

Joonas Airaksinen

SALAOJAMATTO KAPILLAARISEN VEDENNOUSUN KATKAISIJANA

SALAOJAMATTO KAPILLAARISEN VEDENNOUSUN KATKAISIJANA

Joona Airaksinen
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-
ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Tekijä: Joonas Airaksinen
Opinnäytetyön nimi: Salaojamatto kapillaarisen vedennousun katkaisijana
Työn ohjaaja: Vesa Kallio
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2021
Sivumäärä: 32

Kapillaarisen vedennousu katkaiseminen on jokaisessa rakentamiskohteessa tärkeä toimenpide. Katkon oikein tekeminen on erittäin tärkeää, koska sen uusiminen on työläs prosessi. Kapillaarikatkossa materiaaleilla on paljon merkitystä lopputulokseen ja mahdollisiin tuleviin ongelmiin. Ongelma on monella alueella materiaalien saatavuudessa. Joka paikassa ei ole saatavilla pestyä sepeä tai soraa, ja niiden hankkiminen kauempaa nostaa kustannuksia. Tämän vuoksi kapillaarikatkoon helposti käytetään väärää materiaalia ja tällä vaarannetaan koko katkon toimivuus.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä tutkimustietoa salaojamaton käytöstä kapillaarikatkossa. Tavoitteena oli saada tietoa, miten salaojamatto toimisi kapillaarikatkossa ja miten tehokkaasti se pysäyttäisi kapillaarisen vedennousun.

Työ aloitettiin perehtymällä kapillaarikatkon tekomenetelmiin, joita nykyisin käytetään. Sitten yhteistyökumppaneiden kanssa tehtiin vedenimeytymiskorkeuskoe standardin SFS-EN 1097-10 mukaisesti hiekalle ja salaojasoralle sekä erilaisille vaihtoehtoisille kerrosrakenteille. Kokeissa testattiin perinteistä kapillaarikatkorakennetta ja sitä verrattiin salaojamattorakenteeseen.

Työn tuloksena saatiin tietoa salaojamaton tehokkuudesta kapillaarikatkossa. Tuloksista on apua ainakin maavaraisten lattioiden kapillaarikatkoissa Oulussa, koska rakennusvalvonta on vaatinut kerrospaksuudeksi kaksi kertaa kapillaarisen vedennousun korkeuden ja täällä materiaalien kapillaarisuus on melko suurta. Tutkimustulokset lähetettiin Oulun kaupungin rakennusvalvontaan ja tulosten perusteella sieltä saatiin lupa kapillaarikatkon kerrospaksuuden pienentämiseen, kun käytetään salaojamattoa.

Asiasanat: salaojasora, kapillaarisuus, salaojamatto, kapillaarikatko, kapillaarisepele

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in Construction Management

Author: Joonas Airaksinen
Title of thesis: Underdrain mat as part of capillary cut
Supervisor: Vesa Kallio
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021
Number of pages: 32

Cutting the capillary rise of water is important measures at every construction site. Making the capillary cut right is very important because renewing it is a laborious process. In a capillary cut, the materials play a big role in the results and potential future problems. The problem is the availability of materials in many areas. Washed crushed stone or gravel is not available in every place and getting them from a far raises the cost. Therefore, the wrong material is easily used for a capillary cut, and this jeopardizes the functionality of the whole cut.

The purpose of the thesis was to collect research data on the use of an underdrain mat in capillary cut. The goal was to get information how the underdrain mat would work in capillary cut and how effectively it would stop the capillary water rise.

At the beginning of the work, started read up on methods of capillary cut currently in use. The water absorption height test was then performed with partners according to the standard SFS-EN 1097-10 for the sand and underdrain gravel as well as for various alternative layer structure of them. The experiments tested the current method of filter fabric and compared it with the results of the use of an underdrain mat.

As a result of the thesis, information was obtained on the efficiency of the underdrain mat in a capillary cut. The results are helpful, at least in the capillary cut of a slab-on-grade floor in Oulu region, because the building inspectorate has required a layer thickness twice the height of the capillary water rise. Here the capillary of the materials is quite high. The research results were sent to the City of Oulu's building inspectorate, and based on the results, permission was obtained to reduce the layer thickness of the capillary cut when using an underdrain mat.

Keywords: underdrain gravel, capillary rise, underdrain mat, capillary cut, capillary gravel

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KAPILLAARINEN VEDENNOUSU	8
2.1	Kapillaarinen vedennousu	8
2.2	Kapillaarisen vedennousun aiheuttamat vauriot	9
2.3	Kapillaarisen vedennousun estäminen	10
3	SALAOJASORA JA MURSKATUT KIVIAINEKSET	12
4	SALAOJAMATTO	13
4.1	Toimintaperiaate ja hyödyt	13
4.2	Käyttökohteet	14
5	TESTISUUNNITELMA	15
5.1	Vertailukokeet pelkällä hiekalla ja salaojasoralla	16
5.2	Kokeet salaojasoralla, välissä toisessa suodatinkangas ja toisessa salaojamatto ...	17
5.3	Kokeet hiekalla, välissä toisessa suodatinkangas ja toisessa salaojamatto	18
5.4	Kokeet hiekka- ja sorakerroksilla, välissä toisessa suodatinkangas ja toisessa salaojamatto	19
6	TUTKIMUSTULOKSET	21
6.1	Salaojasoralla ja suodatinkankaalla tai salaojamatolla	21
6.2	Suodatinhiekalla ja suodatinkankaalla tai salaojamatolla	23
6.3	Suodatinhiekka-salaojasora-yhdistelmärakenne, välissä suodatinkangas tai salaojamatto	25
6.4	Yhteenvedo	26
7	POHDINTA	28
	LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

Rakennusten ja rakenteiden kosteudenhallinta on monen erilaisen toimenpiteen summa. Kosteutta voi tulla ylhäältä sateena, ympäriltä ilmankosteutena sekä alhaalta kapillaarinousuna. Terveen rakennuksen rakenteet pidetään suojassa koko rakennusvaiheen ajan, aina valmiiseen ulkopintaan asti. Kuivassa rakennuksessa sisäilma on raikasta ja mukavaa hengittää.

Kosteudenhallintaan kiinnitetään paljon huomiota rakentamisessa ja kapillaarisen vedennousun aiheuttamat ongelmat ovat aiheuttaneet päänvaivaa pitemmän aikaa. Esimerkiksi Oulun kaupungin rakennusohjeessa on kapillaarikatkon paksuudeksi mainittu vähintään kaksi kertaa sepelin kapillaarinen vedennousu (Oulun kaupungin rakennusvalvonta 2018). Ohjeistuksessa mainittu kapillaarikatkosepelin kerrospaksuus nousee ongelmaksi rakennuksissa, joihin tulee maanvarainen lattia, mikäli pestyä sepeliä ei ole saatavilla.

Yleensä maasta tulevan kosteuden eli kapillaarisen vedennousun torjuntaa hoidetaan kapillaarikatkosepelillä ja eri toimijoilla on erilaista sepeliä. Paras sepeli olisi vesipestyä, josta on pesun avulla saatu hienoaines pois, jolloin veden nousu on mahdollisimman vähäistä. Salaojasepeliä myydään myös pesemättömänä, jolloin seassa on aina vähän hienoainesta, jossa vesi pääsee nousemaan ylöspäin.

Opinnäytetyössä käydään läpi kapillaarista vedennousua ja sen estämistä sekä tutkitaan salaojamatton käyttöä suodatinkankaan paikalla osana kapillaarikatkoa. Opinnäytetyö toimii raporttina laboratoriotutkimuksista. Tutkimukset oli tilannut oululainen maanrakennusalan yritys sekä geosyntteettialan palvelukokonaisuuksia tarjoava yritys ja tutkimukset on tehty Mitta Oy:n laboratoriossa. Niissä selvitettiin ensin pelkän hiekan ja salaojasoran kapillaarinen nousu, jotta tiedettiin asentaa suodatinkangas ja salaojamatto korkeudelle, jossa nousua tapahtuu. Sen jälkeen kokeiltiin, miten suodatinkangas ja salaojamatto estivät kapillaarista vedennousua.

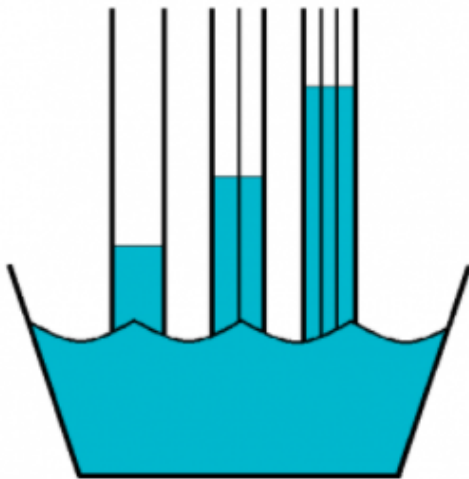
Työn aluksi selvitetään, mitä kapillaarinen vedennousu tarkoittaa ja miten sitä tapahtuu sekä miten kapillaarinen nousu vaikuttaa rakenteisiin. Sitten myös selvitetään, miten siltä voi suojautua ja ottaa sen huomioon rakentamisessa. Toisessa ja kolmannessa osiossa käydään läpi keinoja, mitä kapil-

laarisen vedennousun estämiseksi voidaan tehdä. Perinteisenä toimenpiteenä ovat salaojat ja salojasepeli niiden ympärillä sekä kapillaarikatkosepeli. Lopuksi käydään läpi testisuunnitelma ja kokeet sekä tutkimusten antamat tulokset.

2 KAPILLAARINEN VEDENNOUSU

2.1 Kapillaarinen vedennousu

Vesi imeytyy kapillaarisesti huokoiseen materiaaliin, mikäli se on kosketuksissa veteen tai materiaaliin, jonka huokosissa on vettä. Kapillaarinen siirtyminen johtuu kapillaaristen voimien aiheuttamasta huokosalipaineesta, jonka suuruus riippuu huokosten koosta: mitä pienempi huokonen, sitä suurempi huokosalipaine on, kuten kuvassa 1 esitetään. (Rafnet 2019, 14.) Kapillaarista vedennousua tapahtuu esimerkiksi kiviainespohjaisissa rakennusmateriaaleissa, kuten betonissa, tiilissä ja kevytsoraharkoissa (Safedrying.fi 2021).



KUVA 1. Kapillaarinen vedennousu – mitä pienempi halkaisija, sen suurempi kapillaarinen imu. (Pursiainen 2018.)

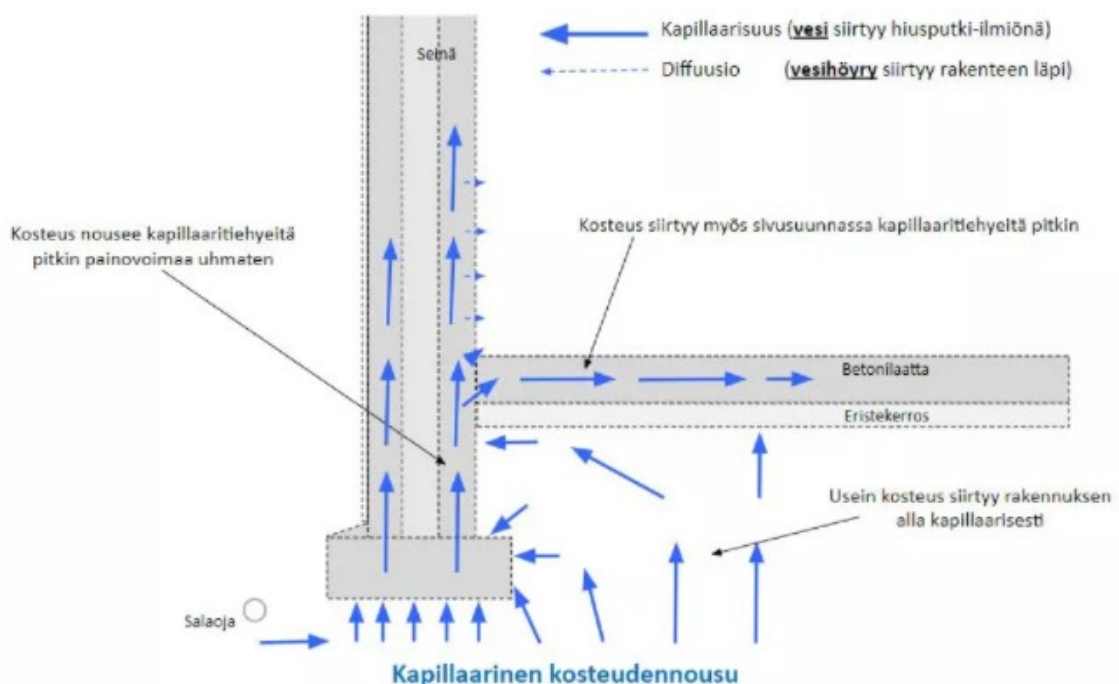
Kapillaarisesti nousevan veden korkeus on sitä suurempi, mitä pienempi pinnon vedenläpäisy on tai mitä suurempi on rakenteen poikkileikkaus. Esimerkiksi paksussa tiiliseinässä kapillaarinen vedennousu on suurempi kuin ohuessa tiiliseinässä. (Rafnet 2019, sivu 14.) Maa-aineksessa, jossa on paljon hienoainesta, kuten kalliomurske tai luonnonsoramurske, on suurempi vedennousu verrattuna maa-ainekseen, josta hienoaines on pesty pois (Rudus Oy 2021a). Kapillaarista siirtymistä voi tapahtua myös vaakasuunnassa tai alaspäin, jolloin myös painovoima ja tuulenpaine vaikuttaa veden siirtymiseen (Rafnet 2019, sivu 15).

Veden kapillaarinen siirtymisnopeus riippuu huokosalipaineesta ja veden virtausta vastustavista kitkavoimista, jotka kasvavat huokoskoon pienetessä ja virtausmatkan kasvaessa. Materiaalin ollessa kosketuksissa vapaaseen veteen vesi imeytyy huokosalipaineen vaikutuksesta sille korkeudelle, jossa huokosalipaine ja painovoima ovat tasapainossa. (Pursiainen 2018.) Kyseessä oleva tasapainotilanne muodostuu esimerkiksi maanvaraisen lattian alle salaojasorakerrokseen (Sisäilmäyhdistys ry 2008).

2.2 Kapillaarisen vedennousun aiheuttamat vauriot

Kapillaarinen vedennousu aiheuttaa rakenteissa kosteusvaurioita, värimuutoksia materiaaleissa, lämmöneristyskyvyn heikkenemistä, rappaus- ja muurausvaurioita (Pursiainen 2018) sekä tunka-kaista sisäilmaa ja hajuhaittoja (Omataloyhtiö.fi 2021). Kapillaarisen vedennousun vuoksi alapohjarakenteisiin voi nousta kosteutta maasta huonon kapillaarikatkon vuoksi, kuten kuvassa 2 esittäään, ja se aiheuttaa kosteusvaurioita lattiarakenteisiin ja sokkeliin. Sieltä se voi nousta rakennuksen runkorakenteiden alaosiin ja aiheuttaa homehtumista ja lahoamista.

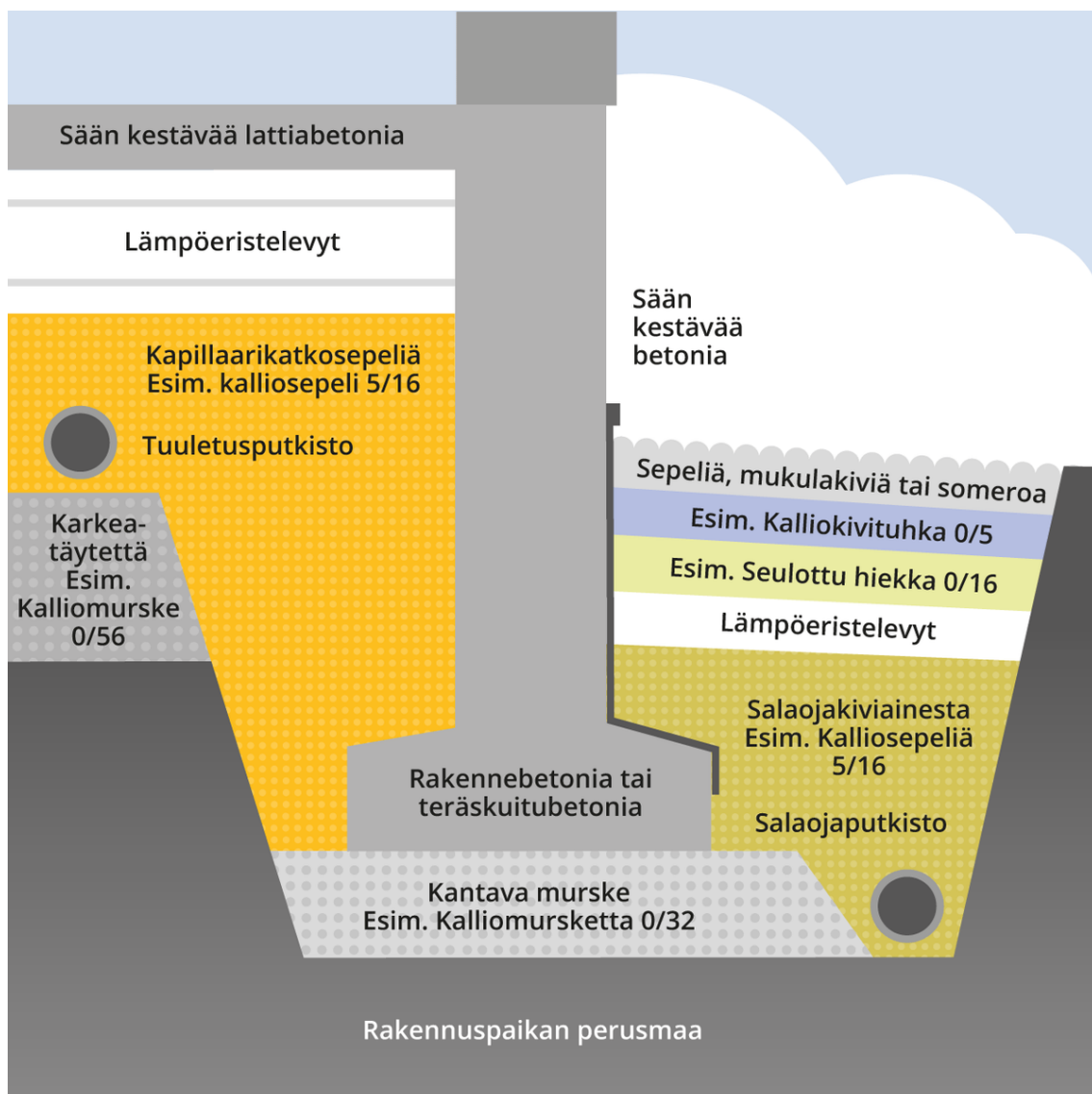
Rakenteiden suhteellisen kosteuden ollessa yli 75 % on mikrobikasvusto mahdollista. Kun rakenteet ovat kosteuden alaisina liian kauan, on homeen muodostuminen melko todennäköistä (Omataloyhtiö.fi 2021).



KUVA 2. Esimerkki kapillaarisesta kosteudenoususta. (Omataloyhtiö.fi 2021.)

2.3 Kapillaarisen vedennousun estäminen

Rakennuksen korkeusasema valitaan siten, että antura on kokonaisuudessaan aina pohjaveden yläpuolella (Pursiainen 2018). Kapillaariselta vedennousulta yksi parhaista suojauskeinoista on tehdä salaojat rakennuksen ympärille, joka on määritetty ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta luvussa 4 pykälässä 17, ja isolle rakennukselle salaojat voidaan tehdä jopa rakennuksen alle. Toinen erittäin tärkeä keino vedennousun estämisessä on kapillaarikatko sokkelin alle ja sisätäytön yläpintaan sekä esimerkiksi bitumikermiä tai patolevyä perusmuurin alaosassa estämään kapillaarisen kosteuden siirtymisen maaperästä kuvan 3 mukaisesti.



KUVA 3. Maanvarainen perustaminen esimerkki kuva. (Rudus.fi 2021b.)

Salaojitus tehdään nykyään 110 millimetriä halkaisijalla olevalla rei'itetyllä kaksikerrosmuoviputkella. Rakennuksen ulkopuolisten salaojien minimikaato (kaltevuus) on vähintään 0,5 % ja suositeltava kaato on 1,0 %. Salaojaputket asennetaan niin, että putken yläpinta on seinäanturan alapuolella. Salaoja putket peitetään siihen tarkoitukseen tehdyllä vettä läpäisevällä salaojasoralla. (Suomela.fi 2021.)

Jotta vesi ei pääse nousemaan perusmuuria pitkin ja lattiarakenteeseen, tulee myös huolehtia rakennuksen alle tulevista maa-aineksista. Lattiarakenteen alle tulee laittaa kapillaarikatko, jonka paksuus on vähintään 300 mm, jollei alapohjaa ole vedenpaine-eristetty (Rakennustieto Oy 2010). Kapillaarikerroksen paksuuden on maanvaraisen lattian alla olevan eristeen alla oltava vähintään 20 % suurempi kuin kerrokseen käytetyn kiviaineksen vedennousukorkeus (RT 81–11000 2010). Kapillaarikatkon paksuus riippuu katkossa käytetystä materiaalista. Paras kapillaarikatko tulee pestystä sepelistä tai sorasta, jossa ei ole hienoa ainesta ollenkaan, jonka avulla vesi pääsisi nousemaan. Kaikesta kapillaarikatkona käytetystä maa-aineksesta on tehtävä vedenimeytymiskorkeuskoe, jotta tiedetään, millainen vedennousukorkeus kyseisellä materiaalilla on. Eri kaupungeilla on myös omat määräyksensä, kuinka paksu kapillaarikatko pitää olla. Esimerkiksi Oulun kaupungissa kapillaarikatkon paksuus pitää olla anturan ja lattian alle ≥ 2 kertaa materiaalin koossa mitattu kapillaarinen nousu ja suodatinkangas (Oulun kaupungin rakennusvalvonta 2018).

Sadevedet tulee ohjata myös hallitusti rakennuksesta pois päin pintamaan kallistuksien ja sadevesijärjestelmän avulla, että saadaan pidettyä kosteusrasitus mahdollisimman pienenä rakennuksen sokkelin juurella (Pursiainen 2018). Markkinoilla on useampia kapillaarisesti nousevan kosteuden estämiseen tehtyjä tuotteita valmiisiin rakennuksiin, mutta en lähde niitä tässä opinnäytetyössä sen enempää läpi käymään.

3 SALAOJASORA JA MURSKATUT KIVIAINEKSET

Näiden kahden kiviaineksen käyttötarkoitus sekoitetaan monesti ja väärää kiviainesta tulee helposti laitettua. Monet arkikielessä puhuvat salaojasorasta käytännössä molempien kohdalla ja kapillaarikatkosepeli erikseen on monelle oudompi materiaali. Seuraavassa käydään vähän läpi kyseisiä kiviaineita ja niiden käyttöä.

Salaojasora on peräisin luonnonharjuista ja läpäisee hyvin vettä sekä on erinomainen täyttötöihin routimattomuutensa vuoksi. Salaojasorasta on seulottu helposti tiivistyvä aines pois, mutta se sisältää hienoakin kiviainesta, joka estää maaperässä olevien aineiden pääsyn putkiin ja aiheuttamasta tukoksia. (Destia 2021.) Salaojasora on raekooltaan yleensä 6–8/16 mm, riippuen alueesta.

Salaojissa käytetään myös saman raekoon sepeliä, jos soraa ei ole saatavilla lähialueilta. Tätä käytetään myös kapillaarikatkosepelinä (Destia 2021).

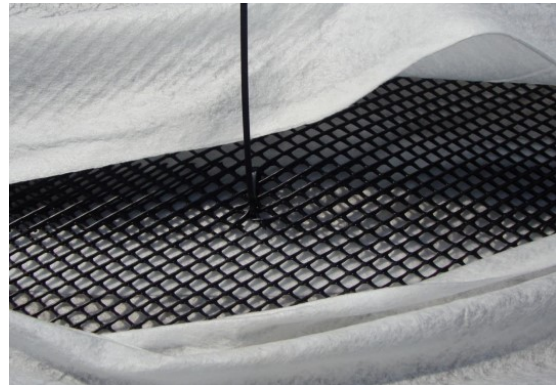
Sepeli eroaa sorasta siinä, että sepeli on kallioulouheesta tai luonnonkivestä murskattua kiviainesta (Destia 2021). Sepeliä on mahdollista saada myös isommalla raekoolla, kuten 5/32 mm tai 16/32 mm (Murske.net 2021). Yleensä salaojituksissa käytetään kokoa 6–8/16 mm. Siitä on myös seulottu hienompi kiviaines pois. (Destia 2021.) Sepelillä on myös erittäin hyvä vedenläpäisy kyky, mutta siinä ei ole hienoa kiviainesta kuten sorassa. Sepeli ei estä niin hyvin maaperästä aineksen menoa putkistoon ja salaojien ympärillä on suotavaa käyttää suodatinkangasta sen kanssa. (Rakentaja.fi 2013.)

4 SALAOJAMATTO

Salaojamatto on kuvien 4 ja 5 mukainen geosynteeteistä koostuva matto, jossa vettä johtavana komponenttina on kolmiulotteinen ydin, johon on kiinnitetty neulasidottu suodatinkangas. Suodatinkangas voi olla salaojamatton ytimen molemmilla puolilla tai vain toisella puolella. (Viacon 2021.) Salaojamatto toimii osana rakennuksen tai maarakenteen kuivatusjärjestelmää (Geosynt 2021), jossa sydänosa johtaa pintavedet tai paineelliset pohjavedet hallitusti salaojaputkeen tai sadevesikaivoon kansirakenteissa (RT 38570 2014, 1). Matoissa oleva kuitukangas puolestaan erottaa maa-aineksen ydinosasta estäen sen tukkeutumisen (Geosynt 2021).



KUVA 4. Esimerkki salaojamatosta. (Meltex 2021.)



KUVA 5. Esimerkki salaojamatosta. (Niva 2013, 10.)

4.1 Toimintaperiaate ja hyödyt

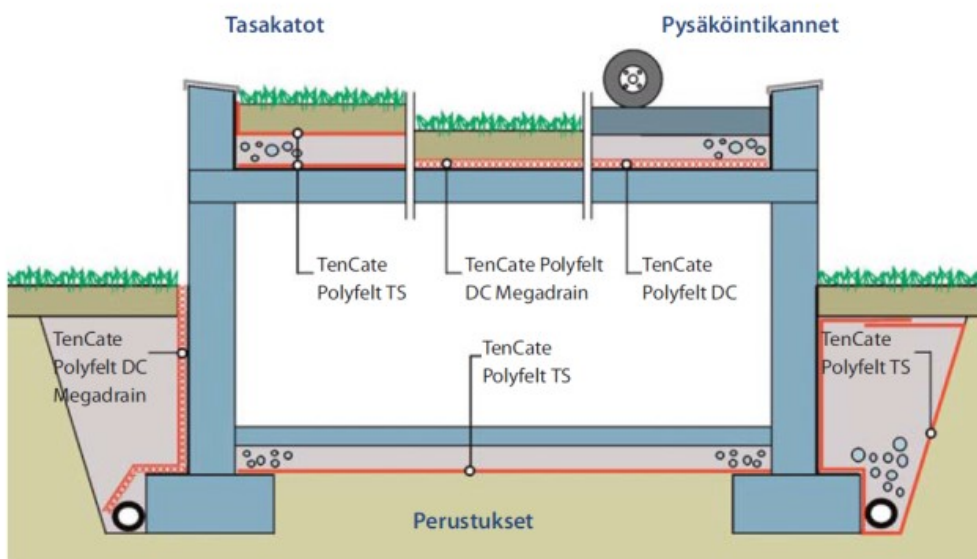
Salaojamatto voi toimia sekä geomembraanin eli keinotekoisen eristeen suojarakenteena että kuivatuskerroksena. Mattoa käytetään monissa sovelluksissa: salaojitteena pinta- ja pohjavesille sekä johtamaan kaasumaisessa muodossa olevia aineita pois rakenteista. Salaojamatton valinnalla saavutetaan huomattavia etuja kokonaisratkaisussa (Viacon 2021). Salaojamattoja valmistavat useat eri yritykset erilaisia käyttötarkoituksia varten. Toisilla on suurempi kuormituskestävyys, mutta vedenvirtaus on pienempi ja toisilla taas virtauskyky on suuri, mutta ne eivät kestä samanlaista kuormitusta.

Salaojamatossa yhdistyy yhteen pakettiin suodatus, suojaus ja kuivatus, jolla päästään kustannus-
tehokkaaseen, nopeaan ja helppoon asennukseen (Viacon 2021). Salaojasoraan verrattuna sala-
ojamatto on tasalaatuinen tuote, jolla on erinomainen vedenjohtavuus. Matot saa asennettua vä-
hällä hukkamateriaalilla, koska ne asennetaan puskusaumalla, jolloin päällekkäisyyden aiheuttama
”hukka” jää pois. (Geosynt 2021.) Salaojamotoilla saadaan myös kerrospaksuutta pienennettyä
reilusti esimerkiksi tasakatoilla, paikoituskansilla ja piha-alueilla, kun ei tarvitse laittaa salaojasora-
kerrosta ja putkia (Rakennustieto Oy 2021).

4.2 Käyttökohteet

Salaojamotoilla on monta erilaista käyttökohdetta ominaisuuksista riippuen kuvan 6 mukaisesti:

- ✚ Perustusten pystysalaojitus (Rakennustieto Oy 2021)
- ✚ Istutusaltaiden vaakasalaojitus (Rakennustieto Oy 2021)
- ✚ Jalankulkualueiden salaojitus (Rakennustieto Oy 2021)
- ✚ Liikennöityjen paikoituskansien ja piha-alueiden vaakasalaojitus (Rakennustieto Oy 2021)
- ✚ Alikulkutunneleiden ja tukimuurien salaojitus (Rakennustieto Oy 2021)
- ✚ Kaatopaikkojen kaasunkeräyskerros (Viacon 2021)
- ✚ Kaatopaikkojen pohjarakenteissa (Leppänen 2010)
- ✚ Urheilukenttien vaakasalaojitus (Rakennusfakta.fi 2015)
- ✚ Tasakatto, viherkatto ja terassi vaakasalaojitus (Rakennusfakta.fi 2015).



KUVA 6. Salaojamaton käyttömahdollisuudet talon rakennuksessa. (Rakennusfakta.fi 2015.)

5 TESTISUUNNITELMA

Testeissä oli tarkoituksena kokeilla, miten salaojamatto toimii kapillaarikatkona hiekan ja kapillaariseppelin välissä. Kokeissa käytettiin kalliomurskeesta tehtyä salaojasoraa 6–16 mm raekoolla ja hiekka oli infraRYL:n mukaista suodatinhiekkää, jonka E-moduuli on 50. Testissä käytettiin salaojasoraa, koska sitä yleisesti käytetään Oulun alueella kapillaarikatkossa. Pesty kapillaarikatko-sepeli on haettava kauempaa ja kuljetuskustannuksia kertyy huomattavasti enemmän. Jokaisessa kokeessa käytettiin samoja materiaaleja, samasta erästä, jota oli tuotu laboratorioon, jotta kokeet ovat mahdollisimman hyvin vertailukelpoisia.

Kokeet suoritettiin laboratoriossa vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10 standardin mukaisesti. Kokeet tehtiin +21 °C lämpötilassa ja ne kestivät 21 vuorokautta, jonka jälkeen materiaalista selvitetään vedenimeytymiskorkeus. Kokeet suoritettiin 60 cm korkeassa ja noin 15 cm leveässä putkessa, joka asetetaan vesiastiaan, josta putken materiaaliin voi nousta vettä vapaasti alakautta.

Ensin tehtiin kokeet pelkällä hiekalla ja salaojasoralla, jotta saatiin selvitettyä niiden kapillaarinen vedenousu. Tällä kokeella varmistettiin, että nousu on riittävään suuri molemmissa materiaaleissa, jotta kokeiden tuloksesta ei jäisi epäselvyyttä. Sitten tehtiin kokeet hiekalla ja soralla, joissa oli välissä N3-luokan suodatinkangas, kuten työmailla käytetään, sekä hiekalla ja soralla salaojamatolla. Vielä yksi koe tehtiin hiekan ja soran rakennekerroksilla, jossa oli välissä toisessa suodatinkangas ja toisessa oli salaojamatto.

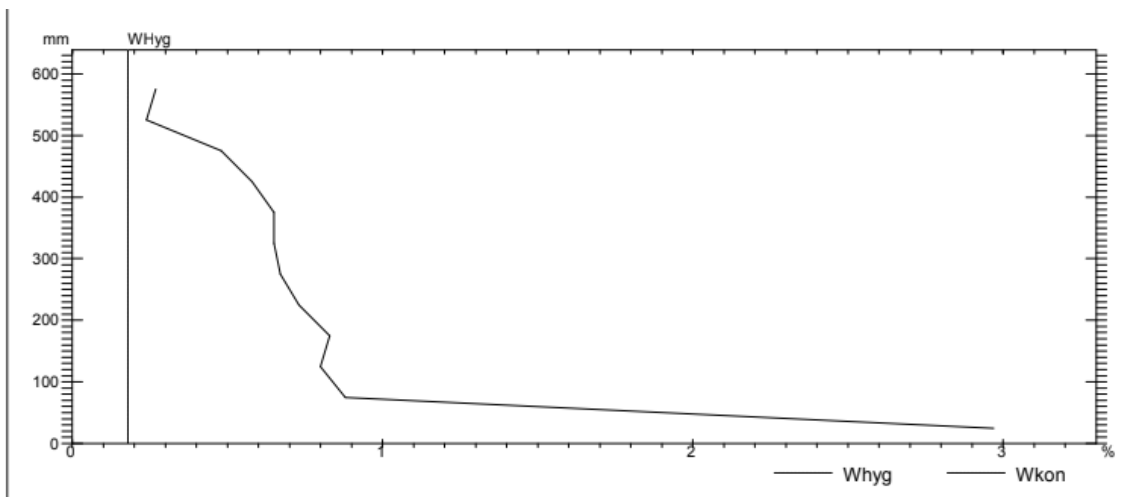
5.1 Vertailukokeet pelkällä hiekalla ja salaojasoralla

Salaojasoran vedenimeytymiskorkeus on selvitetty jo aikaisemmin kyseiselle kalliomurskeelle 6–16 raekoolla 2018 tehdyissä tutkimuksissa (kuva 7), joten sitä ei tällä kertaa tarvinnut tehdä. Koikeesta huomataan, että pelkällä salaojasoralla kapillaarinen vedennousu ylittää putken yläosaan saakka, joten vedennousu on ainakin 600 mm.



Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	21.0
Hygroσκοoppinen veden absorptiokyky (Whyg) [%]	0.18

korkeus, hi [mm]	kosteus, Whi [%]
25	2.97
75	0.88
125	0.80
175	0.83
225	0.73
275	0.67
325	0.65
375	0.65
425	0.58
475	0.48
525	0.24
575	0.27



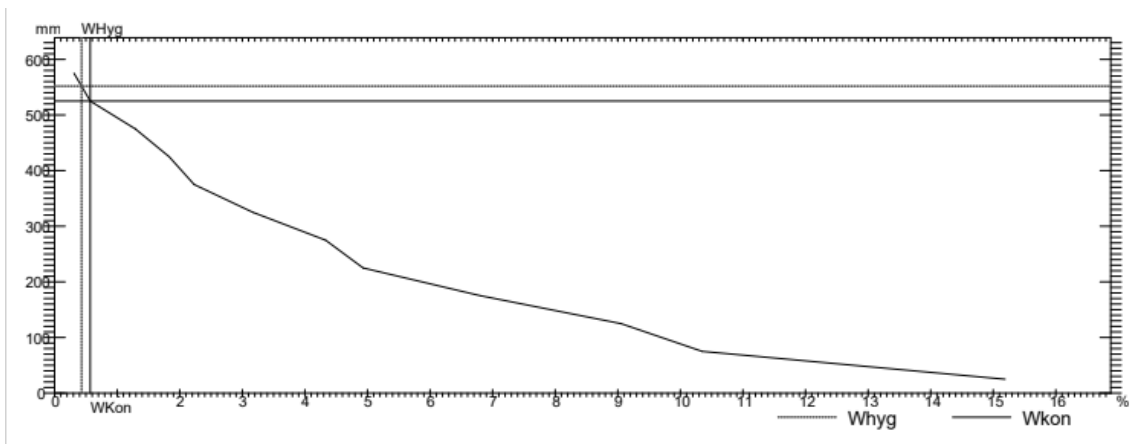
KUVA 7. Salaojasoran vedenimeytymiskorkeus, SFS-EN 1097-10 standardin mukaiset tutkimustulokset vuodelta 2018. (Mitta 2018.)

Hiekalle ei ollut aikaisemmin tehty vedenimeytymiskorkeuskoetta ja se tehtiin tutkimusta varten ensimmäisenä (kuva 8.). Hiekalla imeytymiskorkeus on vähän pienempi kuin salaojasoralle. Hiekalle vedennousu oli noin 550 mm.



Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	21.0
Tiivistetty kuivairtitiheys [Mg/m ³]	1.86
Hygroskooppinen veden absorptiokyky (Whyg) [%]	0.43
Vakiotason kosteuspitoisuus (Wkon) [%]	0.57
Veden imukorkeus (Hkap) [mm]	552

korkeus, hi [mm]	kosteus, Whi [%]
25	15.19
75	10.35
125	9.05
175	6.81
225	4.93
275	4.33
325	3.17
375	2.23
425	1.83
475	1.29
525	0.57
575	0.31

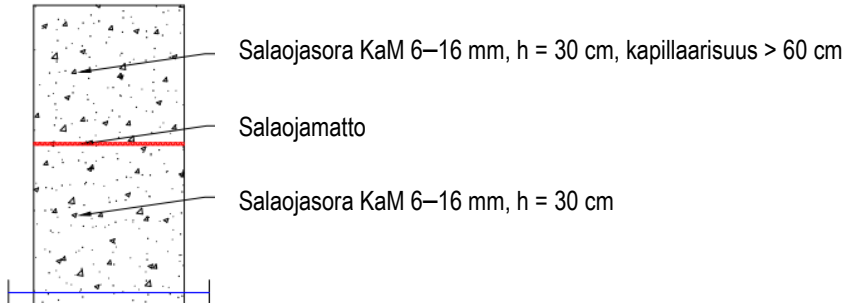


KUVA 8. Hiekan vedenimeytymiskorkeus, SFS-EN 1097-10 standardin mukaiset tutkimustulokset. (Mitta 2020a.)

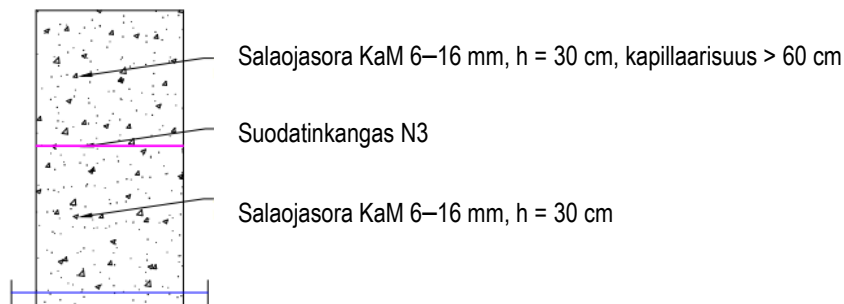
5.2 Kokeet salaojasoralla, välissä toisessa suodatinkangas ja toisessa salaojamatto

Kun vertailukokeet oli tehty ja pelkille maa-aineille oli saatu varmistettua vedenimeytymiskorkeus, voitiin aloittaa kokeet suodatinkangasta ja salaojamattoa käyttäen. Kokeet tehtiin pelkällä salaojasoralla, niin että suodatinkangas oli 30 cm pohjasta ylöspäin ja sen päällä oli 30 cm samaa sala-

ojasoraa (kuva 9). Toisessa kokeessa salaojasoralla kerrokset olivat saman paksuiset, mutta välissä oli salaojamatto suodatinkankaan sijaan (kuva 10). Näin saatiin selville, miten kyseiset suodatinmateriaalit toimivat pelkästään yhden materiaalin kanssa. Tätä voi verrata sitten, eroaako kapillaarinen nousukorkeus hiekka- ja sorakerrokseen nähden.



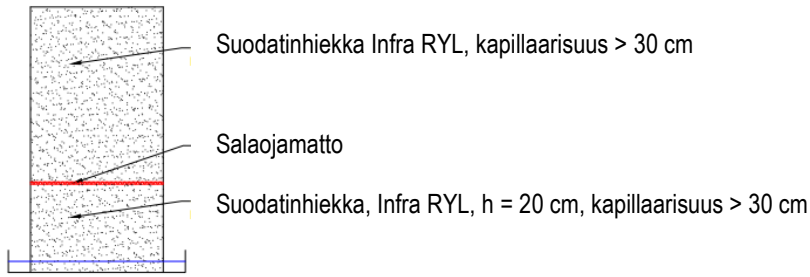
KUVA 9. Koe sepelillä salaojamatto välissä. (Testisuunnitelma.pdf 2020.)



KUVA 10. Koe sepelillä suodatinkangas välissä. (Testisuunnitelma.pdf 2020.)

5.3 Kokeet hiekalla, välissä toisessa suodatinkangas ja toisessa salaojamatto

Seuraava erilainen koepari oli kokeilla, miten suodatinkangas ja salaojamatto vaikuttavat pelkän suodatinhiekan kapillaarisen vedennousun katkaisemisessa. Näissä kokeissa putki oli samankoinen kuin edellisissäkin, mutta salaojasorakokeeseen verrattuna erona suodatinhiekan kokeessa oli, että suodatinkangas ja salaojamatto olivat 20 cm pohjasta ylöspäin ja niiden päällä oli noin 40 cm suodatinhiekkää (kuvat 11 ja 12). Tämä sen vuoksi, että saatiin varmistettua kapillaarisen vedennousun olevan reilusti enemmän kuin suodatinkankaan ja salaojamaton sijaintikorkeus.



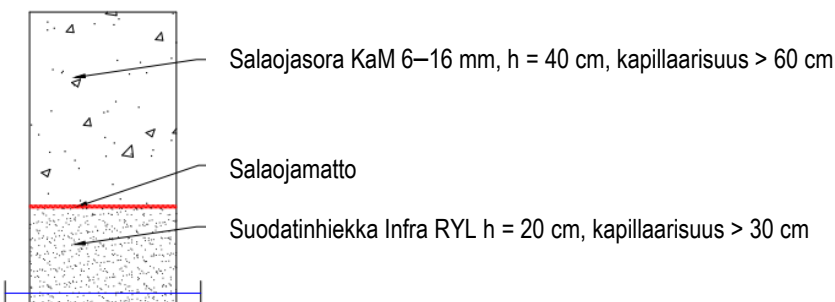
KUVA 11. Koe hiekalla salaojamatto välissä. (Testisuunnitelma.pdf 2020.)



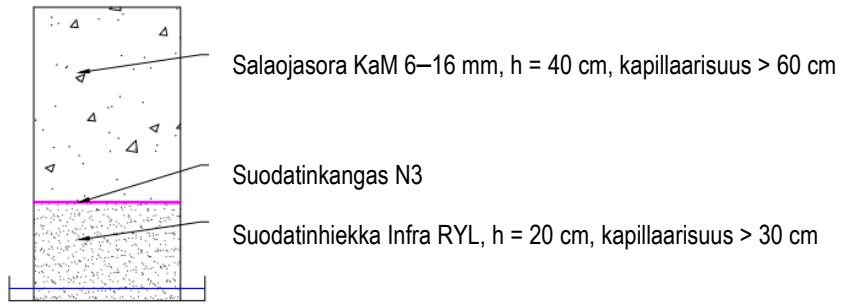
KUVA 12. Koe hiekalla suodatinkangas välissä. (Testisuunnitelma.pdf 2020.)

5.4 Kokeet hiekka- ja sorakerroksilla, välissä toisessa suodatinkangas ja toisessa salaojamatto

Lopuksi testattiin käyttämällä kerrosrakennetta, joita yleensä käytetään maavaraisen lattian alla, jossa alla oli 20 cm suodatinhiekkää ja sen päällä on suodatinkangas (kuva 14) toisessa ja salaojamatto (kuva 13) toisessa putkessa. Molempiin putkiin tulee vielä 40 cm salaojasoraa päälle, kuten yleensä maanvaraisen lattialaatan alle laitetaan kapillaarikatkoksi soraa tai sepeliä. Hiekkaa käytetään yleensä sisätäytössä anturan alapinnasta asti, mutta näissä kokeissa varmistettiin kapillaarisen vedennousun yltäminen mattoon tai kankaaseen asti, joten siksi pohjalla on vain 20 cm suodatinhiekkää.



KUVA 13. Koe hiekka- ja sorakerroksilla salaojamatto välissä. (Testisuunnitelma.pdf 2020.)



KUVA 14. Koe hiekka- ja sorakerroksilla suodatinkangas välissä. (Testisuunnitelma.pdf 2020.)

6 TUTKIMUSTULOKSET

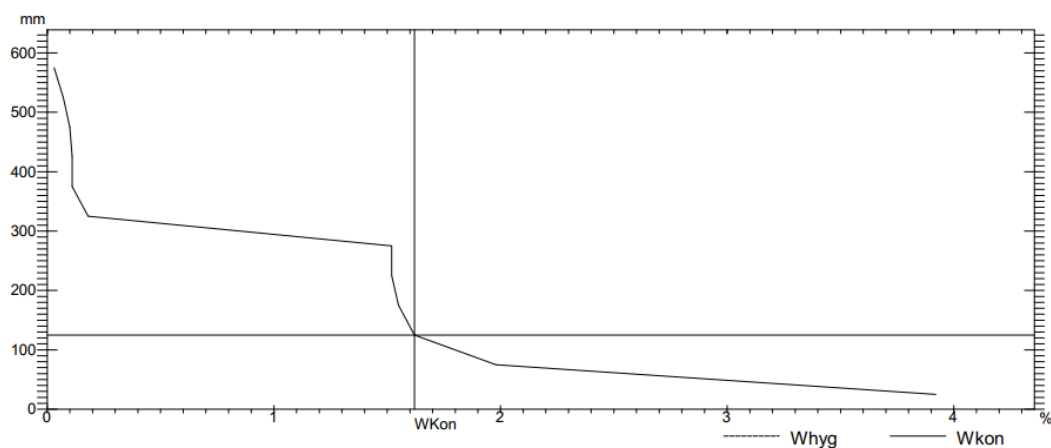
6.1 Salaojasoralla ja suodatinkankaalla tai salaojamatolla

Kokeissa selvisi, että suodatinkangas katkaisee kapillaarisen veden nousun yllättävän hyvin. Silmämääräisesti katsottuna veden nousu loppui suodatinkankaaseen ja mittaukset osoittivat myös veden nousun pysähtyneen suodatinkankaan yläpuolelle, kuten kuva 15 osoittaa. Kapillaarisen veden nousun katkeamiseen nähtävästi riittää, että suodatinkangas katkaisee hienon aineksen kosketuspinnan.



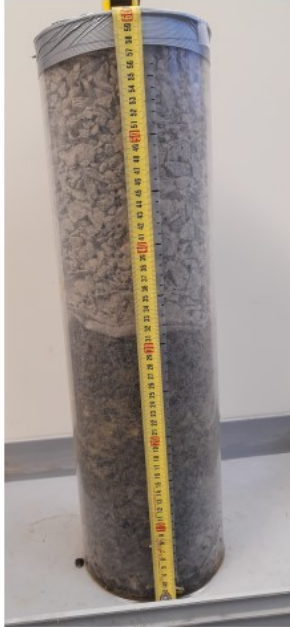
Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	21.0
Tiivistetty kuivairtitiheys [Mg/m³]	1.48
Vakiotason kosteuspitoisuus (Wkon) [%]	1.62
Veden imukorkeus (Hkap) [mm]	125

korkeus, hi [mm]	kosteus, W _{hi} [%]
25	3.92
75	1.98
125	1.62
175	1.55
225	1.52
275	1.52
325	0.18
375	0.11
425	0.11
475	0.10
525	0.07
575	0.03



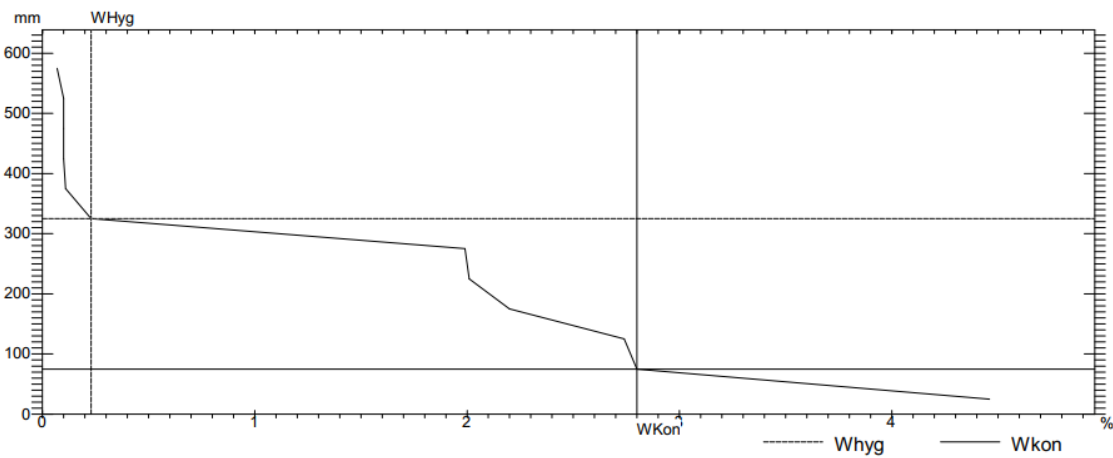
KUVA 15. Salaojasora vedenimeytymiskorkeus, SFS-EN 1097-10 standardin mukaiset tutkimustulokset, suodatinkangas 30 cm korkeudessa. (Mitta 2020b.)

Salaojamatolla tehdyssä kokeessa välimateriaalin teho oli nähtävillä yhtä selvästi ja vedennousun näki pysähtyvän salaojamattoon, kuten mittauksetkin kuvassa 16 osoittavat. Salaojamaton geotekstiilit katkaisivat käytännössä täysin vedennousun.



Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	21.0
Tiivistetty kuivairtoteiheys [Mg/m ³]	1.58
Hygroσκοoppinen veden absorptiokyky (Whyg) [%]	0.23
Vakiotason kosteuspitoisuus (Wkon) [%]	2.80
Veden imukorkeus (Hkap) [mm]	325

korkeus, hi [mm]	kosteus, Whi [%]
25	4.46
75	2.80
125	2.74
175	2.20
225	2.01
275	1.99
325	0.23
375	0.11
425	0.10
475	0.10
525	0.10
575	0.07



KUVA 16. Salaojasora vedenimeytymiskorkeus, SFS-EN 1097-10 standardin mukaiset tutkimustulokset, salaojamatto 30 cm korkeudessa. (Mitta 2020c.)

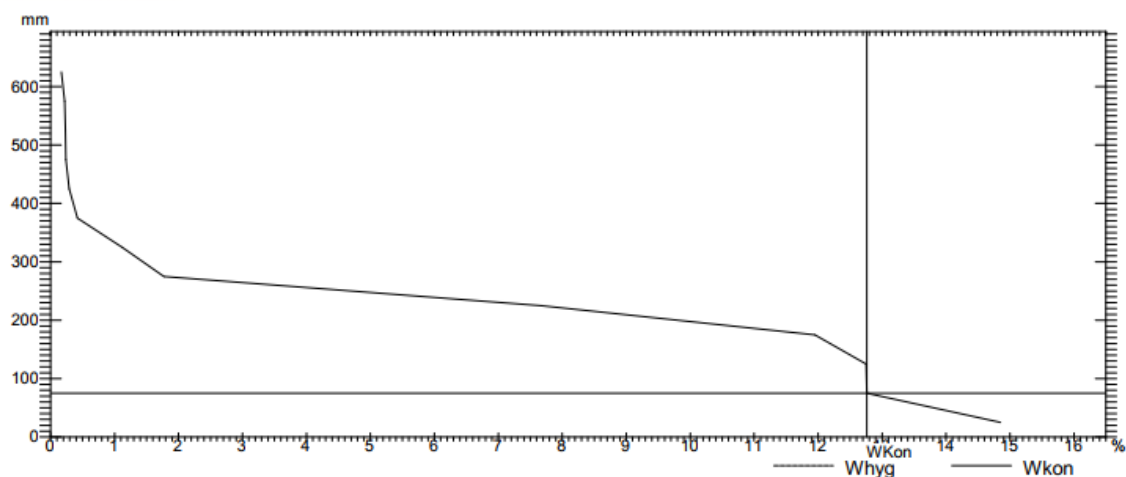
6.2 Suodatinhiekkalla ja suodatinkankaalla tai salaojamatolla

Hiekalla suodatinkankaan ja salaojamaton vedennousun katkaisussa oli enemmän eroa kuin sala-
ojasoran kanssa. Hiekalla suodatinkangas ei pysäyttänyt niin tehokkaasti vedennousua, vaan ka-
pillaarista vedennousua tapahtui reilun 20 cm vielä suodatinkankaan yläpuolellakin (kuva 17). Suo-
datinhiekka on niin pientä raekokoa ja näin ollen pääsee tiiviisti kankaan molemmille puolille, ettei
suodatinkankaan paksuus riittänyt eristämään kapillaarista vedennousua kokonaan.



Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	21.0
Tiivistetty kuivairtitiheys [Mg/m ³]	1.76
Vakiotason kosteuspitoisuus (Wkon) [%]	12.76
Veden imukorkeus (Hkap) [mm]	75

korkeus, hi [mm]	kosteus, W _{hi} [%]	korkeus, hi [mm]	kosteus, W _{hi} [%]
25	14.85	325	1.12
75	12.76	375	0.42
125	12.75	425	0.29
175	11.95	475	0.24
225	7.67	525	0.23
275	1.77	575	0.22
		625	0.17



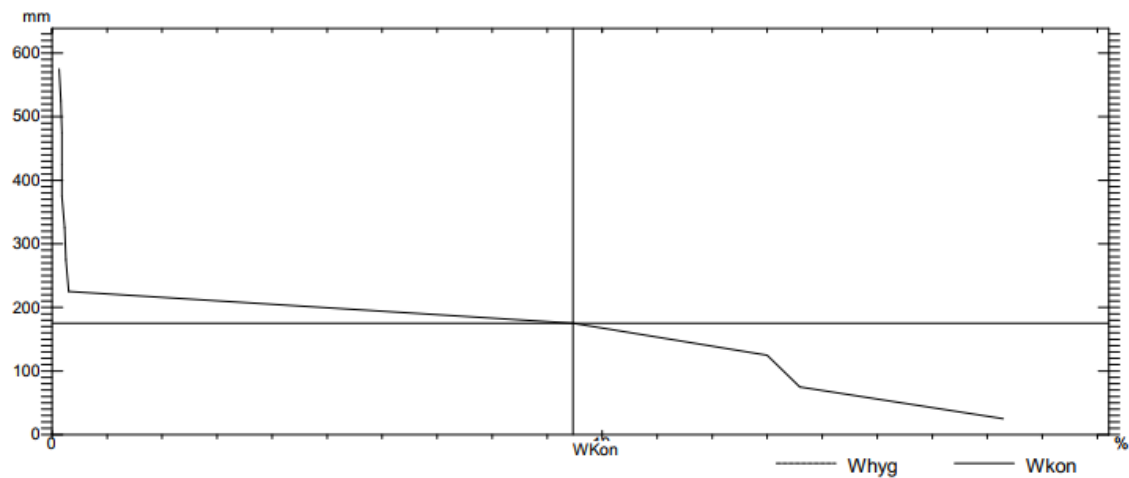
KUVA 17. Suodatinhiekkalla vedenimeytymiskorkeus, SFS-EN 1097-10 standardin mukaiset tutki-
mustulokset, suodatinkangas 20 cm korkeudessa. (Mitta 2020d.)

Salaojamatto pysäytti kapillaarisen vedennousun hiekassa yhtä tehokkaasti kuin salaojasoran kanssa kävi. Kapillaarinen vedennousu pysähtyi kokonaan salaojamattoon (kuva 18). Vaikka hiekka on pienellä raekoolla ja hienoainesta reilusti salaojamaton molemmilla puolilla, niin sen geotekstiilikeros auttaa estämään kapillaarisen vedennousun.



Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	21.0
Tiivistetty kuivairtitiheys [Mg/m ³]	1.70
Vakiotason kosteuspitoisuus (Wkon) [%]	9.47
Veden imukorkeus (Hkap) [mm]	175

korkeus, hi [mm]	kosteus, Whi [%]
25	17.29
75	13.59
125	13.00
175	9.47
225	0.30
275	0.25
325	0.23
375	0.18
425	0.18
475	0.18
525	0.16
575	0.13



KUVA 18. Suodatinhiekkä vedenimeytymiskorkeus, SFS-EN 1097-10 standardin mukaiset tutkimustulokset, salaojamatto 20 cm korkeudessa. (Mitta 2020e.)

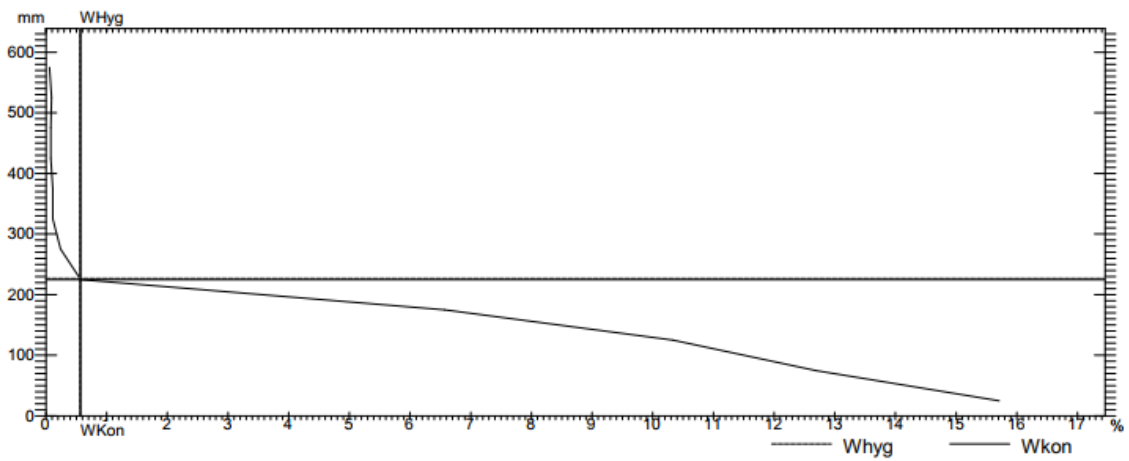
6.3 Suodatinhiekkä-salaojasora-yhdistelmä rakenne, välissä suodatinkangas tai salaojamatto

Rakennekerroksilla 20 cm suodatinhiekkää, suodatinkangas ja 40 cm salaojasoraa kapillaarinen veden nousu näyttää myös pysähtyvän melko lailla jo suodatinkankaaseen (kuva 19). Tässä on ilmeisesti sama ilmiö kuin salaojasoralla tehdyssä kokeessa, eli vaikka alapuolella on hienoainesta enemmän, niin vesi ei pääse suodatinkankaan läpi salaojasoran nousemaan.



Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	21.0
Tiivistetty kuivairtoteiheys [Mg/m ³]	1.59
Hygroσκοoppinen veden absorptiokyky (Whyg) [%]	0.56
Vakiotason kosteuspitoisuus (Wkon) [%]	0.57
Veden imukorkeus (Hkap) [mm]	227

korkeus, hi [mm]	kosteus, Whi [%]
25	15.71
75	12.69
125	10.33
175	6.57
225	0.57
275	0.24
325	0.11
375	0.11
425	0.08
475	0.08
525	0.09
575	0.06



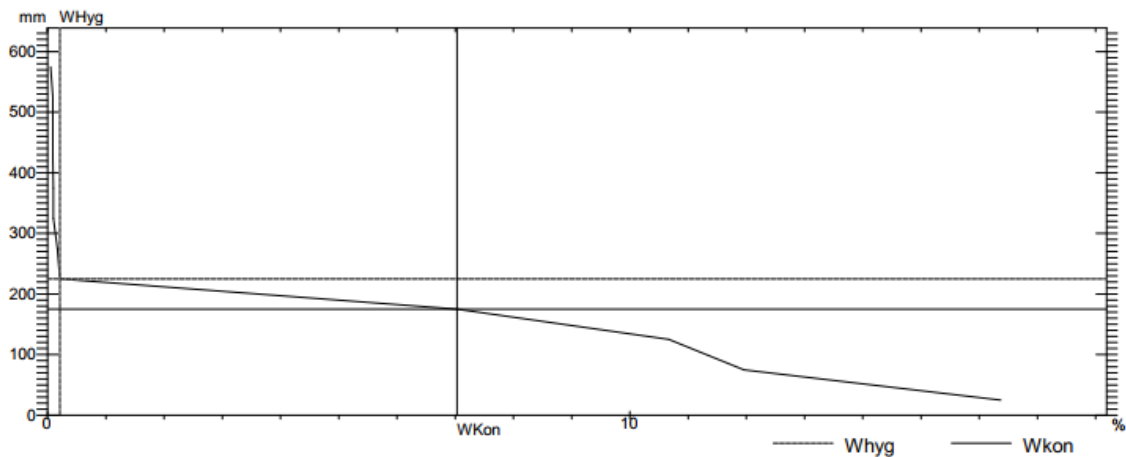
KUVA 19. Hiekka- ja salaojasorakerrokset vedenimeytymiskorkeus, SFS-EN 1097-10 standardin mukaiset tutkimustulokset, suodatinkangas 20 cm korkeudessa maa-ainesten välissä. (Mitta 2020f.)

Hiekka- ja salaojasorakerroksilla salaojamatto näyttää pysäyttävän kokonaan kapillaarisen vedennousun (kuva 20) ja kosteus ei pääse salaojasoraan nousemaan.



Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	21.0
Tiivistetty kuivairtitiheys [Mg/m ³]	1.61
Hygroσκοoppinen veden absorptiokyky (Whyg) [%]	0.21
Vakiotason kosteuspitoisuus (Wkon) [%]	7.03
Veden imukorkeus (Hkap) [mm]	225

korkeus, hi [mm]	kosteus, Whi [%]
25	16.37
75	11.96
125	10.67
175	7.03
225	0.21
275	0.17
325	0.10
375	0.10
425	0.09
475	0.09
525	0.09
575	0.05



KUVA 20. Hiekka-salaojasora kerrokset vedenimeytymiskorkeus, SFS-EN 1097-10 standardin mukaiset tutkimustulokset, salaojamatto 20 cm korkeudessa maa-ainesten välissä. (Mitta 2020g.)

6.4 Yhteenveto

Salaojamatto pysäytti kaikissa kokeissa kapillaarisen vedennousun todella tehokkaasti ja maton yläpuolinen kerros säilyi melkein kokonaan kuivana. Tämä tutkimus osoittaa, että salaojamaton käyttö osana kapillaarikatkoa pienentää huomattavasti tarvittavaa salaojasorakerrosta ja vähentää

alapuolelta tulevaa kosteusvahinkoriskiä, olettaen että muut kosteudenhallinta-asiat, kuten salaojat, ovat kunnossa. Samalla kosteus siirtyy salaojamattoa pitkin laajemmalle alueelle ja yhteen kohtaan tuleva kosteusrasitus kevenee. Työnaikana tuli mieleen, voisiko salaojamattoa hyödyntää myös sisätäytön tuuleuksessa, yhdistäen tuuletusputkisto salaojamattoon.

Suodatinkangaskin auttaa kovasti kapillaarisen vedennousun vähentämisessä salaojasoran sekä hiekka-salaojasorakerroksilla. Pelkässä hiekassa suodatinkangas ei ollut niin tehokas vedennousun estämisessä. Suodatinkankaan yllättävä tehokkuus kapillaarisen nousun estämiseen oli arvokas tieto, koska sitä on käytetty maamateriaalien erottelussa pohjarakentamisessa. Vanhemmissa taloissa käytettyjä kerrosmateriaaleja ei ole tutkittu välttämättä samalla tavalla kuin nykyään materiaalit testataan.

7 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi kapillaarista vedennousua ja sen estämistä rakenteissa. Lopussa käytiin läpi tutkimukset, joilla testattiin, miten N3-luokan suodatinkangas ja salaojamatto vähentää kapillaarista vedennousua.

Tutkimuksissa selvisi, että suodatinkangaskin auttaa kapillaarisen vedennousun katkaisussa paljon, kun tehdään salaojasoralla tai oikeilla hiekka- salaojasorakerroksilla. Salaojamatto toimi todella hyvin jokaisella testatulla materiaalilla ja katkaisi vedennousun kokonaan. Helpottavana tietona tämä tulee yli 10 vuotta vanhojen talojen omistajille, jos alapohja on vain tehty oikein ja hiekka- ja sorakerrokset on erotettu suodatinkankaalla.

Salaojamatto on esimerkiksi Oulun kaupungin nykyisen ohjeistuksen mukaan ainoa toimiva ratkaisu, mikäli käytetään perinteistä 900 mm:n korkuista perusmuuria. Matolla kapillaarikatkerroksen paksuuden saa vähennettyä minimiin, jolloin hiekkaa saa enemmän sisätäyttöön ja kantavuuden pidettyä hyvänä. Suodatinkankaalla kapillaarikatkon kerrospaksuus nousee niin korkeaksi, ettei muurin sisätäyttöön kapillaarikatkon lisäksi saa muuta mahtumaan. Tästä johtuen lattian alle ei saa kantavuutta niin paljon, koska salaojasepeliä ei saa tiivistettyä tarpeeksi hienoaineksen vähyden takia. Suodatinkangasta voi käyttää tilanteissa, joissa on mahdollista käyttää kapillaarikatkon paksua kerrosta.

Salaojamatto maksaa reilusti suodatinkangasta enemmän, mutta maa-aineissa säästää huomattavasti, kun kapillaarikatkoepeliä ei mene lähellekään niin paljon kuin suodatinkankaan kanssa. Hiekan tonnihinta on moninkertaisesti halvempaa kuin kapillaarikatkoepelillä. Kumpi on loppupeleissä edullisempaa, riippuu paljon rakennuskohteesta, mutta salaojamattoa käyttämällä ainakin maiden kaivuu pysyy minimissään ja salaojamatolla kapillaarinen vedennousu pysähtyy varmasti.

LÄHTEET

Destia Oy 2021. Kiviainekset. Hakupäivä 6.5.2021. <https://www.destia.fi/palvelut/kiviaines-ja-kiertotalous/kiviainekset>.

Geosynt Oy 2021. Salaojamatot. Hakupäivä 8.5.2021. <https://www.geosynt.fi/tuote-osasto/salaojamatot/>..

Leppänen, Minna 2010. Ytimestä asiaa – Mikä ihmeen salaojamatto? Hakupäivä 8.5.2021. https://cris.tuni.fi/ws/portalfiles/portal/12656584/Lepp_nen_Minna_Ytimest_asiaa.pdf.

Meltex Oy 2021. Salaojamatto Megadrain S 38–215. Hakupäivä 8.5.2021. <https://www.meltex.fi/fi/tuote/infra-ja-maanrakentaminen/geotekstiilit/levyt-matot-ja-verkot/salaojamatot/167602/salaojamatto-megadrain-s-38-215-2-4x33m-79-2m2#/documents>.

Mitta Oy 2018. Laboratoriopalvelut. Tutkimusselostus vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10. 17.12.2018.

Mitta Oy 2020a. Laboratoriopalvelut. Tutkimusselostus, vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10. 27.11.2020.

Mitta Oy 2020b. Laboratoriopalvelut. Tutkimusselostus testi 1, vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10. 27.11.2020.

Mitta Oy 2020c. Laboratoriopalvelut. Tutkimusselostus testi 2, vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10. 27.11.2020.

Mitta Oy 2020d. Laboratoriopalvelut. Tutkimusselostus testi 3, vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10. 27.11.2020.

Mitta Oy 2020e. Laboratoriopalvelut. Tutkimusselostus testi 4, vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10. 30.12.2020.

Mitta Oy 2020f. Laboratoriopalvelut. Tutkimusselostus testi 5, vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10. 30.12.2020.

Mitta Oy 2020g. Laboratoriopalvelut. Tutkimusselostustesti 6, vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10. 30.12.2020.

Murske.net 2021. Sepeli – kapillaarikatkosepeli - raidesepeli – hiekoitussepeli. Hakupäivä 6.5.2021. <https://www.murske.net/tuotteet/sepeli-kapillaarikatkosepeli-raidesepeli-hiekoitussepeli/>.

Neva, Tomi 2013. Salaojamattojen käyttökokemuksia Suomessa. Kaitos Oy. IGS-teemapäivät 11.3.2013. Hakupäivä 8.5.2021. <https://geosynt.files.wordpress.com/2013/04/salaojamattojen-kc3a4yttc3b6kokemuksia-suomessa.pdf>.

Omataloyhtiö.fi 2021. Mitä on kapillaarinen kosteus? Miten siitä aiheutuvat ongelmat korjataan? Hakupäivä 2.5.2021. https://www.omataloyhtio.fi/artikkelit/18282/kapillaarinen_kosteus_safedrying.htm.

Oulun kaupungin rakennusvalvonta 2018. Omakotitalon aloituskokous hoksautuslista, versio 14.8.2018. Hakupäivä 21.4.2021. <https://www.ouka.fi/documents/486338/534856/Pientalon+hoksautuslista.pdf/c0e7acd3-a6d4-4913-aeba-9ac2f759e48f>.

Pursiainen, Teemu 2018. Kosteudenhallinta – Kapillaarinen vedennousu. Kosteudenhallinta – Kapillaarinen vedennousu. Kosteusmittaus.fi. Hakupäivä 2.5.2021. <https://kosteus-mittaus.fi/kosteudenhallinta-kapillaarinen-vedennousu/>.

Rafnet-ryhmä 2019. Oppimateriaali teoriaosan osio 7 (kosteus), sivut 14–15. ©Rafnet-ryhmä 09.09.19. Oppitunti materiaali. Hakupäivä 2.5.2021

Rakennusfakta.fi 2015. Megadrain- ja dc-salaojamatot. Hakupäivä 8.5.2021. <https://www.rakennusfakta.fi/megadrain-ja-dc-salaojamatot-85849/uutiset.html>.

Rakennustieto Oy 2010. MaaRYL2010.

Rakennustieto Oy 2021. RTtuotetieto Enkadrain-salaojamatto 5004C/2s/T110PP. Hakupäivä 8.5.2021. <https://www.rttuotetieto.fi/157767-enkadrain-salaojamatto-5004c-2s-t110pp-1021121.html>.

Rakentaja.fi 2013. Soraa, hiekkaa, mursketta ja sepeliä Rudukselta. Hakupäivä 6.5.2021. https://www.rakentaja.fi/artikkelit/8173/laaja_valikoima_kiviaineksia.htm.

RT 38570 2014. Enkadrain-salaojamatto. Kaitos Oy. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 8.5.2021. <https://www.geosynt.fi/wp-content/uploads/2017/06/38570-RT-kortti-Enkadrain.pdf>.

RT 81–11000 2010. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Rakennustieto Oy.

Rudus Oy 2021a. Oikeat kiviainekset sokkelin sisätäyttöön. Hakupäivä 2.5.2021. <https://www.rudus.fi/kotipolku/perustukset-ja-runkotyot/tolkkaa-tuotevalintaan/oikeat-kiviainekset-sokkelin-sisatayttoon>.

Rudus Oy 2021b. Opas kiviainesten asentamiseen. Hakupäivä 6.5.2021. <https://www.rudus.fi/kotipolku/maanrakennus/kiven-kayttovinkkejaa/opus-kiviainesten-asentamiseen>.

Safedrying.fi 2021. Kapillaarinen kosteus. Hakupäivä 2.5.2021. <https://www.safedrying.fi/kapillaarinen-kosteus>.

SFS-EN 1097-10 2016 Kiviainesten mekaanisten ja fysikaalisten ominaisuuksien testaus osa 10: Vedenimeytymiskorkeus. Suomen standardisoimisliitto SFS ry. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/400482.html.stx>. (vaatii tunnukset).

Sisäilmayhdistys ry 2008. Kosteuden siirtyminen. Hakupäivä 2.5.2021. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>.

Suomela.fi 2021. Omakotitalon salaojitus ja sadevesijärjestelmä – toimintaperiaate. Hakupäivä 2.5.2021. <https://www.suomela.fi/salaojitus-ja-sadevesijarjestelma-periaate>.

Testisuunnitelma.pdf 2020. sähköposti viesti, asianosaisten kesken. 26.10.2020 ja 27.11.2020

Viacon Oy 2021. Salaojamatto. Hakupäivä 8.5.2021 <https://www.viacon.fi/tuote/salaojamatto/>.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2017. Hakupäivä 2.5.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>.