesõitude tegelik arv N_i

Tihendatud killustiku paksus T_0

$$ESAL = (P_i/P_0)^{3.95}$$

$N'_E = \sum N'_i * ESAL \Rightarrow C$	Fig 18	$N_E = \sum N_i * ESAL \Rightarrow C$	Fig 18
$T' = C * T'_0$		$T = C * T_0$	
$\alpha = 1$			



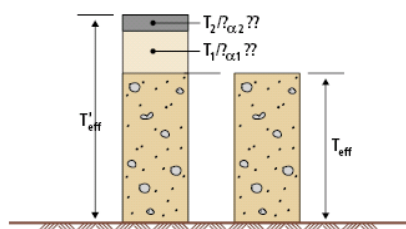
C. T' korrigeerimine täitematerjali efektiivsuse suhtes

$$T'_{eff} = T_{eff} + \sum T_i / \alpha_i$$

kus T_{eff} on ehitusaegse tee minimaalne efektiivne paksus

C. T korrigeerimine täitematerjali efektiivsuse suhtes

$$T_{eff} = \sum T_i / \alpha_i$$



Joonis 20. Projekteerimistabel¹⁸

¹⁷ Vt ka punkti 3.3.1.

¹⁸ Vt ka näiteid punktis 3.6.2.

3.4. Typar® SF õige tüübi valimine

Eelmises punktis esitatud projekteerimisjuhised põhinevad Typar® SF standardisel energiatasemel 1. Täiendavate projekteerimisnõuete täitmiseks võib kasutada kõrgemaid energiatasemeid 2, 3 või 4, et vastu pidada:

- liikluse toimele
- paigaldustingimuste toimele
- tihendamise toimele

Määrake jooniste 21 kuni 23 alusel vajalik tase ja valige allpool tabelis 6 geotekstiili Typar® SF samaväärne energiatase.

Energiasüsteem			Tase 1	Tase 2	Tase 3	Tase 4
Katse	Standard	Ühik				
Energia neeldumine (tegelik)	EN ISO 10319/ ASTM D4595	kJ/m ²	2	5	8	11
Tõmbetugevus		kN/m	7	12	20	25
Pikenemine		%	50	50	50	50
Tugevus 5% pikenemise korral		kN/m	2,5	5	7,5	10
Perforatsioonikatse CBR	EN ISO 12236	N	1000	1500	2500	3250
Koonuse kukkumiskatse	EN 918	mm	40	35	30	20
Minimaalselt soovitatav Typar® SF			SF 32	SF 49	SF 77	SF 94

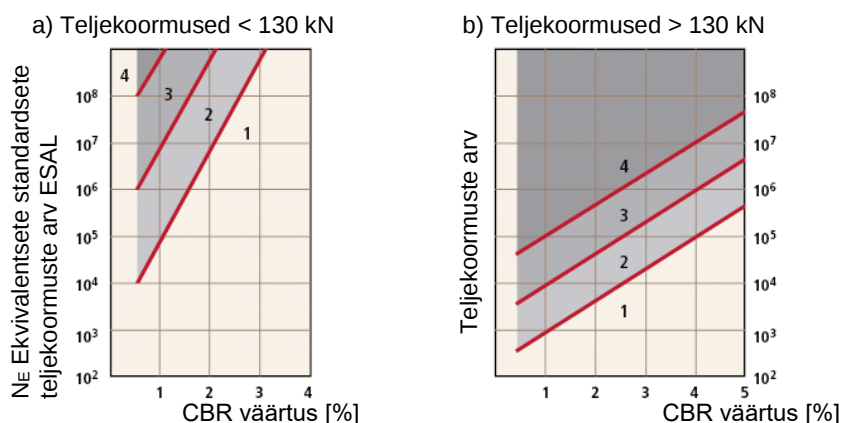
Tabel 6. Typar® SF erinevate energiatasemete minimaalsed väärtused¹⁹

3.4.1. Liikluse toime

Kanga paremad omadused on vajalikud selleks, et vastu pidada:

- ekvivalentsete standardsete teljekoormuste (ESAL) suurest arvust tingitud väsimusele
- raskemasinatest (tavaliselt teljekoormusega üle 130 kN) põhjustatud lisapingetele.

Typar® SF õige energiataseme saab valida joonise 21 alusel vastavalt aluspinnase kandevõimele CBR ja teljekoormuse rakenduste arvule.



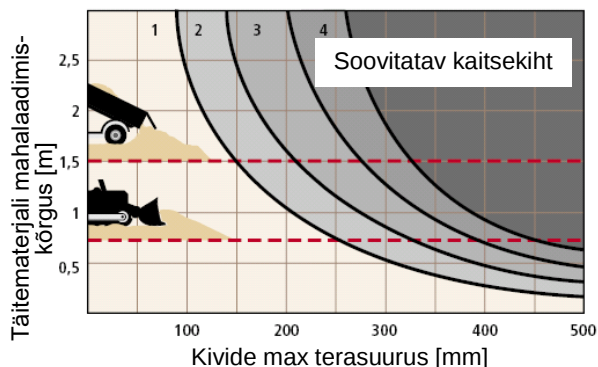
Joonis 21. Soovitatavad energiatasemed funktsioonina liikluskõormusest²⁰

¹⁹ Arvestage, et Typar® energiatasemete valik võib sõltuda siseriiklikest klassifikatsioonisüsteemidest ja spetsifikatsioonidest.

²⁰ $N_E = \sum N_i \cdot ESAL_i$

3.4.2. Paigaldustingimuste toime

Oma funktsioonide pikaajaliseks täitmiseks peab geotekstiil vastu pidama paigaldusaegsetele pingetele, eelkõige täitematerjali mahalaadimisele ja tihendamisele. Joonisel 22 on näidatud Typar® SF energiatase täitematerjali terasuuruse ja mahalaadimiskõrguse funktsioonina. On ilmne, et täitematerjali kaadamine ja kuhjamine olemasoleva kihi peale, selle asemel et laadida otse geotekstiilile, võimaldab kasutada madalama energiatasemega tüüpe.

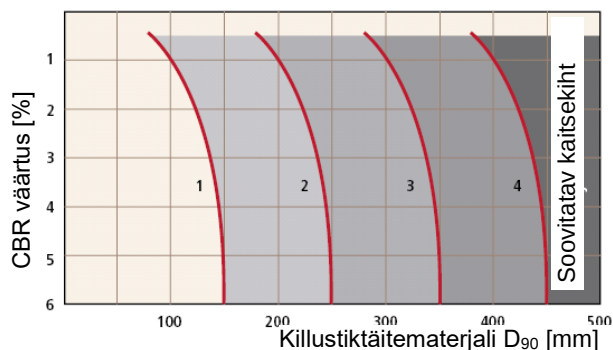


Joonis 22. Soovitatav energiatase täitematerjali suuruse ja mahalaadimiskõrguse funktsioonina

3.4.3. Tihendamise toime

Täitematerjali tihendamise ajal teravaservalistest kividest põhjustatud perforatsioon on pikaajalise eraldamise seisukohast kahjulik. Joonisel 23 on esitatud Typar® SF energiatasemed pinnase kandevõime CBR funktsioonina ja geotekstiiliga Typar® SF kokkupuutes oleva killustiktäitematerjali väärtusest D_{90} (90% läbivus).

Märkus. Kui tegemist on ainult kergliiklusega (sõiduautod) ja täitematerjali terasuurus ei ületa 50 mm, võib kasutada madalama energiatasemega kui 2 kJ/m^2 tüüpe.



Joonis 23. Soovitatav energiatase killustiku terasuuruse ja aluspinnase kandevõime CBR funktsioonina

3.4.4. Filtreerimisnõuded

Pikaajaliseks eraldamiseks ja filtreerimiseks peab geotekstiil vastama tabelis 7 esitatud lihtsustatud kriteeriumidele, kus O_{90} on mõõdetud märgsõelumis-katsemeetodil (EN 12956).

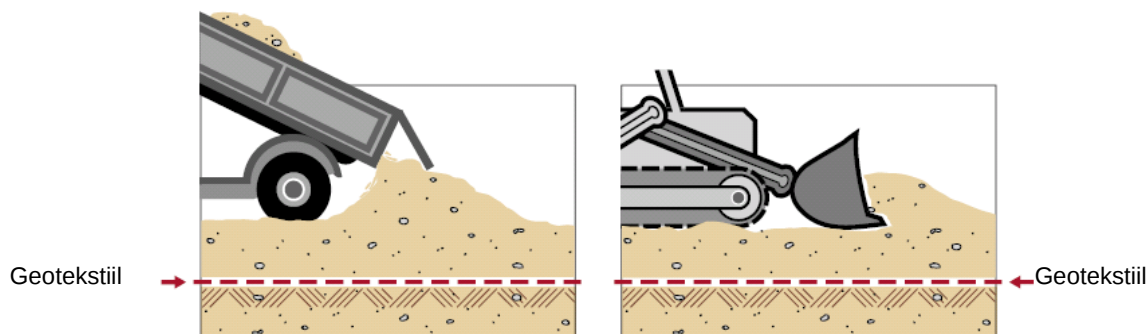
Väga peeneteralised, nidusad pinnased $D_{85} < 0,06$, $D_{10} < 0,002$	Mittenidusad pinnased
$O_{90} = 0,200 \text{ mm}$	$O_{90} \leq 2 * D_{85}$

Tabel 7. Üldised filtreerimisnõuded

3.5. Paigaldusjuhised

Geotekstiili Typar® SF paigaldamisel teekonstruktsioonidesse ja täitematerjalist alustesse tuleb järgida järgmisi nõudeid:

- 1) tuleb eemaldada kogu suurem praht, mis võib geotekstiili Typar® SF perforeerida;
- 2) Typar® SF tuleb paigaldada vähemalt sama laialt kui täitematerjali kihid;
- 3) kui kasutatakse kahte või enamat rulli, tuleb tagada nende piisav ülekate (tavaliselt vähemalt 30 cm);
- 4) tuulise ilma korral tuleb Typar® SF paigalhoidmiseks kühveldada sellele korrapäraste vahekaugustega killustiktäitematerjali;
- 5) täitematerjali mahalaadimisel ei tohi veokiga sõita otse geotekstiilile (joonis 24);



Joonis 24. Täitematerjali mahalaadimisel geotekstiilile Typar® SF ei tohi veokiga sõita geotekstiilile

- 6) enne raskeveokite pealesõitu tuleb täitematerjal tasandada ja tihendada;
- 7) tuleb vältida täitematerjali, mille terasuurus ületab 1/3 täitematerjali kihi paksusest;
- 8) kui on olemas pikirööpad, tuleb need täita kohe, kui nende sügavus ületab 1/3 täitematerjali kihi paksusest. See peatab pikirööbaste tekkimise;
- 9) täitematerjali esimesed kihid peavad olema vähemalt 250 mm paksused.

3.6. Projekteerimisnäited

3.6.1. Näide 1 (vastavalt punktile 3.3.1)

Töövõtja vajab ilmastikutingimustest sõltumatut juurdesõiduteed sillaehitusobjektile, kui pinnaseks on orgaaniline savi kandevõimega CBR 2,5%. Ehitusplatsile sõidab 5 kuu pikkuse ehitusperioodi jooksul iga päev 6 (kolmeteljelist) veoautot. Odava kruusa allikas asub lähedal ($\alpha = 0,4$, $D_{\max} = 100$ mm).

A. Täitematerjali algpaksus T_0

Pinnase kandevõime	CBR = 2,5
Teljekoormus	$P_i = 80$ kN
Joonis 17 $\Rightarrow$	$T_0 = 190$ mm

B. T_0 korrigeerimine tööea suhtes

Teljekoormus	$P_i = 80$ kN
Ülesõitude tegelik arv	$N_i = 6$ veokit päevas
Tihendatud killustiku paksus	$T_0 = 190$ mm

$ESAL = (P_i/P_0)^{3.95} = 1$
$N_E = \sum N_i * ESAL_i$
$N_E = 5 \text{ kuud} * 30 \text{ päeva/kuus} * 6 \text{ veokit/päevas} * 3 \text{ telge} * 1 = 2700$
Joonis 18 $\Rightarrow C = 1,12$
$T = C * T_0 = 1.12 * 190 = 212 \text{ mm}$

C. T korrigeerimine täitematerjali efektiivsuse suhtes

$$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i = 212 / 0.4 = 530 \text{ mm}$$

Typar® SF sobiva energiataseme valimine

CBR = 2,5%	N _E = 2700	Joonis 21	=> tase 1
Mahalaadimiskõrgus = 1 m	D _{max} = 100 mm	Joonis 22	=> tase 1
Joonis 23: kasutatav ainult killustiktäitematerjali korral			
Tabel 7: nidus pinnas	O _{max} ≤ 0,200 mm		
=>SF 37			

Paigaldamine: Järgige paigaldusjuhiseid, vt punkti 3.5.
Paigaldage kaks kihti killustikku, kumbki 330 mm, ja tihendage 265 millimeetrit.

3.6.2. Näide 2 (vastavalt punktile 3.3.3)

Transpordifirma ehitab terminali ja parkimisplatsi prognoositava tööeaga 15 aastat. Objektile sõidab iga päev 20 veokit, millest 8 teevad ühe otsa koormata. Veokitel on 4 koormatavat telge. Ehitusplats paikneb madalas kohas ebatasasel pinnasel. Ehitusplatsi uuringute käigus määrati kandevõime CBR 1%. Juurdepääsutee ja parkimisplats kaetakse 70 mm ($= T_{\text{hotmix}}$) paksuse kuumsegu-pindamiskihiga. Ehitusaegse tee alus rajatakse liivkruusast ($\alpha = 0,5$), millele paigaldatakse lõpliku kihina kõrge kvaliteediga ümarkivi-killustiktäitematerjal ($\alpha = 0,8$, $D_{\text{max}} = 100 \text{ mm}$). Esmalt rajab töövõtja terminali ümbritseva stabiilse pinnasega töö- ja montaaži piirkonna. Aja ja raha säästmiseks seotakse see täitematerjalist konstruktsioon kõvakattega tee lõpliku konstruktsiooniga joonisel 20 esitatud projekteerimistabeli kohaselt:

Kõvakattega konstruktsioon

A. Täitematerjali algpaksus T'_0

Pinnase kandevõime	CBR = 1%
Teljekoormus	$P_i = 80 \text{ kN}$

Joonis 19 $T'_0 = 420 \text{ mm}$

Kõvakatteta ehitusaegne tee

A. Täitematerjali algpaksus T_0

Pinnase kandevõime	CBR = 1%
Teljekoormus	$P_i = 80 \text{ kN}$

Joonis 17 $T_0 = 280 \text{ mm}$

B. T'_0 korrigeerimine tööea suhtes

Teljekoormus	$P_{\text{täis}} = 80 \text{ kN}$
	$P_{\text{tühi}} = 30 \text{ kN}$
Ülesõitude tegelik arv	N_i
Tihendatud killustiku paksus	T'_0

B. T_0 korrigeerimine tööea suhtes

Teljekoormus	P_i
Ülesõitude tegelik arv	N_i
Tihendatud killustiku paksus	T_0

$$ESAL_{\text{täis}} = (P_i / P_0)^{3,95} = 1$$

$$ESAL_{\text{täis}} = (30/80)^{3,95} = 0,021$$

$$ESAL_{\text{ehitusaegne hinnanguline}} = 3000$$

$$\begin{aligned} N'_{\text{täis}} &= 32 \times 6 \times 52 \times 15 \times 4 \text{ telge} = 599\,040 \\ N'_{\text{tühi}} &= 8 \times 6 \times 52 \times 15 \times 4 \text{ telge} = 149\,760 \\ N'_E &= 599\,040 \times 1 + 149\,760 \times 0,021 = 602\,185 \end{aligned}$$

$$N_E \text{ ehitusaegne hinnanguline} = 3000$$

$$\text{Joonis 18} \Rightarrow C = 1,75$$

$$\text{Joonis 18} \Rightarrow C = 1,13$$

$$T' = C \cdot T'_0 = 1,75 \cdot 420 \text{ s} = 740 \text{ mm}$$

$$T = C \cdot T_0 = 1,13 \cdot 280 \cong 320 \text{ mm}$$

$$\alpha = 1$$

C. T' korrigeerimine täitematerjali efektiivsuse suhtes	C. T korrigeerimine täitematerjali efektiivsuse suhtes
$T'_{\text{eff}} = T_{\text{eff}} + \sum T_i / \alpha_i$	$T_{\text{eff}} = \sum T_i / \alpha_i$
kus T_{eff} on ehitusaegse tee minimaalne efektiivne paksus	

Kogupaksusest T' 740 mm kasutati 320 mm ($\alpha = 1$) ehitusaegse liikluse toetamiseks. 70 mm kulumiskihti on ekvivalentne 140 mm materjaliga, mille efektiivsus on $\alpha = 1$. Ülejäänud 280 mm (T_{rem}) saab luua 350 mm ($= 280 / 0,8$) ümarkivi-täitematerjali abil. See annab minimaalseks efektiivseks paksuseks 790 mm.

$T'_{\text{eff}} = T_{\text{eff}} + T_{\text{hotmix}} / \alpha_{\text{hotmix}} + T_{\text{rem}} / \alpha_{\text{rem}}$ $T_{\text{rem}} = T' - T - T_{\text{hotmix}} (\alpha = 1) = 740 - 320 - 140 = 280 \text{ mm}$ $T'_{\text{eff}} = 640 + 140/2 + 280/0,8 = 1060 \text{ mm}$	$T_{\text{eff}} = 320/0,5 = 640 \text{ mm}$
--	---

Märkus. T'_{eff} on kõvakatteta ehitusaegse tee paksus.

T_{hotmix} on kulumiskihiki paksus.

T_{rem} on täiendav paksus, mis on vajalik, et täita alalisele kõvakattega teele esitatavad paksusnõuded.

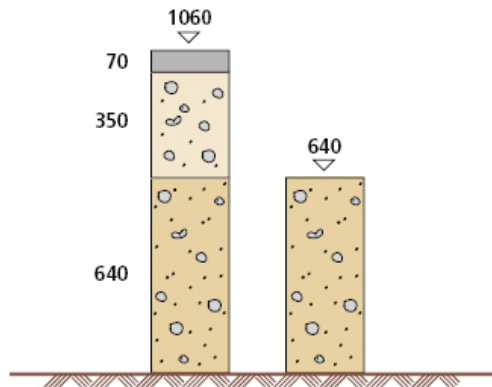
Typar® SF sobiva energiataseme valimine

CBR = 1,0%	$N'_E = 602 \ 185$	Joonis 21	⇒ tase 2
Mahalaadimis- kõrgus = 1 m	$D_{\text{max}} = 100 \text{ mm}$	Joonis 22	⇒ tase 1
Joonis 23: kasutatav ainult killustiktäitematerjali korral			

⇒ **SF 49**

Paigaldamine

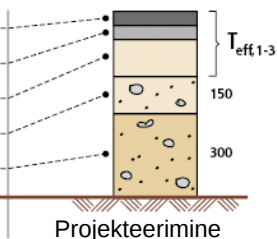
- Järgige paigaldusjuhiseid (punkt 3.5)
- Paigaldage ehitusaegsele teele 640 mm ümarkivi-täitematerjal kahes kihis
- Paigaldage 350 mm ümarkivi-täitematerjali ja 70 mm kuumsegu-kulumiskihti



3.6.3. Näide 3

Töövõtja tahab maanteeametile soovitada kõrgetasemelist tee-ehitusprojekti, et demonstreerida geotekstiili kasutamisel saavutatavat säästu. Maanteeameti võistupakkumisele esialgselt esitatud projektlahendus sisaldas järgmisi kihte:

1 pinna kulumiskiht -----	$\alpha = 2$ -----	50mm		
2 sidekiht -----	$\alpha = 2$ -----	60mm		
3 bituumenist teealus -----	$\alpha = 1.5$ -----	140mm		
4 kruus/killustik kandevõimega CBR > 30% -----	$\alpha = 1$ -----	150mm		
5 liiva/kruusa segu kandevõimega CBR > 15% -	$\alpha = 0.5$ -----	300mm		
Summaarne arvutuslik paksus T_{design}	α_i	700mm		Projekteerimine



Tee konstruktsioon

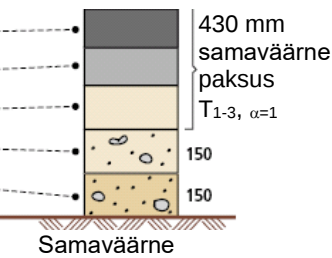
See projekteerimislahendus põhineb järgmisel liiklusintensiivsuse hinnangul:

Liiklus: teljekoormus 8 tonni või 80 kN
arvutuslik tööiga 10 aastat
kokku $15 \cdot 10^6$ teljekoormust tee tööea kohta

Kandevõime: olemasolev teealus CBR 1–5%

Kuna olemasoleva teealuse kandevõime CBR varieerub, määratakse uus teekonstruktsioon kandevõime CBR = 1%, 3% ja 5% alusel. Peale selle jäävad kihid 1, 2, 3 muutmata ja olemasoleva arvutusliku paksusega $T'_{\text{eff}1-3} = 250$ mm ning ekvivalentse paksusega $T_{1-3, \alpha=1} = (T_1 + T_2) \cdot \alpha_{1,2} + T_3 \cdot \alpha_3 = 430$ mm, kasutades täitematerjali efektiivsustegureid $\alpha_{1,2} = 2$ ja $\alpha_3 = 1,5$. Kihid 4 ja 5 ekvivalentne paksus on $150 / (\alpha = 1) = 150$ mm, kihi 5 paksus on $300 / (\alpha = 0,5) = 600$ mm. Kõik nimetatud võrdlused põhinevad täitematerjali efektiivsusel $\alpha = 1$.

1 pinna kulumiskiht -----	100mm			
2 sidekiht -----	120mm			
3 bituumenist teealus -----	210mm			
4 kruus/killustik kandevõimega CBR > 30% -----	150mm			
5 liiva/kruusa segu kandevõimega CBR > 15% -	150mm			
Summaarne ekvivalentne paksus	$\alpha = 1$	730mm		Samaväärne



Samaväärne teekonstruktsioon on kavandatud allpool:

Samaväärne teekonstruktsioon on kavandatud allpool:

A. Täitematerjali algpaksus T_0

Pinnase kandevõime CBR = vt alljärgnevat tabelit
Teljekoormus $P_i = 80$ kN

Joonis 17 $\Rightarrow T'_0 = \text{vt alljärgnevat tabelit}$

CBR	1%	3%	5%
T'_0 (paksus) (joonis 8) [mm]	420	300	250

B. T_0 korrigeerimine tööea suhtes

Teljekoormus $P_i = 80 \text{ kN}$
 Ülesõitude arv (ESAL) $N'_E = 15 \cdot 10^6$ teljekoormust
 Tihendatud killustiku paksus $T'_0 = \text{vt tabelit eespool}$

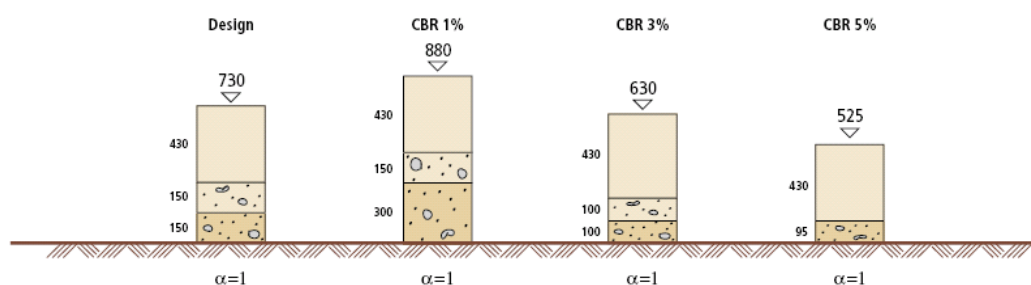
CBR	1%	3%	5%
C (korrigeerimine tööea suhtes)	2,1	2,1	2,1
$T = T'_0 \cdot C$ (min $\alpha = 1$ korral) [mm]	880	630	525

C. T korrigeerimine täitematerjali efektiivsuse suhtes

CBR	1%	3%	5%
$T_{\text{remain}} (= T - T_{1-3, \alpha=1})$ [mm]	450	200	95

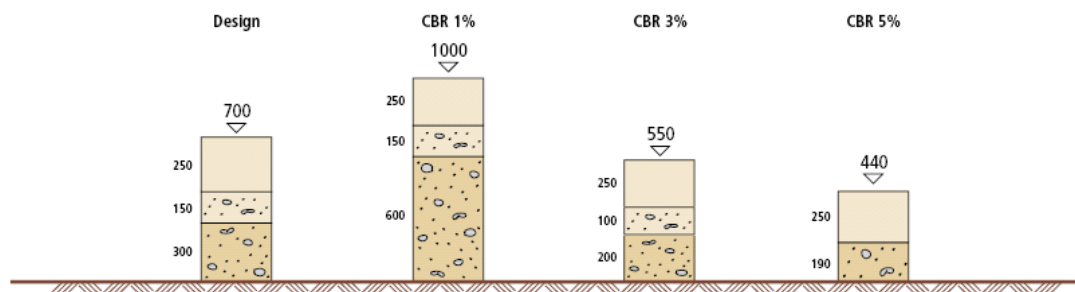
Järelejääva paksuse T_{remain} saab kahe kasutatava materjali vahel jagada järgmiselt:

T_4 (standardne täitematerjal) [mm]	150	100	-
T_5 (liiva/kruusa segu) [mm]	300	100	95
Vähennemine $(= T - 730 \text{ mm})$ [mm]	+150	-100	-205



See annab CBR = 3% ja 5% korral efektiivse paksuse säästu ja põhjustab CBR = 1% korral paksuse suurenemise.

CBR	1%	3%	5%
$T_{4, \text{eff}}$ (standardne täitematerjal) [mm]	150	100	-
$T_{5, \text{eff}}$ (liiva/kruusa segu) [mm]	600	200	190
efektiivne vähennemine $(= T_{\text{design}} - T_{\text{eff}})$ [mm]	+300	-150	-260



Kirjandus

^I Robnett, Q.L. and Lai, J.S., Fabric Reinforced Aggregate Roads – An Overview., 61st Annual Meeting of TRB in Washington, January, 1982

Lavin, J.G., Murray, C.D., Murch, L.E., Robnett, Q.L. and Lai, J.S., Prospects of spunbonded Fabrics in Civil Engineering, Proceedings of Nonwoven Fabrics Conference, University of Manchester, Institute of Science & Technology, June, 1980 Robnett, Q.L., Lai, J.S., et al, Use of Geotextiles in Road Construction: Laboratory Study, Proceedings of First Canadian Symposium in Geotextiles, Calgary, Alberta, Canada

Robnett, Q.L., Lai, J.S., et al, Use of Geotextiles in Road Construction, Proceedings, Third Conference – Road Engineering Association of Asia and Australia, Taipei, April, 1981

Robnett, Q.L., Lai, J.S., et al, Use of Geotextiles to Extend Aggregate Resources, ASTM Symposium on Extending Aggregate Resources, December 1980

Giroud, J.P., Noiray, L., Geotextile Reinforced Unpaved Road Design, Journal of the Geotechnical Division, ASCE, Volume 107, GT9, September, 1981

^{II} SINTEF Report, Non-woven Geotextiles in Road Constructions, 1996

^{III} Hammit II.G.M., "Thickness Requirements for unsurfaced Roads and Airfields Bare Base Support". Technical report s. 70 – 5, July 1970. US Army Engineer Waterway Experiment Station, Vicksburg M.S.

4. DRENAAŽISÜSTEEMID

4.1. Sissejuhatus

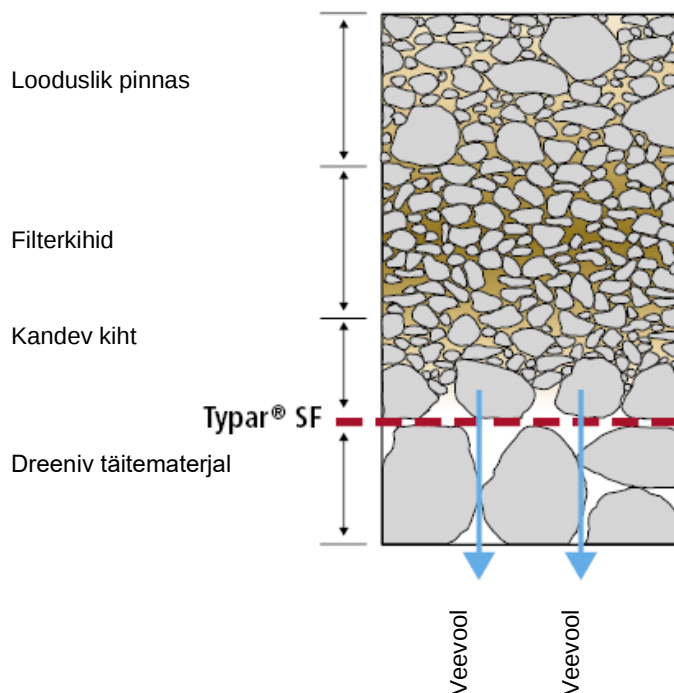
Käesolevas peatükis on esitatud juhised Typar® SF kasutamiseks filtermaterjalina ja põhikonstruktsioonides ning mõnede tüüpiliste drenaažisüsteemide ehitamise kohta. Projekteerimismeetod Typar® SF kasutamiseks on välja töötatud teadmiste põhjal, mis on saadud paljudelt laboritelt ja välikatsetelt ning tuhandetest paigalduskohtadest kogu maailmas.

4.2. Funktsioonid

Drenaažirakendustes (vee kontrollitud ärajuhtimisel) on standardpraktikaks saanud tavapärase teralise filtri asendamine geotekstiilfiltriga. Geotekstiilfilter täidab sama funktsiooni: see väldib drenaaži ummistumist ning selle eeliseks on lihtne paigaldamine ja kontrollitud filtreerimiskvaliteet, mida ei riku ka kehvad paigaldustingimused. Geotekstiilide kasutamine säästab tunduvalt kulusid tänu lühemale paigaldusajale, väiksemale kaevetööde mahule ja materjalikulule.

Geotekstiili omadusi mõjutab tunduvalt selle struktuur. Kootud lindist geotekstiili iseloomustab tavaliselt läbilaskva pinna väike osakaal. Kui poore on vähe, on need tavaliselt ühesuguse läbimõõduga ja seetõttu kipuvad pinnaseosakesed neid ummistama. Paksul geotekstiilil on pikk ja käänuline voolutee ja väikesed pinnaseosakesed võivad kitsastes kanalitesse kergesti kinni jääda. Osaline ummistumine ja sellise geotekstiili tundlikkus kokkusurumise suhtes põhjustavad läbilaskvuse tunduvalt vähenemist.

Typar® SF on seevastu väga heade pinnaseosakeste tõkestamise ja vee läbilaskvuse omadustega. Selle geotekstiili head pinnaseosakeste tõkestamise omadused on saavutatud tänu poore suuruse ja kuju suurele mitmekesisusele. Tänu geotekstiili Typar® SF eelnevalt kokkusurutud struktuurile on ebatõenäoline, et pinnaseosakesed jäävad sisse kinni. See on ka põhjuseks, miks selle materjali hüdraulilised omadused ei ole tundlikud kokkusurumise suhtes.



Joonis 6'. Geotekstiiliga külgnev looduslikust pinnasest filter

Geotekstiil peab lisaks filtreerimisfunktsiooni nõuetekohasele täitmisele vastu pidama koormusele paigaldamise ajal. Tänu suurele algmoodulile ja heale pikenemisvõimele on Typar® SF suure energianeeldumispotentsiaaliga, mis muudab materjali väga vastupidavaks nii paigaldusaegsete kahjustuste suhtes kui tagab ka poore mõõtmete ja läbilaskvuse stabiilsuse.

Kuidas Typar® SF töötab? Typar® SF võimaldab pärast paigaldamist geotekstiiliga külgnevalt tekkida looduslikust pinnasest filtril. Selle tulemusena moodustuv kandev kiht kujuneb välja ainult juhul, kui geotekstiilil on piisav poore suurusjaotus (joonis 6'). Järgmised juhised aitavad teil valida õige filtri.

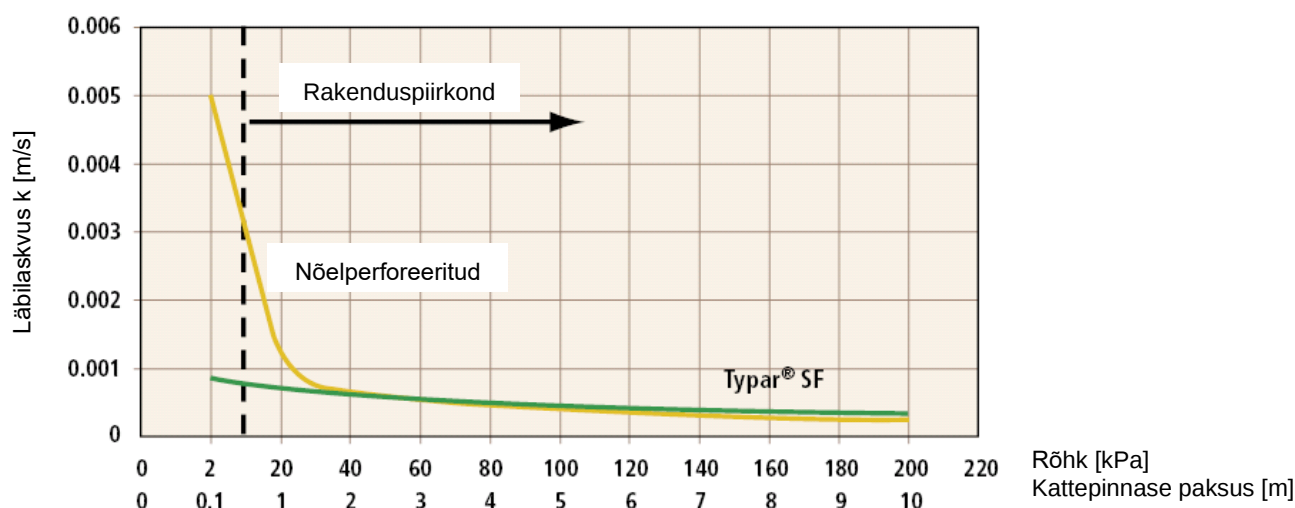
4.3. Geotekstiili omadused

Kogu maailmas on korraldatud ulatuslikke uuringuid geotekstiilide filtreerimisomaduste määramiseks, milles korreleeritakse filtreeritava pinnase osakeste suurusjaotus, pooride suurusjaotuse hüdraulilised tingimused ja geotekstiili veeläbilaskvus.

Geotekstiilifiltri kõige tähtsamateks omadusteks on pooride suurus ja geotekstiili veeläbilaskvus. Vajaliku poorisuuruse saab leida geotekstiili pooride suurusjaotuse järgi. Selle jaotuse määramiseks kasutatakse kas osakeste kindlaksmääratud suurusjaotusega pinnast (EN 12956) või teatud kindla suurusega klaashelmeid (ASTM D4751). Tulemuseks on pooriava suurus O_{90} või O_{95} , mis kirjeldab pooriava suurust, mille korral Typar® SF tehnilise käsiraamatu kohaselt läbis geotekstiili 90/95% pinnasest / klaashelmestest. Katsemeetodeid on täpsemalt kirjeldatud peatükis 7.1.3.

Õige pooriava suuruse määramine on filtreerimissüsteemi õige funktsioneerimise seisukohalt otsustava tähtsusega. See tagab, et geotekstiili peal moodustub looduslikust pinnasest filter. Vale pooriava suurus võib põhjustada torustiku ja pinnase pidevat erosiooni ning isegi läbilaskvuse vähenemist.

Geotekstiili läbilaskvust iseloomustab läbilaskvustegur k . See iseloomustab veevoolu pinnase või geotekstiili tasapinnaga risti. Geotekstiili läbilaskvustegur k on vajalik geotekstiili läbilaskvuse võrdlemiseks pinnase läbilaskvusega. Erineva struktuuriga geotekstiilide hindamiseks on soovitatav võrrelda läbilaskvust koormuse korral. Joonisel 25 on näidatud, kuidas paksu, kokkusurutava mittekoatud geotekstiili läbilaskvus rõhu all muutub võrreldes eelnevalt kokkusurutud geotekstiiliga Typar® SF.



Joonis 25. Läbilaskvus rõhu all – nõelperforeeritud geotekstiil võrrelduna geotekstiiliga Typar® SF

Teiseks meetodiks geotekstiili läbilaskvuse kirjeldamisel on hüdrauline juhtivus või vooluhulk $[l/(m^2 \cdot s)]$ veesamba teatud kõrguse juures, näiteks V_{H50} vastavalt standardile EN 11058. Kõige olulisem aspekt on valida geotekstiil sellise läbilaskvusega, mis on filtreeritava pinnase läbilaskvusest suurem. See on vajalik vee loomuliku voolu võimaldamiseks.

4.4. Drenaažisüsteemide projekteerimine

Õige filtri valimine on keerukas, sest pinnase ja filtri vahelist toimet reguleerib terve rida tegureid.

- Geotekstiili omadused: poorisuuruse jaotus (O_{90}), veeläbilaskvus, kokkusurutavus ja struktuur
- Pinnase omadused: osakeste suurusjaotus, lõimisetegur, tihendatavus, plastsus ja nidusus.
- Hüdraulilised tingimused: ühesuunaline või muutuv voolusuund, kalle ja keemiline sadestamine
- Paigaldustingimused: füüsikalised kahjustused paigaldamise ajal ja pinnasevee sisaldus paigaldamise ajal

Kaks põhilist kriteeriumi, millega tuleb filtrirakenduse projekteerimisel arvestada, on pinnase tõkestamine ja filtri läbilaskvus.

4.4.1. Pinnase tõkestamise kriteerium

Valikut alustatakse filtreeritava pinnase osakeste jaotuse kindlaksmääramisest. Võib määrata maksimaalse pooriava suuruse piirväärtused O_{90} . Mittekriitiliste tingimuste (ühtlane vool, väike kalle) korral on üldiseks kriteeriumiks:

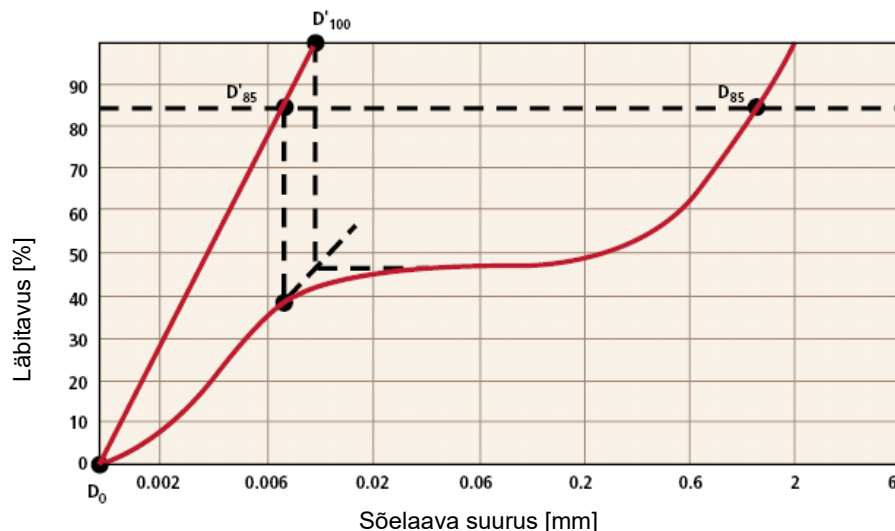
$$O_{90} < 2 * D_{85}$$

Rakendustes, kus peamiseks teguriks on torustiku katmine, tuleb rakendada järgmisi kriteeriume:

	Väga peeneteraline niduspinnas $D_{85} < 0,06$ ja $D_{10} < 0,002$	Peeneteraline nidususetu pinnas $D_{40} < 0,06$	Jämedateraline pinnas $D_{40} > 0,06$
Ühtlane vool	$O_{90} < 0,200$	$O_{90} < 6 * D_{60}$	$O_{90} < 5 * D_{10} \sqrt{C_u}^{21}$
Muutuv vool	Nõutavad on laborikatsed ²²		$O_{90} < 1,5 * D_{10} \sqrt{C_u}$ $O_{90} < D_{60}$

Tabel 8. Filtri valiku kriteeriumid erinevate pinnaste ja voolutingimuste korral

Ebaühtlase terakoostisega pinnaste korral, nagu on näidatud allpool graafikul (joonis 26) tuleb D_{85} asemel kasutada D'_{85} (pinnase peenema osa D_{85}). D'_{85} määramiseks pikendage pinnase peenema osa ja lauge osa gradienti. Ristlõige määrab pinnase peenema osa D'_{100} . D'_{100} ja D_0 ühendamine võimaldab ära märkida D'_{85} .



Joonis 26. Ebaühtlase terakoostisega pinnased

4.4.2. Läbilaskvuse kriteerium

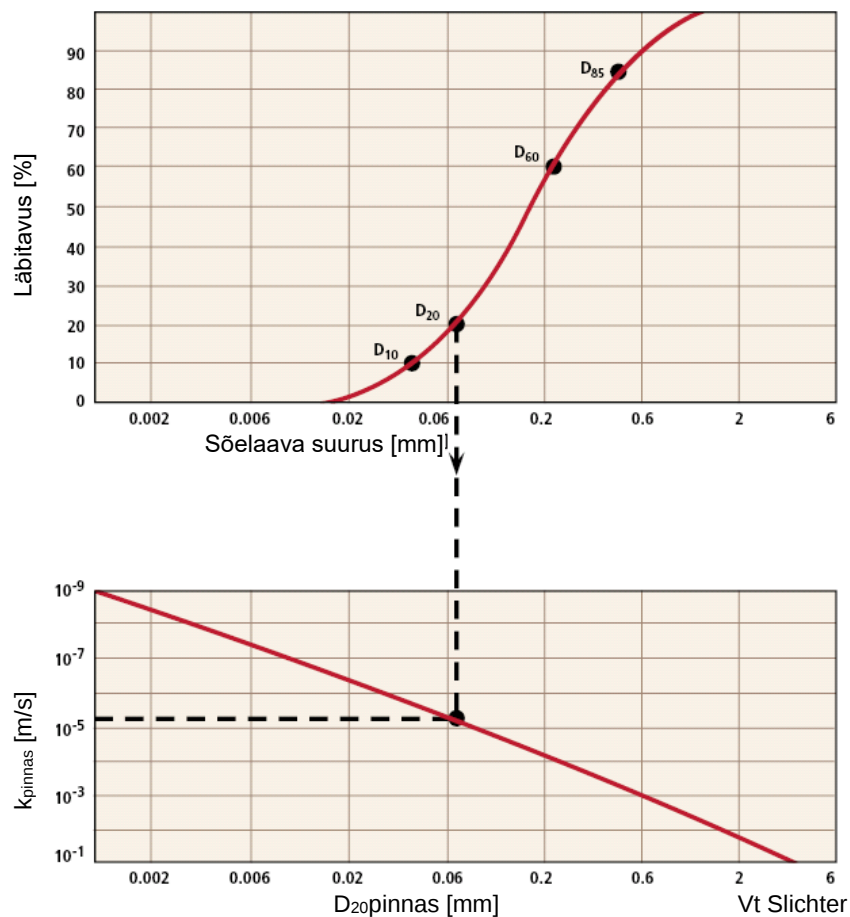
Üldreeglina peab geotekstiili läbilaskvus olema suurem filtreeritava pinnase läbilaskvusest. Võrreldes teralisi filtreid geotekstiilfiltritega, soovib J.P. Giroud^{II}, et vooluhulga ekvivalentse võime tagamiseks peab geotekstiili veeläbilaskvus olema filtreeritava pinnase läbilaskvusest 10 korda suurem. Murray ja McGown soovivad tegurit 10 kootud geotekstiilide ja õhukeste mittekoatud (≤ 2 mm) geotekstiilide korral ning tegurit 100 pakside mittekoatud geotekstiilide (> 2 mm) korral kasutamiseks teesillutustöödel ja ehitusdrenaaži rajamisel^{III}. Soovitav on:

$$K_{geo} > 5-10 * K_{soil}$$

Pinnase läbilaskvuse saab joonise 27 abil lähendusena määrata osakeste suuruse D_{20} alusel

²¹ $C_u = D_{60}/D_{10}$

²² Paluge firma DuPont Geosynthetics tehnilise keskuse abi või kasutada lisas 7.10 esitatud skeemi.



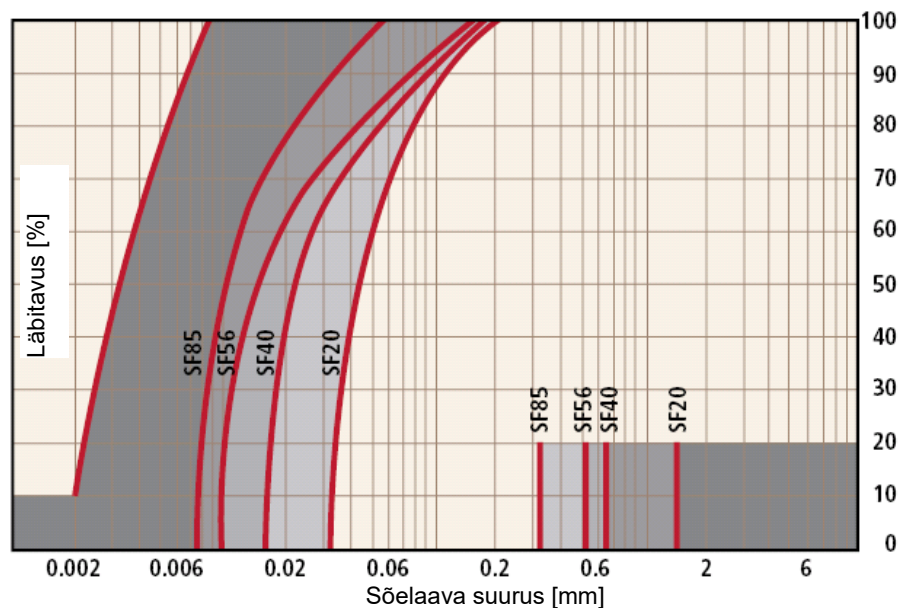
Joonis 27. Pinnase läbilaskvuse lähendusena määramine D_{20} funktsioonina

4.4.3. Eripinnased

Allpool toodud jooniselt 28 on näha, et:

- pinnased, mille $C_u < 3$ ja alla 10% osakestest on $< 0,002$ mm ning mille osakeste suurusjaotuse kõver on täielikult hallis tsoonis, ei ole näidatud Typar® SF tüüpide korral hästi säilinud. Enne geotekstiili valikut on vaja teostada laborikatsed. Kui osakeste suuruse jaotuskõver ristub hallide piirkondadega, kehtivad tavalised filtrikriteeriumid.
- pinnastel, mille osakeste suuruse jaotuskõver ristub viirutatud ristkülikuga, ei ole läbilaskvuse kriteerium täidetud. Veerõhu tõus võib põhjustada ehituslikke probleeme.

Savi	Möll			Liiv			Kruus
	Peen	Keskmine	Jäme	Peen	Keskmine	Jäme	



Joonis 28. Eripinnaste korral tuleb Typar® SF tüübi valimisel võtta arvesse täiendavaid asjaolusid.

4.4.4. Kommentaarid ja täiendavad valikukriteeriumid

Laborikatsed ja välkogemused on näidanud, et Typar® SF margid, mille poorid on suuremad kui eespool esitatud filtrikriteeriumides näidatud, käituvad väga peeneteralistes pinnastes pika aja jooksul hästi^{IV}.

Teatud paigaldustingimustes (langemiskõrgus, täitematerjali liik, tihendamine) võib soovitada raskemat ja tugevamat Typar® SF tüüpi kui on vajalik läbilaskvuse tõttu või kui filtritingimused nõuavad. Täpsemad andmed on esitatud tabelis 9.

Rakendusvaldkond	Soovitav Typar® SF tüüp
Põllumajanduslik drenaaž	SF20 või SF27
Drenaažisüsteemid täitematerjaliga d < 20 mm	SF32
Drenaažisüsteemid täitematerjaliga d > 20 mm	SF37 või kõrgem

Tabel 9. Soovitavad Typar® SF tüübid erinevatele rakendusvaldkondadele

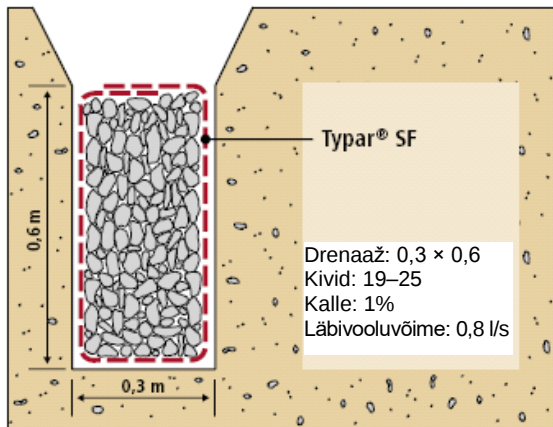
4.5. Tüüpilised drenaažisüsteemid

4.5.1. Imbväljad

Typar® SF on populaarne imbväljade ehitamisel, kus Typar® SF toimib filtrina ja säilitab täitematerjalist drenaaži drenimisevõime. Kivitäidisega drenaažide läbivooluvõime on võrdeline nii ristlõike kui kaldega.

Täitematerjali suurus [mm]	Drenaaži kalle [%]	Läbivooluvõime Q [l/s]				
		0,3 × 0,3	0,3 × 0,6	0,6 × 0,6	0,6 × 0,9	0,6 × 1,2
50	1,0	0,7	1,4	2,8	4,2	5,6
	2,0	1,4	2,8	5,6	8,4	11,2
19–25	1,0	0,4	0,8	1,6	2,4	3,2
	2,0	0,8	1,6	3,2	4,8	6,4
9–12	1,0	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
	2,0	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6
6–9	1,0	0,02	0,04	0,08	0,12	0,16
	2,0	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32

Tabel 10. Imbväljade läbivooluvõime



Joonis 29. Imbvälja näide

4.5.2. Teepeenra drenaaž

Teekuivendus-peenradrenaaž peab infiltreerunud vee kiiresti läbi laskma, et vältida aluskihi kahjustusi (vt joonis 30).

W = tee + teepeenra laius L = drenaažiprofiili pikkus äravoolukohtade vahel [m]

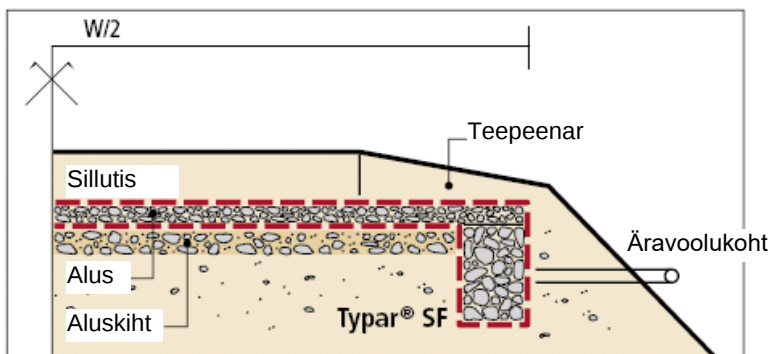
i = drenaaži kalle [%] R = sadevete suurim kiirus [m/s]

P_R = sadevete sissetungivus [%]

Läbivooluvõime Q määratakse valemiga:

$$Q = 10^3 \cdot L \cdot W \cdot R \cdot P_R \text{ [l/s]}$$

Seejärel määratakse vajalik drenaažiprofiil eespool esitatud tabeli 10 alusel.

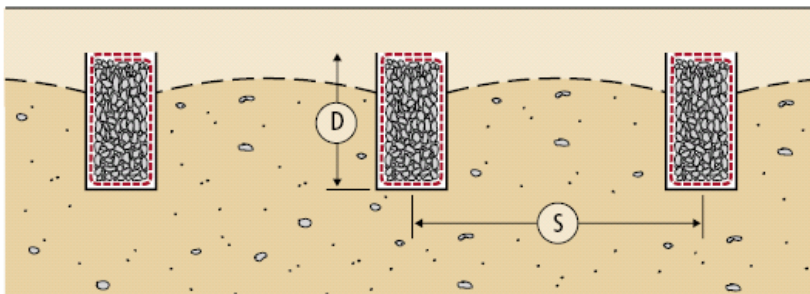


Joonis 30. Teepeenra drenaaži profiil

4.5.3. Pinnadrenaaž

Tingimustes, kus rohked sademed põhjustavad pinnaküllastust, saab põhjavee alandamiseks vajaliku drenaaži sammu määrata tabelist 11. Eeldusel, et kõik drenid peavad eemaldama nii äravooluvett kui infiltreerunud vett, määratakse läbivooluvõime Q valemiga:

$$Q = 10^3 \cdot S \cdot L \cdot R \text{ [l/s]}$$



Joonis 31. Pinnadrenaaži profiil

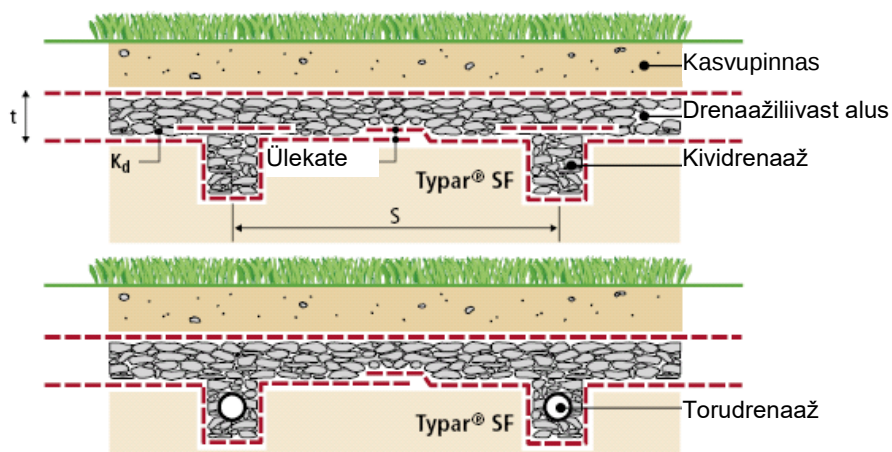
Kui L on äravoolukohtade vahelise drenaažiprofiili pikkus [m] ja R on sadevete suurim kiirus [m/s], määratakse drenaaži vajalik profiil leheküljel 33 esitatud tabeli 10 abil.

Pinnase liik	Läbilaskvus k [m/s]	Drenaaži samm S [m] kraavi erinevate sügavuste korral		
		$D = 1,0$ m	$D = 1,3$ m	$D = 1,6$ m
Orgaaniline savi	$3,0 \times 10^{-7}$	5 m	6 m	8 m
Möll	$5,0 \times 10^{-6}$	18 m	25 m	30 m
Liivmöll	$3,0 \times 10^{-5}$	47 m	62 m	77 m
Tolmne liiv	$7,0 \times 10^{-5}$	67 m	88 m	109 m

Tabel 11. Drenaaži vajalik samm

4.5.4. Liivalusdrenaažid

Spordiväljakud on tüüpiline näide kohtadest, kus liivalusdrenaaže ei ole pinnavee ärajuhtimiseks lubatud kasutada. Liivalusdrenaaž tuleb paigaldada kasvupinnase ja taimestiku alla, et tagada vee kiire äravoolamine. Mudaga ummistumise vältimiseks peab liivalusdrenaaž filtrina paiknema kahe Typar® SF kihi vahel. Kui paigaldatakse kombineeritult kivitäidisega drenaaž ja liivalusdrenaaž, tuleb saastumise vältimiseks kahe erinevat liiki pinnase vahele paigaldada täiendav kiht geotekstiili Typar® SF.



Joonis 32. Kahe erineva liivalusdrenaaži profiil, kus kasutatakse geotekstiili Typar® SF

Liivalusdrenaaži paksus t või liivaluse vajalik läbilaskvus k_d arvutatakse valemiga:

$$t = s/2 \sqrt{VR/k_d}$$

kus t = paksus [m]

s = drenaaži samm [m]

k_d = drenaažimaterjalide läbilaskvus [m/s]

R = sadevete suurim kiirus [m/s]

Piisava ohutusvaru tagamiseks soovitame läbilaskvusele k_d rakendada ohutustegurit 10. Drenaaži sammu s ja drenaaži profiili saab määrata kas tabeli 10 abil või valemiga

$$Q = 10^3 \cdot S \cdot L \cdot R \text{ [l/s]}$$

Võtke arvesse, et kasvupinnas peab olema piisava läbilaskvusega, et pinnavesi jõuaks dreniiva kihini.

4.5.5. Liitdrenaaž



Joonis 33. Liitdrenaaži paigaldamine teepeenra drenaažina

Viimastel aastatel on geosünteesiliste materjalide turule ilmunud uut liiki drenaažimaterjal, mis on saavutanud tsiviil- ja üldehituses kiire tuntuse: liitdrenaažitooted. Liitdrenaažitood koosneb jäigast sünteetilisest südamikust, mis on ümbritsetud geotekstiilist filtriga või mähitud geotekstiilist filtrisse. Südamikul on küllaltki avatud, kuid mittekokkusurutav struktuur, mis lubab ka paigaldatuna vee vaba voolamist. Filter hoiab ära südamiku ummistumise pinnasega. Neid tooteid valmistatakse mitmel kujul ja erineva suurusega sõltuvalt nende spetsiifilisest kasutusvaldkonnast.

Kasutamine tsiviilehituses

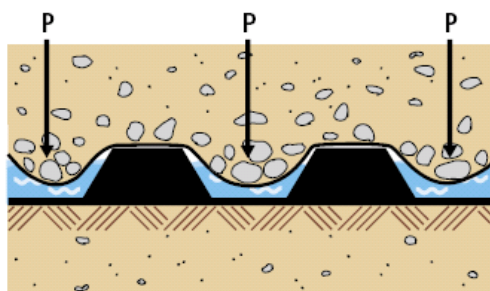
- Teedrenaažid: servadrenaažid, liivalusdrenaažid, asfaltdrenaažid
- Heitmete ärajuhtimine: gaasi ärajuhtimine või leostusvee kogumine
- Liivalusdrenaažid spordiväljakute all ...
- Torudrenaažid põllumajanduses
- Vertikaalsed või lehtdrenaažid

Kasutamine üldehituses

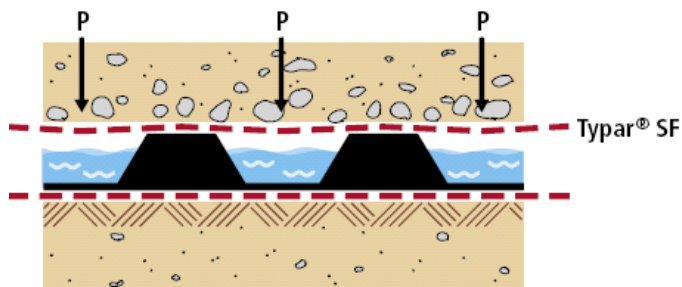
- Lehtdrenaažid maa-aluste seinte, keldrite, parklate jne kaitsmiseks
- Liivalusdrenaažid terrassidele, haljastusega katustele, rõdule

Liitdrenaažitooted, mis koosnevad geotekstiiliga ümbritsetud täitematerjalist, tõrjuvad järjest enam välja traditsioonilisi drenaažisüsteeme. Nende tööstuslik tootmine ja paigaldamise lihtsus muudavad nad ökonoomseks alternatiiviks traditsioonilisele drenaažile.

Täpsemat teavet nende toodete, nende kasutamise ja kättesaadavuse kohta küsige oma kohalikult Typar® SF müügiesindajalt.



Joonis 34a. Drenaaživõime vähenemine deformeeruva filterkanga tõttu



Joonis 34b. Typar® SF ja selle suurepärane töövõime filtrina liitdrenaažisüsteemis

Liitdrenaažitooted, mis koosnevad geotekstiiliga ümbritsetud täitematerjalist, tõrjuvad järjest enam välja traditsioonilisi drenaažisüsteeme. Nende tööstuslik tootmine ja paigaldamise lihtsus muudavad nad ökonoomseks alternatiiviks traditsioonilisele drenaažile.

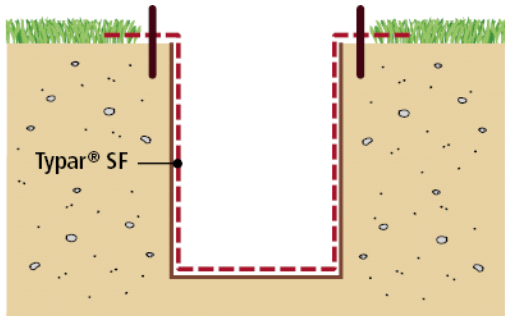
Täpsemat teavet nende toodete, nende kasutamise ja kättesaadavuse kohta küsige oma kohalikult Typar® SF müügiesindajalt.

4.6. Paigaldusjuhised

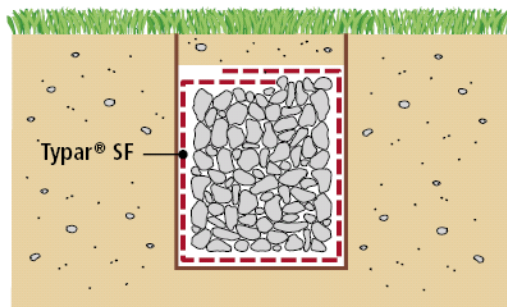
Pärast Typar® SF rulli lahtikerimist on äärmiselt oluline see võimalikult kiiresti katta. Vihma ajal pestakse väikesed osakesed pinnasest välja ja need võivad kuivada geotekstiilile ja moodustada vettpidava pinnase (savi) kihi. Erinevate drenaažisüsteemide korral tuleb Typar® SF paigaldamiseks järgida järgmisi juhiseid.

4.6.1. Kraavid

- Kraavi põhi ja seinad peavad olema võimalikult ilma ebatasasusteta (augud, juured jmt).

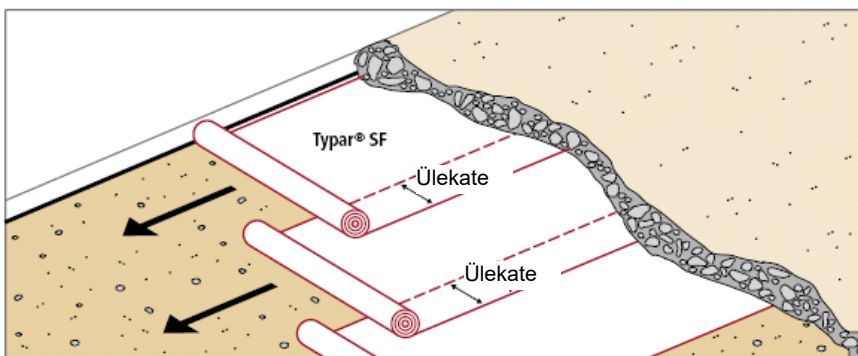


Joonis 35. Kinnitage Typar® SF nii, et vältida kanga allalangemist, mis võib põhjustada drenaaži täitematerjali saastumist



Joonis 36. Ümbritsege täitematerjal geotekstiiliga Typar® SF ja tagage vähemalt 30 cm ülekate

- Paigaldage Typar® SF paralleelselt kraavi külgedega ning ankurdage geotekstiili servad.
- Ärge lohistage kangast mudas. See võib Typar® SF pinnal tekitada rohkesti peenosiseid, mis moodustavad vettpidava kihi.
- Täitke drenaaž täitematerjaliga ettevaatlikult, et kangast ei tõmmataks seintelt kraavi põhja.
- Ärge kasutage kraavi täitmiseks liiga suuri kive. Kanga ja pinnase hea kontakti saamiseks peab kruusa terasuurus olema maksimaalselt 2 cm
- Tihendage täitematerjal ja ümbritsege see enne kraavi servani tagasitäitmist geotekstiiliga Typar® SF.
- Typar® SF ülekate peab olema vähemalt 30 cm



Joonis 37. Typar® SF paigaldamine liivalusdrenaaži korral

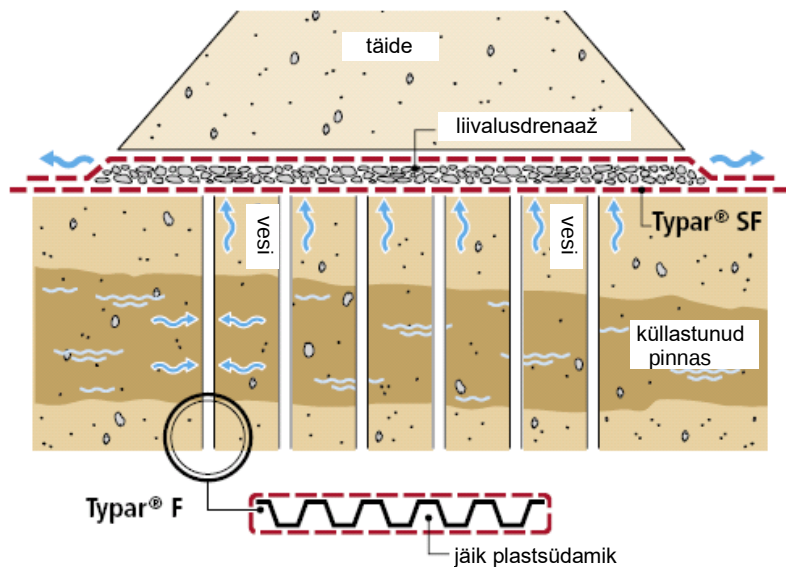
4.6.2. Liivalusdrenaažid

- Ülekate peab olema vähemalt 30 cm.
- Ärge rullige Typar® SF liiga palju lahti, eelkõige tuulise ilmaga.
- Kanga ja pinnase hea kontakti saamiseks kasutage suhteliselt väikese terasuurusega täitematerjali.

4.6.3. Vertikaaldrenaažid Typar® SF abil

- Teatud juhtudel on pehme, küllastunud pinnase tihenemise kiirendamiseks vajalikud vertikaaldrenaažid. Vertikaaldrenaaži paigaldamiseks rasketehnika abil tuleb geotekstiili Typar® SF peale paigaldada kiht jämedateralist täitematerjali. Täitematerjali kiht toimib sellisel juhul ka drenaažikihina.

- Kuna Typar® SF on aluspinnase ja kruusakihi vahele paigaldatud mitmes kihis, on hõõrdejõud aukude puurimise korral vertikaalse torupuuriga geotekstiili paigalhoidmiseks tavaliselt piisavad.
- Lisateabe saamiseks valmiselementidest vertikaaldrenaaži kohta pöörduge DuPonti poole.



Joonis 38. Vee kiire eemaldamine küllastunud kokkusurutavates pinnastes valmiselementidest vertikaaldrenaaži abil

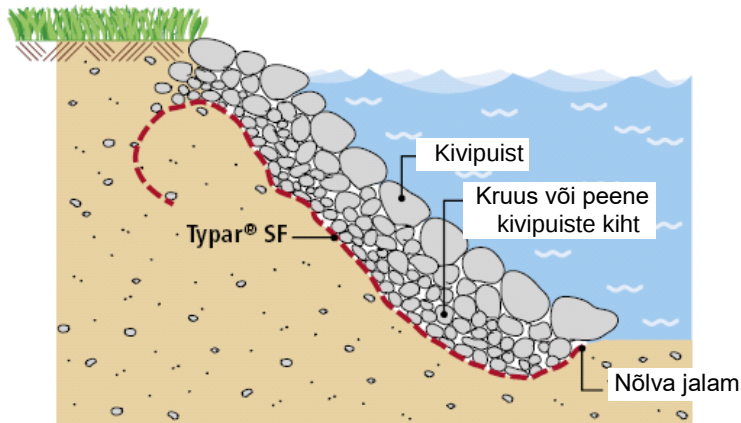
Kasutatud kirjandus

- ^I Ainult valitud ja kõige sobivamad kriteeriumid vastavalt väljaandele „Das Geo-textilhandbuch“, SVG Schweizer Verband der Geotextilfachleute, 1999
- ^{II} „Filter Criteria for Geotextiles“, J.P. Giroud, Woodward-Clyde Consultants – Chicago, Ill., USA, Second Int. Conference on Geo-textiles, Las Vegas 1982, lk 103
- ^{III} Ground Engineering Applications of Fin Drains for Highways, R.T. Murray and A. McGown, TRL Application Guide No.20, 1992
- ^{IV} „Synthetic drain envelope-soil interactions“, L.S. Willardson, R.E. Walker, Journal of the irrigation and drainage division, detsember 1979, lk 367–373
- „The soil retention and waterflow performance of some drain tube filter materials“, R.S. Broughton, C. Damant, S. Ami, B. English, McGill University Quebec, Canada, 3rd National Drainage Symposium, Chicago, Illinois, detsember 1976
- „A laboratory test of performance of civil engineering filter fabrics“, D.B. Simons, Yung Hai Chen, S.M. Morrison, P.M. Demery, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1979
- „Model tests on drainage materials“, F.C. Zuiema, J. Scholten, Rijks-dienst voor de IJsselmeerpolders, Smedinghuis, Lelystad, 1977
- „Comparison of seven filter cloth materials as a wrap for underdrains“, Department of State Highways and Transportation, Michigan, 1977
- ^V „Seepage, drainage and flow nets“, H.R. Cedergren Wiley & Sons Inc, 1967, John

5. EROSIONI TÕKESTAMINE

5.1. Sissejuhatus

Erosiooni tõkestamine on määratletud järgmiselt: „Geotekstiili või geotekstiiliga seotud toote kasutamine selleks, et hoida ära pinnase või muude osakeste liikumist näiteks nõlva pinnal”²³.



Joonis 39. Typar® SF erosiooni tõkestamise rakenduses

Erosioon on geoloogilise tsükli osa, looduslik nähtus, milles pinnaserosiooni põhjustena on eriti mõjusateks teguriteks vesi ja õhk. Geotekstiili kasutatakse erosiooni tõkestamise süsteemi osana, et kaitsta pinnast (rannanõlvu, jõekaldaid, aluskihti) erosiooni mõjude eest. Sõltuvalt vee jõust (vooluhulgast, lainete mõjust, loodete toimest) ja pinnase omadustest võivad erosiooni tagajärjed olla laastavad (nt maalihked).

5.2. Funktsioonid

Erosiooni tõkestamise süsteemis on geotekstiili põhifunktsiooniks põhimaterjali paigalhoidmine ilma, et tekiks lubamatult suur poorivee surve. Geotekstiil asendab tavapärasest optimaalse terajaotusega filtrit kaitstava pinnase ja gabioonide, kivipuiste või betoonplaatidest nõlvakatete vahel, mis kaitsevad geotekstiilist filtrit. Selle spetsiaalne pooriava suurus tagab pinnase püsimise ja nii on välditud nõlva erosioon. Geotekstiil peab lisaks vastama tugevusnõuetele.

Typar® SF on ideaalne filter erosiooni tõkestamiseks ja seda kasutatakse mitmekihiliste täitematerjalist filtrite asendamiseks, sest:

- Typar® SF tugev, homogeenne, nidus struktuur absorbeerib ja hajutab vee frontaaljõude tõhusamalt ja avaldab seega vastutoimet lagunemisele.
- Typar® SF läbilaskvusomadused võimaldavad vee läbivoolu, kuid tõkestavad pinnaseosakesi, hoides tänu sellele ära pikaajalise hüdrostaatilise rõhu tekke.
- Selle struktuur on kvaliteedi ja ühtsuse seisukohast võrreldes täitematerjalidega ühtlasem.
- Typar® SF hoiab tõhusamalt ära pinnase nõrgendamist ehitiste ümber, sest torustike paigaldamine ja pinnase uhtumine on välditud.

5.3. Typar® SF õige tüübi valimine

Olulised tegurid, mida insener peab drenaažisüsteemide projekteerimisel arvesse võtma, on topograafia, põhjavee tase, pinnase koostis ja kasutatava drenaaži ja filtri omadused. Geotekstiilifiltri valikul tuleb arvestada nii filtriga kui ka energia neeldumisega seotud kriteeriume.

5.3.1. Filtriga seotud kriteerium

Erosioonitõketes kasutatav geotekstiil peab vastama dünaamiliste voolutingimuste (muutuva voolusuuna) kriteeriumile, st läbilaskvusnõude täitmisel peab geotekstiili maksimaalne pooriava suurus (O_{90}) olema võimalikult väike. Näiteks tuleb jämedateraliste pinnaste ($D_{40} \leq 0,06 \text{ mm}^{24}$) korral arvestada järgmist tingimust:

²⁴ EN ISO 10318

$$O_{90} \leq D_{60} \text{ ja } O_{90} \leq 1,5 * D_{10} * vC_u$$

Läbilaskvuse suhtes tuleb arvestada järgmisi aspekte.

- **Aluspinnase ja Typar® SF kontakti tingimus.** Erosioonitõkkerakendustes ei tohi geotekstiilid olla aluspinnasega lokaalselt tugevasti ühendatud, sest vastusuunalise veevoolu tõttu tekib geotekstiilide õhupalliefekt, mis põhjustab geotekstiili aluse aluspinnase veeldumist ja geotekstiilide all oleva loodusliku filterkihi lagunemist. Väikese terasuurusega kruusa kasutamine, mille suurus jääb vahemikku 50–100 mm, võimaldab siiski saavutada hea kontakti geotekstiili ja selle all paikneva pinnase vahel.
- **Pealmise kihi mõju läbilaskvusele.** Typar® SF läbilaskvus kohandatakse aluspinnase läbilaskvusele. Võib esineda siiski olukordi, kui kohandamisel tuleb arvesse võtta pealmise kihi läbilaskvust. Kui otse Typar® SF peale paigaldatakse näiteks betoonplokid ning geotekstiili ja plokkide vahele jääb minimaalselt ruumi, jääb Typar® SF läbilaskvus samaks, kuid see ei ole kasutatav kogu pinnal. Vesi tuleb aluspinnasest esmalt juhtida plokkidevahelistesse avadesse. Efektive läbilaskev pind väheneb. Selle mõju kõrvaldamiseks ja täiendava kaitse pakkumiseks paigalduskahjustuste eest pannakse geotekstiili ja betoonplokkide vahele kruusa- või liivakiht. See kaitseb geotekstiili lisaks võimaliku ultraviolettkiirguse eest.

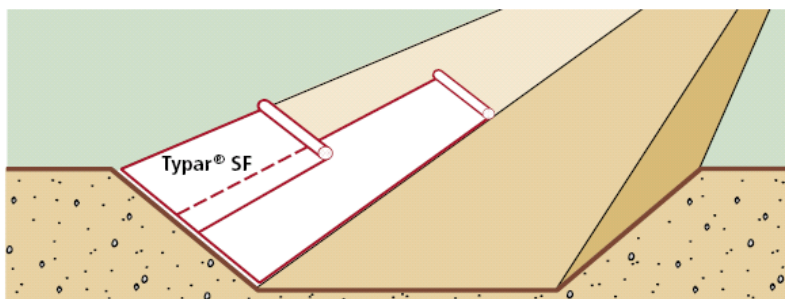
5.3.2. Energiaga seotud kriteerium

Erosioonitõkkesüsteemi ehitamise ajal võib geotekstiilile langeda kive. Sellisel juhul tuleb kasutada suure energianeeldumispotentsiaaliga tüüpi geotekstiili Typar® SF, näiteks tüüpi energiatasemega 3 (vt joonist 22 ja tabelit 6).

Kui aluspinnas lokaalselt deformeerub, kuid külgnevad alad jäävad muutusteta, võib geotekstiilis tekkida suur lokaalne pingedeformatsioon. See lokaalne deformatsioon võib tekkida kahe erineva mehhanismi toimetel: ebaühtlane vajumine ja materjali liikumine Typar® SF all. Ebaühtlase vajumise põhjuseks võib olla aluspinnase kandevõime muutlikkus, maksimaalse koormuse varieerumine ning plastne deformatsioon ja pehmenemine. Suur algmoodul võib allpool paiknevat pinnast stabiliseerida ja ebaühtlast vajumist vähendada. Geotekstiili all paikneva materjali liikumine võib tekkida geotekstiili serva lähedal tehtavate kaevetööde või kulumisest tingitud kahjustuste tõttu. Sellistes karmides paigaldustingimustes peab vastu ja minimeerib võimalikke kahjustusi kõige optimaalselt suure energianeeldumisvõimega geotekstiil.

5.4. Paigaldusjuhised. Erosioonitõke Typar® SF-iga

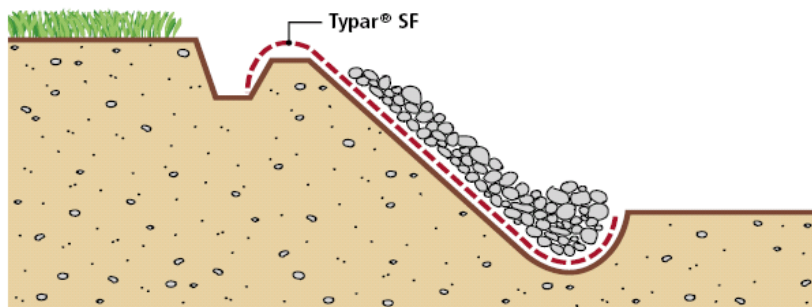
- Võimaluse korral tasandage ja tihendage nõlvad.
- Kui nõlva laius on alla 8 m, rullige Typar® SF esmalt lahti piki nõlva alumist poolt ja seejärel paigaldage Typar® SF nõlva ülemisele poolele ülekattega 0,5–1 m.



Joonis 40. Typar® SF rullitakse esmalt lahti nõlva alumisel poolel ja seejärel ülemisel poolel

- Kui nõlva laius on üle 8 m, paigaldage Typar® SF nõlvale kogu laiuses ülevalt alla. Ülekatted tehke veevoolu suunas.
- Kaevake kraavid, et ankurdada Typar® SF nõlva ülemises osas ja nõlva jalamil. Jalam on rajatise vundamendiks ja sellele tuleb alt lahtiuuristamise vältimiseks pöörata erilist tähelepanu (vt joonist 41).
- Kivipuiste või gabioonide paigaldamisel alustage nõlva jalamist ja lihkumise vältimiseks jätkake nõlvast üles. Paigaldage kivipuiste ühtlaselt ja ilma, et sellel lastaks Typar® SF peale kõrgelt langeda.
- Kanga ja pinnase hea kontakti tagamiseks paigaldage geotekstiilile Typar® SF esmalt kiht

- sängmaterjali (kruusa). See kiht aitab vältida ka raskest kivipuistest tingitud läbitorgete tekkimist.
- Ankurdage kangas kraavis nõlva ülaserva juures pinnase ja taimestikuga. Niisugune sügavankurdusmeetod ei lase pinnaveel kanga alla pääseda ning kogu rajatist kergitada.

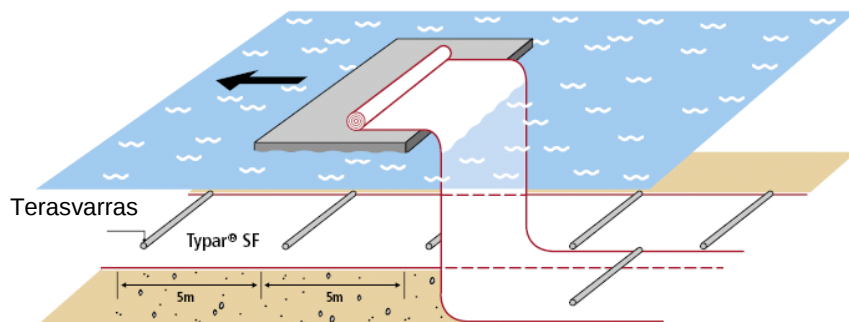


Joonis 41. Typar® SF ankurdamine nõlva ülaservas

Kasutamine hüdroehitistes

Kui Typar® SF paigaldatakse allapoole veepinda, jääb see veepinnale hõljuma, sest polüpropüleenitihedus on vee tihedusest väiksem (0,91). Geotekstiili paigalhoidmiseks tuleb pärast paigaldusseadme kasutamist katta geotekstiil kohe liiva või kruusaga.

Kiireks ja ühtlaseks paigaldamiseks kinnitage iga 5 meetri järel terasvardad (nt standardsed 6 mm sarrusvardad). Vardad hoiavad kanga tasasena ja võimaldavad tavalist ülekate (ei ole vaja tuukreid; väiksem ülekate säästab kulusid)



Joonis 42. Terasvarraste paigaldamine geotekstiilile Typar® SF hoiab kanga tasasena ja võimaldab paigaldamist vee alla

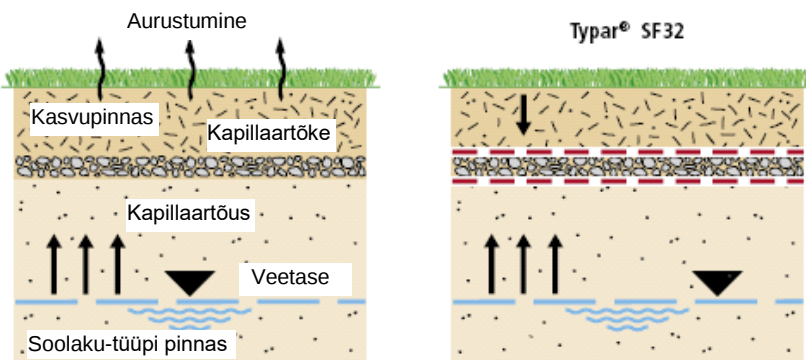
6. SOOVITUSI KASUTAMISEKS

Peale kõige tavalisemate rakenduste teedehituses, drenaažisüsteemides ja erosioonitõkkeprojektides kasutatakse geotekstiile laialdaselt ka muudes valdkondades, milleks on näiteks:

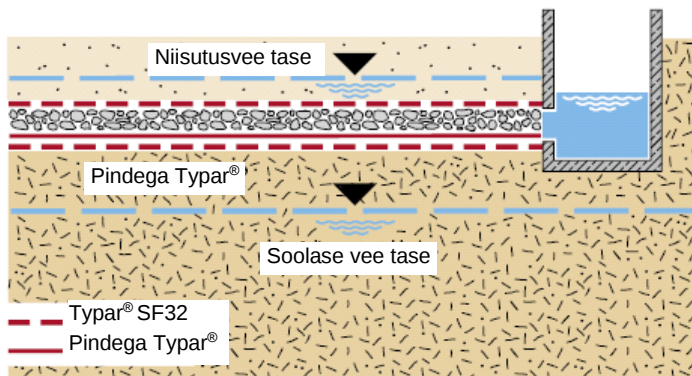
- katusesüsteemid
- maastikukujundus
- hoonete vundamendid
- jalgteede ehitamine jmt

Typar® spetsiaalseid kasutusvaldkondi on näidatud allpool joonistel.

Soolase vee kapillaartõusu piiramine

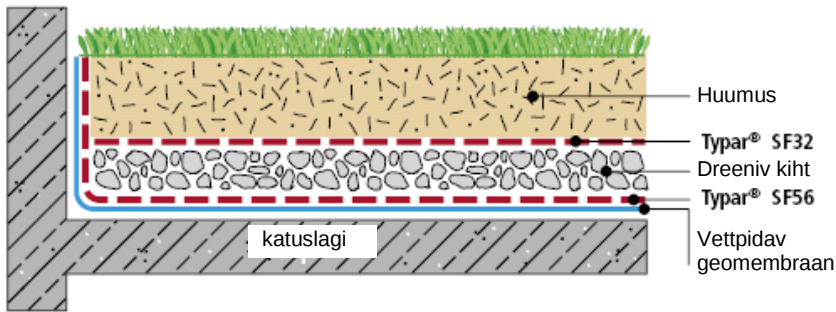


- Sademetevaestes riikides põhjustab intensiivne pinnaaurustumine allpool paikneva soolase vee kapillaartõusu kasvupinnasesse, mis kahjustab taimestikku.
- Äsja paigaldatud teralisest materjalist kapillaartõke hoiab ära soolade kapillaartõusu. Kasvupinnase läbipesu täidab lõpuks teralise materjali ja soodustab uuesti kapillaarprotsessi.



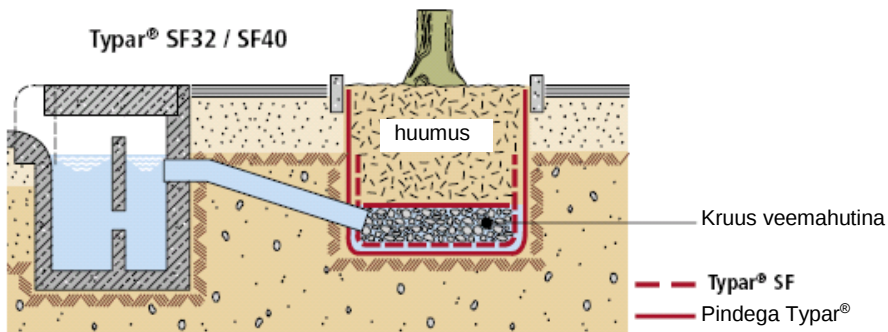
- Typar® SF filter hoiab ära pinnase läbipesu.
- Tõhus eraldamine geotekstiiliga Typar® SF võimaldab paigaldada õhema kapillaartõkke kihi.
- Kapillaartõkke alla paigaldatud veekindla pindega Typar® peab kinni niisutusvee ja/või lubab niisutusvee varustust läbi teralisest materjalist kihi, mis vähendab niiviisi aurustumisega seotud kadusid ja soodustab sügavate juurte kasvu.
- Seda süsteemi saab kasutada ka normaalingimustes. Teralisest materjalist kiht töötab sellisel juhul lihtsalt drenaaži- või niisutuskihina.

Katuseaiad



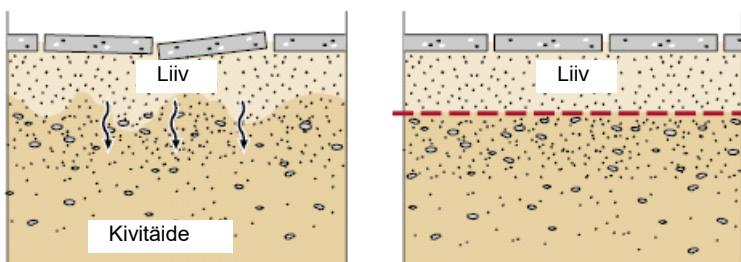
- Typar® ülemine kiht hoiab ära huumuse läbipesu dreniivasse kihti.
- Typar® SF alumine kiht kaitseb vettpidavat geomembraani läbitorgete eest ja töötab juuretõkkena.

Taimestiku niisutamine teede ääres



- Liigset vihmavett võib kasutada taimede niisutamiseks.
- Kui paigalduskohas on pinnas liiga poorne, saab Typar® SF kasutada vee kiire imendumise vältimiseks
- Typar® SF hoiab ära huumuse läbipesu.

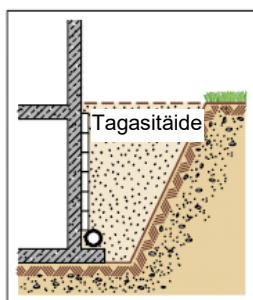
Betoonplaatidest või sillutiskividest jalgteed



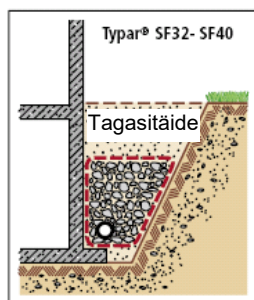
- Typar® SF hoiab ära sillutiskivide ja betoonplaatide paigaldamisel kasutatud liiva läbipesu.
- Typar® SF ei lase plaatidel läbi vajuda.

Vundamendiseinte drenaaž

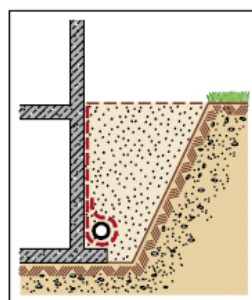
Geotekstiilist Typar® SF drenaažisüsteeme saab hõlpsamini ja kiiremini paigaldada. Typar® SF hoiab ära drenaažitoru täissettimise ja säilitab torude tõhusa töövoime.



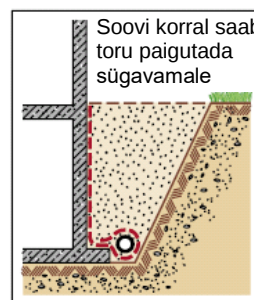
Traditsiooniline lahendus



Kasutades geotekstiili Typar® ja kruusa



Drenaažimaterjaliga seotud Typar® (liitdrenaaž), laineline plast-/vahtpolüstürool drenaažiplaat jmt.

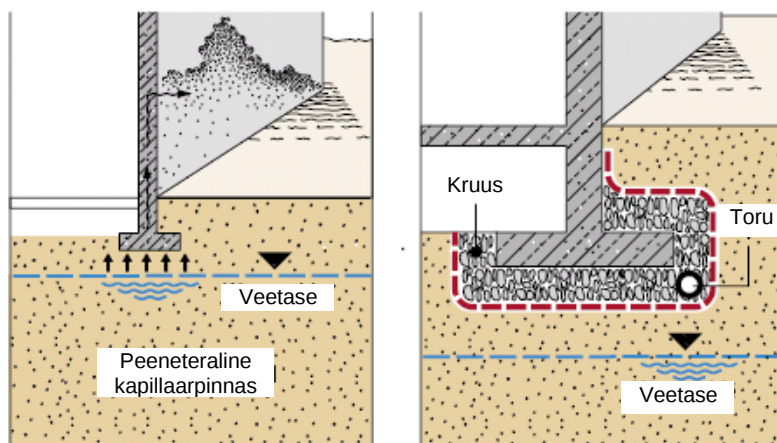


Soovi korral saab toru paigutada sügavamale

Hoonete vundamentide drenaaž

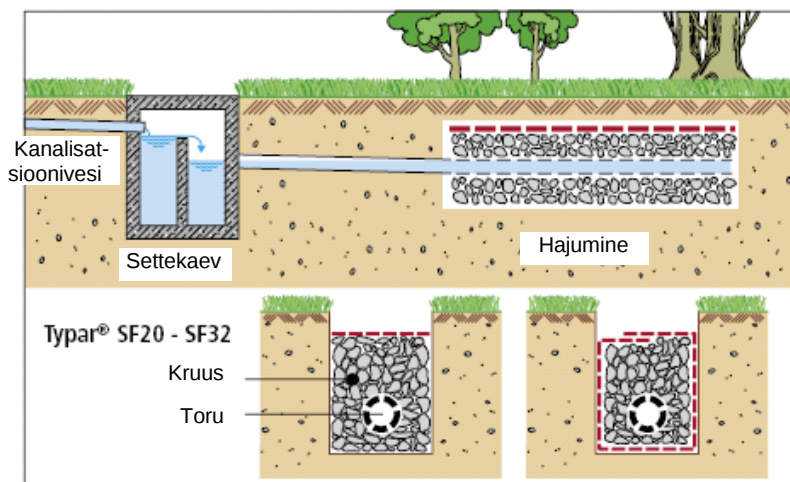
	Jäme drenaažimaterjal Betoon Liiv Peeneteraline pinnas Typar® SF32- SF40	Traditsiooniline lahendus • Fraktsioneeritud teralisest materjalist filter • Drenaaži mudaga täissettimise oht • Keerukas ja paigaldamine ebatasasustele märgades tingimustes; filtri saastumise oht Lahendus Typar® SF kasutamise korral • Lihtne paigaldada • Hoiab ära drenaažikihi saastumise • Üliporne täitematerjal
--	---	--

Hoonete seinte kapillaartõke



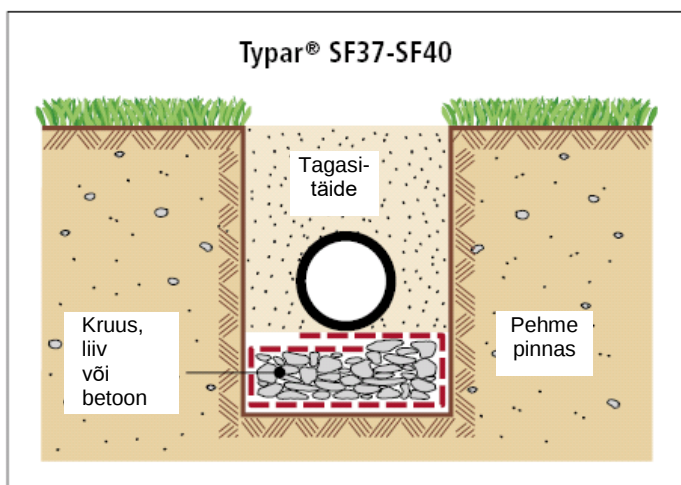
- Peeneteralistes pinnastes võib vesi kõrge veetaseme korral kapillaarmõju toime tõusta hoonete seintesse ja põhjustada seinte niiskumist ning nõlvakatete kahjustumist.
- Jämedateraline kruusakiht moodustab kapillaartõkke.
- Typar® SF hoiab ära kapillaartõkke saastumise peeneteralise pinnasega.

Individuaalelamute kanalisatsioon



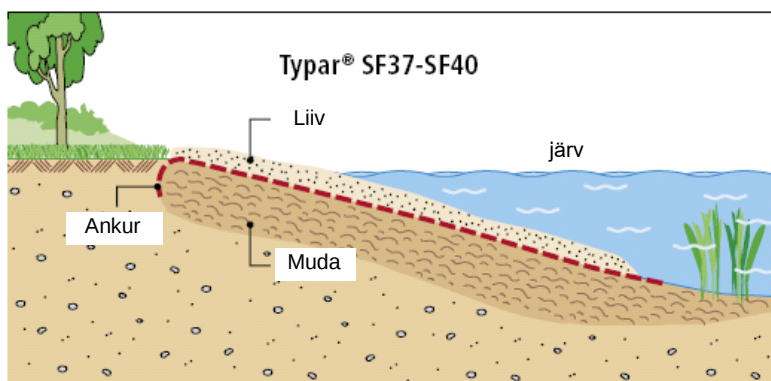
- Typar® SF hoiab ära kruusa saastumise täitematerjali või ümbritseva pinnasega ja võimaldab seega tõhusat bioloogilist lagunemist tänu kruusa heale õhuvahetusele.

Torud pehmel pinnasel



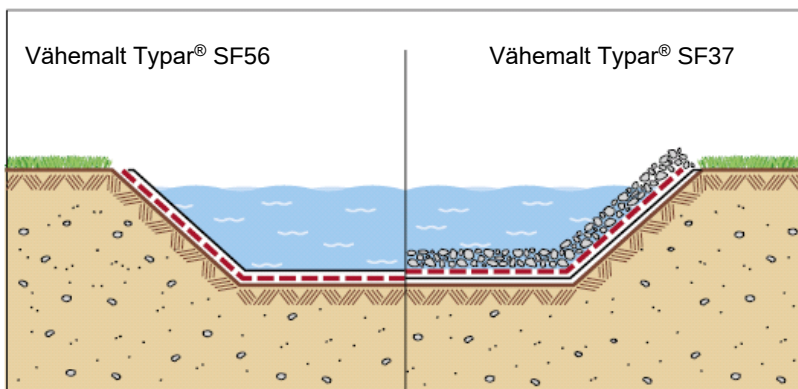
- Typar® SF võimaldab toru alusmaterjali puhtast paigaldamist.
- Saavutatakse parem tihendus.
- Typar® SF minimeerib vajumiserinevused.

Tehis-supelrannad veekogu ääres



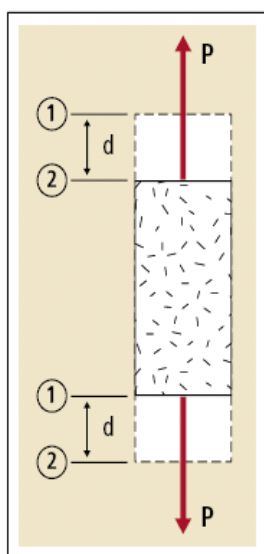
- Typar® SF hoiab ära liiva hajumise mudasesse järvekaldasse.
- Typar® SF on lihtne paigaldada.
- Põhjamaades võib Typar® SF ja liiva paigaldada järve jääkattele. Kui jää sulab, langeb materjal järve põhja.
- Typar® SF takistab taimede läbikasvamist.

Tiigivooderdise kaitse



- Typar® SF tiigivooderdise ja tugipinnase vahel > SF56 (min).
- Typar® SF tiigivooderdise ja liivast kaitsekihi vahel > SF37.
- Typar® SF kaitseb läbitorgete eest.

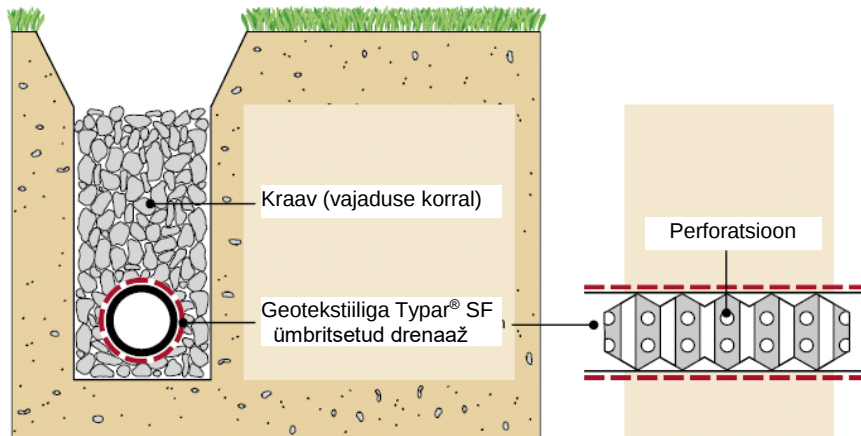
Raudteed – uued rööbasteed ja rööbasteede rekonstrueerimine



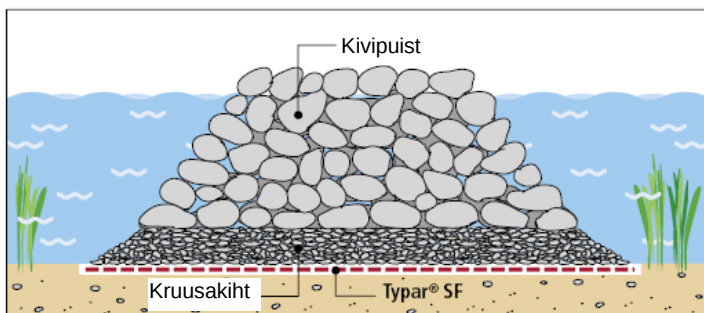
- Typar® SF hoiab ära ballastmaterjali saastumise dünaamilise koormuse tõttu tekkiva pumpamise efekti toimel.
- See võimaldab tõhusamat tihendamist ja täitematerjali kokkuhoidu.
- Typar® SF hoiab kinni pinnaseosakesi ega ummistu nende toimel.
- Tagab pikema kasutuskestuse.

Drenaažid põllumajanduses ja torudrenaažid

- Geotekstiiliga Typar® SF ümbritsetud gofreeritud toru võib paigaldada aluspinnasesse kas kaevates kraavi või ilma kraavi kaevamata.
- Gofreeritud toru dreniiv pind suureneb kuni 90 korda.
- Geotekstiiliga Typar® SF ümbritsetud drenaaži mõjutsoon on ulatuslikum.
- Drenaažitorude paigaldussammu võib suurendada.
- Typar® SF jäikus takistab kanga tungimist toru gofreeringu vahele.

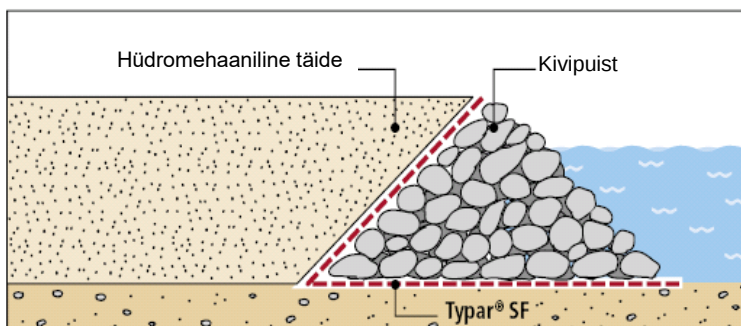


Lainemurdjad ja muulid pehme pinnasega merepõhjal



- Geotekstiilist Typar® SF eralduskiht hoiab ära kivipuiste vajumise pehmesse pinnasesse.
- Typar® SF tuleb kaitsta väiksematest kividest kihiga.

Rekultiveerimine hüdromehaanilise täite paigaldamise teel



- Geotekstiilist Typar® SF eraldus- ja filterkihi korral ei ole hüdromehaanilisse täitesse vaja paigaldada torusid.
- Typar® SF korral ei ole vajalik kallid ja raskesti paigaldatavad filterkiht.

7. LISA

7.1. Standardised katsemeetodid

Kuna geotekstiilid on algselt välja töötatud tekstiilitööstuses, kasutati geotekstiilide mõõtmiseks esialgu tekstiilide katsestandardeid. Peagi ilmnas, et need omadused ja standardid ei sobinud hästi kokku geotekstiilide selliste kasutusvaldkondadega nagu filtreerimine ja eraldamine. Erinevate riikide asutused töötasid välja uued katseseadmed ja -meetodid, mis sobisid geotekstiilide lõppkasutuseks paremini. Kuid see muutis ka riikide erinevate toodete võrdlemise raskeks. Juba mitu aastat on Euroopa standardile vastavad katsed olnud üldaluseks (vt punkte 7.1.1 – 7.1.3) ja neid ei kohaldata mitte ainult Euroopa Liidus, vaid aktsepteeritakse kogu Euroopas ning need on laialdaselt standardiks kinnitanud ISO (Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon).

Allpool kirjeldatud katsed on niinimetatud tunnuskatsed (pinnase ehituslike omaduste katsed). Tunnuskatsed võimaldavad sama katsestandardi kasutamise korral erinevaid tooteid põhjalikult võrrelda. Kuid tunnuskatsed ei anna informatsiooni pinnase ja geotekstiili vastastikuse toime kohta. Nad toovad esile ainult geotekstiili omaduste ühe külje. Selle poolest erinevad tunnuskatsed suutlikkuskatsetest, mida kasutatakse selleks, et määrata geotekstiilide tööparameetreid ehitusplatsi spetsiifiliste tingimuste ja geotekstiili teatud kindla kasutusvaldkonna korral. Need ei pea tingimata olema välikatsed, vaid neid võib teostada ka laboris või suures mõõtkavas mudeli abil.

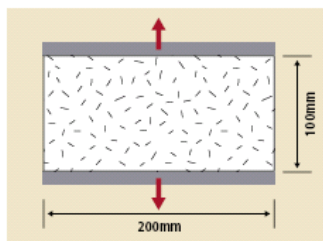
7.1.1. Kirjeldavad omadused

Need omadused ei ole geotekstiilide tööparameetrite suhtes kohustuslikud, vaid kirjeldavad tooteid füüsiliselt.

Pinnaühiku mass, EN 965 – mass on määratud teadaoleva suurusega väikeste proovikehade kaaluna, mis on mõõdetud näidise kogu laiuse ja pikkuse ulatuses.

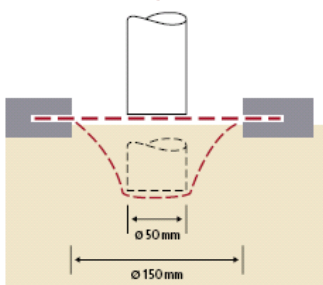
Paksus ettenähtud rõhkudel, EN 964-1 – geotekstiili paksus määratakse rõhul 2–200 kPa, millega simuleeritakse kasutusolukorras olevat geotekstiili.

7.1.2. Mehaanilised omadused



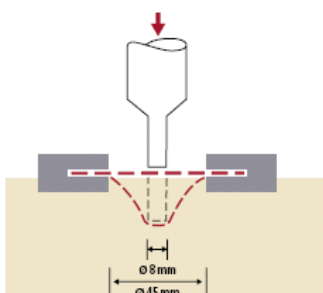
Suure laiusega materjali tõmbekatse EN ISO 10319

See katse tehakse igat liiki geotekstiilidele ja geovõrkudele, mille näidised on laiusega 200 mm ja pikkusega 100 mm. Katsekehadele rakendatakse pikijõudu, kuni keha puruneb maksimaalse tõmbejõu toimetel. Seejuures mõõdetakse pikenemine ja energia neeldumine. See katse on sarnane standardile ASTM D4595 vastavale katsele. Peamine erinevus selle meetodi ja muude meetodite, näiteks DIN 53857, ASTM D1682 jne vahel seisneb katsekeha laiuses ja deformatsiooni kiiruses.



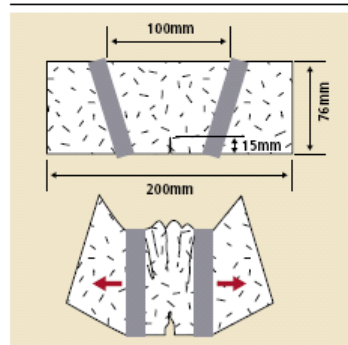
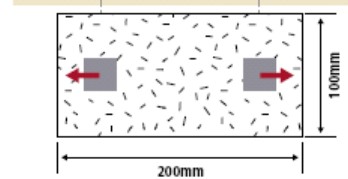
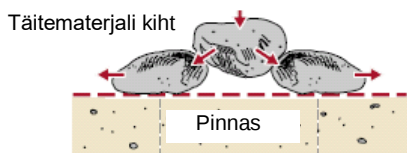
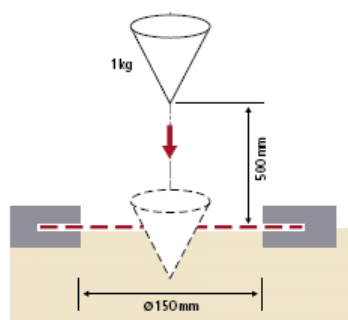
Staatiline läbistuskatse (CBR) EN ISO 12236

Teraskolb (läbimõõduga 50 mm) surutakse konstantse kiirusega kahe terasrõnga vahele kinnitatud katsekeha keskkoha vastu. Mõõdetakse maksimaalne survejõud ja deformatsioon maksimaalse jõu korral. See katse on sarnane standardile ASTM D6241 vastavale katsele.



Torketugevus (US Rod) ASTM D4833

See katse on sarnane staatilisele läbistuskatsele (CBR), kuid kolb on erinev (Ø 8 mm) ja katsekeha on väiksem. Koerner soovib siiski CBR-katset, sest see annab suurema kokkulangevusega tulemusi!



Dünaamilise perforatsiooni katse (koonuse kukkumiskatse) EN 918

Teraskoonusel lastakse 50 cm kõrguselt kukkuda geotekstiili kinnitatud katsekeha keskkohale. Läbitungimisastet mõõdetakse ava läbimõõdu järgi.

Haardetugevus ASTM D4632

Katsekehale rakendatakse pikisuunas pidevalt suurenevat koormust ja katset jätkatakse kuni katsekeha purunemiseni. Mõõdetakse maksimaalne haardejõud ja katsekeha pikenemine. Selle katsega simuleeritakse tõmbejõule allutatud geotekstiili, sest rakendatakse pinnasurvet ja kividest alus püüab külgsuunas liikuda.

Trapetsilise rebenemise tugevus ASTM D4533

Sisselõikega katsekehale rakendatakse tõmbejõud, et jätkata või laiendada rebenemist.

Tekstiilkangaste hüdrauliline katkemistugevus (Mulleni katkemistugevuse katse) ASTM D3786

Täispuhutava kummimembraani abil deformeeritakse geotekstiil 30 mm läbimõõduga poolkera kujusse, kuni geotekstiil puruneb. Proovikeha väikeste mõõtmete ja katseprotseduuri suure varieerumise tõttu on selle katse tulemused väga erinevad. 2000. aastal kõrvaldati see omadus AASHTO M288 viimase väljaande paigaldustugevuse nõuete mehaaniliste omaduste nimekirjast!

7.1.3. Hüdraulilised omadused

Karakteristlik pooriava suurus EN ISO 12956

Määratud fraksioneeritud teraline materjal pestakse läbi sõelana kasutatava geotekstiili proovikeha ühe kihi ja selgitatakse välja osakeste suurusjaotus. $O_{90(wet)}$ on geotekstiili karakteristik pooriava suurus, mis on määratud osakeste suurusjaotuse alusel.

Näiv pooriava suurus ASTM D4751

Selle katsemeetodiga määratakse geotekstiili näiv pooriava suurus ($AOS = O_{95}$), sõeludes klaashelmeid läbi geotekstiili. Geotekstiili proovikeha paigaldatakse sõelaraamile ja teatud kindla suurusega klaashelmed asetatakse geotekstiili pinnale. Geotekstiili ja raami vibreeritakse, et kutsuda esile helmeste läbimine läbi katsekeha. Seda protseduuri korratakse samal katsekehal klaashelmeste erineva suurusjaotuse korral, kuni osakeste suurusjaotuse alusel on määratud näiv pooriava suurus $O_{95(dry)}$.

Vooluhulk BS 6906-3

10 cm kõrguse veesamba korral mõõdetakse ettenähtud tingimustel vooluhulk geotekstiili pinnaga risti läbi geotekstiili ühe kihi [$l/(s \cdot m^2)$]. Märkus. See katse on asendatud standardile EN ISO 11058 vastava katsega.

Veeläbilaskvus (kiiruse indeks) EN 11058

Konstantse surukõrguse meetod: ühekihiline geotekstiili proovikeha seatakse vee püsiva surukõrguse korral vee ühesuunalisele voolule risti geotekstiili tasapinnaga. Langeva surukõrguse meetod: nagu eelmine konstantse surukõrguse meetod, kuid vee surukõrgus on langev. Tulemuseks on kiiruse

indeks V_{H50} (mm/s), mis vastab üle kogu katsekeha surukõrguse 50 mm alanemisele, ning läbilaskvus (s^{-1}) (teisendus $V_{H50}/50 \text{ mm} = (l/m^2 \cdot s)/mm = m/s$). See katse võeti kasutusele 1999. aastal ja pärast seda on seda mõõtühiku m/s tõttu sageli aetud segi läbilaskvusteguriga k . Kuid kiiruse indeks näitab vooluhulka ($m/s = l/m^2 \cdot s$).

Läbilaskvus koormuse korral E-DIN 60500-4

Läbilaskvust k tasapinnaga risti mõõdetakse vee konstantsel surukõrgusel, hüdraulilise gradiendi $i = 1$ korral ning rea erinevate koormuste juures. See katse pakub erilist huvi, kui on vaja võrrelda erineva paksusega geotekstiile, sest hüdrauliline gradient on fikseeritud väärtusega $i = 1$.

7.2. Hüdraulilised omadused

- Läbilaskvus k [m/s] kirjeldab veevoolu tasapinnaga risti ja seda mõõdetakse läbilaskvusteguriga, kasutades demineraliseeritud ja deaereeritud vett. Vooluhulga Q ja hüdraulilise gradiendi i mõõtmine võimaldab määrata vee läbilaskvusteguri $k = Q/i$ statsionaarse laminaarvoolu korral ($i < 3$). Hüdrauliline gradient i on defineeritud kui surukõrguse vähenemine dh , mis on jagatud pinnase paksusega $i = dh/t_s$. Geotekstiilide korral kohandatakse seda valemit nii, et kasutatakse geotekstiili paksust t_g : $i = dh/t_g$. Ideaaljuhul tuleb geotekstiilide korral kasutada hüdraulilist gradienti $i = 1$, mis elimineerib geotekstiili paksuse mõju. Vastasel juhul on erinevate paksuste korral ühesuguse voolukiiruse juures erinevad k väärtused, mis ei oleks õige (vt ka punkti 4.3). Reeglina peab geotekstiili läbilaskvus olema suurem kui pinnase läbilaskvus, et mitte vähendada vee vooluhulka.
- Ülekanduvus $\Theta = k \cdot t_g$ [m^2/s] kirjeldab tasapinnalist läbilaskvust või geosünteesilise materjali läbivooluvõimet. Geotekstiili töötamisel mõjutavad selle ülekanduvust sellised tegurid nagu geotekstiili struktuuri kinnijäänud (ummistunud) peenosakeste hulk ja pinnase surve. Kui pinnase survet saab simuleerida laboris (vahtplaadid surve all), ei saa võimalikku ummistumist ette näha. Seetõttu saavutatakse geosünteeside parim ülekanduvus, kui kombineeritakse drenaažisüdamik ja sobiv filter, mis tagab pikaajalise läbivooluvõime. „Paksude“ geotekstiilide laboris mõõdetud ülekanduvus ei peegelda paigalduskoha läbivooluvõimet.
- Läbilaskvus $\Psi = k / t_g$ [s^{-1}] on suhe, mis saadakse k läbijagamisel geotekstiili paksusega t_g . See väärtus võimaldab erineva paksusega geotekstiile omavahel võrrelda.

7.3. Neeldunud energia

Definitsioon

Neeldunud energia, W – töö hulk, mida tehakse katsekeha pikendamisel, kui katsekeha on määratletud pingede-deformatsiooni graafiku integraalina (valitud punktis), ja väljendatakse ühikuga kJ/m^2 või kN/m .

Maksimaalsel koormusel neeldunud energia W (standardi EN 10319 järgi)

Arvutage neeldunud energia W , mida väljendatakse kilodžaulides meetri kohta (või kN/m^2), otse tõmbekatseseadmelt saadud andmete alusel, kasutades järgmist võrrandit:

$$W = \int_0^{F^f} F(x) dx \cdot c \cdot d \quad [kJ/m^2]$$

$F(x)$ on pingede-deformatsiooni graafiku salvestatud funktsioon

$d = 1/H$, kus H on katsekeha nimikõrgus meetrites

c saadakse sõltuvalt juhtumist kas võrrandist (1) või võrrandist (2):

Mittekootud, tihedasti kootud tekstiilide või sarnaste materjalide korral

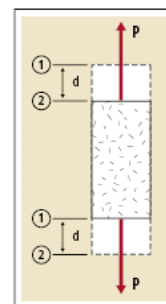
$c = 1/B$ (1),

kus B on katsekeha nimilaius meetrites.

Jämedalt kootud geotekstiilide, geosöelte, geovõrkude või sarnaste avatud struktuuriga materjalide korral

$c = N_m / N_s$ (2),

kus N_m on tõmbeelementide minimaalne arv katsetatava toote 1 m laiuses ja N_s on tõmbeelementide arv katsekeha piires.



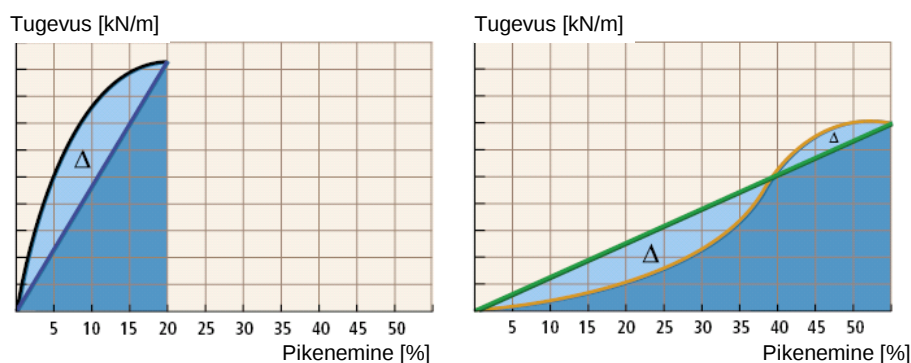
7.4. Omaduste võrdlus

Insenerid peavad sageli geotekstiilide erinevaid marke omavahel võrdlema. Sageli on omadused esitatud erinevate standardite alusel või tooted (näiteks kootud ja mittekootud materjalist) erinevad üksteisest oluliselt, mis muudab nende võrdlemise raskeks. Nende võrdlemiseks on hea ja lihtne meetod see, kui võrreldakse neeldunud energiat analoogselt Šveitsi Geotekstiiliinstituudi poolt soovitatud meetodile. Selline võrdlus on pädev, sest neeldunud energia väljendab omadusi kombineeritult. Suure tõmbetugevusega, kuid väikese pikenemisega geotekstiili neeldunud energia võib olla samasugune kui väikese tõmbetugevusega ja suure pikenemisega geotekstiilil. Kui võrrelda ainult tõmbetugevust ja pikenemist, ei pruugi tooted seega näida võrdväärseid.

Oluline on võrdlus paigaldamisele ja ehitusaegsetele pingetele vastupidavuse suhtes. Nagu on näidatud 2. peatükis esitatud joonisel, saavutatakse geotekstiili vastupidavus kahjustustele eelkõige suure tõmbetugevuse ja suure katkevenivuse (neeldunud energia) kombinatsioonina.

Paljudes riikides kasutatakse teoreetilist neeldunud energiat ($W_{\text{index}} = 0,5 \cdot T \cdot \epsilon$), mis on lihtsustus. Energia tegelik neeldumisvõime W on täpsem ja tuleb kasutada just seda väärtust, sest see võtab arvesse pinge-deformatsiooni graafiku karakteristikuid (nt algmoodulit).

7.5. Toormaterjalid



Joonis 43. Erinevus energia teoreetilise neeldumisvõime vahel näidatuna kahe erineva geotekstiili pinge-deformatsiooni graafikul.

Geotekstiilide valmistamiseks kasutatakse tervet rida erinevaid polümeere, millest kõige tavalisemad on polüpropüleen ja polüester. Igal polümeeril on oma eelised ja puudused. Alljärgnevas tabelis on esitatud tüüpilised tihedused ja sulamistemperatuurid.

	PP	PET	PA	HDPE
Tihedus [g/cm ³]	0.91	1.38	1.12	0.95
Sulamistemperatuur [°C]	165	260	220–250	130

- Polüpropüleen (PP) on termoplastne pika ahelaga polümeer, millel on suur jäikus, head tõmbeomadused ning see on vastupidav hapetele ja leelistele.
- Polüamiid (PA) on termoplastne materjal, mis on suure tugevuse, kõrge kulumis- ja abrasioonikindlusega ning hea keemilise vastupidavusega.
- Polüetüleen (PE) kasutatuna oma kõrgtihedas vormis HDPE on termoplastne materjal, mis on suure tugevuse ja jäikusega ning hea vastupidavusega kemikaalide suhtes.
- Polüester (PET) on termoplastne materjal, mis on suure tugevusega, väikese roomedeformatsioonikiirusega ning hea vastupidavusega enamiku hapete ja paljude lahustite suhtes. Polüestri kasutamisel väga leeliselises keskkonnas, kui pH > 10, tuleb eelkõige kokkupuutes lubja, tsemendi või betooniga siiski kaaluda täiendava katsetamise vajadust.

7.6. Vastupidavus

Tootmisprotsessis lisatakse polüpropüleenile stabilisaatoreid, et suurendada Typar® SF vastupidavust.

7.6.1. Vastupidavus ultraviolettkiirgusele

Typar® SF võib mitme nädala jooksul taluda otsest päikesevalgust, kuid pikemaajaline ultraviolettkiirguse mõju, eelkõige troopikapäikese kiirgus, võib põhjustada geotekstiili tugevuse vähenemist. Üldiselt tuleb geotekstiil ultraviolettkiirguse tõttu lagunemise, tuule toimet kerkimise või mehaanilise kahjustamise vältimiseks pärast paigaldamist kohe kinni katta.

Vastavalt standardile EN 12224 tuleb Typar® SF katta kahe nädala jooksul pärast paigaldamist.

7.6.2. Oksüdatsioonikindlus

Arvukad kiirendatud vanandamiskatsed on näidanud, et Typar® SF vastupidavus ületab selgelt 100 aasta pikkuse kasutuskestuse piiri. Ka vastavalt CE-märgise nõuetele on geotekstiililt Typar® SF oodata vähemalt 100 aasta pikkust vastupidavust kõigis looduslikes pinnastes. Oksüdatsioonikindlus on vastavalt standardile prEN ISO 13438:

- Katsetamine konditsioneerimisseadmes >100% jääktugevus
- Kõrgsurvekatse >100% jääktugevus

7.6.3. Mikrobioloogiline vastupidavus

Typar on valmistatud 100% polüpropüleenist, mis muudab selle materjali vastupidavaks kõdunemisele ja niiskusele. Standardile EN 12225 vastav mikrobioloogiline vastupidavus on 100% jääktugevust.

7.6.4. Keemiline püsivus

Keemiline püsivus on vastavalt standardile EN 14030:

- happelises keskkonnas (meetod A) 100% jääktugevus
- leeliselises keskkonnas (meetod B) 100% jääktugevus

Märkus. Oksüdatsioonil, mikrobioloogilisel vastupidavusel ja keemilisel püsivusel on lubatud jääktugevus > 50%.

Aine	Kontsentratsioon %	Temperatuur °C	Aeg tundides/kuudes	Toime geotekstiilile Typar® SF ¹
Happed				
Äädikhape	100	20°	6 kuud	puudub
Kroomhape	10	21°	10 tundi	puudub
Vesinikbromiidhape	10	21°	10 tundi	puudub
Vesinikkloriidhape	10	21°	1000 tundi	puudub
Vesinikkloriidhape	37	71°	10 tundi	puudub
Lämmastikhape	10	99°	10 tundi	puudub
Lämmastikhape	70	21°	10 tundi	puudub
Lämmastikhape	95	21°	1000 tundi	märkimisväärne
Fosforhape	85	21°	10 tundi	puudub
Väävelhape	60	99°	10 tundi	puudub
Väävelhape	96	21°	1000 tundi	puudub
Sipelghape	100	20°	6 kuud	puudub
Vesinikkloriidhape	30	60°	6 kuud	puudub
Vesinikkloriidhape	30	100°	6 kuud	oluline
Väävelhape	98	20°	6 kuud	puudub
Väävelhape	98	60°	6 kuud	märkimisväärne
Väävelhape	98	100°	6 kuud	oluline
Leelised				
Ammoniaak	30	20°	6 kuud	puudub
Ammoniaak	58	21°	1000 tundi	puudub
Naatriumhüdrosiid	50	21°	6 kuud	puudub
Naatriumhüdrosiid	50	60°	6 kuud	puudub
Naatrium-hüpoklorit	20	20°	6 kuud	puudub
Naatrium-hüpoklorit	20	100°	6 kuud	märkimisväärne

Aine	Kontsentratsioon %	Temperatuur °C	Aeg tundides/kuudes	Toime geotekstiilile Typar® SF ¹
Orgaanilised ained				
Atsetoon	100	20°	6 kuud	puudub
Atsetoon	100	56°	6 kuud	puudub
Benseen	100	21°	1000 tundi	puudub
Benseen	100	20°	6 kuud	möödukas
Benseen	100	60°	6 kuud	märkimisväärne
Süsinik-tetrakloriid	100	20°	6 kuud	märkimisväärne
Tsükloheksaan üks	100	20°	6 kuud	puudub
Tsükloheksaan üks	100	60°	6 kuud	märkimisväärne
Etanool	96	20°	6 kuud	puudub
Etanool	96	60°	6 kuud	puudub
Etanool	96	81°	6 kuud	puudub
Etüleenglükool	100	20°	6 kuud	puudub
Etüleenglükool	100	60°	6 kuud	puudub
Dimetüülformamiid	100	93°	10 tundi	puudub
Dimetüülformamiid	100	153°	10 tundi	oluline
Dimetüülsulfoksiid	100	93°	10 tundi	puudub
Bensiin	100	20°	6 kuud	märkimisväärne
Linaseemneõli	100	20°	6 kuud	puudub
Linaseemneõli	100	60°	6 kuud	puudub
Metüleenkloriid	100	20°	6 kuud	märkimisväärne
Perkloroetüleen	200	93°	10 tundi	märkimisväärne
Perkloroetüleen	250	121°	10 tundi	oluline
Stoddardi lahusti	100	93°	10 tundi	puudub
Trafoõli	100	20°	6 kuud	puudub
Trafoõli	100	60°	6 kuud	märkimisväärne
Trikloroetüleen	100	20°	6 kuud	märkimisväärne
Tärpentin	100	100°	6 kuud	puudub
Metaksüleen	100	93°	10 tundi	puudub
Metaksüleen	100	20°	6 kuud	märkimisväärne

¹ Aine mõjul tekkiv purunemistugevuse muutus:

Puudub:

– jääktugevus võrreldes esialgse tugevusega 90% kuni 100%

Kerge:

– jääktugevus võrreldes esialgse tugevusega 80% kuni 89%

Möödukas:

– jääktugevus võrreldes esialgse tugevusega 60% kuni 79%

Märkimisväärne:

– jääktugevus võrreldes esialgse tugevusega 20% kuni 59%

Oluline:

– jääktugevus võrreldes esialgse tugevusega 0% kuni 19%

7.7. Termiline püsivus

7.7.1. Madal temperatuur

Termiline püsivus on tähtis, kui geotekstiili kasutatakse külma kliimaga piirkondades, näiteks Alaskal, Põhja-Skandinaavias jm. Äärmiselt madala temperatuuri juures tõmbetugevus suureneb; pikenemine väheneb mõne protsendi võrra. Temperatuuri tõustes on toime vastupidine. Geotekstiilil Typar® SF pinnaühiku massiga 200 g/m² ei täheldatud pärast nelja märga ja kuiva tsükli temperatuuril 0 kuni –18 °C tõmbetugevuse olulist muutumist. Typar® SF ei ima vett, seetõttu materjalirullid ei külmu.

7.7.2. Kõrge temperatuur

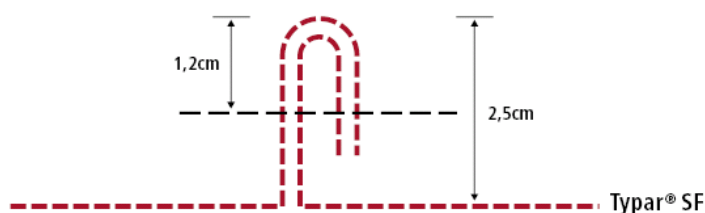
Kõrgel temperatuuril tõmbetugevus väheneb ja pikenemine suureneb. Hüdraulilisi omadusi mõjutab kõrge temperatuur vähe. Lisateavet saate firma DUPont Geosynthetics tehnilisest keskusest.

7.8. Ühendamismeetodid

7.8.1. Õmblemine

Geotekstiili Typar® SF õmblemine on suurte laiuste kasutamise korral ning drenaaži- ja erosioonitõkkerakendustes praktiline meetod, et piirata kanga ülekatte vajadust ja vähendada kulusid. Õmblemine on kõige usaldusväärsem ühendusmeetod, eriti sellepärast, et seda on paigalduskohas võimalik lihtsalt teostada, samal ajal kui keevitamine ja liimimine nõuavad puhast ja kuiva töökohta.

Soovitav õmblus on näidatud allpool joonisel 44. Õmblusmasin tuleb reguleerida 2 pistele sentimeetri kohta. Ehkki õmmeldud õmblus on eelistatav valik, annavad ka keevitatud või liimitud ühendused tõmbetugevuse seisukohast häid tulemusi. Lisateavet saate firma DUPont Geosynthetics tehnilisest keskusest.

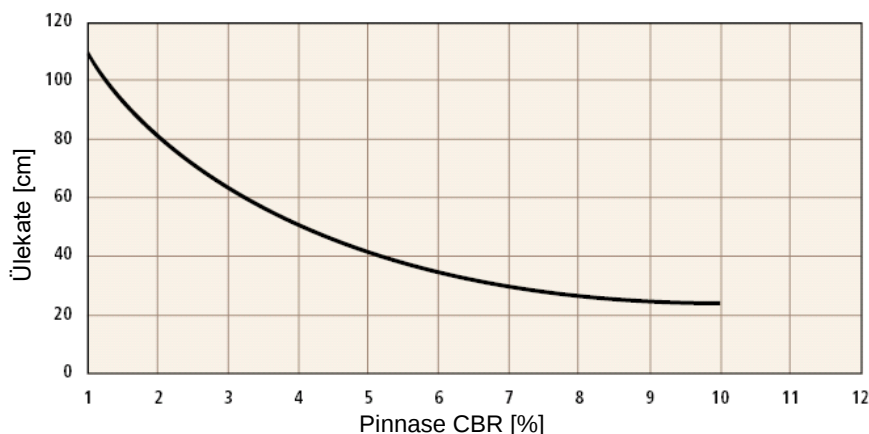


Joonis 44. Soovitav õmblus

7.8.2. Ülekate

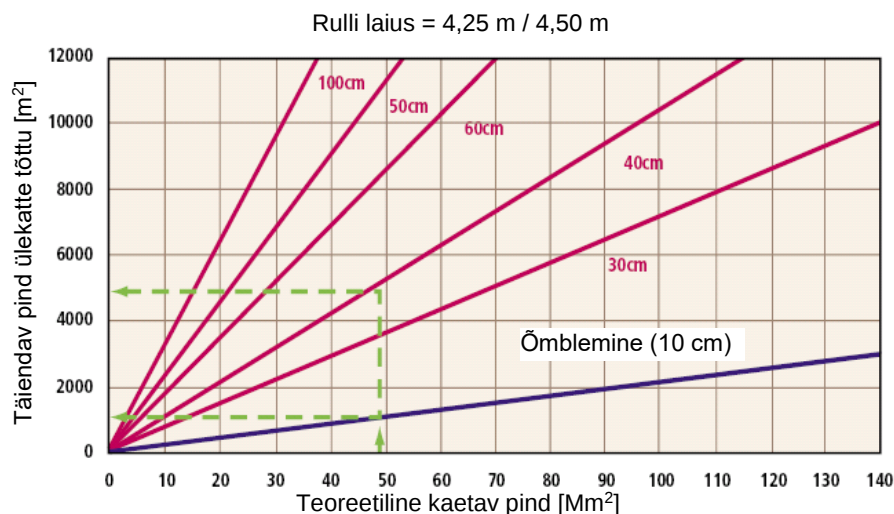
Vajalikud kül- ja otsülekatted sõltuvad pinnase omadustest (CBR), projekti iseloomust ja esineda võivatest deformatsioonidest. Üldiselt kasutatakse järgmisi ülekatteid:

- Drenaažisüsteemid: min 30 cm
- Parkimisplatsid, alalised teed: 30 kuni 50 cm
- Erosioonitõkkesüsteemid: 50 kuni 100 cm
- Ajutised teed: vt joonis 45



Joonis 45. Geotekstiili Typar® SF ülekate

Järgmisel graafikul on näidatud ülekatteks vajaliku geotekstiili Typar® SF täiendav kogus sõltuvalt kaetavast pindalast ja ülekatte laiusest. Selgelt on välja toodud hinnanguline sääst, mida on võimalik õmblemise või keevitamise korral võrreldes ülekattega saavutada.



Joonis 46. Vajalik pind sõltuvalt ülekatte laiusest

Rakendustes, kus geotekstiili Typar® SF kasutatakse sarrustamise otstarbel, nõuavad ülekatted erilist tähelepanu. Õige pingajaotuse kontrollimiseks võivad olla vajalikud kogenud konstruktorite tehtud arvutused.

7.9. Vajalikud andmed

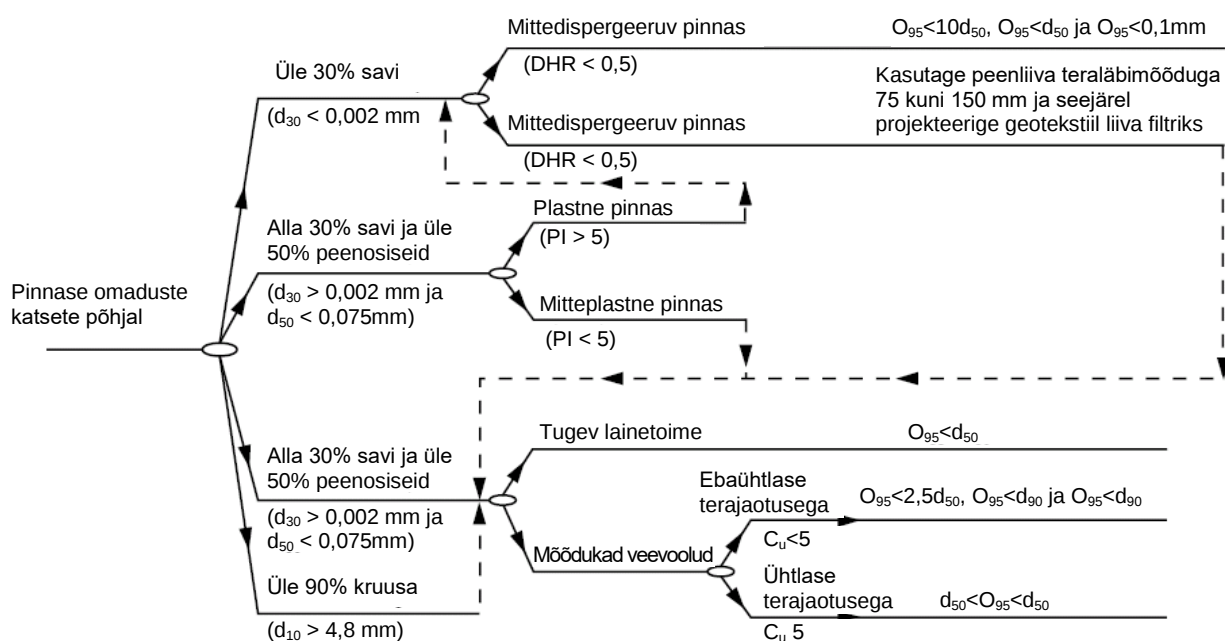
Pinnase omaduste ligikaudsed piirid kõige tavalisemate pinnaseliikide korral (eelprojekti jaoks)

Pinnase omadus	Liiv					Kruus	Kruusa- ga liiv, eba- ühtlane	Kildne kivipuist, liivavaba	Munakivid	
	Ting märk	SI ühik	Kohev	Keskm. tihedu- sega	Tihe				Liiva- vaba	Kruusa ja liivaga
Mahuühiku mass, kuiv pinnas	γ	kN/m ³	17	18	19	18	20	17	17	19
küllastunud pinnas	γ_g	kN/m ³	19	20	21	20	21	-	-	20
Poorsus	n	%	45	35	25	25–45	20–35	40–60	40–50	25–45
Läbilaskvustegur	k	cm/s	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁰	10 ⁻²	10 ¹	10 ¹	10 ⁰
Kapillaartõusu kõrgus	h_k	cm	20	25	30	1–5	25	-	-	20
Lihtne Proctori tihedus	γ_P	kN/m ³		17–20		19	22	-	-	-
Optimaalne niiskusesisaldus	w_{opt}	%		6 – 10		5	7	-	-	-
Jäikusmoodul	E_s	MN/m ²	20–50	40–100	80–150	100– 200	150– 250	100–200	100– 150	150–250
Deformatsioonimoodul	E_{v1}	MN/m ²	15–40	30–60	50–80	70–120	100– 150	70–120	60–100	100–150
Kalifornia kandevõimeteguri (CBR) väärtus	CBR	%	10–20	20–30	30–40	50	70	90–100	100	90–100
Efektiivne hõõrdenurk	φ'	°	30	32,5	35	37,5	37,5	40	35	37,5

Tabel 12. Mittenidusad pinnased

Pinnase omadus	Tingm ärk	SI ühik	Pool- tahke	Savi		Aju- liivsavi	Liivsavi, mergel		Möll	Orgaa- niline savi, möll	Turvas
				Kõva	Pehme		Kõva	Pehme			
Mahuühiku mass	γ _g	kN/m ³	19	18	17	21	21	19	18	15	11
Poorsus	n	%	50	60	70	30	30	40	40	60	90
Looduslik niiskusesisaldus	w	%	20	30	40	10	15	20	30	80	400
Vedeliku piirväärtus	w _L	%		40–100		30	20–40		15–30	70–120	-
Plastsuse piirväärtus	w _p	%		20–30		15	10–20		10–15	20–30	-
Plastsusindeks	I _p	%		20–70		15	10–25		5–15	50–90	-
Läbilaskvustegur	k	cm/s		10 ⁻⁷ –10 ⁻⁹		10 ⁻⁵	10 ⁻⁶ –10 ⁻⁸		10 ⁻⁵	10 ⁻⁸	10 ⁻³
Kapillaartõusu kõrgus	h _k	m		5–100		1–5	1–5		1–5	1–5	-
Lihtne Proctori tihedus	γ _p	kN/m ³		14–17		18–22	17–19		17–19	14–17	-
Optimaalne niiskusesisaldus	w _{opt}	%		15–30		10–15	12–20		12–20	20–25	-
Jäikusmoodul	E _s	MN/m ²	5–10	2–5	1–3	30–100	5–20	4–8	3–10	1–5	0,5–2
Deformatsioonimoodul	E _{v1}	MN/m ²	3–8	1–4	0,5–2	15–50	5–15	3–6	2–8	1–3	0–1
Kalifornia kandevõimeteguri (CBR) väärtus	CBR	%	2–5	1–3	0–2	10–20	3–10	2–5	1–5	0–2	0
Efektiivne hõõrdenurk	φ'	°	20	17,5	15	15	25	22,5	25	17,5	15
Pinnase efektiivne nidusus	c'	MN/m ²	25	20	10	25	10	0	0	10	0
Efektiivne nihketugevus	c _u	MN/m ²	40–100	20–60	5–40	200– 500	50– 200	40– 100	20–100	5–40	0
Tihendustegur	c _v	m ² /sek		10 ⁻⁶ –10 ⁻⁹		-	10 ⁻⁵ –10 ⁻⁷		10 ⁻⁴	10 ⁻⁷ –10 ⁻⁹	10 ⁻³

Tabel 13. Nidusad pinnased



MÄRKUSED.

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

d_x = osakeste suurus, millest x protsenti on väiksemad

PI = pinnase plastsusindeks

DHR = pinnase topelt-areomeetri koefitsient

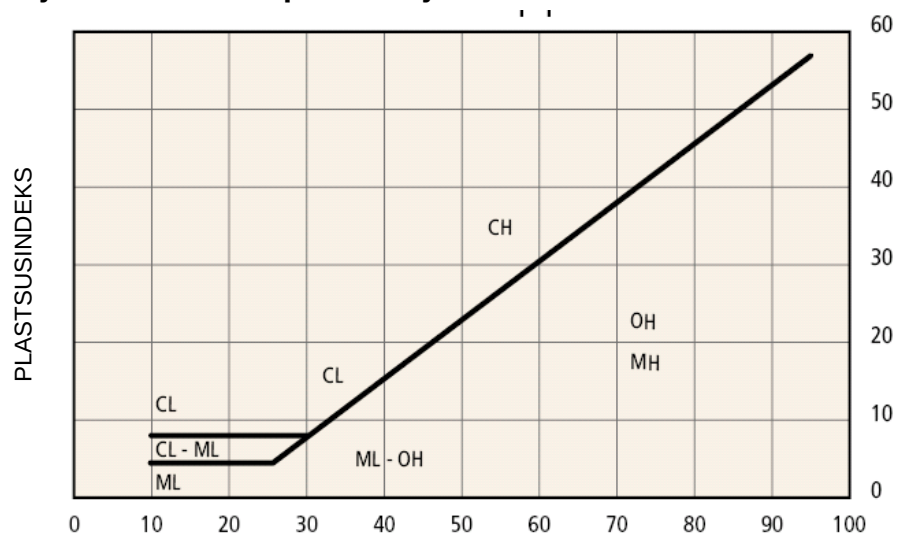
O_{95} = geotekstiili pooriava suurus vastavalt standardile ASTM 04751-87

Joonis 47. (b) Pinnase tõkestamise kriteerium geotekstiilist filtri projekteerimisel dünaamiliste voolutingimuste korral (Luettichi jt järgi [6])

NIMETUS		OSAKESTE %			PLASTSUS INDEKS I [%]	TÜÜPILINE LÄBILASKVUS K [m/s]
		< 0.006	0,06–2 mm	> 2 mm		
GW	Hästi fraktsioneeritud kruus, liivane kruus	< 5	VAR	> 50	-	10^{-1} – 10^{-4}
GP	Halvasti fraktsioneeritud kruus, liivane kruus	< 5	VAR	> 50	-	10^{-1} – 10^{-4}
GM	Mudastunud kruus, G + S + M	< 15	VAR	> 50	< 7	10^{-5} – 10^{-8}
GC	Savine kruus, G + S + C	< 15	VAR	> 50	> 7	10^{-8} – 10^{-10}
SW	Hästi fraktsioneeritud liiv, kruusane liiv	< 5	> 50	VAR	-	10^{-2} – 10^{-5}
SP	Halvasti fraktsioneeritud liiv, kruusane liiv	< 5	> 50	VAR	-	10^{-2} – 10^{-5}
SM	Mudastunud liiv	< 15	> 50	VAR	< 7	10^{-5} – 10^{-8}
SC	Savine liiv	< 15	> 50	VAR	> 7	10^{-8} – 10^{-10}
ML	Möll, väga peen liiv	> 50	~ 50	VAR	< 4	10^{-5} – 10^{-8}
CL	Savi	> 50	~ 20	VAR	> 7	10^{-8} – 10^{-10}
GM - ML	Mudastunud kruus	> 15	VAR	> 40	< 4	10^{-5} – 10^{-8}
GM - GC	Savine, mudastunud kruus	> 15	VAR	> 40	4–7	10^{-8} – 10^{-10}
GC - GL	Savine kruus	> 15	VAR	> 40	> 7	10^{-8} – 10^{-10}
SM - ML	Mudastunud liiv – liivane möll	15–50	~ 50	VAR	< 4	10^{-5} – 10^{-8}
SM - SC	Savine, mudastunud liiv	15–50	~ 40	VAR	4–7	10^{-8} – 10^{-10}
SC - CL	Savine liiv – liivane savi	15–50	~ 40	VAR	> 7	10^{-8} – 10^{-10}
CL - ML	Savine möll	> 50	VAR	VAR	4–7	10^{-7} – 10^{-10}
OL	Orgaaniline möll	> 50	VAR	VAR	> 10	-
OH	Orgaaniline savi	> 50	VAR	VAR	> 20	-
PT	Turvas	-	-	-	-	-

Tabel 15. Pinnaste klassifikatsioon USCS järgi

Vajalikud andmed pinnaste ja torude kohta



VIIDE: CASAGRANDE VEDELIKU PIIRVÄÄRTUS [%]

Joonis 48. Plastsusindeksil põhinev pinnaste klassifikatsioon USCS järgi

Kalifornia kandevõimetegur (CBR)											CBR
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CBR
Pinnaste klassifikatsioon standardi ASTM järgi											
		OH			CH						
					MH		OL				
PT								CL		ML	
Pinnaste klassifikatsioon standardi AASHTO järgi											
										A-2-6	
								A-4			
								A-5			
								A-6			
								A-7-6		A-7-5	
Pinnaste klassifikatsioon Lennunduse Föderaalameti järgi											
										E-6	
									E-7		
									E-8		
									E-9		
									E-10		
									E-11		
									E-12		
Väga nõrk aluspinnas											
Nõrk aluspinnas											
Rahuldav aluspinnas											
Keskmise aluspinnas											
Tugev aluspinnas											
15 30 60 120 140 Nihketugevus, kPa											
0 10 20 30 R, väärtus (Kalifornia) 40											
2 3 4 5 S, pinnase tugiväärtus 6											
20 15 10 5 Rühmaindeks											
0 5 10 15 20 25 30 35 R, väärtus (Washington) 38											
50 100 150 200 250 300 Koonusindeks (CI) kasutades 320 mm ² proovikeha											
140 170 210 280 330 Kandevõime väärtus, kPa, 300 mm läbimõõduga plaat, läbipaine 5 mm, 10 kordust											
70 140 Kandevõime väärtus, kPa, 760 mm läbimõõduga plaat, läbipaine 2,5 mm											
27 40 Aluspinnase reaktsioonimoodul, kPa/mm 55											
CBR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	CBR

Ligikaudne Kalifornia kandevõimetegur (CBR)		Protseduuri määratlus		Rühmade tähised		Pinnaserühma nimetus	
Alla 2		Sõrm kergesti läbisurutav		ML		Möll	
2–3		Sõrme läbisurumiseks tuleb rakendada mõõdukat jõudu		MH		Vilgukivi sisaldav möll	
3–6		Saab sõrmega sälgustada		OL		Orgaaniline möll	
6–16		Saab küünega sälgustada		CL		Mudastunud savi	
Üle 16		Küünega on raske sälgustada		CH		Kõrgplastne savi	
				OH		Orgaaniline savi	
				PT		Turvas ja sõnnik	

Tabel 16. Korrelatsioonitabel Kalifornia kandevõimeteguri (CBR) vettimata pinnasele vastavate väärtuste hindamiseks pinnase tugevuse või pinnase omaduste väärtuste alusel

7.10. Tehnilised andmed

Pinnasetööde materjalide eraldamiseks kasutatavad geotekstiilid

Tuleb tarnida ja paigaldada _____ m² geotekstiili.

TYPAR® SF _____ või samaväärse materjali spetsifikatsioon.

Termiliselt ühendatud mittekootud materjal, mis on valmistatud

- 100% polüpropüleen-filamentkiust
- vastavalt kvaliteedisüsteemidele ISO 9001, ISO 14001

Kokkusurutavustegur rõhul 200kN/2kN	EN 964	< 15	%
Neeldunud energia	EN ISO 10319	≥ _____	kN/m või kJ/m ²
Tõmbetugevus	EN ISO 10319	≥ _____	kN/m
Tõmbetugevus 5% pikenemisel	EN ISO 10319	≥ _____	kN/m
Pikenemine	EN ISO 10319	≥ _____	%
Torketugevus (CBR)	EN ISO 12236	≥ _____	N
Dünaamiline perforatsioonikatse (koonuse kukkumiskatse)	EN 918	≤ _____	mm
Nihketugevus	ASTM D4533	≥ _____	N
Kiiruse indeks	EN ISO 11058	≥ _____	mm/s
Veeläbilaskvus survele 20 kN/m ²	DIN 60500	≥ _____	10 ⁻⁴ m/s
Pooriava suurus O ₉₀	EN ISO 12956	≤ _____	_____m (mikron)

Geotekstiilkangas peab olema ultraviolettkiirguse suhtes stabiilne ning inertne pinnases ja vees tavaliselt esinevate kemikaalide suhtes.

Geotekstiili rullid tuleb kaitseks varustada sobiva ümbrisega ning kõik rullid peavad olema tähistatud ja identifitseeritud paigalduskohas tuvastamiseks, samuti inventariseerimise ja kvaliteedikontrolli eesmärgil.

Pind, millele geotekstiil paigaldatakse, peab olema ette valmistatud suhteliselt siledaks ning sellel ei tohi olla takistusi, süvendeid ega prahti. Geotekstiil tuleb paigaldada rajamistöödega pärisuunas. Kanga pikiliidete minimaalne ülekate peab olema 30 cm ja need peavad olema õmmeldud või inseneri määratud muul viisil ühendatud. Kui kanga paigaldamiseks kasutatakse paigaldusmasinat, peab masina tööaluseks olema pinnas ja mitte eelnevalt paigaldatud geotekstiil.

Kasutatud kirjandus

¹ R.M. Koerner, Designing with Geotextiles, p.110, Fourth Edition, 1999, Prentice Hall

Muud ettevõtte DuPont Typar® Geosynthetics väljaanded:

- + **Typar® SF** brošüür
- + Soovitatavad **Typar® SF** tüübid
- + **Typar®** andmelehed
- + **Typar®** HR toote- ja projekteerimisjuhend
- + **Typar®** HR sarruse-geokomposiitmaterjali brošüür
- + Projektid, kus on kasutatud geotekstiili **Typar®**

Lisateavet saab veebilehelt www.typargeo.com või kirja teel aadressil typargeo@lux.dupont.com

DuPont de Nemours (Luxembourg) S.à.r.l.

Typar® Geosynthetics

L-2984 Luxembourg

Tel: 00352-3666 5779

Faks: 00352-3666 5021 www.typargeo.com



® ja ™ osutavad ettevõtte DuPont või selle tütarettevõtete kaubamärkidele või registreeritud kaubamärkidele.