



Hius- ja muu orgaaninen kuitu muovin korvaajana viherkatoissa

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Rakennettu ympäristö, hortonomi

kevät 2019

Risto Hämäläinen

Rakennetun ympäristön koulutusohjelma

Tekijä Risto Hämäläinen

Työn nimi Hius- ja muu orgaaninen kuitu muovin korvaajana viherkatoissa

Ohjaaja Outi Tahvonen

Tiivistelmä

Vuosi 2023

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan Rakennusbetoni- ja elementti Oy:n toimeksiannosta karva- ja hiusmateriaalista huovuttamalla tehdyn maton käyttömahdollisuuksista viherkaton salaojituserroksessa. Nykyisillä muovittomilla materiaaleilla ongelma syntyy etenkin alkukeväästä, kun katoilla oleva lumi sulaa ilman lämmitettä ja jäätyy taas viiletessä, jolloin kattojen kaivot tukkiutuvat jäädästä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa selvitetään yleisesti viherkattojen tarpeellisuutta lisääntyvän rakentamisen keskellä, vertaillaan eri viherkattotoimijoiden ohjeistuksia ja vaihtoehtoja materiaalien, rakenteiden kuin muiden käytäntöjen osalta. Työssä käytettiin tietoperustana pääasiallisesti saksalaisen viheralueiden kehittämiseen ja suunnitteluun erikoistuneen yhdistyksen FLL:n ohjeita viherkatoille ja suomalaisen Rakennustietosäätiön RT-kortteja yhdessä muiden yksittäisten lähteiden kanssa

Opinnäytetyön tutkimus suoritettiin Lepaan kampuksen laboratoriossa ja siinä selvitettiin huovutetun karva- ja hiusmaton soveltuvuutta viherkaton salaojituserrokseen. Kokeissa testattiin mm. maton vedenpidätyskykyä, veden suotautumisnopeutta sekä maton käyttäytymistä paineen alla ja jäädytettynä. Lisäksi tutkimuksessa testattiin kerrospaksuuksien ja karvahiussuhteen vaikutusta maton ominaisuuksiin. Opinnäytetyön tutkimuksen perusteella materiaali ei kuitenkaan sellaisenaan sovi viherkaton salaojituserrokseen

Avainsanat Viherkatto, ympäristörakentaminen, viherrakentaminen, salaojitus

Sivut 36 sivua

Degree Program in Landscape Design and Construction

Author Risto Hämäläinen

Subject Hair and others organic fiber materials replacing plastic on green roofs.

Supervisors Outi Tahvonen

Abstract

Year 2023

This thesis examines the possibilities of using a felted hair carpet on the commission of Rakennusbetoni- ja elementti Oy in the drainage layer of a green roof. With current plastic-free materials, the problem occurs especially in early spring, when the snow and ice on the roofs melts when the air warms up and freezes again when it cools down, causing the drainages on the roofs to become blocked with ice.

In the theory part of this thesis, the necessity of green roofs at generally is investigated at the time of increasing urban construction. Also, the differences in the guidelines and alternative in materials and structural layers of green roof operators are investigated. The work mainly uses the guidelines for green roofs from FLL, a German association specializing in the development and planning of green areas, and RT-card from the Finnish Rakennustietosäätiö's together with other individual sources.

The research of the thesis was mostly made in the laboratory of the Lepaa campus and it investigated the suitability of the felted hair carpet as the solution for the drainage layer of the green roof. The experiments tested water retention capacity of the carpet, the rate of water percolation and the behavior of the hair carpet when frozen and when it's frozen under realistic pressure. The study also tested effects of layer thicknesses and ratio of the different hairs in the carpet. Based on the research of this thesis, this hair carpet material is not suitable for the drainage layer of a green roof, at least in the way it's now tested.

Keywords Green roofs, environmental construction, green construction, drainage

Pages 36 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Viherkatto.....	3
2.1	Viherkattotyypit.....	5
2.2	Viherkattojen kasvillisuustyypit.....	6
2.3	Viherkattorakenteet	8
2.3.1	Kantavat rakenteet.....	10
2.3.2	Kaltevuudet.....	11
2.3.3	Vedeneristeet.....	11
2.3.4	Juurisuojaus.....	13
2.3.5	Lämmöneriste	13
2.3.6	Salaojitus	14
3	Vertailtavat materiaalit	15
4	Laboratorion menetelmät.....	17
5	Tulokset	22
5.1	Imukyvyn silmämääräinen arviointi.....	22
5.2	Vedenpidätyskoe materiaaleittain.....	22
5.3	Vedenpidätyskoe kerrospaksuuksilla.	25
5.4	Veden suotautumiskoe jäädytetyssä ja kallistetussa materiaalissa.	28
5.5	Veden suotautumiskoe paineen alla jäädytetyllä ja kallistetulla materiaalilla.	30
6	Pohdinta ja johtopäätelmät	32
	Lähteet.....	34

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Kattopuutarha (Kuva- EG-Trdaing Oy, n.d.).....	2
Kuva 2. Maksaruohokatto (Kuva: Plantagen, n.d.).....	2
Kuva 3. Viherkattotyyppien 1–4 kasvualustapaksuudet:	8
Kuva 4. Kerabitin viherkattorakenne. Maksaruohokatto, katosrakenteet, ulkopuolinen vedenpoisto, kasvualustana multa, kaltevuus 1:10...1:50 (Kuva: Kerabit.fi, n.d.).....	9

Kuva 5. Rakennusbetoni ja -elementti Oy:n esimerkki viherkattorakenteista. (Kuva: Rakennusbetoni ja -elementti Oy, n.d.)	10
Kuva 6. Kaltevuuksien havainnollistamista (Kuva: RT-85 11203)	11
Kuva 7. hyväksytyt vedeneristysratkaisut. (Kuva: RT-85-11205)	12
Kuva 8 Salaojituksessa käytettävää patolevyä. Kuppimanen rakenne toimii vesivarastona (Kuva: Rakennusbetoni- ja elementti).....	14
Kuva 9. Pohjoismaiden ensimmäinen hiuskuitumattojen huovutuskone. (Kuva: Biotalous.fi)	16
Kuva 10. Huovutettua karvahiusmattoa 70/30 ja 50/50 suhteella. (Kuva: Risto Hämäläinen)	17
Kuva 11. Kuiva matto hylkii vettä. (Kuva: Risto Hämäläinen).....	18
Kuva 12. Matot valumassa ritilän päällä. (Kuva: Risto Hämäläinen)	20
Kuva 13. Pakastettu matto kallistettuna. (Kuva: Risto Hämäläinen).....	21
Kuva 14 Paineen alla pakastettu matto. (Kuva: Risto Hämäläinen)	22
Kuva 15. Vedenpidätyskoe 90/10 materiaalilla (Kuva: Risto Hämäläinen).....	23
Kuva 16. Vedenpidätyskoe 70/30 materiaalilla (Kuva: Risto Hämäläinen).....	23
Kuva 17. Vedenpidätyskoe 50/50 materiaalilla (Kuva: Risto Hämäläinen).....	24
Kuva 18. Vedenpidätyskokeen tulokset kaikilla materiaaleilla. (Kuva: Risto Hämäläinen)	24
Kuva 19. Vedenpidätyskokeen tuloksien yhteenveto. Kaikkien materiaalien muodostama keskiarvo keskivirhepalkilla. (Kuva: Risto Hämäläinen).....	25
Kuva 20. Vedenpidätyskokeen tulokset 90/10 materiaalilla kahdella kerroksella. (Kuva: Risto Hämäläinen)	26

Kuva 21. Vedenpidätyskokeen tulokset 90/10 materiaalilla kolmella kerroksella. (Kuva: Risto Hämäläinen)	26
Kuva 22. Vedenpidätyskokeen tulokset 90/10 materiaalilla kuudella kerroksella. (Kuva: Risto Hämäläinen)	27
Kuva 23. Vedenpidätyskokeiden tulokset 90/10 materiaalilla kaikilla kerrospaksuuksilla. (Kuva: Risto Hämäläinen).....	27
Kuva 24. kerrospaksuuksien mukaan tehdyn vedenpidätyskokeen tuloksien yhteenveto. Kaikkien kerrospaksuuskokeiden muodostama keskiarvo keskivirhepalkilla. (Kuva: Risto Hämäläinen)	28
Kuva 25. Veden suotautumiskoe jäädytetyssä ja kallistetussa materiaalissa. Viimeisellä veden syöttökerralla vesi valui suoraan materiaalin läpi. (Kuva: Risto Hämäläinen)....	29
Kuva 26. Veden suotautumiskokeen aikaisia painomittauksia. Materiaali alkoi sulaessaan imemään vettä, mutta loppua kohden sulavan materiaalin kokonaispaino alkoi putoamaan. (Kuva: Risto Hämäläinen).....	29
Kuva 27. Veden suotautumiskoe jäädytetyssä materiaalissa. Painomittausta keskiarvojen mukaan. (Kuva: Risto Hämäläinen).....	30
Kuva 28. Veden suotautumiskoe paineen alla jäädytetyllä ja kallistetulla materiaalilla. Kahden ja kolmen kerroksen materiaaleista vesi valui ensimmäisen sulamisen jälkeen lähes suoraan läpi. (Kuva: Risto Hämäläinen)	31
Kuva 29. Veden suotautumiskoe paineen alla jäädytetyllä ja kallistetulla materiaalilla. (Kuva: Risto Hämäläinen)	31
Kuva 30 . Veden suotautumiskoe jäädytetyssä ja kallistetussa materiaalissa. Painomittausta kaikkien kerrospaksuuksien keskiarvojen mukaan. (Kuva: Risto Hämäläinen)	32

1 Johdanto

Ilmastonmuutos vaikuttaa meihin kaikkiin ja sen mukana syntyvät ongelmat tulevat lisääntymään. Väestön kasvava määrä sekä keskittyminen kaupunkeihin vaatii muutoksia nykyiseen kaupunkirakentamiseen. Kaupunkirakentaminen tiivistyy ja sen seurauksena vähenevät myös imeyttämiseen soveltuvien maa-alueiden eli vettä läpäisevien pintojen alat. Tämä yhdessä ilmastonmuutoksesta johtuvien lisääntyvien rankkasateiden vuoksi aiheuttaa hulevesijärjestelmien kuormitushuippuja ja lisää kaupunkitulvien riskiä. Helleaallot lisääntyvät maapallon lämpenemisen johdosta ja lämpösaarekeilmiöt (Urban heat island) nostavat kaupunkien lämpötiloja verrattuna ympäröivään maaseutuun jopa kymmenellä asteella. (Turun yliopisto. 2014)

Viherkatot ovat meille yksi keino lisää, jonka avulla voimme sopeutua ilmastonmuutokseen tuomiin haasteisiin. Viherkattojen lisääntyvällä rakentamisella saavutetaan monenlaisia hyötyjä, ja nykyaikaisella viherkattorakentamisella saavutetaan suorien ekologisten hyötyjen lisäksi niin taloudellista kannattavuutta kuin henkistä hyvinvointiakin. Viherkattoja voidaan rakentaa lähes kaikille katoille ja niiden ominaisuuksia voidaan soveltaa kerros- ja kasvivalinnoilla aina suurista kattopuutarhoista kevyisiin maksaruohokattoihin. (Viherkatot Helsingissä - kustannushyötyanalyysi)

Viherkattojen historia on pitkä ja ulottuu ajassa aina tuhansia vuosia taaksepäin, mutta silti vasta viime vuosikymmeninä niiden suosio on lähtenyt nousuun. Tästä suosiosta kertoo karkea esimerkki: Googlen hakukoneessa tapahtunut muutos hakujen määrissä termillä ”Green roof”. Lokakuussa 2010 haku tuotti noin 800 000 osumaa, 2013 elokuussa noin 9 000 000 osumaa, ja toukokuussa vuonna 2023 noin 1 040 000 000 osumaa. (Google, 2023) Vaikka viherkattoja on ollut siis käytössä jo pitkään, tutkimukset viherkattojen parissa alkoi vasta 1970-luvulla Saksassa. Saksan perässä myös muu Eurooppa alkoi lisätä viherkattorakentamista.

Viherkatto on yksinkertaistettuna katto, katos tai muu vastaava rakenne, jonka päällä on rakennettu viheralue ja viheralueen edellyttämät alusrakenteet. Yleisemmin viherkaton rakennekerrokseen kuuluu varsinainen kattorakenne, vedeneristyskerros, juurisuojaus, salaojakerros, vedenpidätyskerros, kasvualusta sekä kasvillisuus. Viherkattojen rakenteisiin vaikuttaa viherkattojen kasvillisuus sekä käyttötarkoitus, ne voivat vaihdella kokonaisesta kattopuutarhasta, (kuva 1) vaatimattomaan maksaruohokattoon. (Kuva 2) (NORMEJA VIHHERKATOILLE – PERUSTEITA KEHITTÄMISEEN, 2014, ss. 5–10)

Kuva 1. Kattopuutarha (Kuva- EG-Trdaing Oy, n.d.).



Kuva 2. Maksaruohokatto (Kuva: Plantagen, n.d.).



Tässä opinnäytetyössä selvitetään huovutetun karvahiusmaton ominaisuuksia erityisesti veden johtavuuden osalta, kun se altistetaan erilaisille koeolosuhteille. Testit kuvastavat hallittuja olosuhteita tilanteista, joissa viherkaton salaojituserros käytännössä toimii. Normaalisti ongelma syntyy, kun erityisesti keväällä lumi sulaa katolta auringon lämmittäessä, ja uudestaan jäätyy ilman kylmetessä aiheuttaen tukoksia ränniviemäriin. Huovutettu materiaali testattiin vedenpidätyksen ja veden läpäisykyvyn osalta, ja lisäksi olosuhteita muutettiin kallistamalla, pakastamalla ja lisäämällä painetta koepalojen päälle vastaamaan realistista tilannetta. Soveltuuko huovutettu karvahiusmatto käytettäväksi viherkaton salaojituserroksessa korvaamaan nykyisin yleensä muovia sisältäviä salaojakennoja tai epätasalaatuisia salaojavaihtoehtoja kuten soraa tai vaahtolasia? Soralla ja muilla epätasalaatuisilla materiaaleilla vesitilan rajallisuus voi aiheuttaa esimerkiksi veden kerääntymistä ja tätä kautta aiheuttaa pakkasella pintakerrosten vaurioitumista ja kasvien jäätymistä ohuissa kasvualustakerroksissa, sopiiko karvahiusmatto tämän kaltaisiin olosuhteisiin (Delta, n.d.)? Lisäksi opinnäytetyössä selvitetään, onko materiaali ominaisuuksiltaan sellaista, että sitä voi käyttää viherkaton salaojituksissa taloudellisesti kannattavilla kerrospaksuuksilla?

2 Viherkatto

Viherkattojen rakentaminen on lisääntynyt 2000- luvulla, ja niiden rakentaminen tulee lisääntymään entisestään. Suuremmat kaupungit ovat alkaneet tuottamaan omia linjauksia viherkattojen lisäämisen edistämiseksi. Helsingin kaupungilla on käytössä viherkattostrategia, jossa on viisi strategista linjausta. Linjaukset edistävät viherkattojen rakentamista mm. asemakaavoituksen, tontinluovutuksen ja viherkattojen koerakentamisien avulla. Uudisrakennusten osalta, joissa kattokulma on alle 20 astetta, täytyy viherkaton olla kaavoituksessa ja suunnittelussa ensisijaisesti tutkittava vaihtoehto, ja lisäksi kylmissä katoksissa tulee aina ensisijaisesti olla viherkatto. Monimuotoisuuden osalta Helsingin strategiassa viherkatoilla pyritään kasvillisuuden monipuolisuuteen ja suositaan paikallista alkuperää olevia kasveja ja kasvualustoja. Ympäristövastuullisuutta on lisätty mm, resurssitehokkaiden materiaalien käytöllä viherkattorakenteissa. Näiden lisäksi Helsinki on linjannut viherkattojen edistämistä kaupungin henkilöstön koulutuksella, viherkattojen hyötyjen tiedonjakamisella sekä erilaisilla koerakentamis- ja tutustumiskohteilla. (Helsingin kaupunki, 2016) Tampereen kaupunki on laatimassa viherkattolinjausta, jossa ilmaistaan Tampereen tahtotilaa ja keinoja viherkattojen lisäämiseksi kaupungissa. Tampereen kaupungin linjaukset sisältävät muun muassa ohjauskeinoja kaavoituksen kautta sekä viherkattojen edistämistä kaupungin omissa rakennushankkeissa. (Tampereen kaupunki, 2023)

Viherkattojen rakentamiseen on monia erilaisia perusteita, jotka myös tukevat toisiaan. Yhä tiivistyvässä kaupunkirakentamisessa viherkatot auttavat sade- ja sulamisvesien lisääntyvien määrien hallitsemisessa sitomalla, viivästyttämällä ja haihduttamalla. Viherkatot vaimentavat kasvavia meluhaittoja sekä luovat viileämpiä pienilmastoja kaupunkiin jo valmiiksi lämpenevässä ilmastossamme. Toisaalta viherkatot suojaavat kattorakenteiden vedeneristyskerroksia auringon uv-säteilyltä sekä hillitsevät lämpötilavaihteluita. Viherkatot sitovat pienhiukkasia ilmasta sekä edistää monimuotoisuutta tiivistyvän kaupunkirakentamisen ongelmakohdissa luoden ekosysteemipalveluita. Viherkattoja voidaan rakentaa esteettisistä syistä, ne lisäävät kaupunkilaisten hyvinvointia sekä lisäävät kaupunkien yleistä viihtyisyyttä. (RT 85-11203)

Kasvillisuuden näkökulmasta katot ovat yleensä erittäin vaativia paikkoja menestyä niihin kohdistuvien olosuhteiden, kuten kuivuuden, paahteen, tuulisuuden ja pakkasen vaikutuksien vuoksi. Kattoja voidaankin verrata kasvuolosuhteiltaan usein esimerkiksi avoimiin ja paahteisiin kivikkoihin ja kallioihin. Viherkatot voivat sijaita esimerkiksi parvekelippojen alla,

jolloin kattokielekkeet saattavat olla jatkuvan varjon alla. Tämä estää valon ja lämmön osumisen viherkaton ja voimistaa muun muassa jään aiheuttamia häiriöitä. (RT 85-11204)

Viherkatot jaetaan viherkattotyyppisiin riippuen viherkaton käyttötarkoituksesta sekä rakenteellisten tekijöiden ja ekologisten tekijöiden, kuten kasvivalintojen perusteella. Viherkatot tyypeistä puhuttaessa käytetään useimmiten jakoa kolmeen perustyyppiin, intensiivisiin, puoli-intensiivisiin ja ekstensiivisiin viherkatotyyppiin, mutta käytännössä jako ei ole niin yksiselitteinen. Eri toimijoiden lanseeraamat termit ja käyttötarkoitukset jakavat viherkatot useampiin ryhmiin ja variaatioihin. Esimerkkejä variaatioista ovat erilaiset hybridimallit, joissa viherkaton asennetaan ylimääräisiä rakenteellisia muutoksia vaativia osia, kuten aurinkopaneeleita. Tässä opinnäytetyössä käytetään kolmea yleisintä viherkattotyyppiä. (Eg-trading.fi ZinCo – suunnitteluopas) (Greenroofguidelines_2018 FLL)

Tässä opinnäytetyössä katsotaan viherkatot ja niiden periaatteita pääasiallisesti saksalaisen viheralueiden kehittämiseen ja suunnitteluun erikoistuneen yhdistyksen, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) sekä suomalaisen Rakennustieto Oy:n julkaiseman RT-kortiston ohjeiden kautta.

FLL on vuonna 1975 perustettu maisemakehittämisen- ja suunnitteluun erikoistunut voitto tavoittelematon asiantuntijayhdistys. 1982 FLL julkaisi ohjeen ”Principles for green roofing”, jonka pohjalta 1990 kehitetty, julkaistu ja useaan otteeseen päivitetty ”Green Roof Guidelines – Guidelines for the planning, Construction and maintenance of Green roofs” on tänä päivänä tunnustettu yhtenä tärkeimpänä viherkatotyyppien ohjeiden perustana ja sitä käytetään maailmalla jopa kansallisten rakennusmääräysten kehittämisen pohjana. FLL poiketen monista muista toimijoista, jotka ovat tuoneet viherkattorakentamisen ohjeita saataville, ei tuota itse materiaaleja, vaan on alan puolueeton tekijä. (FLL, n.d.) Laajan hyväksynnän ja puolueettomuutensa vuoksi FLL:n ohjeet ja näkökulmat on otettu vertailuksi ja esimerkeiksi opinnäytetyön muihin ohjeisiin.

Rakennustietosäätiö on suomalainen, rakennusalan puolueeton toimija sekä Rakennustiedon omistajayhteisö. Rakennustietosäätiö vastaa yhteisön rakennusalaan liittyvistä tutkimus- ja kehitystoiminnasta ja ylläpitää yhteiskuntasuhteita. Rakennustietosäätiön toiminnasta vastaa sen hallitus sekä edustajisto, johon kuuluu koko rakennus- ja kiinteistöala 56:n järjestön ja yhteisön kautta. Rakennustietosäätiö harjoittaa alansa tietopalvelutoimintaa sekä hankkii suunnitteluohjeilleen mahdollisimman laajasti hyväksyntää eri osapuolien kesken. Rakennustieto Oy on Rakennustietosäätiön RTS sr:n omistuksessa ja sen tarkoitus on edistää hyvää rakennustapaa. Rakennustieto Oy toimii

kiinteistö- ja rakennusalan tiedon tuottajana ja välittäjänä, suunnittelusta ylläpitoon.
(Rakennustietosäätiö, n.d.)

2.1 Viherkattotyypit

FLL jakaa viherkatot kolmeen eri tyyppiin riippuen katon käyttötarkoituksesta, rakennetekijöistä sekä rakentamisen työtavoista. Edellä mainitut tekijät vaikuttavat vahvasti viherkaton kasvivalintoihin sekä siihen miltä kasvillisuus valmiilla viherkatolla tulee näyttämään. Viherkattotyypit sisältävät keskenään erilaisia kasvillisuusvaihtoehtoja, jotka sisältävät erilaisiin olosuhteisiin ja sijainteihin sopivia kasveja. Näiden valintojen mukaan viherkatot pystytään selvästi jakamaan seuraaviin vaihtoehtoihin. FLL: n määrittämät kolme viherkattotyyppiä ovat intensiivinen viherkatto, yksinkertainen intensiivinen viherkatto sekä ekstensiivinen viherkatto.

FLL: n määritelmän mukaan intensiivinen viherkatto sisältää perennoita, erilaisia ruohoja, kukkasipuleita, kesäkukkia, pensaita sekä mahdollisesti myös puita ja nurmialueita. Intensiiviset viherkatot voivat olla tasapohjaisia tai sisältää korkeuseroja. Intensiiviset viherkatot voivat olla myös kokonaan rakennettua viheraluetta. Intensiiviset viherkatot ovat verrattavissa käyttö- ja suunnittelumahdollisuuksiltaan avoimeen maan tasalla olevaan ulkotilaan. Intensiivisen viherkaton kasvillisuudella on usein korkeat vaatimukset niin kasvualustojen ja rakennekerroksien, kuin ylläpidonkin suhteen. Intensiivinen viherkatto vaatiikin intensiivistä hoitoa etenkin riittävän veden ja ravinteiden saamisen suhteen.

Puoli-intensiivisten viherkattojen kasvillisuus muodostuu FLL: n ohjeiden mukaan maanpeittokasveista, ruohoista, perennoista ja pensaista. Sopivien kasvilajien määrä on huomattavasti suppeampi kuin intensiivisillä viherkatoilla, koska puoli-intensiivisiin viherkattoihin sopivien kasvien täytyy olla ominaisuuksiltaan vaatimattomampia veden ja ravinteiden saamisen osalta. Puoli-intensiivinen viherkatto on muutoin olosuhteiltaan yhdenvertaista, intensiivistä viherkattoa edullisempi rakentaa sekä sen ylläpitämiseen vaadittavat kulut ovat pienemmät, johtuen vähäisemmästä hoidon tarpeesta. Joissakin tapauksissa, riippuen viherkaton tarkoituksesta, puoli-intensiivisissä viherkatoissa voidaan hyväksyä pieniä määriä rikkakasvillisuutta ja sammalta.

Ekstensiivisten viherkattojen tarkoitus on muistuttaa luonnollisesti kasvavaa, dynaamisesti elävää omavaraista viheraluetta. Kasvivalintoina käytetään äärimmäisiä olosuhteita sietäviä, nopeasti uusiutuvia kasveja. FLL: n ohjeiden mukaan ekstensiivisillä viherkatoilla tulisi

käyttää Keski- Eurooppalaista alkuperää olevia tai alueelle tyypillisiä, ominaisuuksiltaan sopivia kasvivalintoja.

Ekstensiivisen viherkaton perusideana on saada kasvillisuus kasvamaan, alueen luonnollista kasvillisuutta hyödyntämällä, mahdollisimman nopeasti itseään ylläpitäväksi systeemiksi. (FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.– 2018 edition. Green Roof Guidelines – Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofs. 2018.)

2.2 Viherkattojen kasvillisuustyypit

Rakennustietosäätiöllä on viherkatoista kolmen ohjekortin sarja, joissa käsitellään viherkattojen kasvillisuutta ja tyyppejä, rakenteita, rakentamista ja muita teknisiä ratkaisuita sekä muita ohjeellisia tietoja ja viherkaton periaatteita. Viherkattojen eri tyyppejä käsittelevässä RT-Kortissa viherkatot jaetaan kasvillisuuden perusteella kasvillisuustyyppeihin, joissa viherkattotyyppin nimi kuvastaa selkeästi kasvillisuuden olemusta. Kasvillisuustyyppin valintaan vaikuttaa erityisesti kattorakenne, jolle viherkattoa ollaan suunnittelemassa.

Jokaisen kasvillisuustyyppin kasvivalinnoissa käytetään monimuotoisuutta tukevia, suunnittelun yleisiä reunaehtoja noudattavia sekä ylläpidon kannalta järkeviä vaihtoehtoja. Näiden osalta kasvivalintoihin vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi kaavamääräykset, hulevesien pidätys- ja viivytyksvaatimukset, viherkattojen käyttötarkoitukset ja tavoitteet, katon kasvuolosuhteet. Myös Rakennustietosäätiön ohjeissa painotetaan suosimaan erityisesti kestäviä, kotimaisia lajeja ja lajikkeita. Näihin kuuluvat esimerkiksi luonnonkasvien lisäksi jatkuvasti laajeneva valikoima FinE-kasveja. Koska tuuli ja linnut ovat merkittäviä siementenlevittäjiä ei haitallisia vieraslajeja tule käyttää kattokasvillisuutta valittaessa, lisäksi kasvualustahankinnoissa täytyy olla varmuus kasvualustan puhtaudesta haitallisten vieraslajien osalta. Rakennustietosäätiö jakaa viherkatot kasvillisuustyyppien mukaan maksaruoho-, niitty/keto-, ja heinäkattoihin sekä katto- ja kansipuutarhoihin. (RT 85-11204, 2016)

Maksaruohokatoilla nimensä mukaisesti käytetään vallitsevina lajeina erilaisia maksaruohoja ja muita vastaavissa olosuhteissa menestyviä lajeja, kuten erilaisia ajuruohoja, neilikoita ja kalliokasvilajeja. Maksaruohot ovat paahteisten paikkojen kivikkokasveja, joten ne

menestyvät hyvin kuumissa ja kuivissa katto-olosuhteissa. Maksaruohokattojen kasvivalinnojen vuoksi ne eivät tarvitse syvää kasvualustaa, ohjeistus onkin vain 60 mm – 80 mm (Kuva 3) olosuhteista ja kasveista riippuen. Koska kasvualustaa on vain vähän, myös rakenteiden paino pysyy kevyempänä kuin muissa kattotyypeissä, jolloin niiden kantavien rakenteiden vaatimukset pysyvät maltillisempina. Maksaruohokatot pärjäävät hyvin pienellä hoidolla, ja ne luetaan lähes poikkeuksetta ekstensiivisiksi viherkatoiksi.

Niitty/ketokattojen kasvillisuus muodostuu pääpainoisesti kuivan ja paahtaisen ketokasveista, mutta kasvillisuuden valinnassa otetaan huomioon katon valo- ja vesiolosuhteet, varjoiselle niittykatolle valitaan varjon ja puolivarjon kasveja. Koska niitty/ketokattojen kasvualustapaksuus pysyy suhteellisen ohuena, 150 mm ja 200 mm (Kuva 3) välillä suositaan myös varjoisilla katoilla kuivuutta kestäviä lajeja. Niitty/ketokatot luokitellaan usein puoli-intensiivisiksi viherkatoiksi, ja ne tarvitsevat vähän enemmän hoitoa kuin maksaruohokatot.

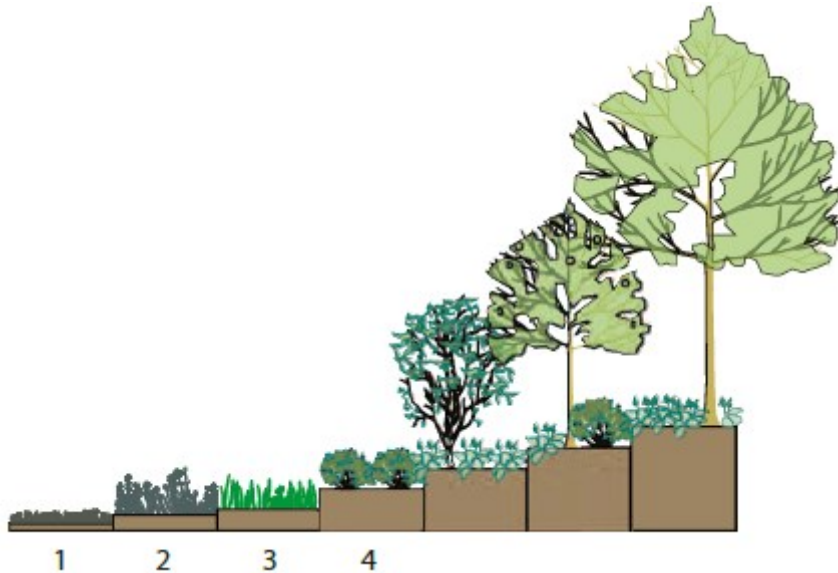
Heinäkattot Rakennustietosäätiö jakaa kahteen alaryhmään, nurmiruohokattoihin ja koristeheinäkattoihin. Heinäkattojen kasvivalinnoissa suositaan kuivuutta kestäviä, matalaksi jääviä heinälajeja, kuten kylänurmikkaa, lampaannataa, punanataa tai nurmirölliä. Heinäkattojen kasvialusta on hieman niitty/ketokattoa syvämpi ja ohjeellinen arvo on 200 mm - 300 mm (Kuva3). Heinäkattot luokitellaan yleensä puoli-intensiivisiksi viherkatoiksi

Katto- ja kansipuutarhat ovat intensiivisiä viherkattoja ja ne vaativat lähes aina säännöllistä hoitoa. Kasvivalinnoiltaan lähes normaaleita avoimia ulkotiloja vastaavissa katto- ja kansipuutarhoissa mahdollisuudet ovat laajat. Katto- ja kansipuutarhoissa voidaan käyttää kaikkien edellä mainittujen kasvillisuustyyppien kasvivalikoimia, ja lisäksi jos vain muut menestymiseen vaikuttavat tekijät ja rakenteet sen sallivat myös puita, pensaita ja hyötykasveja. Näiden lisäksi myös varpukasveja ja sammallajeja voidaan käyttää. Kasvialustasyvyytenä käytetään suunnitelluista kasvilajivalinnoista riippuen 200 mm – 1000 mm (Kuva3) (RT 85-11204, 2016).

Sammalkatot ovat Suomessa vielä harvinaisempia ja niiden osalta ei esimerkiksi rakennustietosäätiöltä ohjeistusta ole kirjoitettu. Joitakin kaupallistettuja sammalkattotuotteita kuitenkin löytyy, esimerkkinä Rakennusbetoni- ja elementin Ako roof - sammalkatto. Ako roof - Sammalkatossa kasvillisuutena käytetään erilaisia luonnosta kerättyjä sammallajeja. Sammalkaton suositeltu kaltevuus on 1:50–1:2, ja kerrospaksuus vain 20 mm – 40 mm (Rakennusbetoni- ja elementti Oy, n.d.)

Kuva 3. Viherkattotyyppien 1–4 kasvualustapaksuudet:

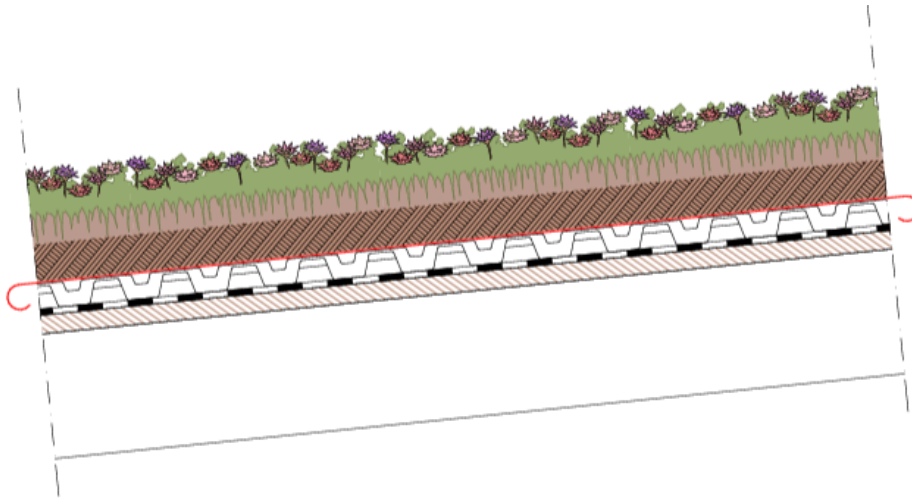
1. maksaruohokatto 60 mm - 80 mm
2. niitty/ketokatto 150 mm - 200 mm
3. heinäkatto 200 mm - 300 mm
4. kattopuutarha 200 mm - 1000 mm kasvilajikohtaisten vaatimusten mukaan. (Kuva: RT-85-11204, 2016)



2.3 Viherkattorakenteet

Viherkaton ja siihen liittyvät muut rakenteet otetaan huomioon jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Suunnittelussa otetaan huomioon viherkaton kantavat alusrakenteet, soveltuvat kallistukset, vedeneristeet sekä siihen sopivat alusmateriaalit, juurisuojaus, salaojitukset, vedenpidätyskerrokset tarpeen mukaan sekä kasvillisuus yhteensopivineen kasvualustoineen (Kuvat 4 & 5). Jos viherkatto rakennetaan valmiin katon päälle, on tärkeää selvittää olemassa olevien rakenteiden sopivuus viherkatalle. Huomioitavat ominaisuudet ovat samoja, kun uusien rakennustenkin yhteyteen rakennetuissa viherkatoissa.









Kuva 4. Kerabitin viherkattorakenne. Maksaruohokatto, katosrakenteet, ulkopuolinen vedenpoisto, kasvialustana multa, kaltevuus 1:10...1:50 (Kuva: Kerabit.fi, n.d.)

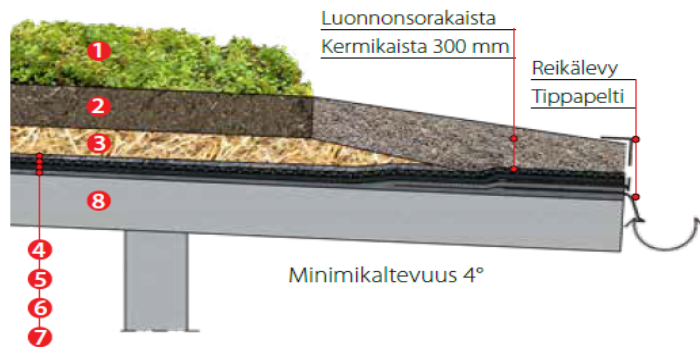


- Kerabit viherkattokasvillisuus, Semperegreen-maksaruohomatto (paksuus 20...40 mm)
- Maksaruohokattomulta tai vastaava, paksuus esim. 30...60 mm (painumavara huomioituna)
- Suodatinkangas, esim. N2
- Platon DE 25 salaojittava ja vettä varastoiva levy
- Vedeneristys VE80
 - Kerabit Juurisuojakermi, TL 2
 - Kerabit aluskermi TL 2 alustan mukaan, esim. Kerabit 3300 UTL / Kerabit 3200 UTL Fleece / Kerabit 3000 U
- Vedeneristysalusta, esimerkiksi raakaponttilaudoitus tai pontattu säänkestävä rakennuslevy
- Kantava alusrakenne rakennesuunnitelman mukaan

Mikäli rakenteessa on muu kuin ulkopuolinen vedenpoisto, tulee käyttää VE80R-vedeneristystä (2 x TL2 aluskermi + Juurisuojakermi TL 2).

Kuva 5. Rakennusbetoni ja -elementti Oy:n esimerkki viherkattorakenteista. (Kuva: Rakennusbetoni ja -elementti Oy, n.d.)

Viherkaton kerrokset ylhäältä alaspäin	Ominaisuudet	Tehtävä rakenteessa	Muuta	
	Keto- tai niittykasvillisuus Kasvillisuusvaihtoehdot: 1. esikasvatetut niittykasvimatot 2. pottitaimet ja siemenkylvö 3. siemenkylvö	Pottitaimien yleinen taimitiheys 0,35x 0,35 (8 kpl) m ² Siemeniä kylvetään n. 1000 kpl/m ² (niittykasvien siementen paino vaihtelee).	Kotimaiset niittykasvilajit (Suomen niityksiemen Oy) valitaan kasvualustan paksuuden ja katon valoisuuden mukaan.	
	AKO-roof kasvualusta Sisältää: • kompostimultaa • kevytsorabetonimurskaa • havupuun kuorta Paino 70-180 kg/m² Tilavuuspaino 952 g/l Irtotiheys 751 g/l pH 9,1 johtokyky 18,6 mS/m Kokonaishuokostilavuus 54 til-% Vesitilavuus 48 til-% Vesitilavuus (-10 cm) 5 til-%	Paksuus 8, 10 tai 15 cm kasvillisuustyypin mukaan Paino 70-180 kg/m² Tilavuuspaino 952 g/l Irtotiheys 751 g/l pH 9,1 johtokyky 18,6 mS/m Kokonaishuokostilavuus 54 til-% Vesitilavuus 48 til-% Vesitilavuus (-10 cm) 5 til-%	Rakenteeltaan pitkäikäinen, luovuttaa ravinteita hitaasti kasvien käyttöön.	Kasvualusta limittyy osittain alempana olevaan järviruokokerrokseen.
	AKO-roof järviruoko	Paksuus 5 - 10 cm	Järviruoko toimii ilmastoitavana, salaojittavana ja vesitilavuutta laajentavana kerroksena.	Järveltä talvella niitetty ja kuivana paalattu. Hitaasti haajoavana vapauttaa ravinteita vain vähän ja hitaasti.
	Vedenpidätysuopa	Vedensitomiskyky	Pidättää vettä	Valmistettu kierrätyskuidusta
	Salaojamatto / juurisuoja	Patolevy Icopal Fonda GreenExtra	Suojaa vedeneristettä ja mahdollistaa veden poistumisen.	Räystäskoukut ja räystäslävy (matto nostetaan räystäslävyyn päälle)
	Juurisuoja (loivat katot)	Icopal Graviflex juurisuojattu kumibitumikermi	Tarvittaessa voimakasjuurisille kasveille tai kun ei tiedetä tarkasti kattorakennetta.	
	Vedeneriste	Icopal Polar kumibitumikermit(t)	Vedeneristää viherkaton kattorakenteesta.	
	Kattorakenne	Vanha tai uusi kattorakenne, minimikaltevuus 4 ° Räystäsrakenne esim. • Reikälevy ja tippapelti • Kermikaista 300 mm • Luonnonsorakaista 300 mm.	Varmistettava kattorakenteen kantavuus.	Paloturvallisuus huomioidaan esim. luonnonsorakaistoin. Kaikki katon läpiviennit esim. sadevesikaivot suunnitellaan erikseen.



2.3.1 Kantavat rakenteet

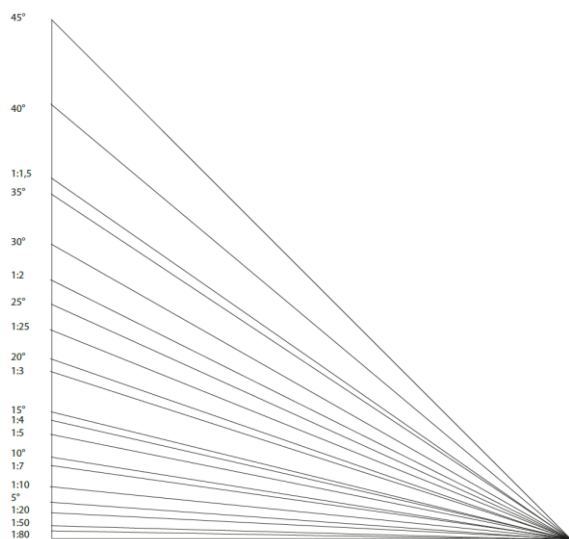
Viherkaton alapohjan rakenteiden, eli kantavien rakenteiden suunnittelussa täytyy huomioida kaikki viherkaton erityiset kuormat. Poikkeuksena normaaliin katon rakennekuormitukseen, viherkattoa kuormittaa viherrakenteiden asennuskuormat, viherrakenteiden kuiva- ja märkäpaino, viheralueiden hoitokuormat sekä mahdollisesti lisääntyneen liikenteen ja oleskelun aiheuttamat kuormat. Lumikuormat suunnitellaan kuormitusnormien mukaisesti,

jonka jälkeen niihin lisätään kasvien lunta sitova ja kasaava vaikutus. Muu mahdolliseen oleskeluun tarkoitettujen ja viihtyvyyttä lisäävien rakenteiden kuten pergoloiden, vesiaiheiden ja muiden katoksien pistekuormat huomioidaan myös suunnitellussa. Kantavien rakenteiden suunnittelussa otetaan huomioon kasvien sijoittelua suurempien istutusten, ja mahdollisten suurempien puiden kohdalla.

2.3.2 Kaltevuudet

Kaltevuuksien osalta viherkatot jaetaan teknisesti samalla jaottelulla loiviin ja jyrkkiin kattoihin, kuin perinteisissä katoissakin (Kuvat 6). Loivien katojen kaltevuus on 1:10...1:80 ja jyrkkien 1:10:stä sitä jyrkempiin kaltevuuksiin. Vaikka jakoperiaate onkin sama kuin kasvittomissa katoissa, kaltevuuksilla on erittäin suuri merkitys viherkatoilla kasvillisuuden menestymisen kannalta sekä myös rakenteellisista syistä. Yleisesti katsotaan, että sopivin kaltevuus viherkattorakenteille on 1:20 ja 1:50 välissä. Kaltevuudella ehkäistään kasvualustan vettymistä sekä seisovan veden määrää, kumpikaan näistä ominaisuuksista ei tue suurinta osaa viherkatoilla yleisesti käytettyjä kasvivalintoja.

Kuva 6. Kaltevuuksien havainnollistamista (Kuva: RT-85 11203)



2.3.3 Vedeneristeet

Vedeneristys on usein rakennuksen kannalta tärkein viherkaton rakenteista. Jos vedeneristyskerros pettää, sen seurauksena rakenne on yleensä aina korjattava välittömästi. Vedeneristyskerroksen korjaus vaatii kaikkien sen päällä olevien rakennekerroksien ja

kasvillisuuden poistamista. Tästä syystä viherkatoilla suositaan materiaaleja, joista on olemassa olevaa pitkäaikaista tietoa ja käyttökokemusta. Vedeneristyksen alapuolella olevien kerroksien täytyy kestää pitkäaikaista rasitusta ilman siihen syntyviä rakenteellisia muutoksia. Nämä muutokset voivat muun muassa rikkoa vedeneristyskerroksen, aiheuttaa veden liiallista lammikoitumista tai muuten estää veden riittävän poistumisen painautumien takia.

Kiinnitettävä vesieristemateriaali asennetaan huolellisesti koko eristettävältä alalta, jos se vain on mahdollista pohjarakenteen ja vedeneristemateriaalin puitteissa.

Viherkattorakenteissa ei saa käyttää normaaleilla katoilla hyväksytyjä yksikermikatteita, vaan kaikkien kermiratkaisujen tulee olla vähintään kaksikerroksisia. Kattojen kaltevuus vaikuttaa vedeneristyksen valintaan, ja eristyksen vaatimukset kiristyvät kaltevuuden loiventumisen suhteessa. RT- korteissa esitetään vaihtoehtoiksi Suomessa hyväksytyiksi viherkaton vedeneristysratkaisuksi seuraavan kuvan mukaisia vaihtoehtoja (Kuva 7).

Kuva 7. hyväksytyt vedeneristysratkaisut. (Kuva: RT-85-11205)

-SBS-kumibitumikermit - vähintään *taulukossa 2* esitetyt tuoteluokkayhdistelmät

Yksi- ja kaksikomponenttiset nestemäiset elastomeerit (yleensä esimerkiksi polyuretaanielastomeeri) vähintään 4 mm paksuna kerroksena siten, että kerrosvahvuus on alimmillaan 3,5 mm ja vähintään kahteen kertaan ruiskutettuna (noudatetaan soveltuvin osin SILKO hyväksyntämenettelyä tai vastaavaa).

Taulukko 2. Bitumikermien käyttöluokat ja suositeltavat kaltevuudet viherkatoilla. Käyttöluokan yhteydessä on esitetty vedeneristysratkaisuun liittyvät muut rakenteelliset vaatimukset käyttöluokkaan liittyen.

Käyttöluokka/katerakenne Kattorakenne on kuvattu alhaalta ylöspäin	VIHVE 10	VIHVE 20	VIHVE 89
TL2 +TL2	X		
TL3+TL1	X		
TL2+TL2+TL2	(X)	X	X*
TL2+TL2+TL1	(X)	X	X*
Muita rakenteellisia vaatimuksia	Tuoteluokiteltu kauttaaltaan kiinnitetty juurisuojakermi voi korvata toisen vedeneristyskermin	Tuoteluokiteltu kauttaaltaan kiinnitetty juurisuojakermi voi korvata kolmannen vedeneristyskermin	Lisäksi juurisuojaksi testattu tuote. Tuoteluokiteltu juurisuojakermi ei korvaa vedeneristekerrosta, mutta kauttaaltaan kiinnitettynä vedeneristeeseen lisää vedeneristyksen varmuutta.

x = Suositeltava katerakenne kussakin käyttöluokassa.

* = Vastaa raskaasti liikennöidyillä ja/tai myöhemmin vaikeasti korjattavilla pihakansilla käytettävää VE80R-katerakennetta.

Huom! Vedeneristeen välitön pinta salaojitetaan ja suojataan yhtenäisellä, salaojitusjärjestelmältään homogeenisella ja pinnaltaan tasaisella salaojituskerroksella, kuten salaojamatolla. Katon kaltevuuden ollessa 1:3 tai jyrkempi voidaan salaojamatto korvata riittävän kitkan omaavalla vettä pidättävällä suojamatolla, esimerkiksi polypropyleenikuitumatolla.

Lisäksi RT-korteissa kerrotaan toimivan, luotettavan ja pitkäikäisen viherkaton perusvaatimuksista. RT-kortin ohjeiden mukaan viherkaton katteen saumoineen täytyy pysyä erittäin vesitiiviinä myös vedenpaineen alaisena. Viherkaton vedeneristykseen käytetyistä tuotteista täytyy olla pitkäaikaista kokemusta Suomen olosuhteissa. Lisäksi

turvallisuuden vuoksi suositeltujen monikerrosratkaisujen täytyy olla riittävän elastisia, jotta ne palautuvat olosuhteista johtuvista muodonmuutoksista takaisin alkuperäisiin muotoihinsa. Vedeneristyskerroksen täytyy kestää ultraviolettisäteilyä, (UV-säteilyä) mikäli sitä ei suojata suojarakenteilla. (RT 85-11205)

2.3.4 Juurisuojaus

Tärkeänä viherkaton rakenneosana on juurieste. Juuriesteen tehtävänä on estää istutettujen, sekä luonnollisesti levinneiden katolla kasvavien kasvien juuria läpäisemästä vedeneristekerrosta. Juurisuojaus siis turvaa vedeneristyskerroksen kestävyttä, ja näin varmistaa sen toimivuuden koko teknisen käyttöajan. Juuriesteet voivat olla joko rullana levitettäviä kalvomaisia kermipinnoitteita tai nestemäisesti levitettäviä kemiallisia pinnoitteita. Kalvomaiset. Kalvoimaisten, fyysisten pinnoitteiden materiaalina käytetään usein kumibitumia tai muuta vastaavaa tiheärakenteista muovia. Kemiallinen juurisuojaus on usein osana vedeneristekerrosta. Jos viherkaton toteutuksessa käytetään puita, pensaita tai muita syväjuurisia kasvilajeja, jotka voivat mahdollisesti vaurioittaa vedeneristyskerrosta, täytyy viherkaton asentaa fyysinen juurieste. (FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.– 2018 edition. Green Roof Guidelines – Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofs. 2018.)

2.3.5 Lämmöneriste

Lämmöneristemateriaalien osalta viherkattorakenteissa vaaditaan kestävyttä, erityisesti kun lämmöneristekerrokseen kohdistuu muuttuvien kuormien kuormitukset. Tällaisia ovat esimerkiksi säästä johtuvat kuormitukset, kuten tuuli, lumi ja sade. Muuttuvien kuormien kuormitukset kohdistuvat lämmöneristeeseen eristeen sijaitessa vedeneristeen ja kasvualustakerroksen alla. Tapauksissa, joissa lämmöneristeeseen ei kohdistu katon eikä viherrakenteiden kuormituksia lämmöneriste ei joudu muuttuvan kuormituksen alle. Näissä tapauksissa lämmöneristeellä ei ole erityisiä vaatimuksia kuormituskestävyyden osalta.

Rakennustietosäätiön ohjeistuksen mukaan kuormituskestävyyden määrittämisessä materiaaliin kohdistuvassa kuormituksessa käytetään viherrakenteen laskettua märkäpainoa. Lämmöneristeen osalta täytyy olla tiedossa sen pitkäaikainen kuormituskestävyys ja kuormituksesta aiheutuvat muutokset lämmöneristeen muodossa. Pitkäaikaisen kuormituskestävyyden viherkaton lämmöneristekerroksessa tulee kestää koko rakenteeseen kohdistuvaa rasiitusta. Viherkattorakenteiden osalta kuormituskestävyyden on oltava aina

vähintään 10kPa, kuitenkin viherkattorakenteiden, liikennekuormien ja muiden kuormitusta kasvattavien osien lisääntyessä, myös kuormituskestävyyttä on nostettava. (RT 85-11205)

2.3.6 Salaojitus

Salaojitus on tärkeä osa viherkattoa ja tämän opinnäytetyön osalta jopa merkittävin viherkattorakenne. Opinnäytetyön tutkimuksessa testataan materiaalin ominaisuuksia pääasiallisesti juuri salaojituksen tarpeisiin.

Salaojitus sijaitsee yleensä suoraan vedeneristyskerroksen yläpuolella, jossa sen tehtävänä on huolehtia veden oikea aikainen ja määräinen poistuminen katolta. Veden ei haluta poistuvan liian nopeasti, jotta kasvillisuus ei kärsi kuivuudesta, mutta kuitenkin vesi ei saa jäädä seisomaan katolle tarpeettomasti. Vedeneristysten ei suositella olevan jatkuvan vedenpaineen alla, eikä kasvualustassa seisova vesi ole hyväksi kasvillisuudelle. Viherkaton salaojituksessa käytetään usein muovista salaojalevyä, -mattoa tai vastaavaa korkean vedenjohtokyvyn omaavaa, vettä kuivatettavalta alueelta poistavaa rakennetta (Kuva 8). Lisäksi muovittomia vaihtoehtoja voidaan käyttää sopivissa olosuhteissa. Esimerkkejä salaojamateriaalin vaatimuksista on materiaalien-, kasvien- ja ympäristön yhteensopivuus, palo-ominaisuudet, sään kestävyys, pakkaskestävyys, vedenläpäisevyys ja pH-arvot ja suolapitoisuudet. (FLL: Green roof guidelines. 2018. s.65) Muovittomia materiaaleja ovat esimerkiksi karkeat maa-ainekset, kuten murskeet tai kivisora, ja kierrätysmateriaalit kuten tiilimurska tai vaahtolasi. (Merisalo. 2014. ss.109–110) Missään tapauksessa materiaali ei saa tukkia salaojituksen huokostilavuutta, eikä se olla ominaisuuksiltaan muita rakennekerroksia vaurioittavaa. (RT 85-11205)

Kuva 8 Salaojituksessa käytettävää patolevyä. Kuppimanen rakenne toimii vesivarastona (Kuva: Rakennusbetoni- ja elementti)



Viherkatoissa voidaan käyttää myös toista salaojakerrosta, jonka tehtävänä on ohjata kasvualustan kosteuden tasoa. Kahta salaojakerrosta käytetään pääasiallisesti, kun kyseessä on intensiivinen viherkattorakenne. Näissä viherkatoissa kasvillisuuden vaatima kasvualustasyvyys on suurempi, jolloin kosteuden hallinta on vaativampaa. (RT 85-11205)

3 Vertailtavat materiaalit

Tutkimuksessa käytetty huovutettu hius- ja karvamatto on hius- ja trimmausalan sivuvirroista syntyvän hius- ja karvajätteen jatkojalostettu tuote. Mattoa tuotetaan erityisellä hiuskuitumattojen huovutuskoneella (Kuva 9). Tuotteen on kehittänyt lahtelainen startup-yrittäjä Hiukka Hyvä, ajatuksena rakentaa kestävämpää kampaamoalaa vähentämällä syntyvän jätteen määrää kiertotalouden periaatteella. Hiukka Hyvä tähtää kansainvälisille markkinoille, ja pelkästään Euroopan kampaamoissa ja partureissa syntyy vuosittain yli 72 miljoonaa kiloa hiusjätettä. Karvajätteen määrä koirien trimmaamoista on tätäkin suurempi, puhutaan miljardeista kiloista. (Biotalous.fi 2023.)

Hius- ja karvakuidut muodostuvat pääosin keratiiniproteiinista, joka tekee hiuksen rakenteesta kovan ja kestävä, ja lisäksi ne sisältävät melaniinia, josta hius ja karva saa niiden ominaisen värinsä. Hiuksessa ja karvassa on kolme eri kerrosta. Uloin suomukerros, joka muodostuu suomumaisista keratiinikuiduista, keratiinista muodostuvasta keski- eli kuitukerroksesta, tämä kattaa yli 90 prosenttia hiuksen painosta sekä sisäkerroksesta eli ytimestä, joka on ohut putkimainen rakenne hiuksen sisällä. Uloimman suomukerroksen suomut limittyvät päällekkäin muodostaen väleihin ilmatilaa. (Ducray n.d.) Tästä syystä materiaalilla on hyvä imukyky. Lisäksi se pidättää vettä ja ravinteita, mikä vähentää kasvualustana hoidon viherkatoilla hoidon tarvetta. Hius ja karva sisältää luonnollisesti ja vapauttaa kasvien käyttöön hitaasti niiden tarvitsemaa typpeä, fosforia sekä kaliumia. (Biotalous.fi 2023.)

Kuva 9. Pohjoismaiden ensimmäinen hiuskuitumattojen huovutuskone. (Kuva: Biotalous.fi)



Opinnäytetyön käytännön kokeissa käytettiin kolmea erilaista karvahiusmattomateriaalia, joiden kaikkien pinta-ala oli 10 cm x 10 cm (Kuva 10). Materiaalien erot muodostuivat karvan ja hiuksen suhteesta matossa. Käytettävät suhteet olivat 90/10, 70/30 ja 50/50, joissa ensimmäinen on karvan osuus ja jälkimmäinen hiuksen.

Kuva 10. Huovutettua karvahiusmattoa 70/30 ja 50/50 suhteella. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kokeissa selvitettiin huovutetun hiusmaton käyttäytymistä erilaisissa, viherkaton todellisia olosuhteita vastaavissa tilanteissa. Yleensä muovittomissa salaojitusvaihtoehdoissa ongelma syntyy erityisesti keväällä, kun lumi sulaa katolta auringon lämmittäessä ja jäätyy uudestaan ilman kylmetessä aiheuttaen tukoksia ränniviemäriin. Huovutettua karvahiusmateriaalia testattiin eri kerrospaksuuksilla sekä karvahiuksuhteella. Materiaalin ominaisuuksia testattiin vedenpidätyksen, veden läpäisykyvyn osalta, paineen vaikutusta materiaaliin sekä pakastus- ja sulatuskokeilla.

4 Laboratorion menetelmät

Ennen ensimmäistä mitattavaa testiä laboratoriossa kokeiltiin, miten kuiva karvamateriaali imee vettä suoraan päälle valuttamalla. Kokeilu suoritettiin yksinkertaisesti valuttamalla vettä mittalasista ritalän päällä olevalle karvahiusmatolle (Kuvat 11). Testin tulos pääteltiin silmämääräisesti.

Kuva 11. Kuiva matto hylkii vettä. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Ensimmäisessä varsinaisessa, mittauksia sisältävässä koetilanteessa mitattiin eri karva- ja hiussuhteilla olleita materiaaleja pidätyskyvyn osalta. Testissä eri materiaalit upotettiin veteen, ja niiden annettiin vettyä täysin. Näytteet nostettiin vedestä muoviseen astiaan, joka oli taaratus vaa'an päällä. Vaa'alta saatiin mitattua maton paino märkänä, ilman että vettä olisi kerennyt valumaan pois laskettavasta painosta. Seuraavassa vaiheessa matot asetettiin metalliritalän päälle, jossa niiden annettiin valuttaa vettä pois painovoimaisesti ennalta määrätyn ajan. Koemateriaalien painot mitattiin 3, 6 ja 10 minuutin kohdalla. Mittausten välissä muoviasiaa kuivattiin, jotta saatiin selville, kuinka paljon materiaalista valui vettä pois. Jokainen testattu materiaali testattiin kolmella eri näytteellä ja jokainen näytteen kohdalla koe suoritettiin kolmesti. Mittaustuloksien keskiarvosta luotiin kaaviot, jotka osoittavat materiaalien pidätyskykyä.

Toisessa kokeessa (Kuva 12) mitattiin pidätyskykyä vain yhden materiaalilaadun osalta. Testin muuttujana käytettiin kerrospaksuuksia, testatut kerrospaksuudet olivat 2, 3 ja 6

kerrosta. Käytännössä ainakin nykytilanteessa kuuden kerroksen matto tulisi liian kalliiksi toteuttaa, mutta kokeissa haluttiin saada selvällä kerrospaksuuserolla kerroksien vaikutukset paremmin näkyviin. Materiaaliksi valittiin myös käytännön syistä 90/10 karvahiusmatto. Toinen koe toteutettiin samalla menetelmällä edellisen pidätyskykykokeen kanssa, ja koetuloksen erot saatiin kerroksia muuttamalla ja käyttämällä vain yhtä materiaalia. Jokainen testattu kerrospaksuus testattiin kolmella eri näytteellä ja jokainen näyte ajettiin kolme kertaa alusta. Näiden keskiarvosta luotiin jälleen kaaviot, jotka osoittavat materiaalikerroksien lisäämisen vaikutusta pidätyskykyyn. Tässä testissä materiaalit upotettiin veteen, jokaisessa osiossa eri kerrospaksuuksilla ja niiden annettiin vettyä täysin. Matot nostettiin vedestä muoviseen astiaan, taaratun vaa'an päällä. Jälleen vaa'alta saatiin mitattua maton märkäpaino. Matot asetettiin metalliritilän päälle, jossa niiden annettiin valuttaa vettä pois määrätty aika. Mittausten välissä muoviastia kuivattiin, jotta saatiin selville, kuinka paljon materiaalista valui vettä. Koemateriaalien painot mitattiin 3, 6 ja 10 minuutin kohdalla. Jokainen testattu kerrospaksuus mitattiin kolmella eri koepalalla ja jokaisen näytteen kohdalla koe suoritettiin kolmesti. Mittaustuloksien keskiarvosta luotiin kaaviot, jotka osoittivat eri kerrospaksuuksien pidätyskykyä.

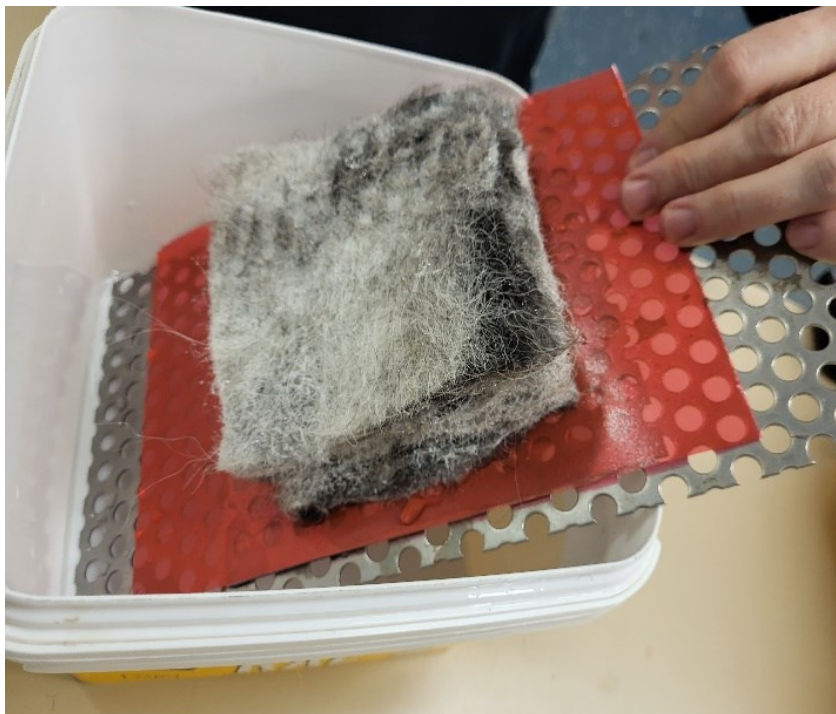
Kuva 12. Matot valumassa ritilän päällä. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kolmannessa mitattavassa kokeessa mitattiin veden suotautumiskykyä matossa. Veden suotautumiskykyä testattaessa käytettiin jälleen 90/10 karvahiusmattoa. Koepalat asetettiin märkinä lähes sileän muovikalvon pintaan. Muovikalvo siirrettiin teräsritilän päälle, ja koko paketti laitettiin laboratorion pakkaseen jäätymään. Koepalojen annettiin jäätyä yön yli pakkasessa. Seuraavan päivän kokeissa muovi kallistettiin 26° kulmaan (Kuva 13) ja sen yläreunasta valutettiin 100 ml, 11-asteista vettä tasaisesti kohti maton yläreunaa. Kokeessa mitattiin aikaa, jossa vesi suotautuu koepalan läpi, niin että kaikki vesi, joka ei imeydy jäätyneeseen mattoon, on suotautunut maton läpi. Ajan mittaus aloitettiin, kun vesi osui maton reunaan, ja aika pysäytettiin välittömästi, kun kaikki vesi oli suotautunut materiaalin läpi, eikä näkyvää valumista alareunan ohi näkynyt. Materiaalin paino mitattiin alussa ja jokaisen vaiheen välissä, jotta kokeessa voitiin todeta myös, miten jäätyminen ja sulaminen

vaikutti materiaalien ominaisuuksiin veden suotautumiskyvyn osalta. Läpäisykoe suoritettiin kolmeen kertaan ilman taukoja jokaisella kerrospaksuudella.

Kuva 13. Pakastettu matto kallistettuna. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Neljännessä mitattavassa kokeessa selvitettiin veden suotautumiskykyä materiaalissa niin, että karvahiusmatto oli jäädytetty todellisen maksaruohokaton rakenteita vastaavan paineen alla. Kokeessa käytettiin jälleen 90/10 karvahiuotuotetta. karvahiusmatto pakastettiin märkänä muovikalvon pintaan niin, että sen päälle oli jaettu tasaisesti 1000 g paino, joka vastaa 10 cm x 10 cm koepaloilla 100 kg / m² painetta (Kuva 14). Suotautumiskyvyn testauksessa paineen alla jäädytetyssä karvahiusmatossa toistettiin edellisen läpäisykokeen kanssa tehdyt toimeen piteet. Kokeesta saatiin tulos, joka vastaa maksaruohokaton salaojitustilannetta käytännön tilanteessa.

Kuva 14 Paineen alla pakastettu matto. (Kuva: Risto Hämäläinen)



5 Tulokset

5.1 Imukyvyyn silmämääräinen arviointi

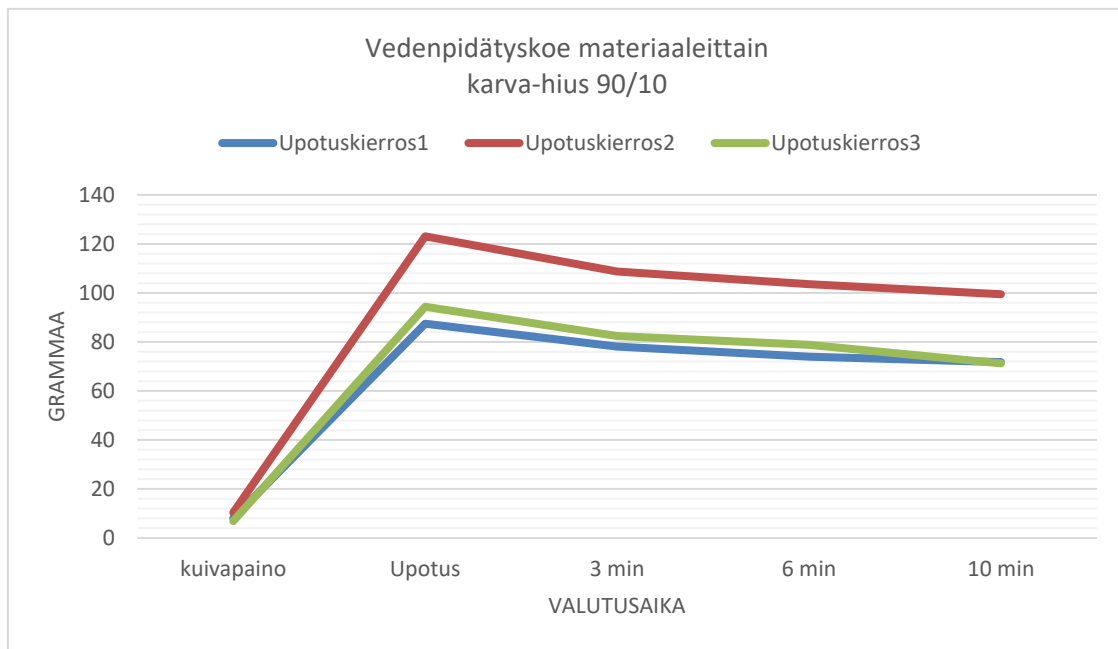
Ensimmäinen testi oli ylimääräinen kokeilu, jossa arvioitiin silmämääräisesti kuivan maton imukykyä. Testissä valutettiin vettä kuivan materiaalin päälle ja todettiin, että kuiva karva ja hius hylkii jokseenkin vahvasti vettä. Karvahiusmatto piti upottaa veteen, ja vasta kun se oli jo valmiiksi märkä, materiaali muuttui imukykyiseksi, vettä pidättäväksi materiaaliksi. Salaojitusmateriaalinahan karvahiusmatto olisi parempi, jos pidätyskyvyn sijasta se olisi vettä hylkivä kaikissa tilanteissa. Materiaalin pidätyskykyominaisuutta voidaan kuitenkin muissa tarkoituksessa mahdollisesti hyödyntää.

5.2 Vedenpidätyskoe materiaaleittain

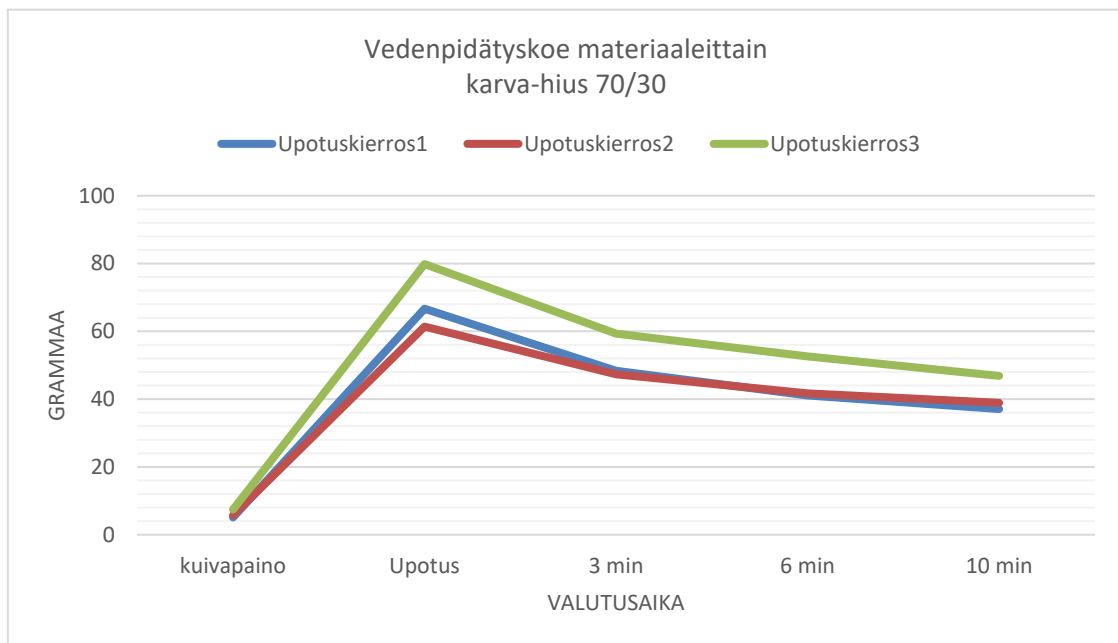
Ensimmäisen mitattavan kokeen tuloksista nähdään, että vaikka materiaaleina oli toisiaan vastaavat tuotteet, tuotteiden epätasalaatuisuus vaikutti materiaalin pidättyneen veden määrää jopa yli 30 %. Vaikka 50/50 karvahiusmatto on tuotteista tasalaatuisinta, tässä otannassa suurin vaihtelu pidätyskyvyssä oli juuri kyseisellä tuotteella.

Huomattavaa eroa ei kuitenkaan tuotteiden karvan ja hiuksen määrän välisellä suhteella. Kaikissa mattomateriaaleissa veden valumista kuvaavien viivakaavioiden viivat näyttävät saman suhtaisilta. (Kuvat 15–19)

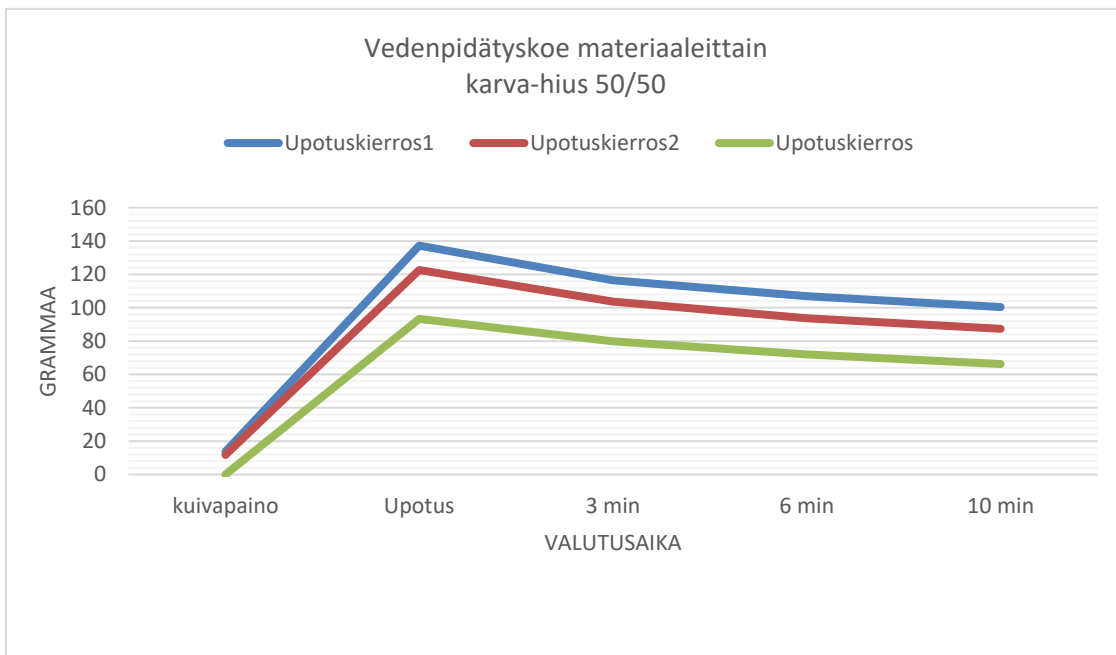
Kuva 15. Vedenpidätyskoe 90/10 materiaalilla (Kuva: Risto Hämäläinen)



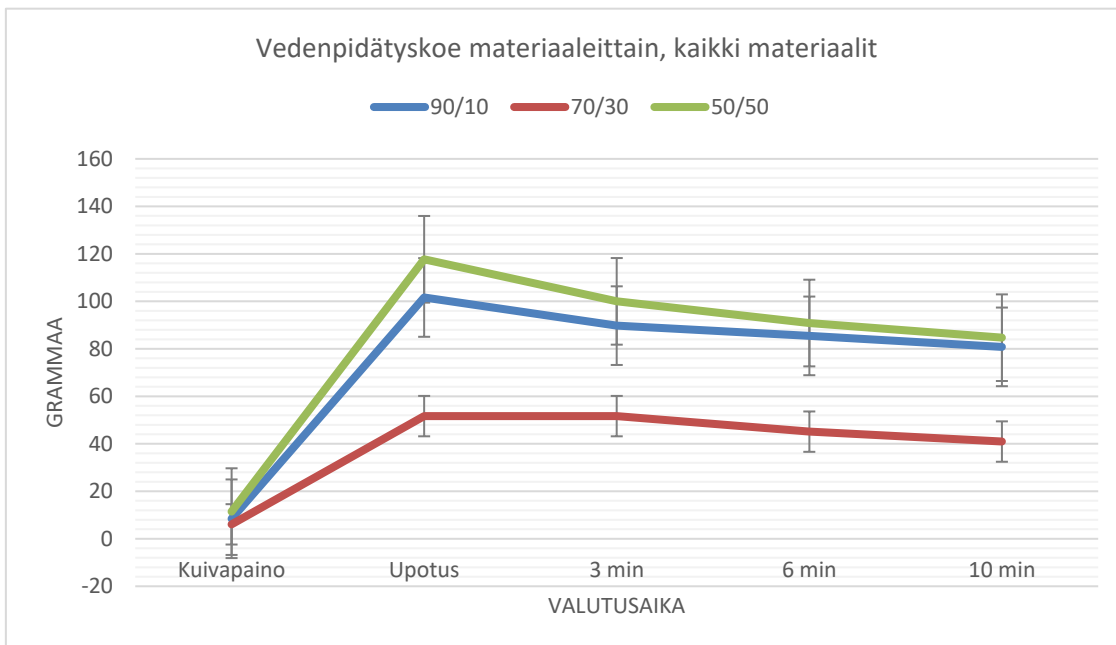
Kuva 16. Vedenpidätyskoe 70/30 materiaalilla (Kuva: Risto Hämäläinen)



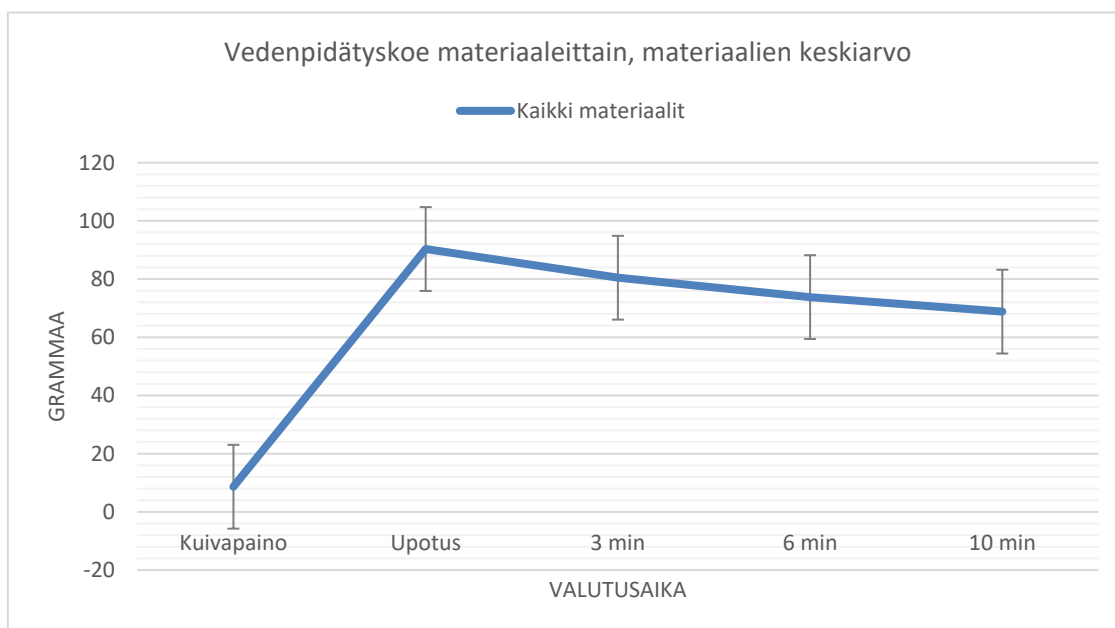
Kuva 17. Vedenpidätyskoe 50/50 materiaalilla (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kuva 18. Vedenpidätyskokeen tulokset kaikilla materiaaleilla. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kuva 19. Vedenpidätyskokeen tuloksien yhteenveto. Kaikkien materiaalien muodostama keskiarvo keskivirhepalkilla. (Kuva: Risto Hämäläinen)

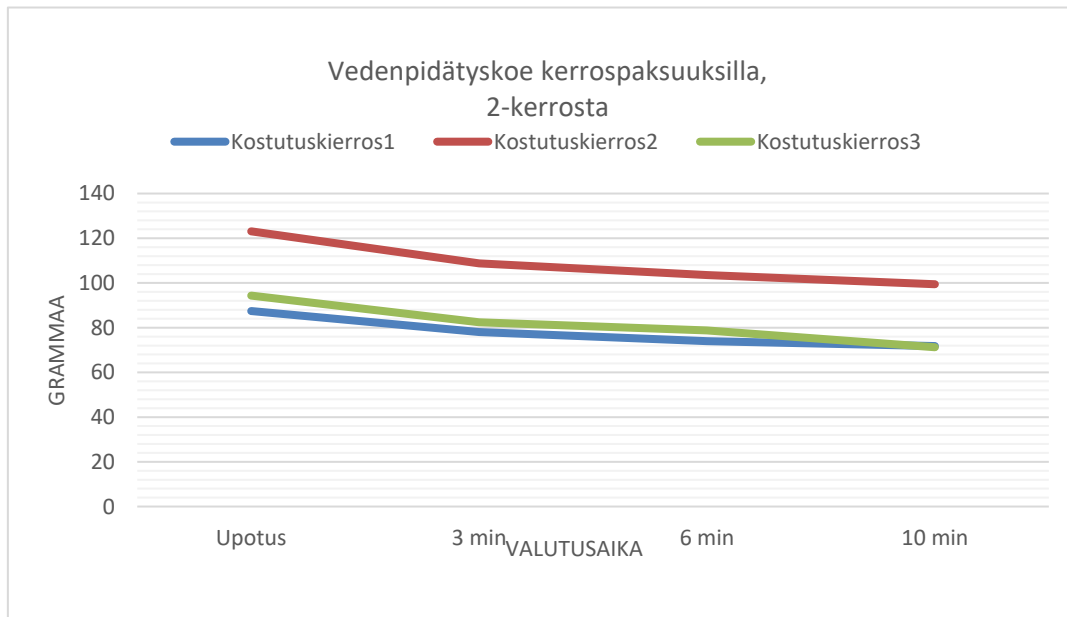


Kokeen tuloksista voidaan tulkita, että karva/hiussuhde ei vaikuta juurikaan pidätyskykyyn. Materiaalien epätasalaatuisuus pienillä kerrospaksuuksilla aiheuttaa hajontaa lähinnä upotusvaiheen veden maton imutilavuuden osalta.

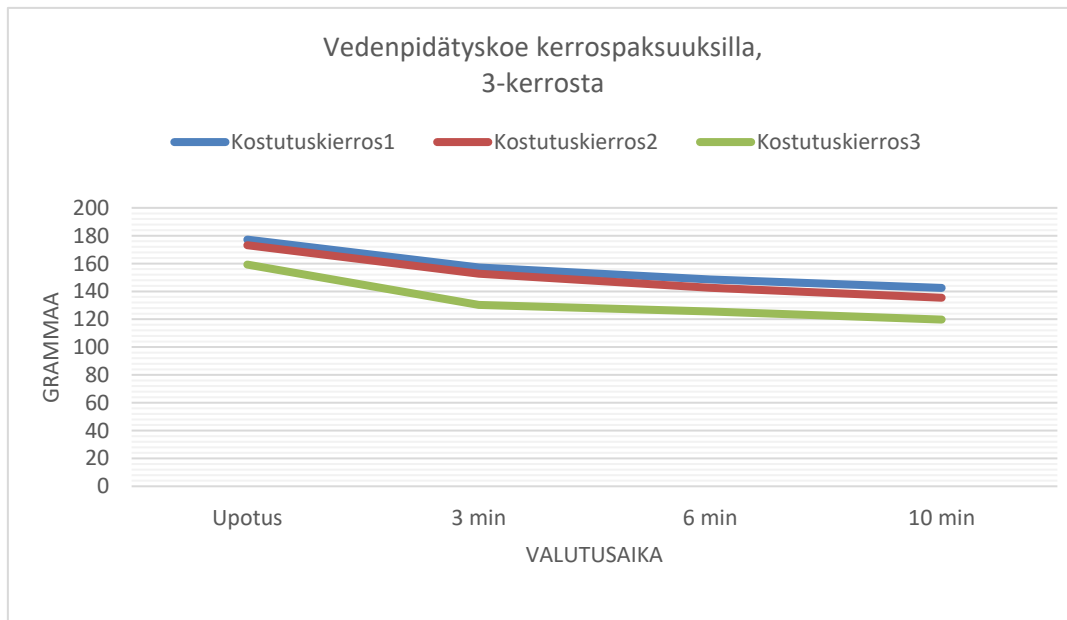
5.3 Vedenpidätyskoe kerrospaksuuksilla.

Toisessa mitatussa kokeessa mitattiin maton pidätyskykyä vaihtamalla testattavan materiaalin kerrospaksuutta. Ennalta arvattavaa kokeessa oli, että kun kerrospaksuutta lisätään imeytyneen veden määrä kasvaa. Mitä enemmän materiaalikerroksia oli, sitä pienemmäksi muuttui myös hajonta pidättyneen veden määrässä. Kuitenkin myös tämän kokeen tuloksista tehdystä viivakaaviosta voidaan nähdä, että kerrospaksuus ei varsinaisesti vaikuta pidätyskykyyn muuten kuin maksimaalisen pidätyskyvyn osalta. Toisin sanoen, mitä enemmän materiaalia, sitä enemmän vettä materiaali pystyy pidättämään. Veden valumista kuvastavien kaavioiden käyrät osoittavat jokaisella materiaalilla käytännössä samaa. Ensimmäisen kolmen minuutin aikana vettä poistuu hieman nopeammin, jonka jälkeen veden poistuminen hidastuu tasaisesti mitä enemmän aikaa kuluu. (Kuvat 20–24)

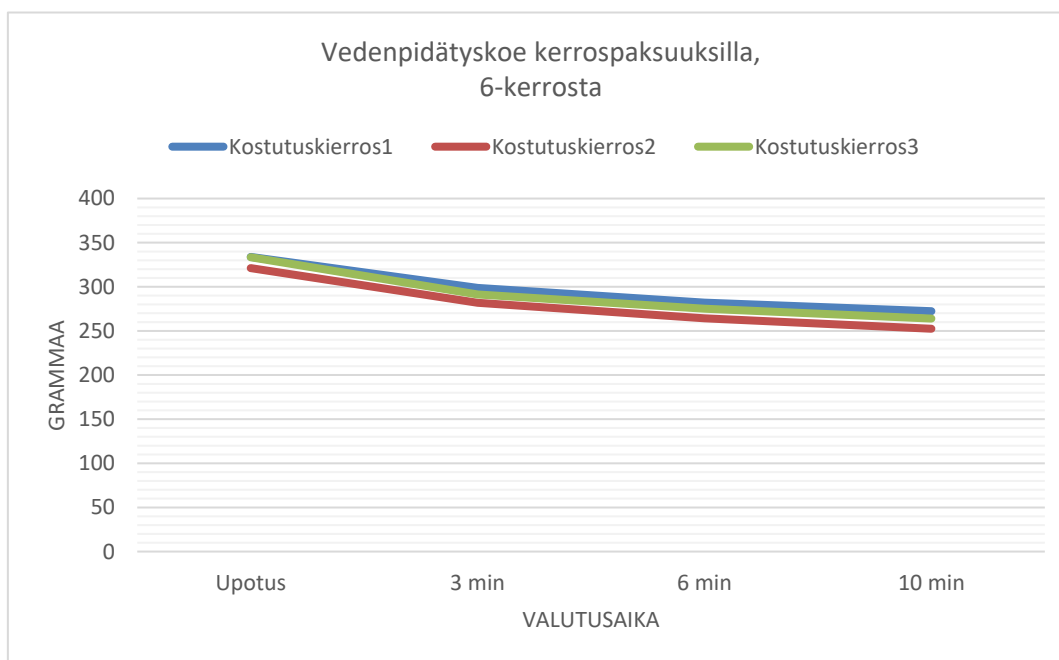
Kuva 20. Vedenpidätyskokeen tulokset 90/10 materiaalilla kahdella kerroksella. (Kuva: Risto Hämäläinen)



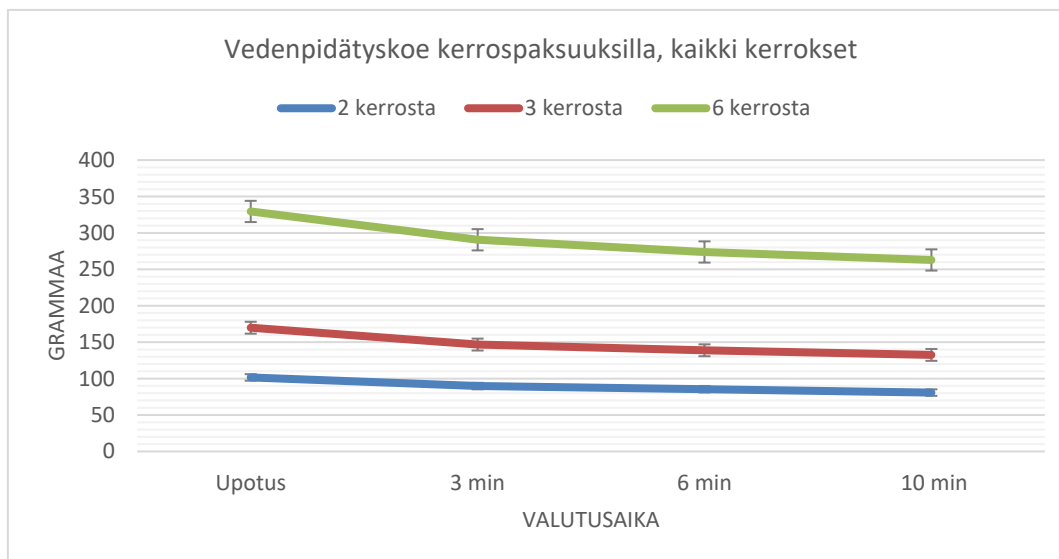
Kuva 21. Vedenpidätyskokeen tulokset 90/10 materiaalilla kolmella kerroksella. (Kuva: Risto Hämäläinen)



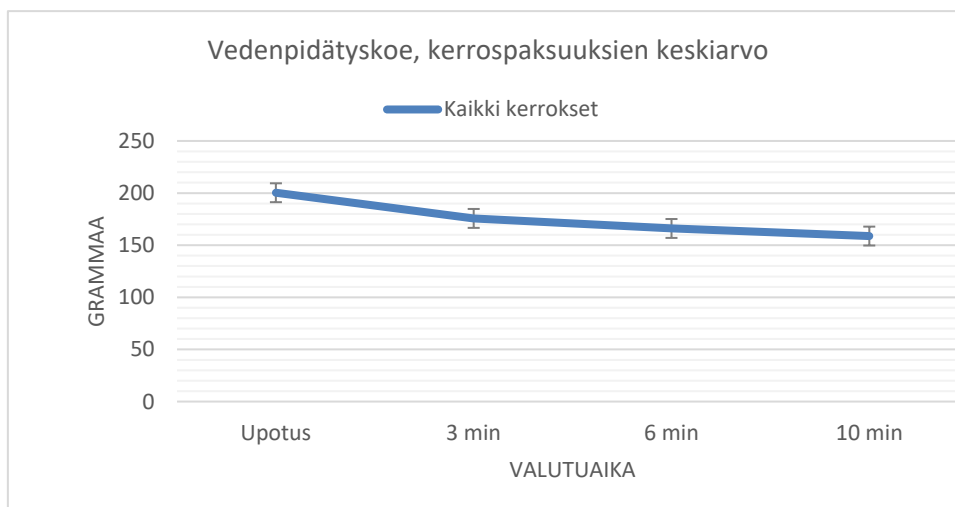
Kuva 22. Vedenpidätyskokeen tulokset 90/10 materiaalilla kuudella kerroksella. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kuva 23. Vedenpidätyskokeiden tulokset 90/10 materiaalilla kaikilla kerrospaksuuksilla. (Kuva: Risto Hämäläinen)



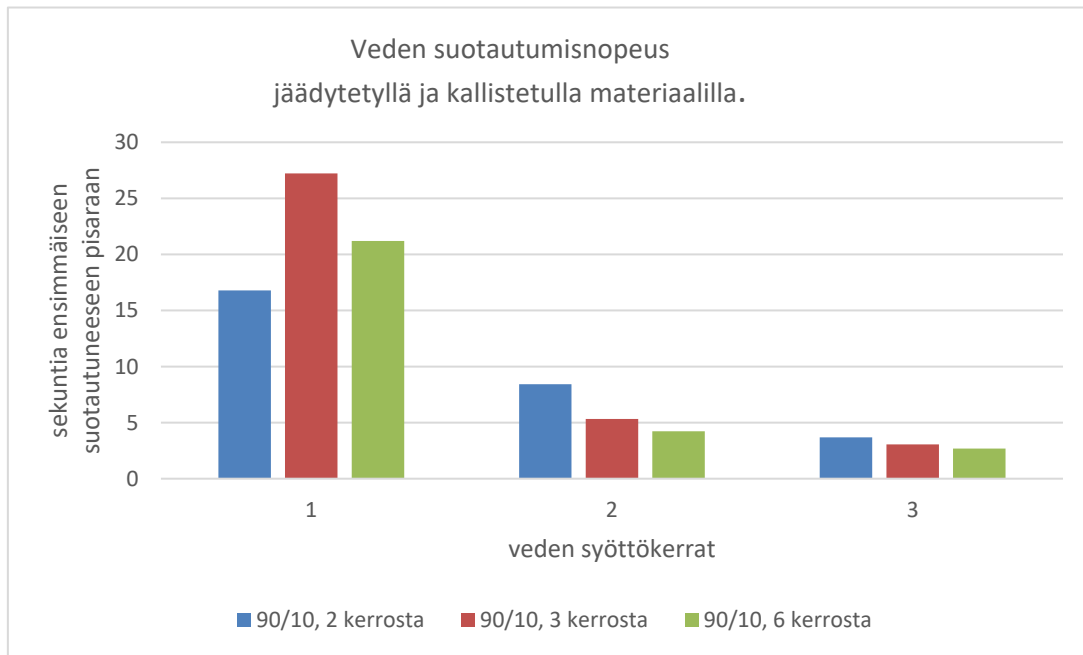
Kuva 24. kerrospaksuuksien mukaan tehdyn vedenpidätyskokeen tuloksien yhteenveto. Kaikkien kerrospaksuuskokeiden muodostama keskiarvo keskivirhepalkilla. (Kuva: Risto Hämäläinen)



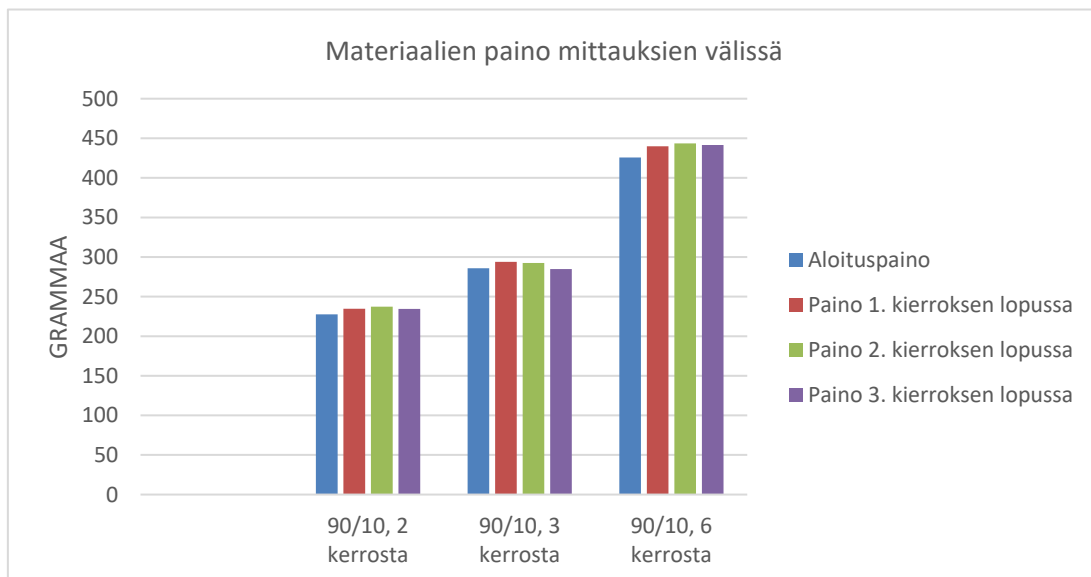
5.4 Veden suotautumiskoe jäädytetyssä ja kallistetussa materiaalissa.

Kolmannessa mitattavassa kokeessa mitattiin veden suotautumista karvahiusmatossa. Ilman painetta jäädytetyllä karvahiusmatolla tulokset näyttivät hyvältä. Ensimmäisellä kierroksella veden läpäisemisessä kestää odotetusti jokaisella materiaalilla eniten aikaa, vaihtelua oli 17 sekunnista 27:n sekuntiin. Kokeessa vesi hakeutui selvästi karvahiusmateriaalin väleistä kohti materiaalin alareunaa. Aluksi vesi tuli alareunasta tyoittain, mutta muutaman sekunnin jälkeen vesi oli sulattanut itselleen kulkuonkalot. Kerrospaksuuksien eroa ei ensimmäisellä veden syöttökerralla huomannut, vaan vesi suotautui materiaaleista ennemminkin sattumanvaraisessa järjestyksessä. Toisella kierroksella ainoastaan kahden kerroksen koepalalla kesti selvästi enemmän aikaa suotautua materiaalin läpi, ja kolmannella ajolla jokaisen maton kohdalla vedellä oli valmiiksi sulanut reitti (Kuva 26 & 27). Sulaessaan materiaali alkoi pidättämään vettä, mutta myöhemmillä syöttökerroilla sulavan materiaalin kokonaispaino alkoi kuitenkin putoamaan.

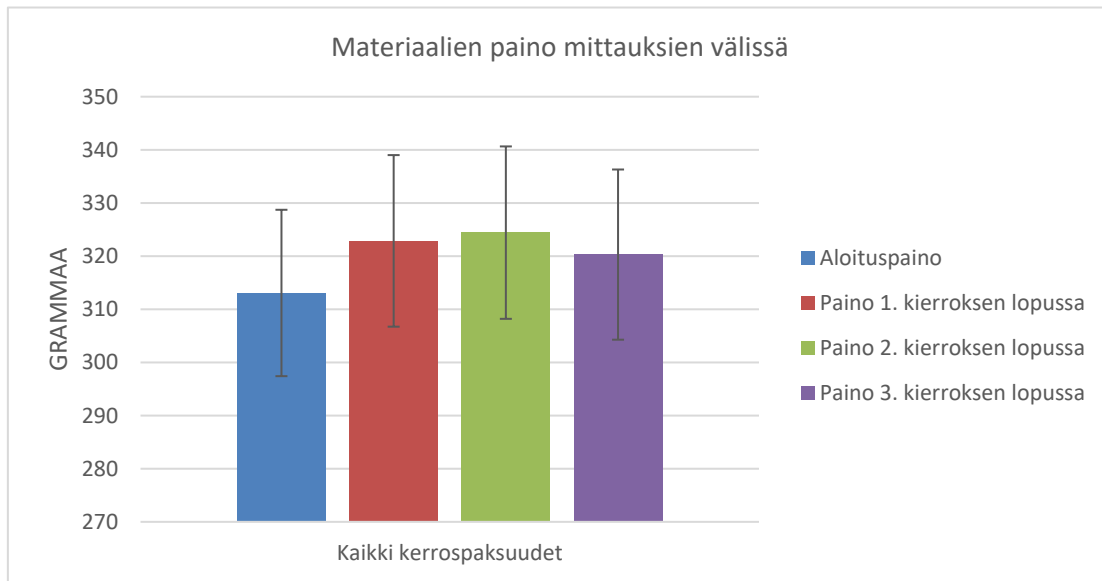
Kuva 25. Veden suotautumiskoe jäädytettyssä ja kallistetussa materiaalissa. Viimeisellä veden syöttökerralla vesi valui suoraan materiaalin läpi. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kuva 26. Veden suotautumiskokeen aikaisia painomittauksia. Materiaali alkoi sulaessaan imemään vettä, mutta loppua kohden sulavan materiaalin kokonaispaino alkoi putoamaan. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kuva 27. Veden suotautumiskoe jäädytettyssä materiaalissa. Painomittausta keskiarvojen mukaan. (Kuva: Risto Hämäläinen)



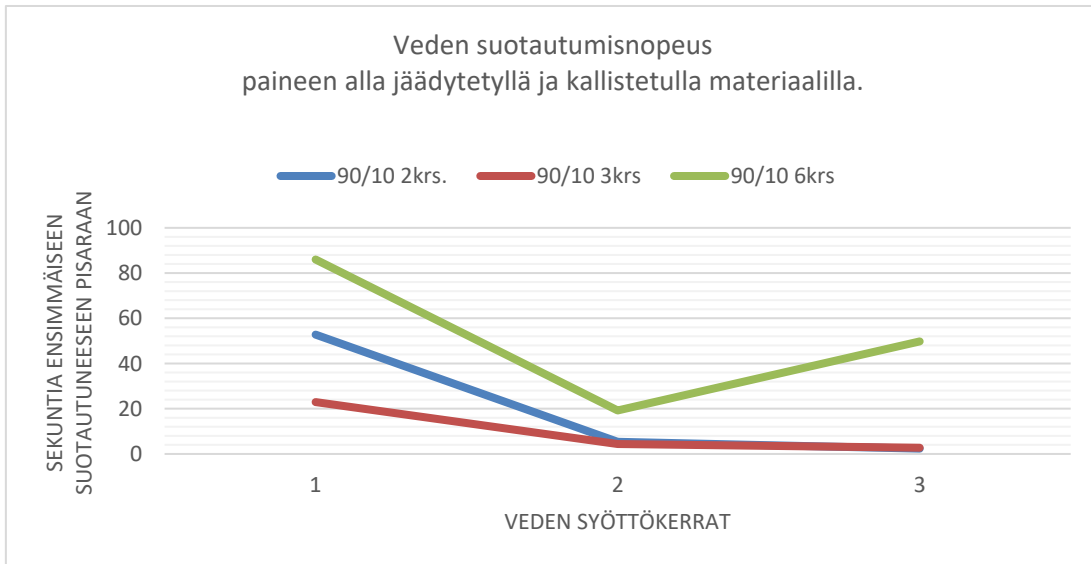
Materiaalin paino mittausten välissä kertoo käytännössä maton sisältämän veden määrän. Koepalojen painot olivat aloitustilanteessa alimmillaan, eli koepalat koetilanteiden aikana pidättivät enemmän vettä, kuin luovuttivat. Kokeiden aikana pidätetyn veden määrä ei ollut merkittävä. Tässä tärkein havainto oli, että palat kuitenkin pidättivät vettä, eikä sulaessaan luovuttanut sitä.

5.5 Veden suotautumiskoe paineen alla jäädytetyllä ja kallistetulla materiaalilla.

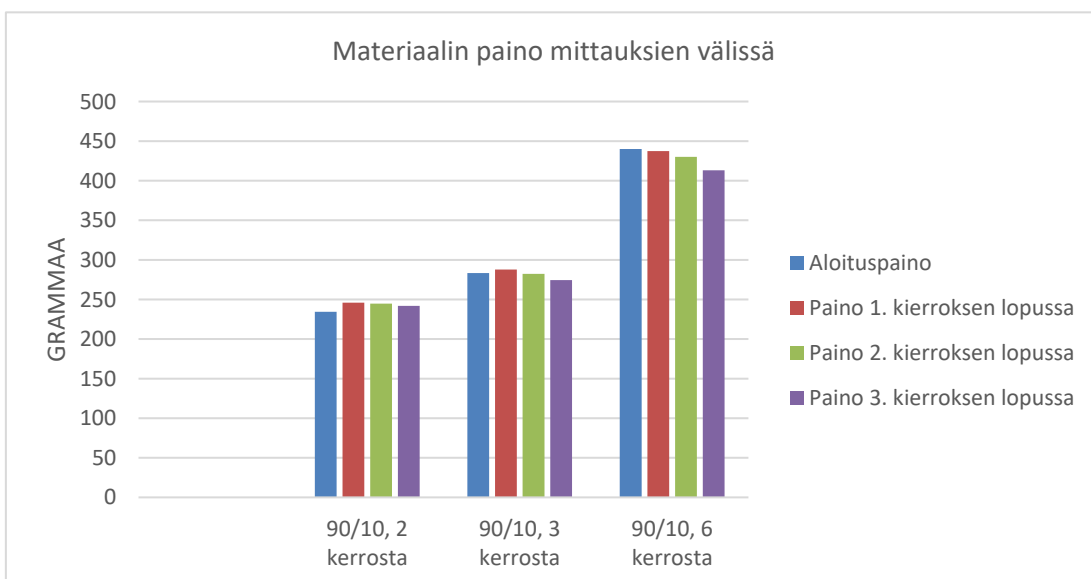
Viimeisessä kokeessa mitattiin jälleen veden suotautumiskykyä karvahiusmatossa. Paineen alaisena jäädytetyillä karvahiusmatoilla tulokset näyttivät alusta asti heikoilta ja kerrospaksuuksien lisääminen ei auttanut veden suotautumiseen. Ensimmäisestä kierroksesta alkaen kokeissa selvisi, että materiaali ei toiminut tässä muodossa halutulla tavalla salaojituserroksessa. (Kuva 28) Kahden ja kolmen kerroksen kohdalla tulokset olivat huonommat kuin kaaviossa näyttää. Vesi ei suotautunut maton läpi lainkaan, vaan kiersi ne alustan ja jäädytetyn materiaalin välistä. Näillä kerrospaksuuksilla tehtyjen myöhempien kierrosten osalta vesi oli tehnyt käytävät valmiiksi. Näissä kokeissa kokeiltiin vielä läpäisyä ylimääräisellä vesiansoksella, mutta vesi ei suotautunut kahden eikä kolmen kerroksen materiaalin läpi missään vaiheessa. Kuuden kerroksen kohdalla vesi tuli yhden minuutin ja 26 sekunnin kohdalla karvahiusmaton sivureunasta valuen, toisella ajolla 19 sekunnin kohdalla valuen sivureunasta, ja vasta kolmannessa ajossa 49 sekunnin kohdalla pisaran muodossa keskeltä mattoa. Muu vesi valui jälleen sulasta sivureunasta.

Vedenpidätysominaisuuden osalta paineen alla jäädyttämällä ei ollut merkittävää vaikutusta verrattuna edelliseen suotautumiskokeeseen, vaan pidätysominaisuus käyttäytyi hyvin samankaltaisesti sulaessaan paineettomassa tilassa. (Kuva 29 & 30)

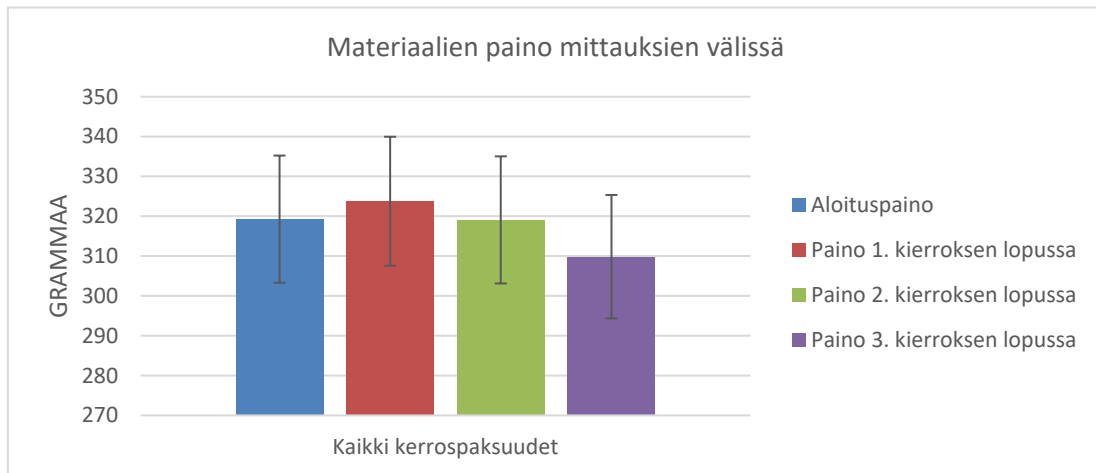
Kuva 28. Veden suotautumiskoe paineen alla jäädytetyllä ja kallistetulla materiaalilla. Kahden ja kolmen kerroksen materiaaleista vesi valui ensimmäisen sulamisen jälkeen lähes suoraan läpi. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kuva 29. Veden suotautumiskoe paineen alla jäädytetyllä ja kallistetulla materiaalilla. (Kuva: Risto Hämäläinen)



Kuva 30 . Veden suotautumiskoe jäädytetyssä ja kallistetussa materiaalissa. Painomittausta kaikkien kerrospaksuuksien keskiarvojen mukaan. (Kuva: Risto Hämäläinen)



6 Pohdinta ja johtopäätelmät

Materiaali pidättää vettä hyvin eikä karvahius-suhteella ole tässä ominaisuudessa merkittävää eroa. Ilman rakennekerroksien painetta, jäädytetyt materiaalit vaikuttivat toimivan kohtuullisen hyvin. Vesi pääsi virtaamaan kerroksien välistä, ilman että sen täytyi sulattaa reittiä itselleen.

Paineen alla tehdystä, todellista tilannetta vastaavasta testistä ei saatu toivottuja tuloksia liiallisen tiivistymisen vuoksi. Vesi läpäisi koepalat vain joko sulattamalla reitin materiaaliin tai kiertämällä materiaalin ohi. Materiaalin tasalaatuisuus paranee kerrosmäärien lisääntyessä ja sen vedenjohtavuus todennäköisesti riittäisi, jos kerroksia lisäisi riittävästi, mutta kustannussyistä sitä ei ole toistaiseksi kannattavaa käyttää ainakaan viherkaton salaojituksessa.

Opinnäytetyöhön tehdyn tutkimuksen perusteella huovutettu karvahiusmatto ei tällaisenaan ole toimiva vaihtoehto korvaamaan nykyisiä muovisia vaihtoehtoja viherkaton

salaojituskerroksissa. Karvahiusmaton rakenteesta täytyisi saada paremmin ylhäältäpäin tulevaa painetta kestävä, mutta kuitenkin niin että materiaalin kustannukset eivät tekisi tuotteesta mahdotonta kaupalliseen käyttöön.

Karvahiusmatolla voisi kuitenkin käyttökohteita viherrakentamisen kohteissa ja se toimii hyvin esimerkiksi osana kosteutta pidättävää kerrosta. Kosteuden lisäksi karvahiusmatto pidättää hyvin myös ravinteita, ja se sopisi pidätyskykynsä ansiosta esimerkiksi keto- ja maksaruohokatoille, jossa kerrospaksuudet ovat valmiiksi pieniä eikä ylimääräistä rasiitetta rakenteille haluta.

Muoviset salaojakerrokset ovat vielä tänä päivänä tuote, jota viherkattojen salaojituksissa usein käytetään. Muoviset salaojamatot ovat ominaisuuksiltaan erinomaisia, ne päästävät veden varmasti läpi, ne ovat kestäviä ja muotoilun ansiosta ne pystyvät pidättämään vetää tarvittavia määriä. Muoviset materiaalit ovat nykyään pääsääntöisesti kierrätysmateriaaleista valmistettuja. Onneksi uusia vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia kuitenkin tutkitaan ja esimerkiksi järviruokoa käytetään muovittomissa salaojituskerroksissa. Uusien muovittomien tuotteiden yksi iso ongelma onkin siinä, että niistä ei ole käytännön kokemuksia pitkiltä aikajaksolta. Viherkatto on kuitenkin tuote, josta halutaan rakentaa kestävä, pitkäikäistä kokonaisuutta.

Lähteet

Turun yliopisto. (2014). Tietoa ilmastonmuutoksesta toimialoille. Lämpösaarekeilmiön ymmärtäminen tukee kaupunkisuunnittelua. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/lamposaarekeilmion-ymmartaminen-tukee-kaupunkisuunnittelua>

Merisalo, M. (2014). Viherkattorakenteiden kehitys ja niiden soveltuvuus Suomen olosuhteisiin. Theseus.

Nurmi, V., Perrels, A., Votsis, A. & Lehvävirta, S. (2013). Viherkatot Helsingissä – kustannushyötyanalyysi. Ilmatieteen laitos.
https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/viherkattoesitys_kustannus_hyoty_nurmi.pdf

Normeja viherkatoille- perusteita kehittämiseen. (2014).
https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/normeja_viherkatoille-perusteita_kehittamiseen.pdf

Delta. (n.d.) Salaojamatto, Delta Terraxx-esite
<https://lektar.com/delta-terraxx-salaojamatto-4830325>

Helsingin kaupunki. (2016). Stadin katot elävät – Helsingin kaupungin viherkattolinjaus.
<https://dev.hel.fi/paatokset/media/att/08/08ad9d722e708c4e5ff9aeb3a8c291137aeeab6f.pdf>

Tampereen kaupunki. (2023). Luonnon monimuotoisuusohjelma.
<https://ilmastovahti.tampere.fi/lumo/actions/3>

RT-85–11203. (2016). Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, periaatteet. RT-kortisto.

RT-85–11204. (2016). Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, kasvillisuus ja kasvualusta. RTkortisto.

Rakennusbetoni- ja elementti Oy. (n.d.)
Saatavilla: <https://rakennusbetoni.fi/fi/tuotteet/viherkatot>, kasvikatto
leikkauskuva_sammalkatto_DET4.pdf

FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.–

2018 edition. Green Roof Guidelines – Guidelines for the planning, construction and maintenance of green roofs. <https://shop.fil.de/en/green-roof-guidelines-2018-download.html>

ZinCo – Suunnitteluopas-. (n.d.) Järjestelmäratkaisut viherkatoille ja maisemoiduille korotetuille kansille.

https://www.eg-trading.fi/sites/default/files/FI_ZinCo_Suunnitteluopas_J%C3%A4rjestelm%C3%A4ratkaisut_viherkatoille-compressed_0.pdf

HiukkaHyvä <https://hiukkahyva.fi/>

<https://www.biotalous.fi/hiukka-hyva-valmistaa-hius-ja-koirankarvasta-oljyntorjuntamattoja/>

Ducray. (n.d.) Mikä hius on?

<https://www.ducray.com/fi-fi/kuivat-hiukset2/mikae-hius-on>

LAB University of applied sciences. (2021). Hiuskuidut matkaavat kampaamon lattialta muovin korvaajaksi

<https://blogit.lab.fi/labfocus/hiuskuidut-matkaavat-kampaamon-lattialta-muovin-korvaajaksi/>

