Väylävirasto
Trafikledsverket

Pohjaveden suojelu maanteillä

Minna Leppänen, Tutkimuskeskus Terra, Tampereen yliopisto

24.8.2021

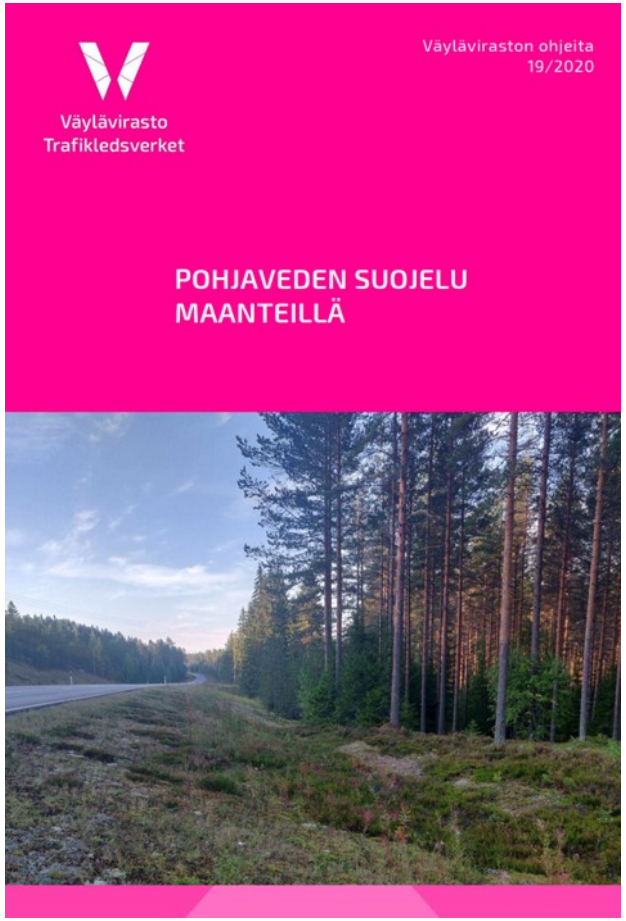
Esityksen sisältö

Väylävirasto
Trafikledsverket

3.7 Rakentaminen 30

7 POHJAVEDEN SUOJAUSTEN SUUNNITTELU 60
7.1 Suojaustavan valinta 60
7.2 Suojauksen pituus 61
7.3 Suojaus betonikaiteella 61
7.4 Maanteiden luiskasuojaukset 63
7.4.1 Luiskasuojausten leveys 63
7.4.2 Luiskasuojausten sisä- ja ulkoluiskan kaltevuudet ja stabiliteetti 65
7.4.3 Luiskasuojausten rakennekerrokset 67
7.4.4 Luiskasuojausten läpiviennit 73
7.4.5 Onnettomuussuojaus 76
7.5 Tiivistyskerros tiepenkereen alla 77
7.6 Vesimäärien hallinta 77
7.7 Altaat ja muut veden suodatus- ja viivytyskeinot 78
7.8 Laskuojat ja viemärit 80

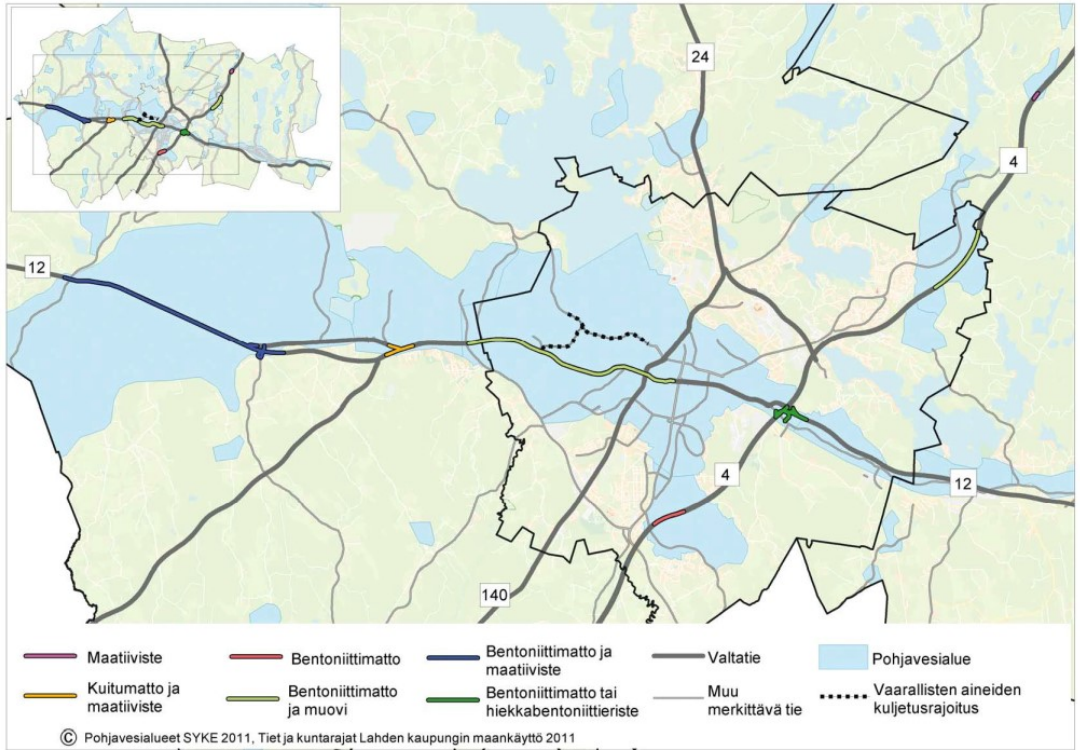
8 POHJAVEDEN SUOJAUKSESTA TOIMITETTAVAT TIEDOT 82
8.1 Pohjaveden suojauksen kuvaus 82
8.1.1 Kuvauksen tarve 82
8.1.2 Kuvauksen sisältö 83
8.2 Tietojärjestelmiin toimitettavat tiedot 85
8.2.1 Suunnitelma- ja toteumatietovarastoon toimitettavat tiedot 85
8.2.2 Tiestötietojärjestelmä 86
8.2.3 Sijaintitietopalvelu 86



Maanteiden luiskasuojaukset

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Suomessa rakennettiin ensimmäiset luiskasuojaukset 1970-luvulla (Hänninen 1995)
- Ohjeistus ja rakenteet kehittyivät 1990-luvulla
- Rakenteiden vaikutusta on arvioitu pohjaveden kloridiseurantojen perusteella



Kolme suojaustapaa

Väylävirasto
Trafikledsverket

1) Luiskasuojaus

2) Betonikaiteen ja hulevesiviemärin yhdistelmä

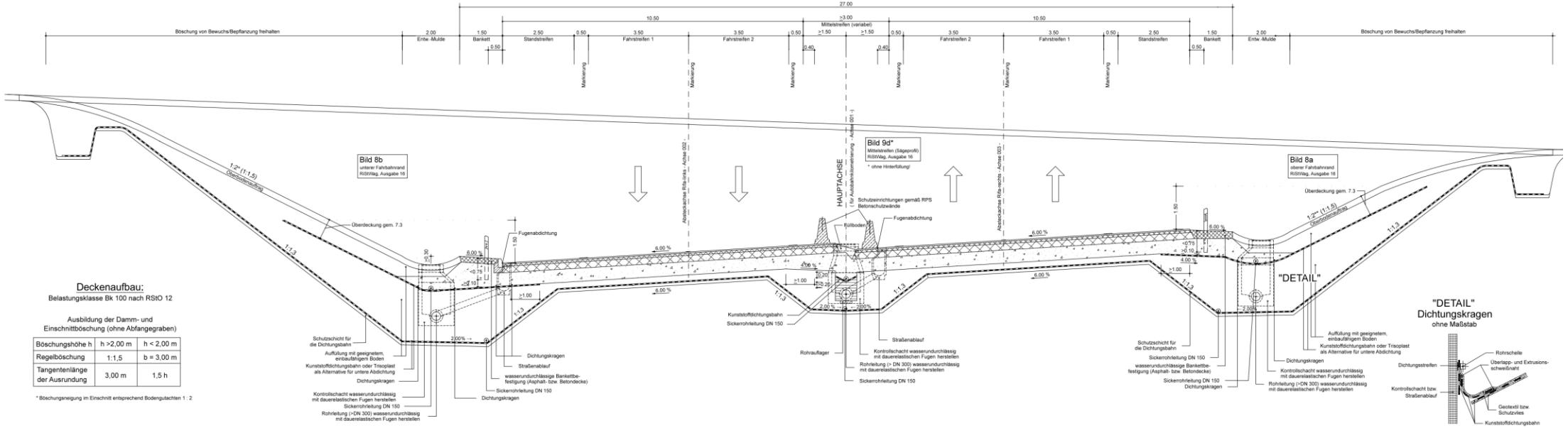
3) Penkereen alle tehty suojaus

Kahteen ensimmäiseen suojaustapaan kuuluu myös vesitiivis päällyste

Suojaus penkereen alla

- Mahdollinen vain uusissa tiehankkeissa
- Suojaa myös päällysteen vauriokohtien (esim. halkeamat) kautta tapahtuvalta kulkeutumiselta
- Bentoniittimatto + muovikalvo ja kuivatuskerros 0,3 m tai pintakerros 0,5 m

https://www.huesker.de/geokunststoffe/anwendungsbereiche/umwelttechnik/grundwasserschutz/



https://mobil.hessen.de/sites/mobil.hessen.de/files/Unterlage%2014.1.3%20-%20SQ27_BAB_WSGII_0.pdf

7.3 Betonikaide

Väylävirasto
Trafikledsverket

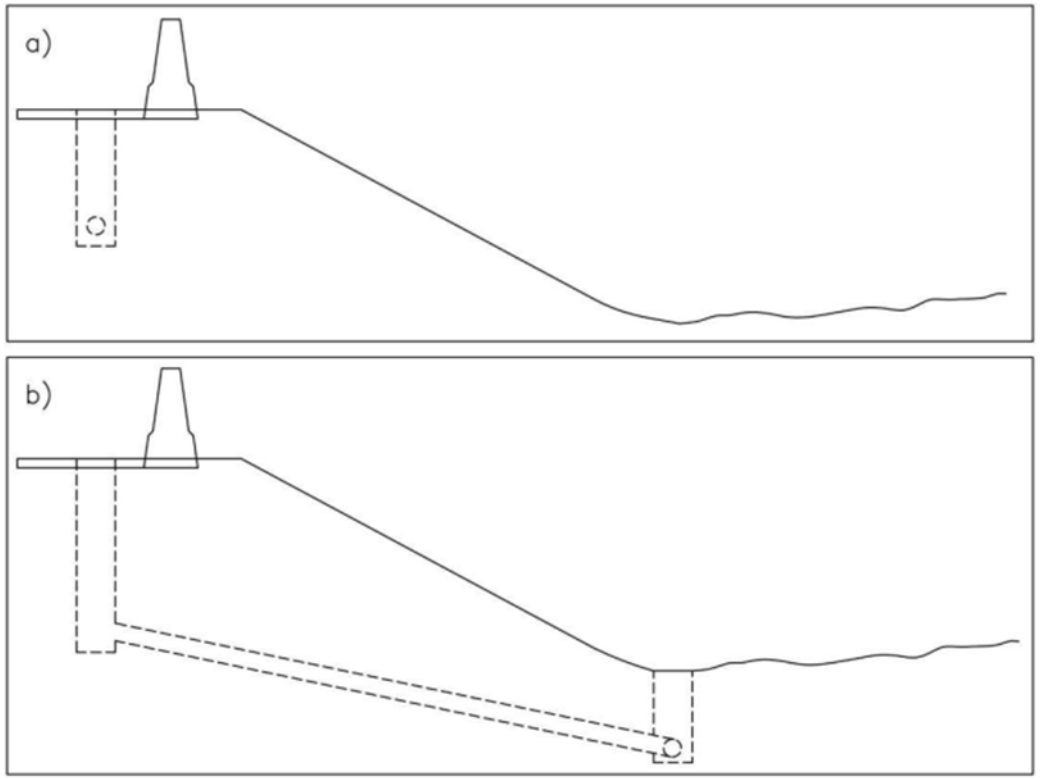
- Betonikaiteella voidaan useimmiten estää säiliöauton suistuminen pohjavesialueelle.
- Kaiteeksi valitaan vähintään 1,0 metrin korkuinen, hulevedet ja suolavesiroiskeet tiellä pitävä betonikaide.
- Törmäyskestävyysluokka vähintään H2 ja ensisijaisesti H4
- Soveltuu erityisesti korkeille penkereille (> 2 m) ja jyrkkiin (> 1:3) luiskiin
- Toimivat myös meluesteinä

https://yle.fi/uutiset/3-5426347

7.3 Betonikaide

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Huomioitava Väyläviraston ohjeen **Tiekaiteiden suunnittelu** –ohjeen tilavaatimukset ja muut vaatimukset
- Betonikaide kinostaa lunta muita kaidetyyppejä enemmän
- Kloridipitoista lunta ei saa aurata kaiteen yli
- **Toimiva hulevesiviemäröinti on oleellinen osa**
- Betonikaidetta käytettäessä vedet virtaavat suodattumatta hulevesikaivoihin ja viemäriputkea pitkin suoraan purkupaikkaan, mikä voi lisätä vesien jälkikäsittelytarvetta.
- Hulevesiviemärit suunnitellaan Väyläviraston ohjeen **Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu** mukaisesti. Hulevesiviemäreihin valitaan vesitiiviit liitokset. Hulevesiviemäreihin tarvitaan useimmissa tilanteissa kaivo 50 m välein.



Kuva 3. Suojaus betonikaiteella. Hulevesiviemärit voidaan toteuttaa a) betonikaiteen eteen sadevesikaivojen kanssa samaan linjaan tai b) betonikaiteen taakse.

7.3 Suojaus betonikaiteella

Väylävirasto
Trafikledsverket

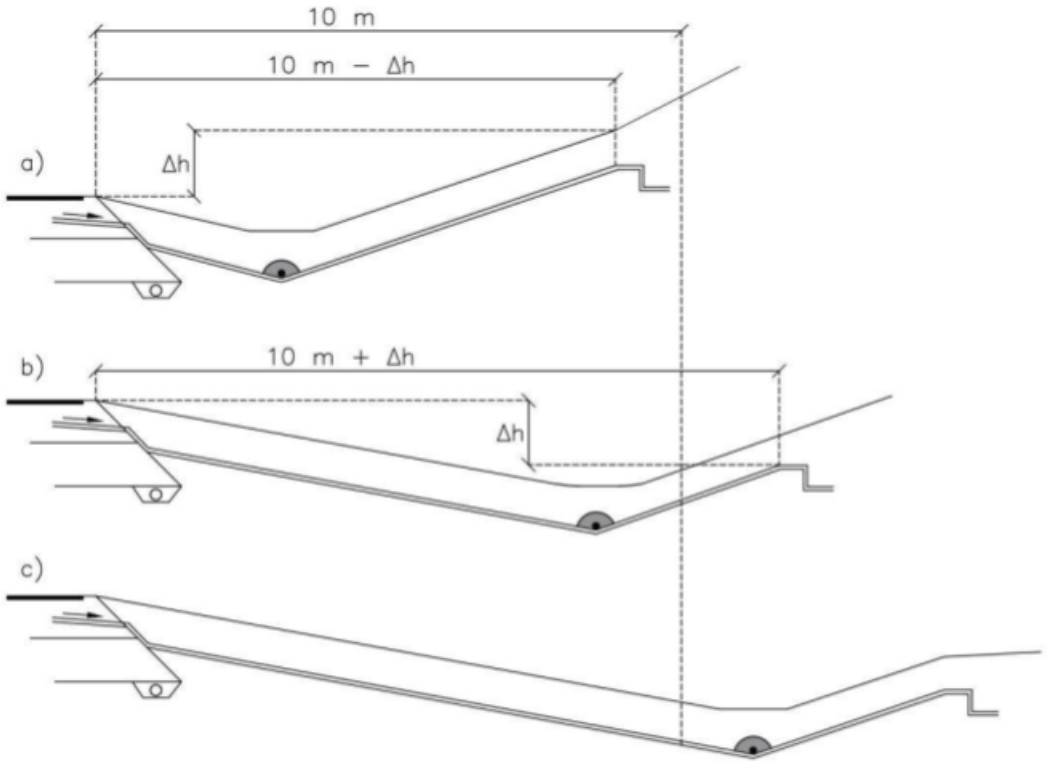
- Betonikaide asennetaan niin, että sen alapinta on 50–150 mm päällysteen pintaa alempana. Betonikaiteen korkeus tien pinnasta on tien valmistuessa vähintään 1,0 m. Erityisen herkkiin kohtiin voidaan tehdä 1,2 m korkuinen luokan H4 betonikaide tai maahan teräspaaluilla ankkuroitu luokan H2 betonikaide.
- Yli 1,0 m korkuinen kaide vaikeuttaa puhtaan pakkaslumen auraamista kaiteen yli.
- Betonikaiteen taakse tehdään uusilla ja levennettävillä teillä vähintään 0,5 m tasanne.
- Vesitiivis päällyste liitetään vesitiiviisti betonikaiteen sivupintaan. Betonielementtien saumat tiivistetään saumanauhalla ja elastisella massalla tai muulla pitkään vesitiiviinä pysyvällä tavalla.
- Betonikaide voidaan tehdä myös liukuvaluna.
- Betonikaiteiden on todettu ohjaavan liikenteen ajolinjoja niin, että päällysteiden kuluminen on tavanomaista nopeampaa.
- Kaide voi kinostaa lunta laajan aukean kohdalla, ellei tie ole selvästi maanpintaa ylempänä.
- Betonikaidetta ja hulevesiviemäröintiä voidaan käyttää myös nykyisiä teitä parannettaessa. Parantamishankkeissa tietä joudutaan yleensä leventämään.
- Koska kaiteen kohdalla piennar on leveämpi, betonikaide vie poikkileikkauksessa tilaa ja betonikaiteen taakse tarvitaan 0,5 m levyinen tasanne. Nykyisillä teillä sallitaan 0,3 m levyinen tasanne betonikaiteen taakse, jos siten vältetään kokonaan tien leventäminen.
- Hulevesiviemärin rakentaminen ja kaivantojen luiskat vievät tilaa liikenteeltä työn aikana. Haittaa voidaan vähentää tekemällä viemäri kaiteen taakse, jolloin kaiteen eteen tehdään vain kaivot.

7.4.1 Luiskasuojauksen leveys

Väylävirasto
Trafikledsverket

Luiskasuojauksen leveys valitaan seuraavasti:

- Jos ympäröivä maasto nousee tien tasauksen yläpuolelle, on luiskasuojauksen leveys kuvan 4a) mukaisesti 10 m – korkeusero (Δh). Korkeusero Δh on päällysteen pinnan ja ulkoluiskan ylimmän suojatun kohdan välinen korkeusero.
- Jos ympäröivä maasto laskee tien tasauksen alapuolelle, on pohjaveden suojauksen leveys kuvan 4b) mukaisesti 10 m + korkeusero (Δh).
- Leveämpi suojaus tarvitaan (kuva 4c), jos vesi muuten valuisi suojaukselta viereiseen maastoon.
- Luiskasuojauksen tulee ulottua ulkoluiskassa vähintään 1 m korkeuteen sivuojan pohjasta.
- Aurauslumi ei yleensä lennä kuvien 4a) ja 4b) mukaisesti valitun suojausleveyden ulkopuolelle ja vain pieni osa (arviolta alle kymmenesosa) suistuneista autoista päätyy suojatun alueen ulkopuolelle.

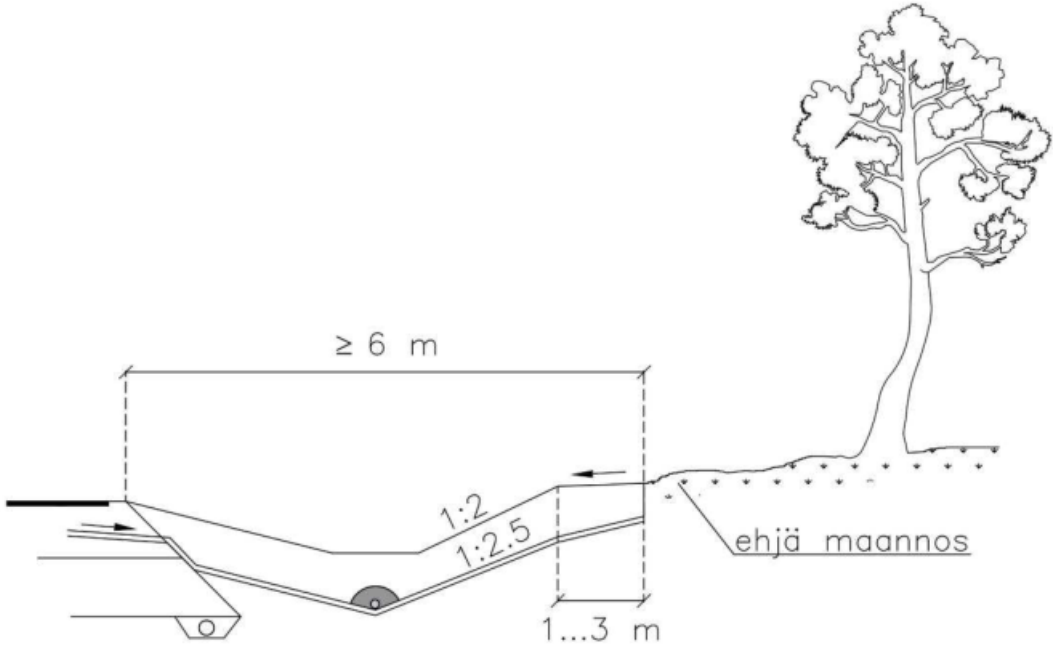


Kuva 4. Luiskasuojauksen leveys normaalitilanteissa

7.4.1 Kapea suojaus

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Maisemallisesti arvokkaan metsän säästämiseksi, lähellä olevan tontin vuoksi tai muusta vastaavasta syystä pohjaveden suojauksen leveydeksi voidaan valita noin 6 m kuvan 5 mukaisesti. Suistumisonnettomuuksissa arviolta alle kolmasosa autoista ajautuu suojatun alueen ulkopuolelle. Metsän ehjä kasvillisuus ja pintamaannos kuitenkin hidastavat vaarallisten aineiden imeytymistä maaperään ja pohjaveteen.
- Normaalia kapeampien suojausalueiden talvihoidon urakkakohtaisissa vaatimuksissa tulee edellyttää, että aurausnopeutta lasketaan kohteessa niin alhaiseksi, että suolainen lumi ei lennä suojauksen ulkopuolelle. Puhdas suolaton lumi voidaan aurata normaalinopeudella suojauksen yli.



Kuva 5. Luiskasuojauksen leveyden valinta, kun kohde on esimerkiksi maisemallisesti arvokas metsä.

7.2 Suojauksen pituus

Väylävirasto
Trafikledsverket

Suojauksen pituuden suunnittelussa otetaan huomioon

- mahdolliset epätarkkuudet pohjavesialueen rajauksessa; tarvittaessa maastotutkimuksia tehdään myös pohjavesialueen rajojen ulkopuolella
- pohjaveden virtaussuunnat
- suojausalueen päältä kerättyjen vesien purkupaikat

7.1 Luiskasuojaus

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Luiskasuojaus on kloridisuojaus tai onnettomuussuojaus.
- Kloridisuojaus tehdään niille alueille, jossa suojauksen tehtävänä on estää teiden liukkaudentorjunnassa käytettävien aineiden pääsy pohjaveteen.
- Kloridisuojauksena käytetään yhdistelmärakennetta, jonka tiivistysrakenne koostuu bentoniittimatosta ja muovikalvosta. Tiivistysrakenteeseen kohdistuva vedenpaine poistetaan kuivatusrakentein (kuivatuskerros ja salaoja).
- Kun tietä suolataan selvästi ohjeen luvussa 4 esitettyjä raja-arvoja vähemmän, voidaan pohjaveden luiskasuojaus rakentaa onnettomuus-suojauksena.
- Kloridisuojaus toimii myös onnettomuussuojauksena.

7.4.5 Onnettomuussuojaus

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Onnettomuussuojausta voidaan käyttää, kun varmuudella tiedetään, että tiellä ei tehdä talvisuolausta ja raskasta liikennettä on paljon.
- Onnettomuussuojaus koostuu maatiivisteestä (väh. 500 mm) ja sen päälle rakennettavasta onnettomuussuojauksen pintakerroksesta (100-300 mm) ja kasvualustasta.
- Jos luiskassa ei liikuta ja luiskan eroosiovaara on vähäinen, onnettomuussuojaus koostuu maatiivisteestä ja kasvualustasta.
- Onnettomuussuojauksessa ei käytetä kuivatusrakenteita.
- Onnettomuussuojauksen pintakerros, kasvualusta ja nurmetus suojaavat onnettomuussuojauksen tiivistyskerrosta liialliselta kuivumiselta ja kuivumisen aiheuttamalta kutistumishalkeilulta.
- Onnettomuussuojaus voidaan toteuttaa myös ohjeen Tiekaiteiden suunnittelu mukaisesti valitulla kaiteella.

7.4.5 Onnettomuussuojauksen rakennekerrokset

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Tiivistetyn maatiivisteen paksuus on vähintään 500 mm. Maatiiviste rakennetaan laihasta savesta, siltistä tai silttimoreenista. Maatiivisteen materiaalin 0,063 mm:n seulan läpäisy on ≥ 50 % ja savilajitteen (< 0,002 mm:n aines) määrä 10–50 %. Maatiivisteen materiaalit ovat kivettömiä ja niiden humuspitoisuus on < 2 %, eivätkä ne sisällä kasvijätettä tai turvetta. Maatiivisteen materiaalien suurin sallittu raekoko on 1/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta.
- Onnettomuussuojauksen pintakerroksen paksuus on 100–300 mm. Se rakennetaan paikallisesta kitkamaasta, jonka suurin sallittu raekoko on 1/3 kerralla tiivistettävän kerroksen paksuudesta. Materiaali sisältää enintään 50 % seulan 0,063 mm läpäisevää ainesta.
- Kasvualusta on Väyläviraston ohjeen Viherrakentaminen ja -hoito tieympäristössä ja InfraRYL luvun 23110 mukainen. Kasvualusta nurmetetaan maisemanurmi 1:n mukaisesti. Kasvualustana käytettävä materiaali on InfraRYL taulukon 23111:T1 kohdan Ravinteisuustyypin 4 kuivat niityt mukainen.
- Maatiiviste rakennetaan mahdollisuuksien mukaan sateettomana aikana. Maatiiviste levitetään, pinta tasataan ja tiivistetään saman päivän aikana tasaiseksi ja kantavaksi erillisissä, korkeintaan 300 mm kerroksissa. Maatiiviste tiivistetään kuivana, jotta kuivumiskutistuma ei aiheuta suuria halkeamia. Maatiiviste peitetään mahdollisimman pian rakentamisen jälkeen.
- Pintakerroksen materiaali levitetään maatiivisteen päälle mahdollisimman pian maatiivisteen rakentamisen jälkeen, pinta tasataan ja kerros tiivistetään korkeintaan 300 mm kerroksissa. Kasvualusta rakennetaan InfraRYL luvun 23110 mukaisesti.
- Maatiivisteen läpivientien toteutus varmistetaan koeasennuksella, jonka perusteella laadittavassa laatusuunnitelmassa esitetään käytettävät materiaalit ja työmenetelmät.

Muutokset

Väylävirasto
Trafikledsverket

Uudet rakenneosat

InfraRYL Maa-, pohja- ja kalliorakenteet 2018

Pintaverhous, esim. kasvualusta 100 mm, kiveys tai eroosiosuojaus

Pintakerros 500 mm hiekka

Kuivatuskerros 100 m tai salaojamatto

- Salaojaputki, ympärystäyttö ja suojageotekstiili

Kloridisuojaus

- Bentoniittimatto + muovikalvo 0,5 mm koko suojattavalle alueelle

Onnettomuussuojaus

- Kasvukerros
- Pintakerros 0,1-0,3 m
- Maatiiviste 0,5 m

Vanhat rakenneosat

InfraRYL 2010

Suojaverhouksen paksuus vaihteli 0,25...0,4 m rakenteesta riippuen

Kuivatuskerros 0,1 m hiekkaa tai suojaverhous

Vaativa kloridisuojaus

- Bentoniittimaa 0,15 m + ohutmuovi 0,5 mm sisäluiskaan ja ojan pohjalle
- Bentoniittimatto + ohutmuovi 0,5 mm sisäluiskaan ja ojan pohjalle

Kloridisuojaus

- Bentoniittimaa 0,08...0,15 m + ohutmuovi 0,5 mm sisäluiskaan ja ojan pohjalle
- Bentoniittimatto + ohutmuovi 0,5 mm sisäluiskaan ja ojan pohjalle
- Maatiiviste 0,3 m + ohutmuovi 0,5 mm luiskiin

Onnettomuussuojaus

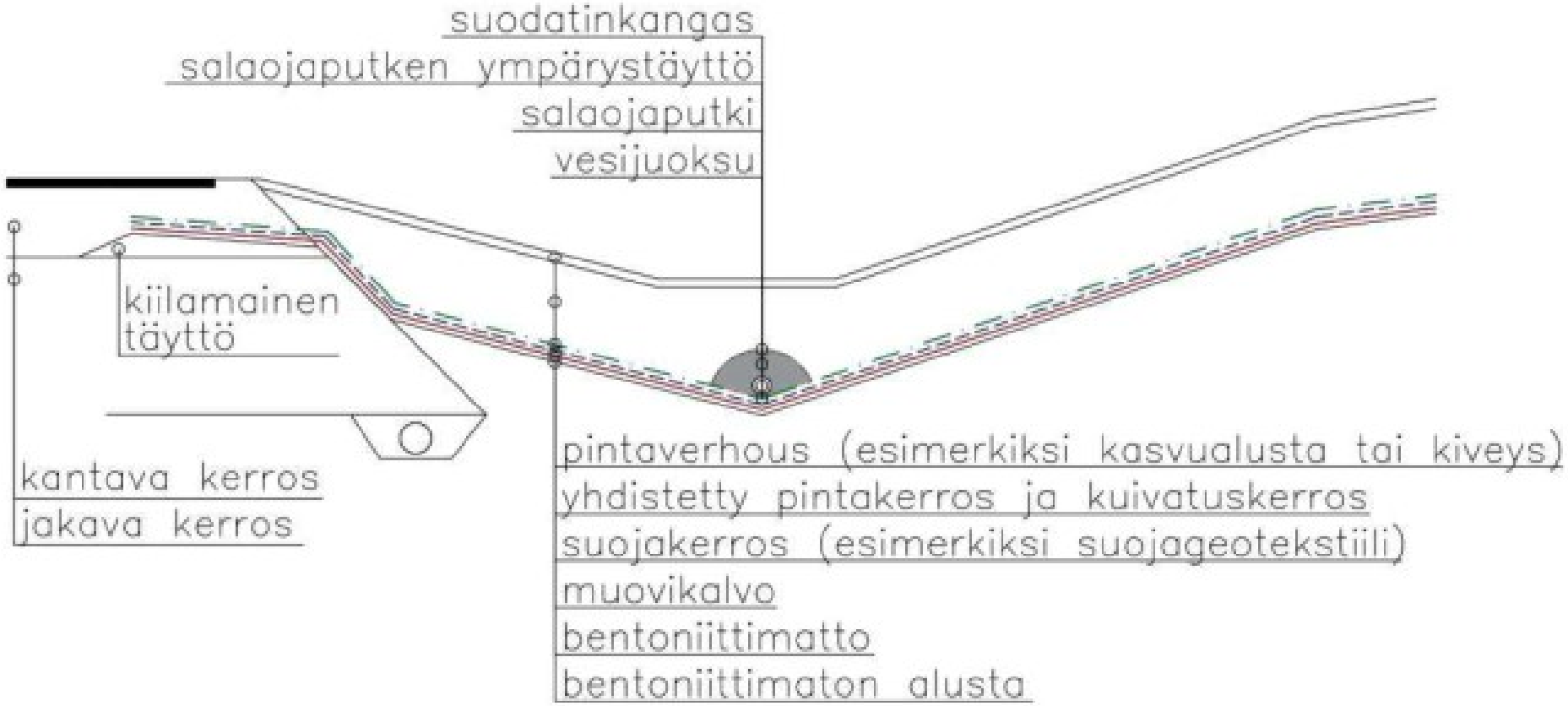
- Bentoniittimaa 0,08...0,15 m
- Bentoniittimatto
- Maatiiviste

7.4.3 Rakennekerrokset

Väylävirasto
Trafikledsverket

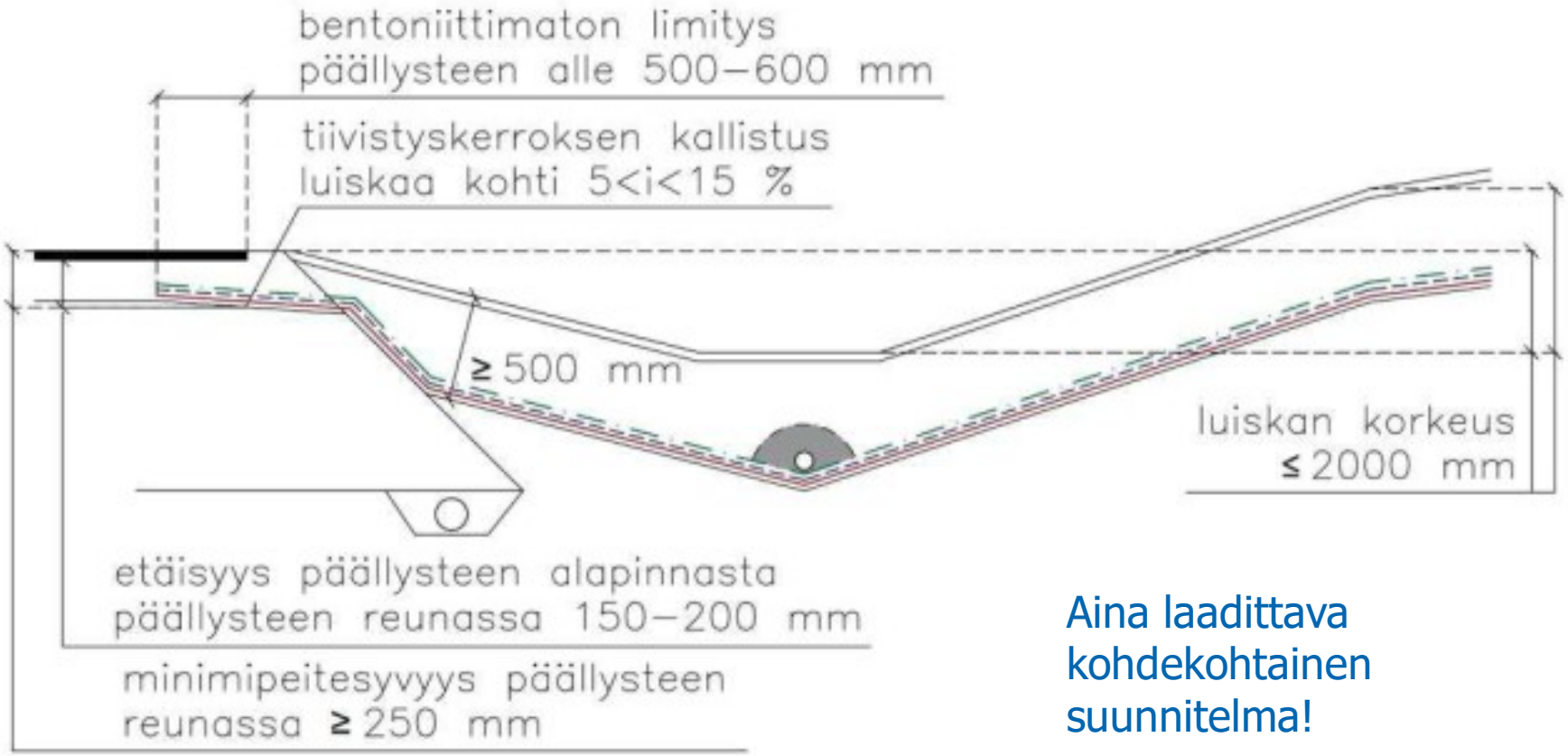
- Rakenteiden materiaalit, kerrospaksuudet ja sallitut luiskakaltevuudet on valittu niin, että vaaralliset aineet eivät tunkeudu alle 12 tunnissa luiskasuojauksen tiivistyskerroksen läpi ja että onnettomuustapauksissa luiskasuojausrakenteen yli ajava kuorma-auto ei yleensä riko tiivistyskerrosta, vaikka suojausrakenteen pintakerroksen maamateriaalit saattavatkin urautua.
- InfraRYL:n luvussa **14231** on esitetty materiaalivaatimukset, rakennekerrosten paksuudet ja asennustavat.
- Luiskasuojausrakenteessa bentoniittimatto saa jäätyä. Vaatimusten mukaiset bentoniittimatot ovat niin hyvin neulasidottuja, että haitallista jäätymishalkeilua ei pääse syntymään. Bentoniittimatto on itsekorjautuva materiaali ja jäätymisestä aiheutuneet pienet halkeamat maton bentoniittisisuksessa korjautuvat.
- Tierakenteen sisällä oleva osa bentoniittimattoa ja muovikalvoa asennetaan tiestä poispäin viettäväksi 5–15 % kaltevuuteen. Tätä varten jakavan kerroksen päälle tehdään kiilamainen lisätäyttö tai jakavan kerroksen reunaan tehdään jyrkempi sivukaltevuus.

7.4.3 Rakennekerrokset



InfraRYL:n luvussa **14231** on esitetty materiaalivaatimukset, rakennekerrosten paksuudet ja asennustavat.

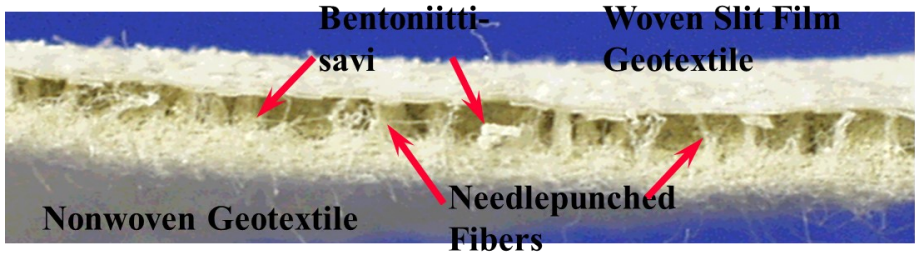
7.4.3 Luiskasuojauksen vähimmäismitat



Aina laadittava kohdekohtainen suunnitelma!

Miksi bentoniittimatto?

- Teollinen tuote, tasalaatuinen
- Ohut
- Helppo asentaa
- Kankaiden ansiosta kestää muodonmuutoksia eikä sekoitu muihin kerroksiin
- Bentoniitti itsepaikkautuu, kestää jäätymis-sulamissyklejä
- Kloridi heikentää ominaisuuksia



Bentoniittimatto tieluiskasuojauksessa

Väylävirasto
Trafikledsverket

InfraRYL 14231 Liite 8 T:1

	Ominaisuus	Menetelmä	Valmistuksen aikainen testaustiheys	Vaatimus	Tuotannon laadunvalvontatulosten sallittu enimmäisvaihtelu		
					Alitus	Ylitys	
	Bentoniitin alkuperä	Valmistajan ilmoitus	-	Ilmoitettava	-	-	L
Bentoniitti	Bentoniitin laatu	Lausunto XRD:n ja alkuperän perusteella	-	Luonnon natriumbentoniittia, ei lisäaineita	-	-	L
	Bentoniitin montmorilloniittipitoisuus	Röntgendiffraktio XRD	Vähintään 1 / käytetty bentoniittilaatu	> 75 %	0 %	-	L
		Metyleenisinimääritys VDG p 69	1 / 50 t bentoniittia	≥ 300 mg/g	0 %	-	L
	Bentoniitin paisuntaindeksi	ASTM D 5890	1 / 50 t bentoniittia	≥ 24 ml/ 2g	0 %	-	A
	Bentoniitin nestehukka (fluid loss)	ASTM D 5891	1 / 50 t bentoniittia	≤ 18 ml	0 %	-	L
	Absorptio bentoniitille	DIN 18132	Vähintään 1/käytetty bentoniittilaatu	≥ 400 %	-	-	L
	Bentoniitin kationinvaihtokyky	ISO 11260	Vähintään 1/käytetty bentoniittilaatu	≥ 70 meq/100g	-	-	L
	Bentoniitin kalsiumpitoisuus	ISO 10693	Vähintään 1/käytetty bentoniittilaatu	< 5 paino-%	-	-	L
Geotekstiilit	Neulasidotun kankaan neliöpaino	EN ISO 9864	1 / 20 000 m^2	≥ 200 g/m^2	10 %	20 %	L
	Kudotun kankaan neliöpaino	EN ISO 9864	1 / 20 000 m^2	≥ 100 g/m^2	10 %	20 %	L

	Ominaisuus	Menetelmä	Valmistuksen aikainen testaustiheys	Vaatimus	Tuotannon laadunvalvontatulosten sallittu enimmäisvaihtelu		
Bentoniitti matto	Neulattomuus	Valmistajan sisäinen laadunvalvonta	Jatkuva	Neulavapaa	-	-	L
	Paksuus	EN ISO 9863-1	-	Ilmoitettava	-	-	A
	Neliömassa	EN 14196	1 / 5 000 m^2	≥ 4 300 g/m^2 , w = 0 %	1 %	-	A
	Bentoniitin määrä	EN 14196	1 / 5 000 m^2	≥ 4 000 g/m^2 , w = 0 %	0 %	-	L
	Vetolujuus	ISO 10319	1 / 5 000 m^2	≥ 10 kN/m molemmissa suunnissa	0 %	-	H
	Venymä	ISO 10319	1 / 5 000 m^2	≥ 5 % molemmissa suunnissa	-	-	A
	Staattinen puhkaisulujuus	EN ISO 12236	Yksi 50 000 m^2:ä kohden tai koostumuksen muuttuessa	≥ 1,5 kN	10 %	-	H
	Sisäinen lujuus, bentoniittimaton kuorintalujuus (peel strength)	ASTM D 6496	1 / 5 000 m^2	Kuorintalujuuden keskiarvo ≥ 360 N/m	0 %	-	L
		leikkauskoe EN ISO 12957 tai repäisykoe EN 13426-2	1 / 5 000 m^2	Kuorintalujuuden huippuarvo ≥ 60 N/ 100 mm	0 %	-	L
	Vedenläpäisevyys	EN 16416 tai ASTM D 5887	Yksi 25 000 m^2:ä kohden tai koostumuksen muuttuessa	Virtaus (flux) ≤ 5 x 10^{-9} m^3 / s m^2 ; k ≤ 3 x 10^{-11} m/s (15 kPa vedenpaineessa	-	-	H
	Rullan leveys	-	Joka rulla	Ilmoitettava	-	-	L
	Rullan pituus	-	Joka rulla	Ilmoitettava	-	-	L
	Säilyvyys	Liitteen B mukaiset testimenetelmät, ks. T2	Liitteen B mukaisesti	Tuotestandardin liitteen B vaatimuksiin perustuva säilyvyysvaikutus	-	-	L
	Kitka suorassa leikkauksessa	SFS-EN ISO 12957-1	Tutkitaan tapauskohtaisesti	Kohdekohtainen	-	-	L
	Kitka kaltevalla tasolla	SFS-EN ISO 12957-2	Tutkitaan tapauskohtaisesti	Kohdekohtainen	-	-	S

Miksi tiivistyskalvo?

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Mineraaliset kerrokset läpäisevät koko pinta-alaltaan k-arvon ja hydraulisen gradientin mukaisesti
- Luonnon materiaalien ja kerrosten ominaisuudet vaihtelevat
- Vedenjohtavuuteen vaikuttavat kuivumishalkeilu, jäätymis-sulamissyklit, kasvien juuret, maaeliöiden kuten matojen toiminta, veden sisältämät aineet

- Ehjä tiivistyskalvo ei läpäise vettä eikä haitta-aineita, virtaus tapahtuu vain mahdollisten reikien kautta
- Tiivistyskalvot ovat kemiallisesti kestäviä ja maakerrosten peittämien kalvojen käyttöikä on pitkä, jopa satoja vuosia
- Kalvo suojaa mineraalista kerrosta kuivumiselta, yläpuolisen materiaalin sekoittumiselta ja kasvien juurilta

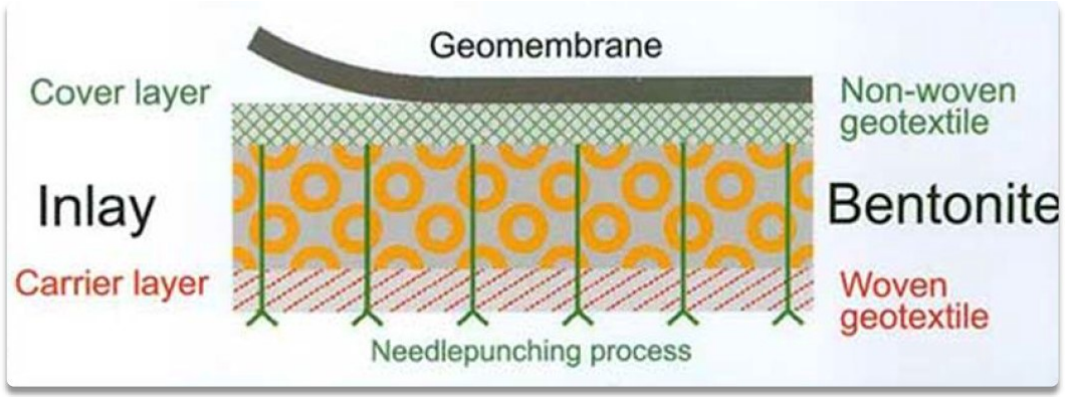
Yhdistelmärakenne on tehokkaampi kuin osat yksinään

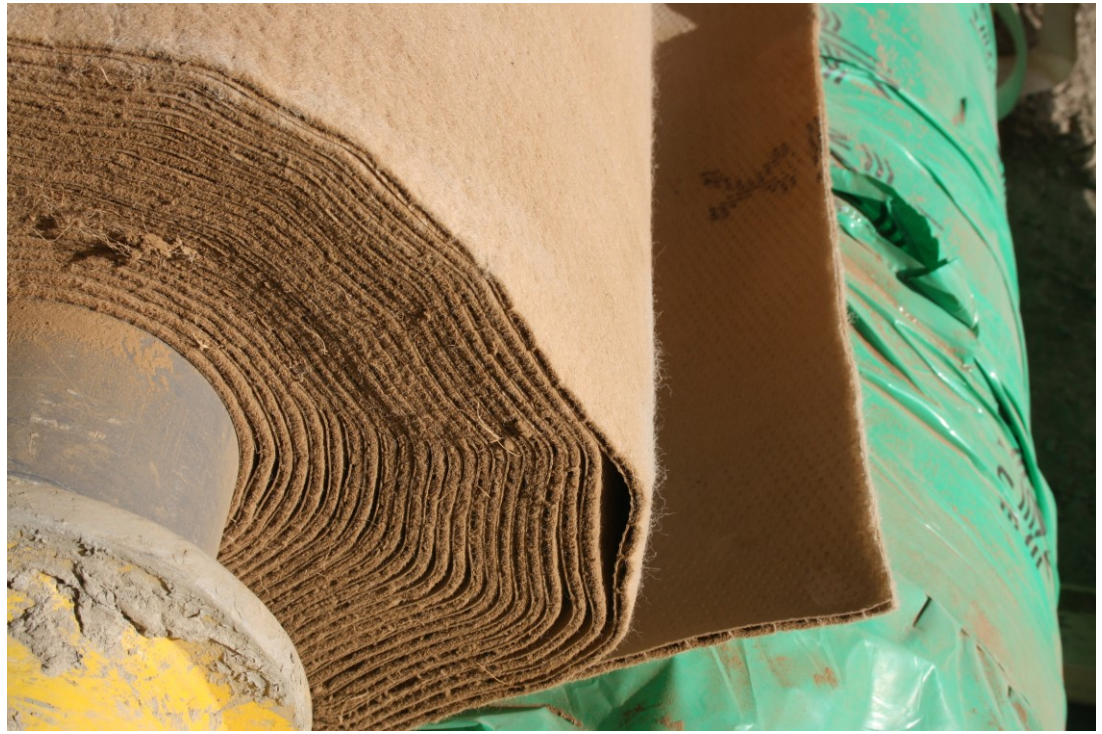
TIIVISTYSKALVO

Laminoitu bentoniittimatto

Väylävirasto
Trafikledsverket

Laminoitu bentoniittimatto

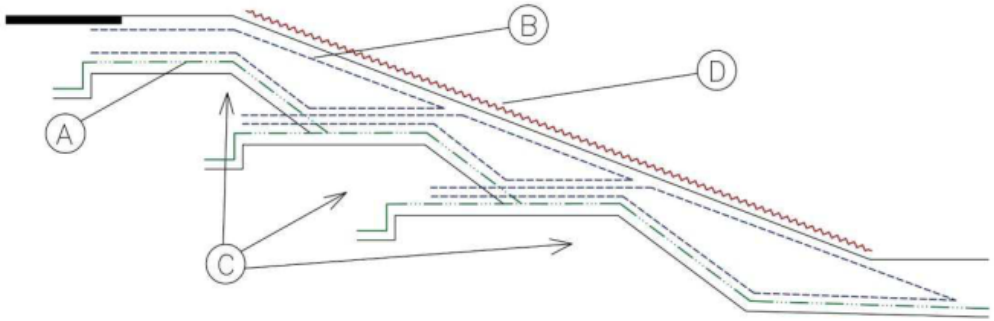




7.4.2 Luiskakaltevuudet ja stabiliteetti

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Kokemusten mukaan sileä muovikalvo ja sen päällä oleva maa on pysynyt 1:4 sisäluiskassa, kun luiskan korkeus on enintään 2 m.
- Kitkapintaisesta muovikalvosta ei ole vielä (2020) kokemuksia tiealueelta.
- Jos luiskastabiliteetin varmistamiseksi käytetään lujiteverkkoja, tehdään kohdekohtaiset stabiliteettilaskelmat.
- Jos sisäluiskan kaltevuus on suurempi kuin 1:3 tai luiskan korkeus suurempi kuin 2 m, on betonikaiteen ja hulevesiviemärin rakentaminen yleensä rakennuskustannuksiltaan halvempi ja toimintavarmuudeltaan parempi pohjaveden suojaustapa kuin luiskasuojauksen rakentaminen.



Kuva 6. Keinoja jyrkkiin luiskiin liittyvien ongelmien vähentämiseksi:
A. ankkuroidaan bentoniittimatto ja muovikalvo ylhäältä ja/tai luiskassa sopivin välein penkereeseen,
B. sidotaan luiskan maakerrokset geolujitteella siten, ettei maakerrosten paino aiheuta muovikalvoon ja bentoniittimattoon vetojännitystä,
C. rakennetaan tiivistyskerros porrasmaisesti,
D. rakennetaan eroosiosuoja luiskan maakerrosten päälle.

Uusien teiden luiskasuojauksia suunniteltaessa noudatetaan seuraavia periaatteita:

a) Sileä muovikalvo sallitaan korkeintaan 1:4 luiskissa ja silloinkin enintään 2 m:n luiskakorkeuteen asti.

b) Kitkapinnoitettu muovikalvo sallitaan 1:3 ja 1:4 luiskissa enintään 2 m luiskakorkeuteen asti.

c) Lyhyellä (korkeintaan noin 50 m) matkalla sallitaan kitkapinnoitetun muovikalvon käyttö 1:3 ja 1:4 luiskissa enintään 2,5 m luiskakorkeuteen asti, jos näin vältetään lyhyen betonikaiteen käyttö.

d) Sisäluiskissa, jotka ovat em. jyrkempiä ja korkeampia, sallitaan bentoniittimattoon ja muoviin perustuva luiskasuojaus, jos maamassojen kuormat otetaan vastaan lujiteverkoilla, jotka on ankkuroitu rakennekerrosten alle. Voimien siirtämistä kitkapintaiseen muovikalvoon ei sallita. Lujiteverkkoa käytettäessä suunnitelmassa osoitetaan laskelmin, millainen lujiteverkko tulee valita ja mikä on ankkurointipituus.

e) Ojan pohjaan tehdään 1 m levyinen tasanne, jos ojan takana ei ole kallioluiskaa tai meluseinää. Tasanne vähentää suistuneiden autojen kaatumisen todennäköisyyttä ja helpottaa auton ohjaamista ulosajossa.

f) Ulkoluiskan kaltevuus on korkeintaan 1:3, jotta tien käytön aikaiset ajoneuvokuormat eivät aiheuta valumia. Kun ulkoluiskan kaltevuudeksi valitaan 1:3, on vaaditun leveyden saavuttaminen varmempaa.

g) Jos tiesuunnitelmassa ulkoluiskan kaltevuus on 1:2 eikä luiskan alaosaa voi loiventaa tiealueen puitteissa, voidaan enintään 2 m korkea ulkoluiska rakentaa kitkapintaista muovikalvoa käyttäen.

Miksi kuivatuskerros ja salaoja?

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Tavoitteena suolaisen tai likaantuneen veden johtaminen pois suojatulta alueelta
- Kalvon pinnalla ei tapahdu imeytymistä ja se johtaa pinnallaan vettä nopeasti
- Vedellä kyllästyneen kerroksen kantavuus huono ja rajapinnassa kitka pieni

➢ Likainen vesi ei jää kuormittamaan rakennetta eikä imeydy tiivistyskerrokseen

➢ Luiskastabiliteetti säilyy

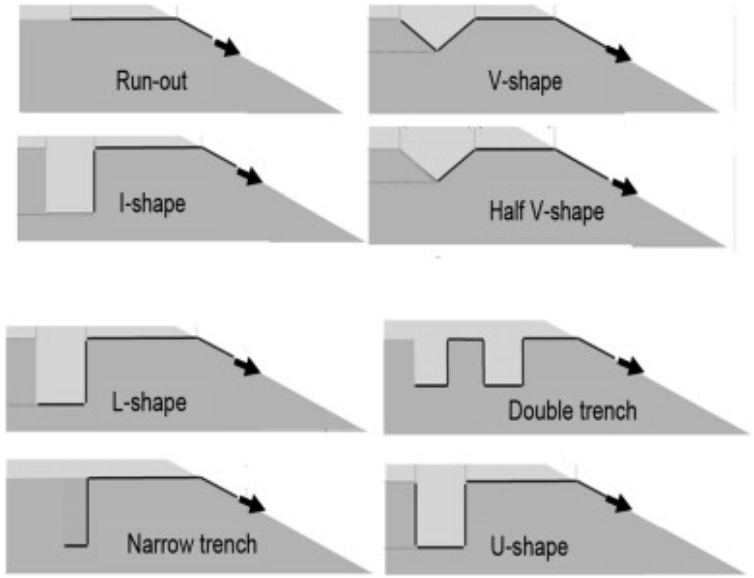
Kalvon kitkapinnoite ja ankkurointi

Väylävirasto
Trafikledsverket

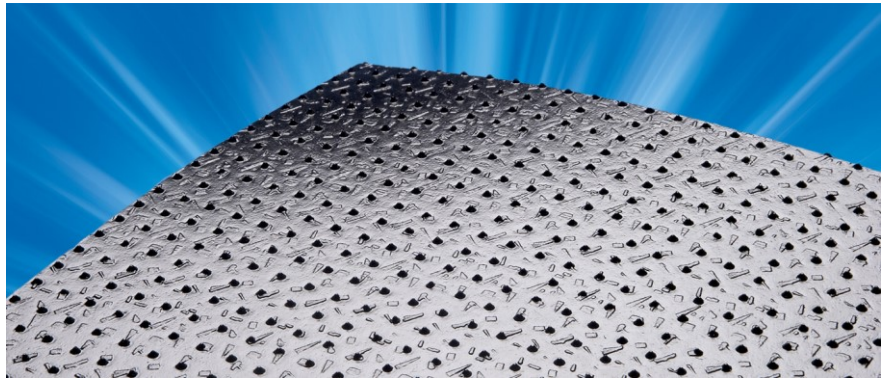
Parantavat

- työnaikaista turvallisuutta
- rakennekerrosten työnaikaista paikallaan pysymistä
- Rakennekerrosten käytön aikaista paikallaan pysymistä

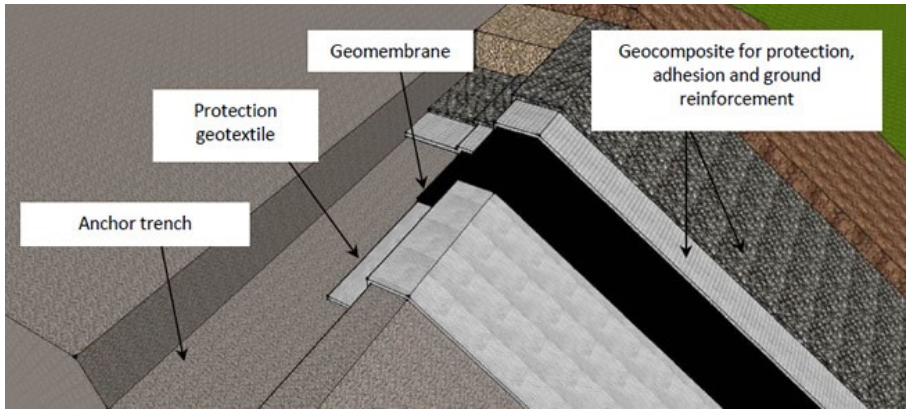
Voi käyttää myös lujitteita



Lajevardia et al 2014



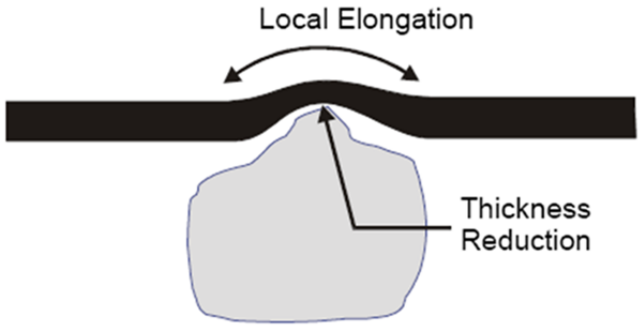
https://agruamerica.com/products/microspike-liner/

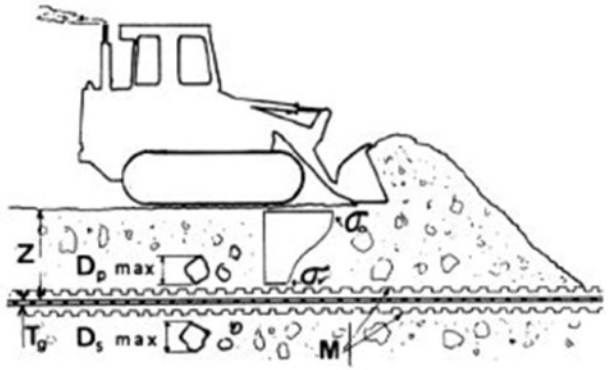


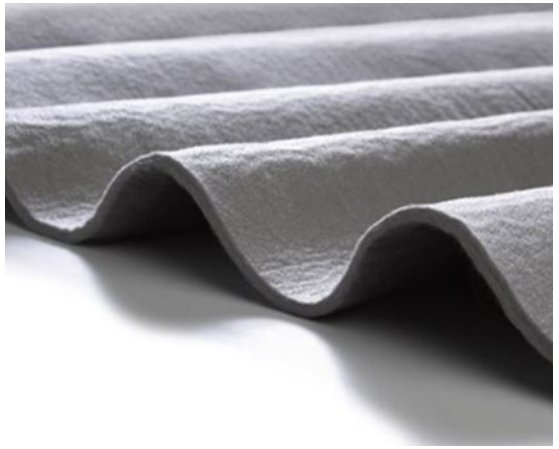
General Recommendations for the Use of Geomembranes in Barrier Systems

Miksi suojakerros?

- Tiivistyskalvot ovat ohuita rakenteita, joiden tyypillinen käyttöaikainen vaurio käynnistyy teräväsärmäisen kivirakeen aiheuttamasta pistekuormituksesta
- Paksu huopamainen suojageoteksiili suojaa kalvoa työnaikaiselta UV-säteilyltä sekä työn- ja käytönaikaisilta pistekuormilta
- Suojageotekstiili parantaa yläpuolisen maa-aineksen paikallaan pysymistä







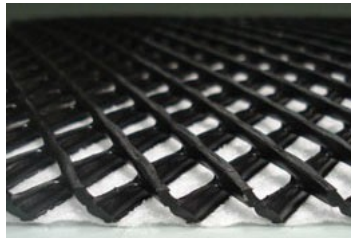
7.4.3 Kuivatuskerros ja salaoja

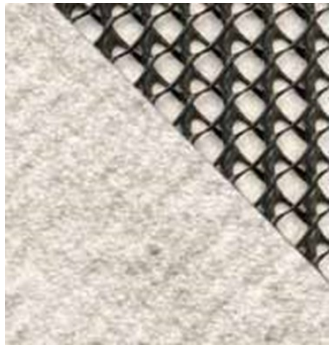
Väylävirasto
Trafikledsverket

- Kloridisuojauksessa salaojalla ja sen ympärystäytöllä sekä kuivatuskerroksella poistetaan muovikalvoa ja bentoniittimattoa kuormittava pysyvä vedenpaine.
- Koska ohuen kuivatuskerroksen rakentaminen suoraan muovin päälle voi vaurioittaa muovia, suositellaan, että erillistä kuivatuskerrosta ei tehdä, vaan **pintakerros tehdään materiaalista, joka johtaa riittävän hyvin vettä, tai pintakerroksen alle tehdään asennetaan salaojamatto.**
- Jos kuivatuskerros rakennetaan erillisenä kerroksena, sen paksuus on vähintään 200 mm. Kuivatuskerroksen suositeltava raekokosuhde C_u (= d_{60} / d_{10}) ≤ 5, jolloin materiaali on tasarakeista.
- Läpivientien välttämiseksi pohjaveden suojauksien alueella ei yleensä käytetä lietepesällisiä salaojien tarkastuskaivoja. Tästä syystä salaojan ympärystäytössä on rajoitettu hienoaineksen määrää ja salaojan ympärystäytön päällä ja sivuilla käytetään suodatinkangasta.
- Salaojien tarkastamista ja puhdistamista varten salaojakaivoon asennetaan tarkastusputkia tai haaroja. Lietepesä voi olla tarpeellinen 500 m välein ja kohdissa missä ojan pituuskaltevuus pienenee.

Salaojamatto

- Ohut ja kevyt, teollinen tuote
- Geokomposiitti: Hyvin vettä johtava sydän + suodatinkangas yhdellä tai kahdella puolella
- Ydin voi olla geoverkko (*geonet*) tai muu kolmiulotteinen tuote (*geomesh*)
  - Esim. HDPE-geoverkko + UV-stabiloitu PP-suodatinkangas
- Ydin voi olla kuumennettu tai ommeltu kiinni kankaisiin
- Laajasti ajateltuna myös salaojalevy (nystyrälevy + suodatinkangas) kuuluu ryhmään





7.4.3 Asennusalusta

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Bentoniittimatto ja muovikalvo ulotetaan vähintään 500 mm ja enintään 600 mm päällysteen alle.
- Bentoniittimaton asennusalusta tierakenteessa kallistetaan ojaan päin 5–15 % kaltevuuteen.
- Tien rakennekerrosten luiskassa sekä tierakenteen kohdalla bentoniittimaton alustana on tavallisesti jakavan kerroksen sileäksi jyrätty pinta, joka kallistetaan reunassa kuvan 8 mukaisesti selvästi luiskaan päin viettäväksi. Vaihtoehtoisesti jakavan kerroksen päälle tehdään murskeesta kiilan muotoinen, luiskaan viettävä täyte, jolloin tiivistyskerros jää kantavan kerroksen sisään. Valinnassa otetaan huomioon vaaditut vähimmäisetäisyydet päällysteen ala- ja yläpinnasta.
- Tierakenteen rakennekerrokset ja niiden luiskat tiivistetään sileäksi ennen bentoniittimaton levittämistä ja tarvittaessa karkean materiaalin pintaan levitetään hienompaa materiaalia.
- Luiskassa tierakenteen rakennekerrosten ulkopuolella bentoniittimaton asennusalustana on pohjamaa. Pohjamaan päältä on poistettu kasvillisuus ja pintamaat. Pohjamaan pinta on tasattu ja pinnasta on poistettu irtokivet.
- Tasarakeisen hiekan tai vettyneen silttisen maan kantavuutta voidaan tarvittaessa parantaa kivettömällä soralla. Mahdolliset asennusalustan massanvaihdot tehdään InfraRYLin luvun 14231 vaatimusten mukaisesti.

©Juho-Ville Koskimaa

7.4.3 Bentoniittimatto

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Bentoniittimaton tehtävänä luiskasuojausrakenteessa on suojata muovikalvoa asennusalustan pieniltä epätasaisuuksilta ja estää veden pääsy pohjaveteen muovikalvon limisaumojen ja muoviin vauriokohtien kautta.
- Bentoniittimatto asennetaan koko luiskasuojauksen leveydelle.
- Bentoniittimatto asennetaan limisaumoin niin, että vesi virtaa sauman yli samalla tavalla kuin tiilikatossa. Rullakaistojen limitys sivusaumassa on vähintään 300 mm. Bentoniittimaton jatkoskohdissa limitys on vähintään 500 mm.
- Bentoniittimatossa on kahden geotekstiilin välissä bentoniittisavea, joka turpoaa jossakin määrin ensimmäisen kerran kostuessaan. Saveen jää vielä paisumispotentiaalia, joka tiivistää myös mattoon jälkeenpäin tehdyt pienet kaidepylvään tai vastaavan tekemät lävistykset.
- Ylempi ja alempi geotekstiili on neulasidottu yhteen. Neula-sidonta ja päällä olevan maan paino estävät bentoniittisaven hallitsemattoman turpoamisen jo rakennusvaiheessa.

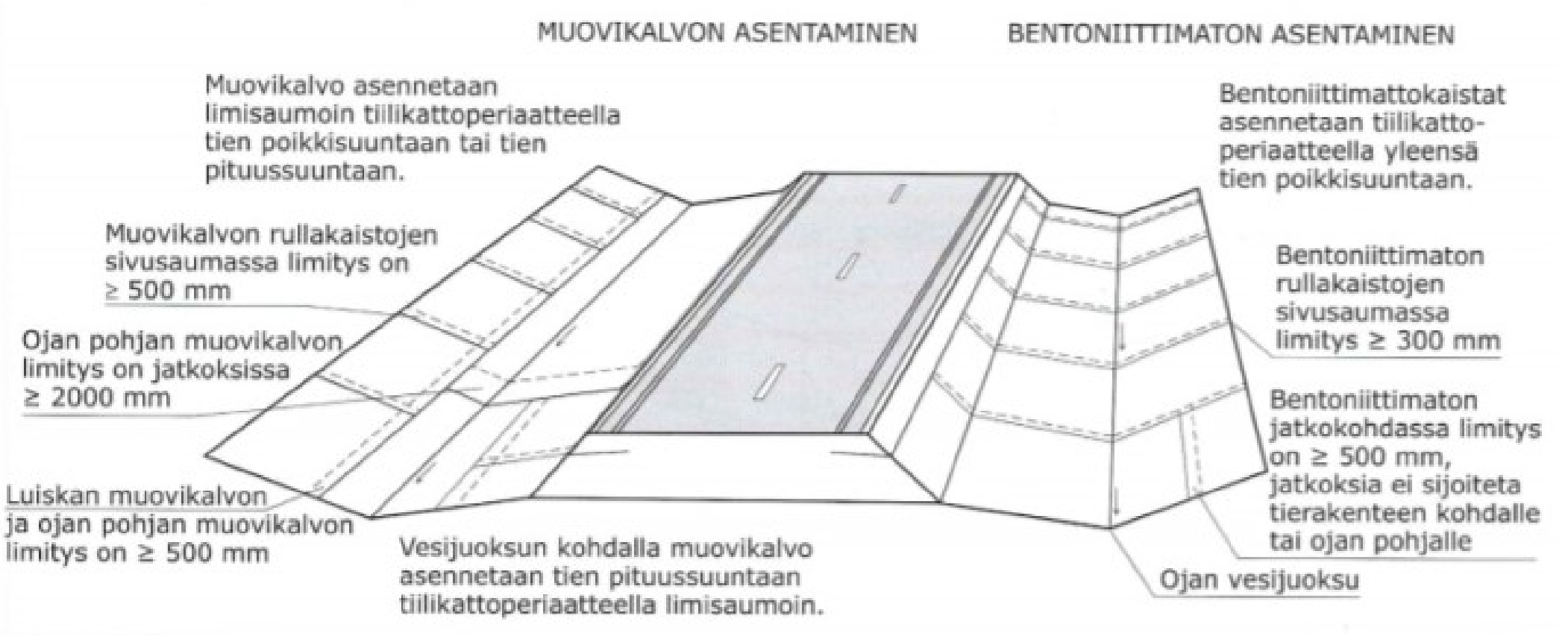
©Petri Lehtonen

7.4.3 Muovikalvo (ei enää ohutmuovi!)

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Bentoniittimaton päälle asennettava muovikalvo vähentää bentoniittimattoon kohdistuvaa vedenpainetta, rajoittaa yläpuolisten kasvien juurten tunkeutumista bentoniittimaton läpi ja vähentää bentoniittimaton kosteusvaihtelua.
- Muovikalvossa sallitaan pieniä reikiä ja asentaminen limisaumoin, koska muovikalvoon ei kloridisuojauksessa kohdistu pysyvää vedenpainetta ja koska bentoniittimatto estää merkittävän veden virtauksen pohjamaahan. Yhdistelmärakenteen toimivuuden ehtona on, että muovikalvon ja bentoniittimaton välissä ei ole vettä johtavaa kerrosta eikä vesi pääse muovin alle muovin reunoista.
- Muovikalvossa käytetty polyeteeni (**LLDPE tai LDPE**) ja joustava polypropeeni (fPP) ovat kemiallisesti melko kestäviä materiaaleja. Osa maanteillä kuljetettavista vaarallisista aineista voi kuitenkin heikentää muovikalvoja ja myös asfalttipäällysteissä käytettyä bitumia.
- Luiskasuojauksessa käytettävän muovikalvon paksuus on vähintään **0,5** mm. Lammikoituvissa kohdissa ojan pohjalla käytettävän **hitsattavan tiivistyskalvon paksuus on vähintään 1,5 mm** eikä limisaumoja hyväksytä.
- **Muovikalvo asennetaan koko luiskasuojauksen leveydelle.** Tierakenteessa muovikalvo ulotetaan vähintään 500 mm ja enintään 600 mm päällysteen alle.
- Ojan pohjan pituussuuntainen muovikalvo ulotetaan vähintään 500 mm korkeuteen luiskasuojauksen tiivistyskerroksen vesijuoksusta.
- Peräkkäisten ojan pohjan pituussuuntaisten muovikalvojen **limitys** on **2000 mm**. Muovikalvon limisaumojen määrä ojan pohjalla minimoidaan.
- Muovikalvossa sallitaan enintään 20 saumaa/1 km. Saumoja ei sallita huonon vieton (alle 0,5 %) kohdalla.
- Sisäluiskan ja ulkoluiskan muovikalvo limitetään ojan pohjan muovikalvon päälle 500 mm. Sisä- ja ulkoluiskan muovikalvojen limitys on vähintään 500 mm.

7.4.3 Asennusperiaate



7.4.3 Suojakerros tai suojageotekstiili

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Suojakerros suojaa kalvoa pistekuormilta. Suojageoteksiili on suojaamiseen tarkoitettu paksu, huopamainen yleensä neulasidottu tuote.
- Hiekasta tehtävää erillistä suojakerrosta ei suositella, koska rakentaminen haastavaa: ohuen kerroksen levittämisessä työkoneen terä voi vaurioittaa alapuolisia tiivistyskerroksia. Alle 200 mm paksuista kerrosta ei sallita tehtäväksi muovin päälle.
- Jos pintakerros tai kuivatuskerros ei kelpaa rakeisuutensa puolesta suoraan muovikalvon päälle, käytetään muovikalvon suojana suojageotekstiiliä tai salaojamattoa.
- **Salaojaputken alle asennetaan aina suojageotekstiili tai salaojamattokaistale**

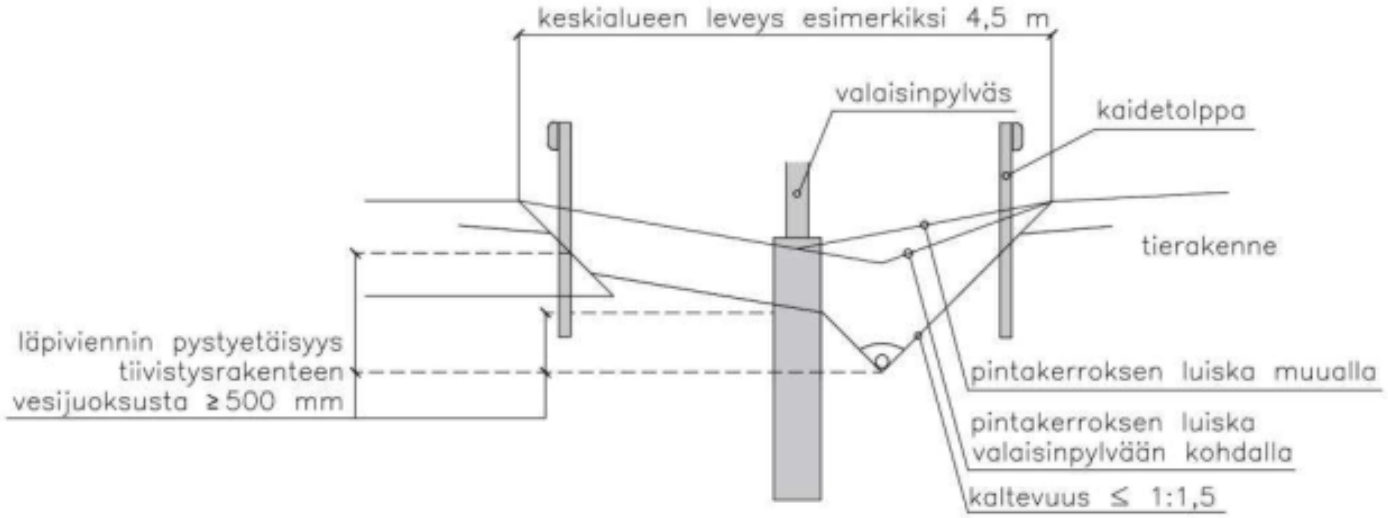
Väylävirasto
Trafikledsverket

7.4.4 Läpiviennit

Läpivientejä vältetään!

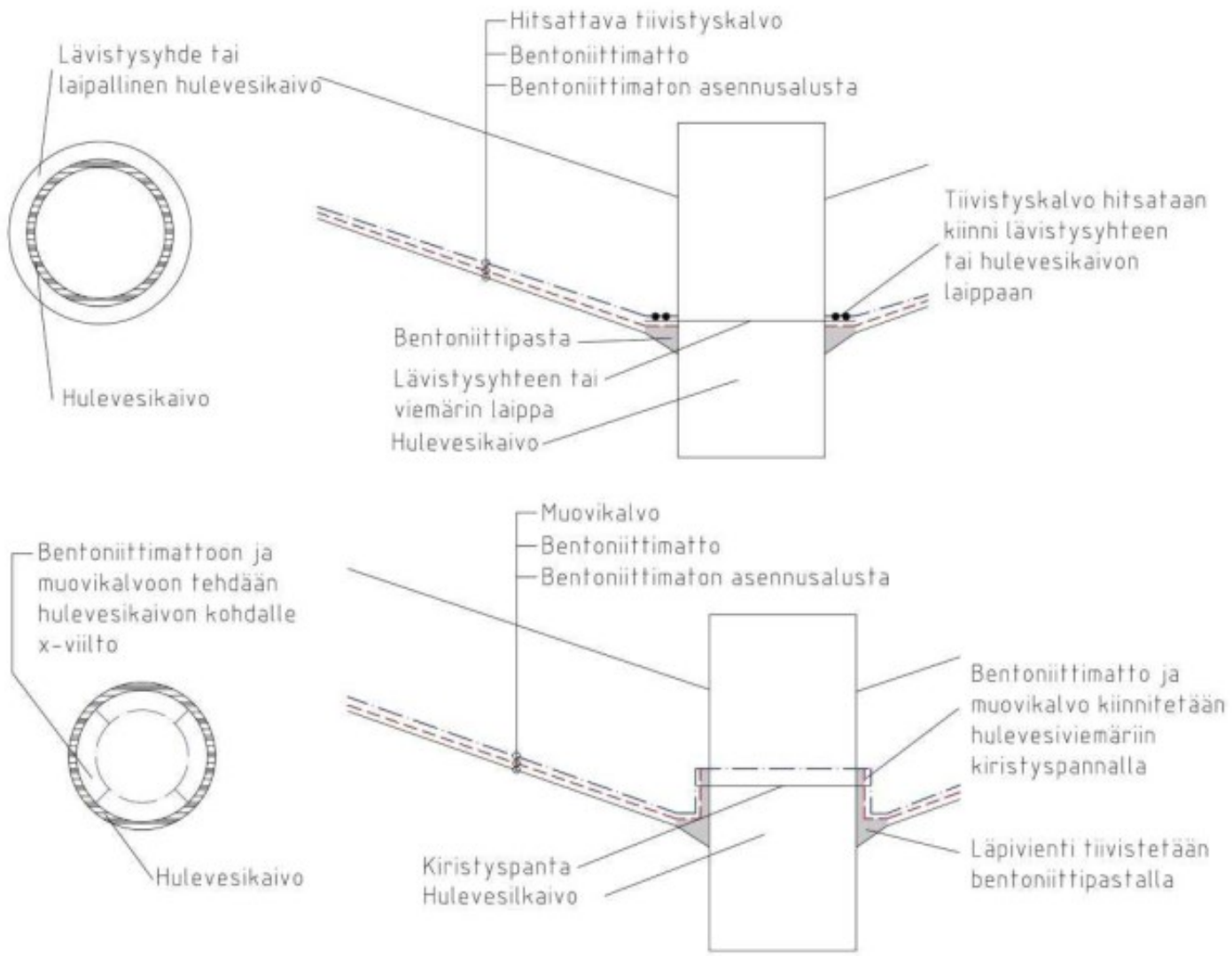
Kaikki pohjaveden luiskasuojausten läpiviennit suunnitellaan huolellisesti.

Luiskasuojauksen suunnittelun lähtökohta on, että valaisinpylväiden, portaalien ja kaiteiden sijainti sekä esimerkiksi meluesteen perustukset suunnitellaan ensin, minkä jälkeen siirretään luiskasuojauksen tiivistyskerroksen vesijuoksun sijaintia niin, että läpiviennit eivät tule liian lähelle vesijuoksua. Läpivienti sijoitetaan vähintään 500 mm tiivistysrakenteen vesijuoksua ylemmäksi.



Kuva 10. Ojan pohjan vesijuoksun siirtäminen läpiviennin kohdalla.

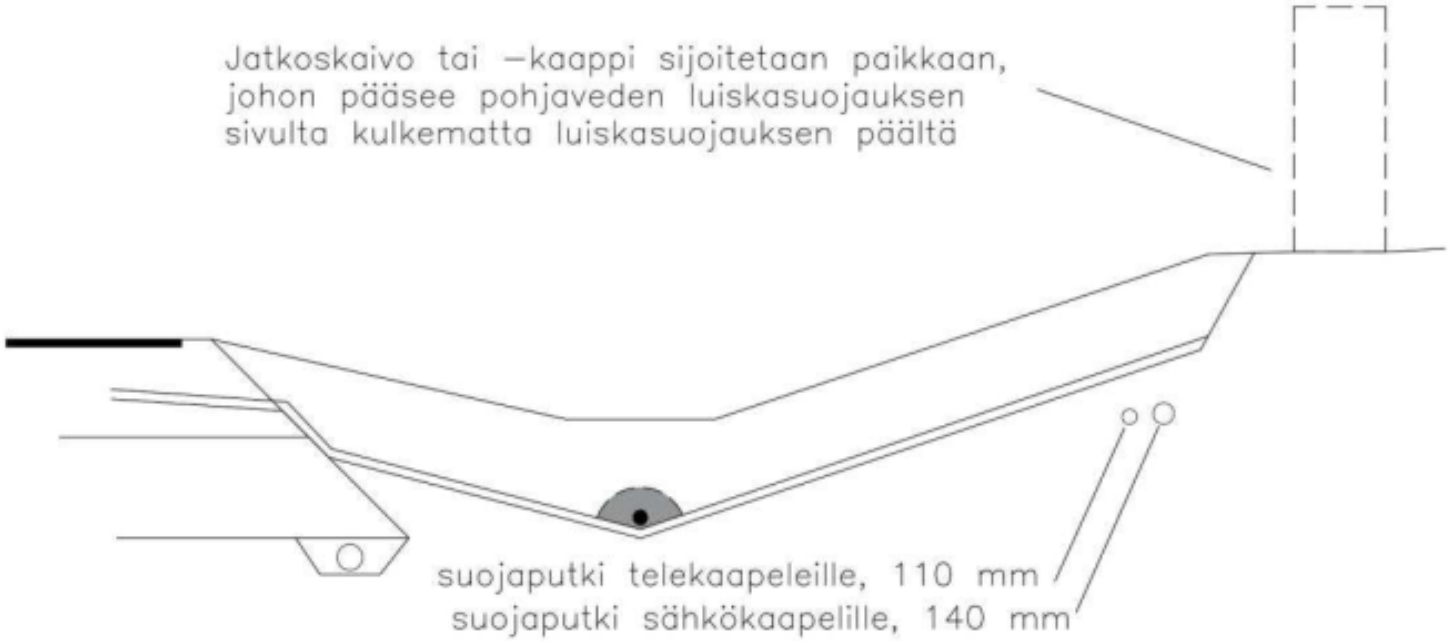
7.4.4 Hulevesikaivon läpivienti



Kuva 11. Hulevesikaivon läpiviennin tiivistäminen. Tiivistäminen hitsaamalla tiivistyskalvo pysyvästi ja vesitiiviisti kiinni laipalliseen hulevesiviemäriin on suositeltavampi tapa.

7.4.4 Sähkö- ja telekaapelit

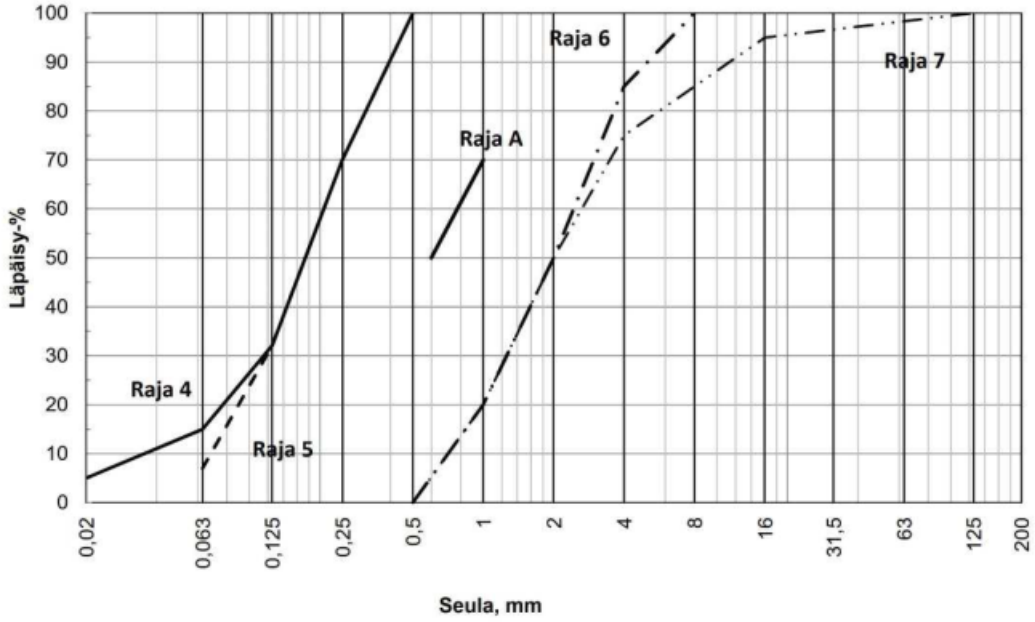
Sähkö- ja telekaapeleita ei saa asentaa pohjaveden luiskasuojauksen sisäluiskaan. Uusiin suojauksiin rakennetaan suojaputket ja jatkoskaivot kaapeleille.



7.4.3 Pintakerros

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Pintakerros suojaa bentoniittimattoa ja muovikalvoa kuormilta ja eroosiolta sekä vähentää tiivistyskerroksen sulamis- ja jäätymissyklien määrää.
- Pintakerros voidaan rakentaa suoraan muovikalvon päälle, kun rakeisuus on rajan 5 ja 6 välissä, ja karkeat rakeet ovat pyöristyneitä.
- Pintakerroksen alle tarvitaan suojageotekstiili, kun rakeisuus on rajan 6 ja 7 välissä.
- Pintakerroksen alle tarvitaan kuivatuskerros tai salaojamatto, kun rakeisuus on rajan 4 ja 5 välissä.
- Luiskasuojauksen tarvitaan halkaisijaltaan yli 200 mm salaojaputki, kun käytetään rajan A oikealla puoliskolla olevaa rakeisuutta, koska rankkasateella kaikki vesi pyrkii imeytymään pintakerrokseen.



Kuva 9. Pintakerroksen rakeisuusvaatimukset ja salaojaputken koon arvioinnissa käytettävä raja A

Rakei-suus-käyrä	Seulakoot (mm) ja niiden läpäisyprosentit											
	0,02	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5	125
Raja 4	5	15	32	70	100	100	100	100	100	100	100	100
Raja 5	-	7	32	70	100	100	100	100	100	100	100	100
Raja 6	-	-	-	-	0	20	50	85	100	100	100	100
Raja 7	-	-	-	-	0	20	50	75	85	95	97	100

7.4.3 Pintaverhous

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Pintakerroksen päälle tehdään tarvittaessa kasvualusta, kiveys tai eroosiosuojaus. Pintaverhous sisältyy pintakerroksen vähimmäispaksuuteen
- Ojan pohjaan tehdään eroosiosuojaus, kun johdetaan suuria vesimääriä tai vietto on suuri.

Ajorata ja piennar

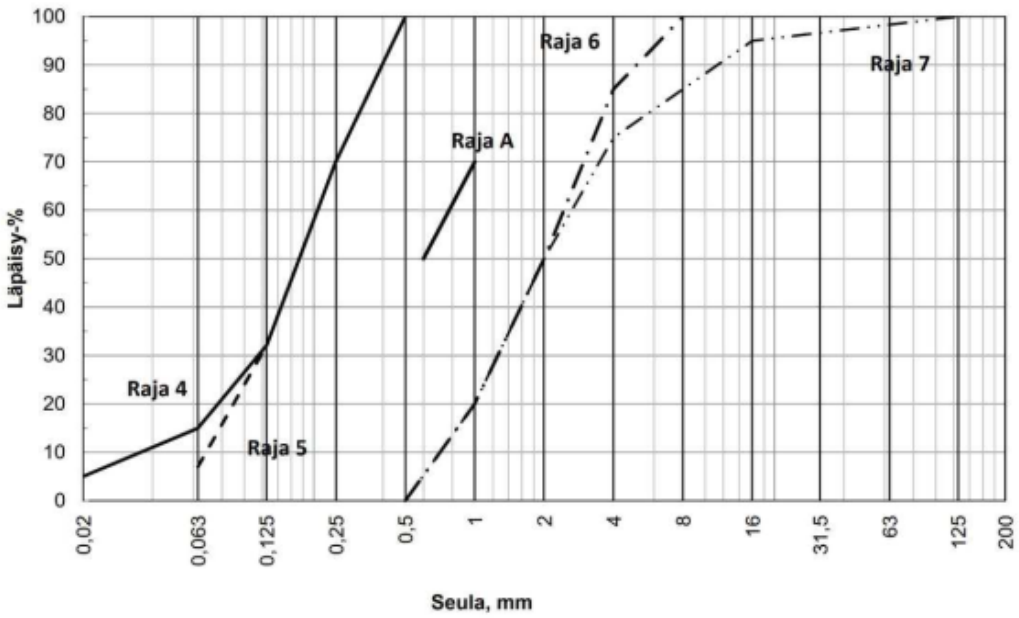
Väylävirasto
Trafikledsverket

- Ajoradalla käytetään vesitiivistä tiepäällystettä, jos muuta suojausta ei uloteta koko ajoradan alle.
- Ennen seuraavaa päällystystä vesitiiviin tiepäällysteen halkeamat korjataan pysyvällä tavalla
- Vesitiivistä tiepäällystettä voidaan käyttää myös saarekkeiden ja kapeiden välikaistojen alla, kun niihin ei tehdä muuta tiivistysrakennetta.
- Vesitiiviin tiepäällysteen reuna tiivistetään ulottamalla bentoniittimatto ja muovikalvo 500–600 mm päällysteen alle.
- Pohjaveden suojausrakenteen toimivuudelle on eduksi, jos vesitiivistä päällystettä seuraava päällystekerros tehdään vasta sen jälkeen, kun tiiviin päällysteen halkeamat on korjattu.

7.6 Vesimäärien hallinta

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Vesien johtaminen ja vesien purkupaikat suunnitellaan siten, että hulevedet eivät aiheuta riskiä pohja- tai pintavesille tai rakenteille haitallista eroosiota. Pohjaveden suojausten pintavesiä johtavat laskuojat ja hulevesiviemärit suunnitellaan Väyläviraston ohjeen Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu ja tämän luvun mukaisesti. Tiealueen ulkopuolisten vesien pääsy luiskasuojauksen päälle pyritään tavallisesti estämään, jotta ne eivät kuormita pohjaveden suojauksen kuivatusjärjestelmää tarpeettomasti.
- Luiskasuojauksessa käytettävät salaojat suunnitellaan siten, ettei tiivistyskerroksen päällä olevan veden pinta nouse yli 0,5 m ojan pohjan vesijuoksua korkeammalle.
  - Kun pintakerroksen materiaalina on kuvan 9 ohjealueen rajoja 4 ja 7 noudattava hiekkamoreeni, riittää putkihalkaisija 110/95.
  - Kun materiaalina on kuvan 9 rajan A vasemmalla puolella oleva rajakäyrien suuntainen keskikarkea hiekka ja salaojaputkeen kuivatetaan pintakerrokseen imeytyneitä vesiä yli 500 m matkalla, tarvitaan putkihalkaisija 160/138.
  - Kun materiaalina on kuvan 9 rajan A oikealla puolella oleva rajakäyrien suuntainen karkea hiekka, tarvitaan lyhyilläkin matkoilla putkikoko 250/215, koska kaikki vesi pyrkii imeytymään karkeaan hiekkaan. Rankkasateella suurikaan putkikoko ei riitä kuivattamaan kerrosta, jos tätä materiaalia käytetään yli 500 m matkalla.
- Pitkän ajan kuluessa ojan pohja voi liettyä niin, että suurempi osa vedestä alkaa virrata avo-ojan pohjassa



Kuva 9. Pintakerroksen rakeisuusvaatimukset ja salaojaputken koon arvioinnissa käytettävä raja A

7.7 Hulevesien suodattaminen

Väyläviraston
Trafikledsverket

- Hulevesien suodattamista tarvitaan, jos vedessä on runsaasti raskasmetalleja ja muita epäpuhtauksia tai jos vettä ollaan johtamassa ympäristöolosuhteiden muutoksille herkkään vesistöön (esim. kirkasvetiset lammet ja purot). Jos vesistö ei ole herkkä, pohjavesialueelta kerättyjen vesien suodattaminen ja öljyn erottaminen ei ole sen tarpeellisempaa kuin muillakaan tiealueilla.
- Jos hulevedet purkautuvat herkkään vesistöön, pitää selvittää myös rakentamisen aikaisten hulevesien suodattamistarve. Rankkasateiden liettävä vaikutus ja tulvien aiheuttamat poikkeustilanteet voivat aiheuttaa kiintoaines- ja ravinnepäästöjä.
- Suodattamiseen tarvittavien rakenteiden vaatimaan tilaan tulee varautua jo tiesuunnitelmassa. Rakennussuunnitelmassa osoitetaan kaikki herkät vesistöt, joihin ei saa pysyvästi johtaa käsittelemättömiä tievesiä, ja määritellään vesistöt, joihin ei saa rakentamisenkaan aikana päästä liikaa samentuneita vesiä.
- Pohjaveden luiskasuojauksen pintakerros toimi suodattimena (kaksikerroksinen oja), joten luiskasuojaukselta johdettavat vedet ovat yleensä riittävän puhtaita johdettavaksi suoraan purkupaikkaan, jos laskuoja ei ole eroosioherkkä. Pohjaveden luiskasuojaus myös viivyttää jonkin verran veden virtausta rankkasateiden aikana. Rankkasateella osa puhtaistakin vesistä virtaa avo-ojan pinnassa eikä suodatu tai viivyty pintakerroksessa.
- Luiskasuojausrakenne ei estä suurten öljymäärien tai muiden haitallisten nesteiden etenemistä pintavalumana vesien purkupaikkaan onnettomuustilanteissa. Tarvittaessa luiskasuojauksen kuivatusjärjestelmään tehdään öljynerotuskaivo tai -allas tai pelastusviranomaisille järjestetään materiaalia, jolla likainen vesi voidaan padottaa tilapäisesti.

Ohjeessa ohjeita myös

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Vesimäärien hallinnasta ja purkupaikkojen suunnittelusta
  - Ei ulkopuolisia vesiä suojausalueelle
  - Salaojat suunnitellaan siten, ettei tiivistyskerroksen päällä olevan veden pinta nouse yli 0,5 m ojan pohjan vesijuoksua korkeammalle.
  - Pintakerroksen materiaali vaikuttaa salaojan mitoitukseen
- Hulevesien suodattamisesta
  - Rankkasateiden liettävä vaikutus ja tulvien aiheuttamat poikkeustilanteet voivat aiheuttaa kiintoaines- ja ravinnepäästöjä.
  - Pohjaveden luiskasuojauksen pintakerros toimi suodattimena (kaksikerroksinen oja)
- Viivystys ja laskeusaltaiden suunnittelusta
  - Pohjavesialueella altaat ovat vesitiivitä. Allasrakenteiden materiaalit ja rakenteet esitetty InfraRYL luvussa 14232 mukaiset.
  - Huomioidaan noste ja lietteen poistaminen
  - Pohjavesialueen ulkopuolella altaan pohja voi olla osittain läpäisevä
- Laskuojista ja –viemäreistä
  - Purkupaikka pitää valita siten, etteivät vedet voi imeytyä tai kulkeutua pintavaluntana takaisin pohjavesialueelle. Tiivis rakenne ulotetaan sivu- tai laskuojassa tai viemärissä riittävän kauas

7.7 Altaat

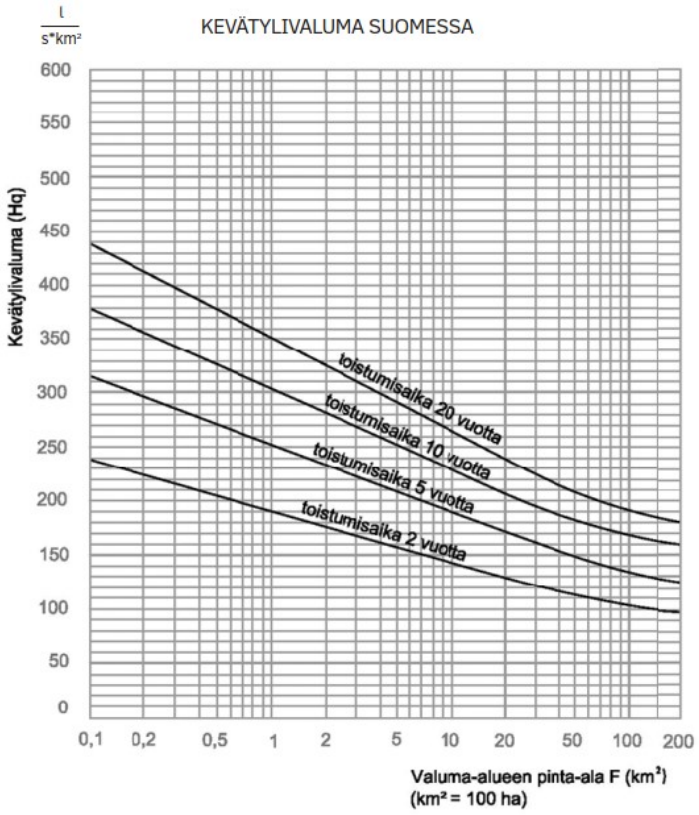
Väylävirasto
Trafikledsverket

- Viivytys- ja laskeutusaltaan toiminta perustuu maapartikkelien laskeutumiseen altaan pohjalle veden virtausnopeuden hidastuessa ja pyörteidyyden vähentyessä.
- Viivytys- ja laskeutusaltaan sijoittamista pohjavesialueelle vältetään. Jos allas on välttämätöntä sijoittaa pv-alueelle, altaan pohjasta tehdään vesitiivis. Allasrakenteiden materiaalit ja rakenteet ovat InfraRYL luvun 14232 mukaiset.
- Altaan suunnittelussa huomioidaan nosteen vaikutus ja lietteen poistamisen vaikutus rakenteen kestävyyteen.
- Pohjavesialueen ulkopuolella altaan pohja voi olla osittain läpäisevä, jolloin se kestää pohjaveden pinnan korkeuden vaihteluja paremmin kuin vesitiivis allas.

7.7 Altaan mitoittaminen

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Altaan mitoitusvirtaama Q on kerran 20 vuodessa toistuva lumen sulamisen aiheuttama kevätylivaluma Hq (Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu, kuva 6)
- Virtaustilan kohtisuora poikkileikkaus A virtaamissuuntaa vastaan valitaan siten, että keskimääräiseksi virtausnopeudeksi v tulee enintään 50 m/h (A>Q/v), jotta liete alkaa laskeutua
- Altaan pituus l valitaan siten, että veden viipymisajaksi t tulee vähintään 9 min eli 0,15 h (l > t · v)
- Suositus altaan pituus:leveys –suhteeksi on 3:1…4:1, jotta vesi virtaa tasaisesti koko altaan leveydeltä.
- Altaan tulo- ja menovirtaaman putket asennetaan routarajan alapuolelle

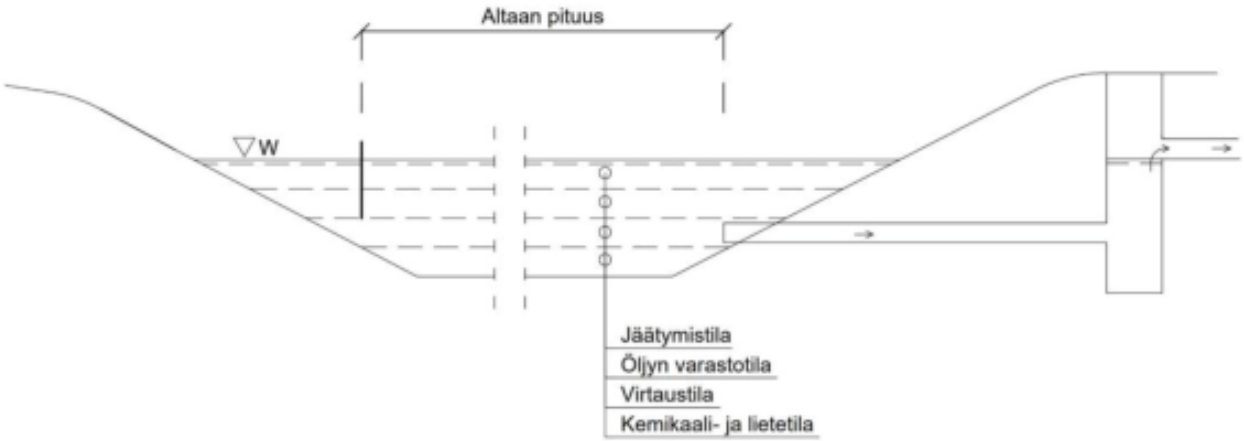


Kuva 6. Lumen sulamisen aiheuttama kevätylivaluma. Pohjois-Pohjanmaalla ja Lapissa Hq kerrotaan kertoimella 1,3.

7.7 Altaan mitoittaminen

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Lietteen ja muiden raskaiden aineiden varastotilavuudeksi valitaan 10…30 m^3. Varastotila on tyhjennettävä, kun se täyttyy.
- Öljyn ja muiden kevyiden aineiden varastotilavuudeksi valitaan säiliöauto-onnettomuustilanteessa riittävä 20 m^3.
- Jäätymistilan paksuudeksi valitaan 0,6-1,0 m
- Altaan purku-uoman tai –putken koolla voidaan säädellä altaan viivytysvaikutusta.
- Tulvavedelle on oltava vaihtoehtoinen reitti, jos purkuputken mitoitusvirtaama ylittyy.



Kuva 15. Esimerkki laskeutusaltaan toimintaperiaatteesta.

7.8 Laskuojat ja viemärit

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Vesien johtamisen ja purkupaikkojen suunnittelun lähtökohtana on, että hulevedet eivät saa aiheuttaa pohja- tai pintavesien likaantumista.
- Suojatulla alueella kertyvät vedet voidaan johtaa sivuojaan **pohjavesialueen ulkopuolelle**.
- Purkupaikka pitää valita siten, etteivät vedet voi imeytyä tai kulkeutua pintavaluntana takaisin pohjavesialueelle. Tiivis rakenne ulotetaan sivu- tai laskuojassa tai viemärissä riittävän kauas.
- Laskuojat ja hulevesiviemärit mitoitetaan Väyläviraston ohjeen Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu mukaisesti.
- Pohjaveden suojauksen alueella laskuojat toteutetaan hulevesiviemärinä, koska tavanomaiseen 1:1,5 luiskin varustettuun laskuojaan ei voi toteuttaa toimivaa luiskasuojausta.
- Hulevesiviemärin liitokset tehdään vesitiiviiksi ja tiiviys varmistetaan InfraRYL:n kohdan 31200.5 mukaisella ilmanpainekokeella.
- Laskuojien luiskat on niitettävä vuosittain samalla tavalla kuin sivuojat, jotta niihin ei kasva pensaita tai puita. Tarvittaessa estetään aidalla mopoilureittien tai muiden vastaavien reittien syntyminen laskuojan poikki.

3.6 Rakennussuunnitelma

Väylävirasto
Trafikledsverket

- **KOHDEKOHTAINEN SUUNNITELMA**
- Määritellään pohjavedensuojausten rakentamisessa käytettävät rakenteet ja materiaalit
- Määritellään
  - suojauksen laajuus,
  - suojauksen rakentamisen tavoite (onnettomuushaittojen tai kloridihaittojen ehkäiseminen) sekä
  - suojaustapa (luiskasuojaus vai kaide ja viemäri),
  - laskuojan tyyppi (viemäri vai loiva eroosio- ja luiskasuojattu oja) sekä
  - mahdollisten viivytys- ja laskeutusaltaiden mitoituksen tavoitteet ja pohjan rakenne (tiivis vai läpäisevä)
- Detajien suunnittelu (rummut, putket, sillat yms.)

3.7 Rakentaminen

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Vaatimukset rakentamisen menetelmille on esitetty **InfraRYL**issä
- Vaatimukset rakenteiden kelpoisuuden osoittamiselle **InfraRYL**issä ja Väyläviraston **Urakoitsijan laaturaportointi** -ohjeessa.
- Pohjaveden suojausrakenteet ja niiden toteutusurakat ovat tavanomaisia tien rakennusurakoita **vaativampia** urakoita.
- Koska rakenteiden ja materiaalien kunnon ja toimivuuden todentaminen jälkikäteen rakenteita rikkomatta ei ole käytännössä mahdollista, urakoitsijan on dokumentoitava rakentamisen vaiheet ja lopputulos huolellisemmin ja kattavammin kuin muissa töissä. Lisäksi pohjaveden suojausrakenteiden rakentamisurakoissa lisätään tilaajan valvontaa tavanomaisesta. Tilaajan laadunvalvojan tulee aktiivisesti seurata, että toiminta on vaaditun mukaista ja että se raportoidaan vaaditulla tavalla.
- Kun pohjaveden suojausrakenne on toteutettu, laaditaan tien kunnossapitäjää ja pelastusviranomaisia varten pohjaveden suojausrakenteen toteutumapiirustukset ja pohjaveden suojauksen kuvaus ohjeen luvun 8 mukaisesti.

Tampereen yliopisto

Geosynteettien laadunvarmistus -prosessi

Geosynteettien laadunvarmistus tehdään monessa eri vaiheessa ja eri tahojen toimesta. Oikealla on kuvattu geosynteettien laadun-varmistusprosessin vaiheet väylähankkeen toteutusvaiheessa.

Yleiset laatuvaatimukset	• InfraRYL • Ohjeet
Kohdekohtaiset vaatimukset	• Mitoituslaskelmat • Käyttöikä • Käytönaikaiset olosuhteet (esim. lämpötila, pH) • Rakentamisolosuhteet • Yhteensopivuus muiden materiaalien kanssa
Tuotteen hyväksyminen	• Tuotetiedot ja mahdolliset sertifikaatit • Suoritustasoilmoitus • Mahdolliset kohdekohtaiset testit • Mahdolliset kohdekohtaiset mitoituslaskelmat
Tuotteen tilaaminen	• Tuotteen käyttökohde, tehtävä ja vaatimukset • Määrä huomioiden limitykset ja asennustapa • Toimitusaikataulu • Tuotekohtaiset laskelmat ja testaukset
Työvaiheen toteutus- ja laatusuunnitelma	• Asennussuunnitelma ja tarvittava kalusto • Tuotteen käsittely- ja varastointiohjeet • Asentajien pätevyysvaatimukset, työnäyte ja katselmukset • Testimenetelmät ja testaustiheydet sekä vaatimukset ja sallitut toleranssit
Tuotteen vastaanottotarkastus	• Rullien kunto ja merkinnät • CE-merkki & mahdollinen NorGeoSpec-sertifikaatti • Valmistuksen aikaiset laadunvalvontatulokset • Vaatimustenmukaisuus, näytteenotto ja testaus
Asentaminen	• Työnaikainen suojaaminen • Asentajien pätevyys, työnäyte ja aloituskatselmus • Laadunvalvonta, työmaatestaukset ja näytteenotto • Asennuksen dokumentointi

Tutkimuskeskus TERRA Geo Road Rail

Väylävirasto
Trafikledsverket

Opas ja koulutusta laadunvalvonnasta

- Kokemuksia ja kommentteja kerätty
- Löytyy Väylän sivuilta https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/opas_2021-02_geosynteettien_laadunvalvonta_web.pdf
- Keväällä järjestettiin koulutus
- Tulossa toinen, kaikille avoin koulutus **14.10. klo 9:30**
  - OSALLISTUMISLINKKI
- Lisäksi tarjolla palvelua väylähankkeille
  - Laatudokumenttien tarkistamista
  - Tukea näytteenottoon ja testaukseen
  - Ohjeistusten ristiriitaisuuksien poistamista
  - Lisätietoja: Antti Kalliainen Ramboll

3.7 Rakentaminen

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Tarkkailtava pohjamaan laatua erityisesti vesijuoksun kohdalla
- Rakentamisen aikana havaitut poikkeamat pohjamaassa voivat edellyttää rakennussuunnitelmien muuttamista ja neuvotteluja tilaajan ja ympäristöviranomaisen kanssa.
- Estettävä pohjaveden pilaantuminen ja haitalliset muutokset suunnitelmallisesti (kaivumassojen välivarastointi, kaluston säilytys, työmaatoiminnot, tankkaus-, huolto- ja pesupaikat, kemikaalien säilytys yms.)
- Rakennusjärjestys suunnitellaan etukäteen

8.1 Pohjaveden suojauksen kuvaus

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Pohjaveden suojauksen kuvaukset laaditaan rakennussuunnitelmavaiheessa ja päivitetään rakennusvaiheessa toteutettujen suojausten mukaisiksi. Se on osa urakan **loppudokumentointia**.
- Kuvauksessa esitetään tiiviisti pohjaveden suojauksen sijaintia, laajuutta ja rakennetta koskevat tiedot, kesä- ja talvihoitoa koskevat tiedot ja toimintaohjeet sekä pelastuslaitosten tarvitsemat tiedot mahdollisia onnettomuustapauksia varten.
- Kuvauksen laatii yleensä **urakoitsija** mahdollisesti yhteistyössä suunnittelijan, tulevan kunnossapitäjän ja pelastusviranomaisen kanssa.
- Kuvaus toimitetaan tilaajalle, tienpitäjälle, tieliikennekeskukselle, alueelliselle ympäristöviranomaiselle, pelastuslaitokselle sekä tarvittaessa myös muille tahoille, esimerkiksi vesilaitoksille.
- Pohjaveden suojauksen kartat, rakennepiirustukset ja muut yksityiskohtaiset tiedot kootaan toimitettavaksi Väyläviraston suunnitelma- ja toteutumatietovarastoon.

8.2 Suunnitelma- ja toteumatietovarastoon toimitettavat tiedot

Väylävirasto
Trafikledsverket

- Tiedot pohjamaasta ja pohjavedestä, esimerkiksi seuraavia tietoja
  - maalaji
  - maaperämuodostuma
  - kallioperä
  - pohjaveden virtaussuunnat
  - maanpinnan topografia
  - pohjavesimuodostuman tyyppi (vettä ympäristöstään keräävä tai vettä ympäristöön purkava).
- Mahdolliset pohjavesiputket
  - pohjavesiputkien putkikortit
  - sijainti joko kartalla tai koordinaatteina
- Pohjavesialuetta koskevat viranomaismääräykset
  - asema-, yleis- ja maakuntakaavoissa olevat kaavamääräykset
  - vedenottamoiden suoja-aluepäätökset
- Toteumamalli sekä sovitussa laajuudessa laaditut pituus- ja poikkileikkaukset
- Luiskasuojauksen ulkorajat
- Suunnitelmakartta
- Tyyppipoikkileikkaukset
- Tyyppikuvat luiskasuojausten läpivientien toteutustavasta
- Valumavesien pumppaamojen tiedot
- Rakentamisen työselitys, johon on päivitetty rakentamisen aikana tulleet muutokset
- Tiedot suojauksen rakentamisessa käytetyistä materiaaleista
  - bentoniittimaton tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa
  - muovikalvon tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa
  - suodatinkankaan tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa
  - muiden suojausrakenteissa käytettyjen geosynteettien tuotenimi, materiaali, paksuus ja saumaustapa
  - suojausrakenteessa käytettyjen kivi- ja maa-ainesten rakeisuus ja ottopaikka
  - tiedot betonikaiteesta ja siihen liittyvästä hulevesiviemäristä
  - Ilmenneet ongelmat, esimerkiksi eroosio- ja valumakorjaukset
  - ongelmakohtien sijainti
  - ongelmien luonnehdinta
  - rakentamisen aikainen korjaustapa
  - jälkiseuranta
- Öljynerotusaltaiden ja hulevesialtaiden rakenne, materiaalit, pituusleikkaus, poikkileikkaus vastaavasti kuin koko luiskasuojauksesta

Kiitos!

vayla.fi
twitter.com/vaylafi
facebook.com/vaylafi
youtube.com/vaylafi