

SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN ALA

HULEVESIEN KÄSITTELYRAT- KAISUT KYLLÄSTÄMÖN ALU- EELLA

TEKIJÄ

Milla Ruukonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Milla Ruokonen	
Työn nimi Hulevesien käsittelyratkaisut kyllästämön alueella	
Päiväys	26.3.2026
	41/1
Yhteistyötaho Envineer Oy	
<p>Tämä opinnäytetyö tarkastelee Höljään kyllästämön alueen hulevesien aiheuttamaa kuormitusta ja tarvetta niiden käsittelylle. Työn tavoitteena oli selvittää hulevesien käsittelyn tarve ja mahdollisia käsittelyratkaisuja kohteen hulevesien käsittelyyn sekä tarkastella sadannan ja virtaaman välistä yhteyttä. Opinnäytetyö toimii kohteen ympäristölupavelvoitteen määräämän hulevesien tehostamisen selvityksen taustatietona. Työn tilaajana toimi Envineer Oy.</p> <p>Selvitystyö toteutettiin maastokäynnillä, kirjallisuuskatsauksena, haastatteluilla ja saatujen tulosten analysoinnilla. Laskettiin analyysituloksiin perustuvia sekä teoreettisia kuormitusmääriä, joiden perusteella arvioitiin veden käsittelyn tarvetta ja erilaisia kohteeseen sopivia toimintaratkaisuja.</p> <p>Työn tuloksena todettiin, että teoreettisesti kuparin ja fluoranteenin pitoisuuksia tulisi pienentää. Tilaajalle annettiin käyttöön pitoisuusrajojen laskennat ja tulokset. Vedenlaadun parantamiseksi vertailtiin ehdotukseksi paikallisesti saatavia männyn kuoria haitta-aineiden adsorptioon, kuparille kemiallista saostusta ja aktiivihiiltä PAH-yhdisteille. Näillä todettiin olevan potentiaalia vedenkäsittelyssä kohteessa, sekä olivat kustannuksiltaan ja tehokkuudeltaan sopivia.</p>	
Avainsanat kyllästämö, hulevesi, kuormitus, ympäristölaatuormi, kreosootti, PAH-yhdisteet	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
2	HÖLJÄKÄN KYLLÄSTÄMÖ.....	6
2.1	Toiminta ja sen historia	6
2.2	Tuotanto	6
2.2.1	Kupariöljykylästys.....	8
2.2.2	Kreosottikylästys	9
2.2.3	Suolakylästys	10
2.3	Hulevesien nykyinen käsittely	10
2.3.1	Hule- ja pintavesitarkkailu	10
2.3.2	Virtaamamittaus	11
3	HULEVESIEN KÄSITTELYJEN TARVE	15
3.1	Vedenlaatu	15
3.2	Vuosittainen sadanta ja valunta	18
3.2.1	Sadannan ja virtaaman yhteys	21
3.3	Vuosittaiset kuormitusmäärät	23
3.4	Teoreettiset sallitut kuormitusmäärät ja pitoisuudet	25
3.4.1	Laskennan epävarmuustarkastelu	27
4	KOHTIEN MUKAISTEN HULEVESIEN KÄSITTELY	30
4.1	Vedenkäsittelymenetelmiä	30
4.1.1	Altaat	30
4.1.2	Suodattimet ja selkeyttimet	30
4.1.3	Kemiallisia menetelmiä	30
4.1.4	Biologisia menetelmiä	31
4.2	Scanpolen eri kylästämöiden hulevesien käsittely	32
4.2.1	Irlanti Kiltel	32
4.2.2	Norja Ilseng	32
4.2.3	Iso-Britannia Newport	33
4.3	Vesienkäsittelyyn erikoistuneiden yritysten ratkaisuja	33
5	KÄSITTELYRATKAISUJEN SOVELTUVUUS HÖLJÄKÄN KYLLÄSTÄMÖLLE	34
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	36
7	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET	39

LIITE 1: TEOREETTISET SALLITUT KUORMITUSMÄÄRÄT JA PITOISUUDET	42
---	----

KUVALUETTELO

KUVA 1. Puun kyllästysprosessi Höljäkässä (Tietosisältö Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 23-25).....	7
KUVA 2. Rüping kyllästysprosessi (Brent 1933)	9
KUVA 3. Vesien tarkkailupisteiden sijainnit	11
KUVA 4. Virtaamamittauksen mittauspaikan sijainti.....	12
KUVA 5. Syksyn 2025 virtaamamittauksen tulokset	13
KUVA 6. Tasausaltaan purkuputki jään alla kepin kohdalla (Ruokonen 2025, CC BY-SA).....	13
KUVA 7. Everikinpuron ja Jurttipuron biosaatavat kuparipitoisuudet vuodelta 2025 (Mehtonen ym. 2023)	18
KUVA 8. Vuoden 2023 sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026b)	19
KUVA 9. Vuoden 2024 sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026b)	20
KUVA 10. Vuoden 2025 sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026b)	20
KUVA 11. Kuvaleike Everikinlammen valuma-alue (Scalco n.d.)	21
KUVA 12. Syksyn 2025 virtaamamittauksen virtaama ja sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026c).....	22
KUVA 13. Syksyn 2025 virtaamamittaukset V-aukon vedenpinnankorkeus ja sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026c).....	22
KUVA 14. Kuormitusmäärät arseenille ja kuparille purkuvedessä vuosina 2023-2025	25
KUVA 15. Kuormitusmäärät purkuveden PAH-yhdisteille vuosina 2023-2025	25

1 JOHDANTO

Hulevedet ovat vesiä, jotka muodostuvat rakennetuilla alueilla ja pinnoilla. Kyllästämillä hulevesiä syntyy piha-alueiden, kulkuväylien ja kattojen lisäksi kyllästettyjen ja raakapuiden varastointikentillä. Kyllästäjän alueen hulevesien mukana kulkeutuu prosessissa käytettyjä kyllästeaineita, mitkä kuormittavat luonnonvesiä.

Opinnäytetyössä tutkitaan Höljäkän kyllästäjän kyllästettyjen pylväiden ja muiden puutuotteiden varastoalueella muodostuvien hulevesien laatua ja kuormitusmääriä. Lisäksi tarkastellaan niiden vaikutusta läheiseen vesistöön ja arvioidaan tarvetta huleveden käsittelylle jo olemassa olevien ratkaisujen jatkoksi. Pintavesien haitta-ainepitoisuuksia ohjaa valtionneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1308/2015). Kyllästäjän aiheuttamaa kuormitusta läheiseen vesistöön halutaan lähtökohtaisesti vähentää nykyisestä siitä huolimatta, tapahtuuko ympäristönlääntunormien ylityksiä. Vedenkäsittelyratkaisujen halutaan olevan tehokkaita ja kustannukseltaan järkeviä tilanteeseen nähden. Osana opinnäytetyötä tarkastellaan kohteen tasausaltaan purkuputkesta mitatun virtaaman ja sadannan yhteyttä. Virtaaman ja sadannan välisestä yhteydestä halutaan selvittää sen mahdollisuuksia ennustaa tulevia vesi- ja kuormitusmääriä.

Opinnäytetyön tilaajana on Envineer Oy, minkä kautta opinnäytetyön kohteena on Nurmeksessa sijaitseva Höljäkän kyllästäjä. Opinnäytetyö on osana Höljäkän kyllästäjän hulevesien käsittelyn tehostamisen selvitystä.

2 HÖLJÄKÄN KYLLÄSTÄMÖ

Höljäkän kyllästämö on Höljäkässä Nurmeksessa sijaitseva puukyllästämö. Höljäkän kyllästämön tuotteisiin kuuluu pääosin pylvää eri käyttökohteisiin. (Eskelinen 2008)

Kyllästämön alueen pinta-ala on noin 27 hehtaaria. Aluetta ympäröi rautatie, Mäntyläntie ja metsä-alue. Kyllästämöä lähimmät asuinrakennukset ovat noin 50 metrin päässä kaakkoispuolella. (Envineer Oy 2025)

2.1 Toiminta ja sen historia

Kyllästämön alue on toiminut soranottoalueena ennen kyllästämön perustamista (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022). Höljäkän kyllästämö on perustettu 28.5.1958, ja sen perusti G.A. Serlachius Oy (Eskelinen 2008). Nykyisin omistajuus kuuluu Scanpole Oy:lle, jonka emoyhtiö on livari Mononen Oy (Scanpole n.d.). Höljäkän kyllästämö perustettiin alun perin tuottamaan ratapölkkyjä Itä- ja Pohjois-Suomeen. Myöhemmin kyllästämön tuotanto laajeni pylväisiin, joista tuli tuotannon päätuote. (Eskelinen 2008)

Vuonna 1970 Höljäkän kyllästämöllä tapahtui tulipalo, missä maaperään pääsi kyllästeaineita. Kyllästämön toiminnan aikana pintamaa oli alueelta kontaminoitunut kyllästeainejäämillä. Näitä kyllästeaineita olivat kreosootti- ja suolakylläste. Palosta ja kyllästämön toiminnasta aiheutuneen pilaantuneen maaperän kunnostusta suoritettiin hulevesijärjestelmän rakentamisen yhteydessä vuosina 2018-2021 ja kyllästämölaajennustöiden yhteydessä heinä-syyskuussa 2024. (Envineer Oy 2022; Envineer Oy 2025)

Vuosien 2018-2021 aikana kyllästämön alueella tehtiin kunnostus- ja laajennustöitä. Tällöin valmiiden kyllästettyjen tuotteiden varastointialueelle tehtiin asfalttipinta ja hulevesien keräysjärjestelmä. Ennen uudistusta varastointialueen hulevedet imeytyivät suoraan maaperään. (Lehtoranta 2026a; Ramboll Finland Oy 2019a)

Höljäkkään alettiin rakentamaan uutta kyllästämöä vuoden 2024 aikana, joka valmistui vuonna 2025 (livari Mononen Oy n.d.). Uudelle kyllästyslinjalle ollaan tekemässä testiajoja talven 2026 aikana, eli tuotanto uudella kyllästämörakennuksella ja kupariöljykyllästeen linjalla ei ole vielä alkanut. Testiajot aloitettiin kreosoottikyllästeellä. Kupariöljy tulee käyttöön myöhemmin vuoden 2026 aikana (Ohtonen 2026).

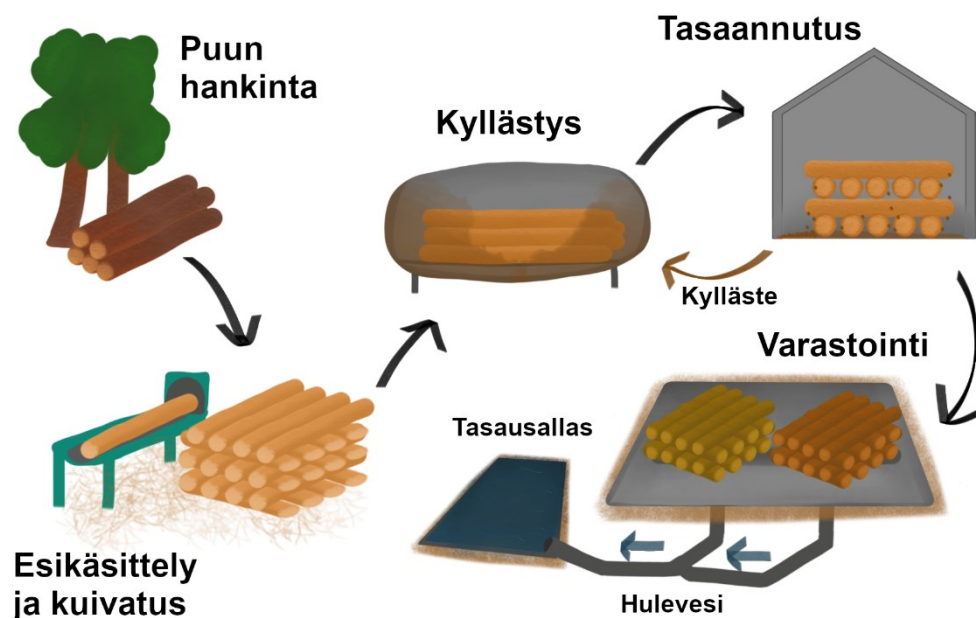
2.2 Tuotanto

Höljäkän kyllästämön tuotantoon kuuluvat kyllästettyjen sekä raakapylväiden ja ratapölkkyjen valmistaminen (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022). Pylvääitä käytetään esimerkiksi sähkön jakeluverkoissa ja valaistuksessa (Eskelinen 2008). Valtaosa tuotantoon menevistä puuraaka-aineista hankitaan Pohjois-Karjalasta, Pohjois-Savosta ja Kainuusta. Tuotantoon käytetään pääosin mäntyä. (livari Mononen Oy n.d.)

Vuonna 2021 Höljäkässä raakapylvääitä käsiteltiin tuotannossa noin 54 000 kuution edestä. Tällöin kyllästettyjä pylvääitä tuotettiin noin 25 500 kuutiota ja puutavaraa yhteensä noin 40 000 tonnia. Vuonna 2021 ei ollut vielä käytössä kupariöljykyllästelinjaa, joten kyllästyksen käytettiin vain kreosoottia (n. 60 %) ja suolakyllästettä (n. 40 %). Kupariöljykyllästyksen käyttöönoton jälkeen arvioidaan

tuotannon jakautuvan niin, että kupariöljyllä kyllästettyjä tuotteita olisi 30 000-60 000 kuutiota, suolakyllästeisiä 15 000-30 000 kuutiota ja kreosoottikyllästeisiä 5 000-75 000 kuutiota. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 21-22)

Ennen pylväiden kyllästämistä ne kuoritaan, mitataan, jaetaan laatuluokkiin, tasataan ja kuivataan. Kuorimiseen käytetään kuorimakonetta, mikä poistaa raakapuussa olevan kuoren. Mittauksen, luokituksen ja tasauksen jälkeen pylväät kuivataan ilmassa taapeleissa varastoalueella. Kuivausta voidaan tehostaa käyttämällä alipainekuivaamoa, kamarikuivaamoa tai kuumailmakuivaamoa. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 23) Pylväät kuivaavat taapeleissa 8-10 kuukautta (Scanpole n.d.). Alipainekuivaamossa ja kuumailmakuivaamossa pylväät kuivaavat noin kaksi viikkoa. Alipainekuivauksessa syntyy höyryä, mikä johdetaan lämmönvaihtimeen tiivistymään vedeksi. Vesi kerätään mittasäiliöön, mistä se pumpataan edelleen haihduttajaan. Vettä on mahdollista käyttää myös suolakyllästeen käyttöliuokseen (Lehtoranta 2026a). Kuivatut pylväät sorvataan ja työstetään. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022,23) Sorvauksessa pylvään pinnasta poistetaan nilakerros ja sen pinta tasoitetaan. Työstössä pylväiden ominaisuudet kuten mitat, kosteus ja laatu tarkistetaan, sekä tehdään tarvittavat merkinnät. (Eskelinen 2008) Osa pylväistä ovat valmiita raakapylväitä, eivätkä jatka kyllästykseen. Kyllästykseen jatkavat pylväät kerätään kyllästysvaunhuin, millä ne siirretään kyllästykseen. Pylväiden kosteuden halutaan olevan alle 28 % ennen kyllästystä. Kyllästysprosessin jälkeen puut tasaantuvat katetussa varastotilassa, jonka jälkeen ne siirtyvät ulos varastokentille. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 23-24) Kyllästämön perusprosessi on kuvattu kuvassa 1.



KUVA 1. Puun kyllästysprosessi Höljäkässä (Tietosisältö Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 23-25)

Kyllästykseen käytetään kreosootti- ja suolakyllästettä. Uuden kyllästämörakennuksen ja kupariöljylinjan myötä, kyllästämiseen aletaan käyttämään myös kupariöljyä. Kreosoottikyllästettä voidaan käyttää EU:n alueelle toimitettavien tuotteiden kyllästyksessä vielä vuoteen 2029 asti. Aiemmin Höljäkässä on käytetty CCA-suolakyllästettä, mikä sisältää kromia, kuparia ja arseenia. CCA-suolakyl-

lästettä ei ole käytetty vuoden 2007 jälkeen eli sitä ei ole ollut tuotannossa varastointikenttien ja hu-
levesijärjestelmän aikana. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 27-29; Lehto-
ranta 2026a)

2.2.1 Kupariöljykyllästys

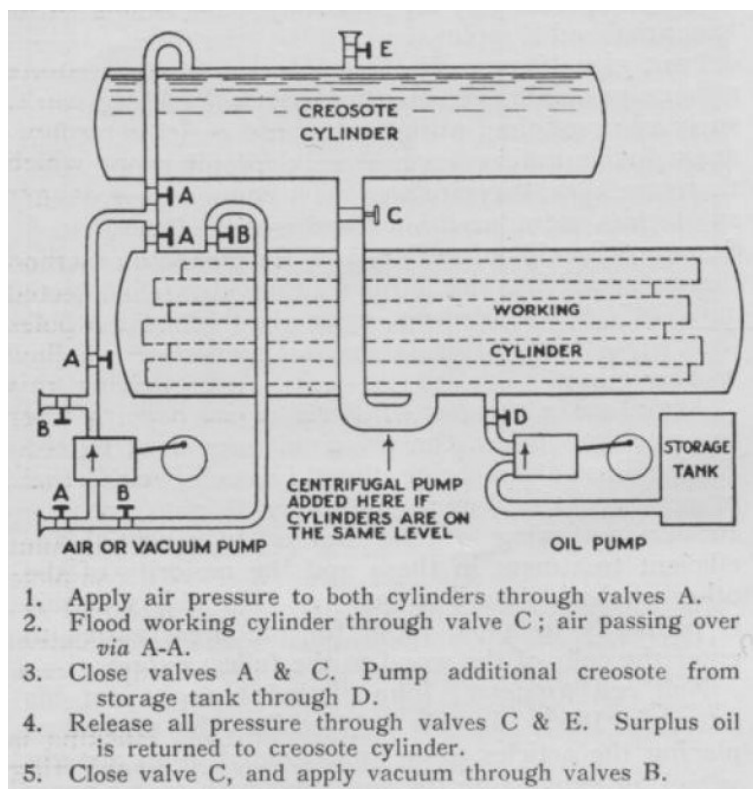
Kupariöljykyllästys toteutetaan Rüping-prosessilla. Prosessissa pylväät tai muu kyllästettävä puuta-
vara esilämmitetään 60-70 °C lämpötilaan, mikä kestää 8-10 tuntia. Esilämmitetyt tuotteet siirretään
kyllästyssylinteriin, missä kyllästys tapahtuu. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023,
ISAVI/11501/2022, 24)

Kupariöljykyllästyksen prosessi toteutuu öljykyllästyksen tavoin, mikä on esitetty Itä-Suomen alue-
hallintoviraston päätöksessä ympäristöluvasta (Dnro ISAVI/11501/2022) seuraavasti

Öljykyllästysprosessi etenee seuraavasti;

1. Alkupaine eli kyllästyssylinterin ilmanpaine nostetaan tasolle 1–6 bar noin 15 minuutin ajaksi, jolloin puun sisäinen paine kasvaa.
2. Kyllästyssylinteri täytetään kyllästeellä lämmityssäiliöstä, jonka lämpötila on noin 90–120 °C. Samalla kyllästyssylinterin ilmanpaine nostetaan tasolle 10–12 bar noin 15–20 minuutin ajaksi.
3. Kyllästyssylinteristä kylläste pumpataan takaisin lämmityssäiliöön, jonka jälkeen kyllästyssylinteriin muodostetaan noin 85 % tyhjiö noin 6–10 tunnin ajaksi.
4. Kyllästetty puu jälkikäsitellään tihkumattomuuden varmentamiseksi erillisissä sylintereissä alipaineisessa höyryssä noin 12–24 tuntia, jolloin puun pinta puhdistuu ylimääräisestä kyllästeestä.
5. Prosessissa mahdollisesti kertynyt kylläste palautetaan kyllästysprosessiin. Mikäli kylläste ei sovellu uudelleenkäyttöön, toimitetaan se jätteenkäsittelylaitokselle.

Rüping-prosessi on esitetty myös kuvassa 2.



KUVA 2. Rüping kyllästysprosessi (Brent 1933)

Kupariöljykyllästeenä käytetään Tanasote S40-valmistella. Tämä valmiste koostuu pääosin kuparihydroksidista (CAS-numero 20427-59-2), penflupeenista (CAS-numero 494793-67-8) ja DDAkarbonaateista (CAS-numero 894406-76-9) (EPA Ireland 2017). Tanasote S40 kyllästevalmiste luokitellaan vesistöille akuutisti vaaralliseksi aineeksi pitkäkestoilla haittavaikutuksilla (Aquatic Acute 1, Aquatic Chronic). Kupariöljykyllästeen haittavaikutukset ympäristöön on todettu olevan pienempiä kuin kreosoottikyllästeen haittavaikutukset. Lisäksi kupariöljykyllästeistä puuttavaa ei ensisijaisesti luokitella vaaralliseksi jätteeksi, mikä mahdollistaa jätteen hyödyntämisen. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 27-29)

2.2.2 Kreosoottikyllästys

Kreosoottikyllästys toteutetaan kupariöljykyllästyksen tapaan Rüping-prosessilla, mikä on avattu edellisessä kappaleessa.

Kreosoottikylläste koostuu kreosootista (CAS-numero 8001-58-9) eli kivihiilitervan tisleestä. Kreosootti sisältää PAH-yhdisteitä, jotka ovat haitallisia ja myrkyllisiä vesistöille ja sen eliöille. Osa PAH-yhdisteistä ovat myös syöpää aiheuttavia aineita. Kreosootissa on myös fenoleita ja heterosyklisiä rikki- ja typpiyhdisteitä. (Tokeva 2022) Näin ollen se on luokiteltu terveydelle vaaralliseksi ja vesieliöille erittäin myrkylliseksi aineeksi. Kreosootilla kyllästetyt pylväät ja muut tuotteet luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi käytön jälkeen. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 27-29) Kreosootti on pääosin veteen liukenematon aine (liukoisuus < 0,3 g/l), mutta se kuitenkin liukenee orgaanisiin liuottimiin. Kreosootin haihtuminen vedestä on hyvin niukkaa tai olematonta. Se ei myöskään hajoa nopeasti biologisesti. (Tokeva 2022)

2.2.3 Suolakyllästys

Suolakyllästys toteutetaan Bethel-prosessilla. Kyllästykseen ei tarvita esilämmitystä, kuten öljykylästyksessä, vaan puutavara siirretään suoraan sylinteriin. Suolakyllästyksen prosessi on esitetty Itä-Suomen aluehallintoviraston päätöksessä ympäristöluvasta (Dnro ISAVI/11501/2022) seuraavasti

Suolakyllästysprosessi etenee seuraavasti;

1. Kyllästyssylinteriin muodostetaan alkutyhjiö eli noin 85 %, jolloin puun sisälle muodostuu alipaine.
2. Kyllästyssylinteri täytetään käyttöliuoksella ja kylästyssylinterin nestepaine nostetaan. Kyllästysliuoksen lämpötila noin 25–35 °C ja käyttöliuoksen vahvuus 2–5 %, riippuen käytettävästä kylästeestä sekä tarvittavasta kylästysluokasta.
3. Kyllästyssylinteri tyhjenetään takaisin käyttöliuossäiliöön, jonka jälkeen kylästyssylinteriin muodostetaan noin 85 % tyhjiö.
4. Kyllästyslasti siirretään tasaannutushalliin, jonka lämpötila on noin +35 °C. Puutavara siirretään varastointialueelle, kun sen riittävä kuivuus ja tasaantuminen on varmennettu.

Suolakylästeen tihenteenä käytetään kuparikylästeen 2-Aminoetanolia (CAS-numero 141-43-5). Toinen pääainesosa suolakylästeessä on kupariöljy (CAS-numero 7440-50-8). Lisäksi suolakylästeessä käytetään homeenestoainetta (CAS-numero 26530-20-1). Suolakyläste on luokiteltu erittäin myrkylliseksi vesieliöille pitkäaikaisilla haittavaikutuksilla. (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 27-29) Suolakylästeessä 2-Aminoetanoli on hyvin veteen liukeneva, mutta kupariöljy ja homeenestoaaine eivät liukene tai liukenevat huonosti. (Echemi 2019; ILO, WHO ja European Commission 2002; ILO, WHO ja European Commission 2016)

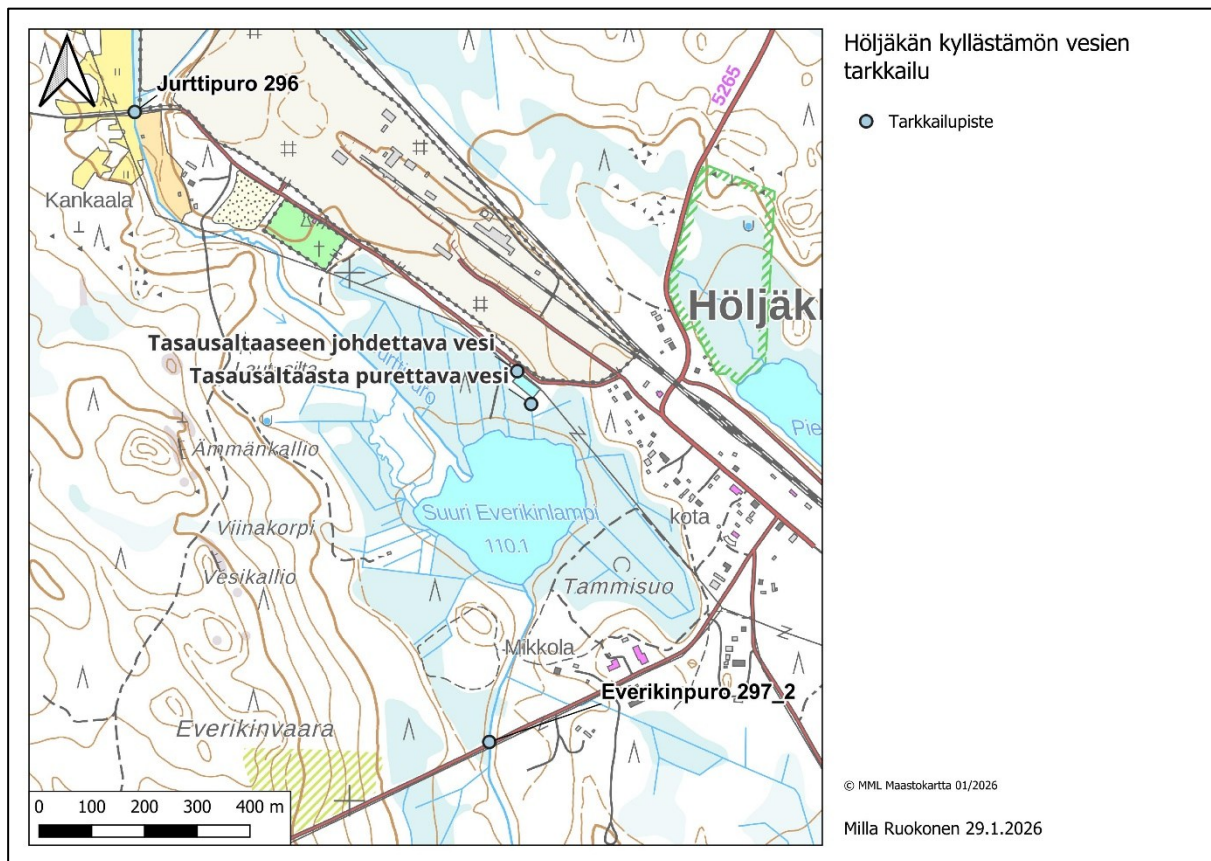
2.3 Hulevesien nykyinen käsittely

Kyllästyksen päällystetyllä alueella varastoidaan valmiita kylästyksen tuotteita. Hulevesien keräys on toteutettu varastopinojen alla olevilla vietoilla ja tasausojilla, jotka keräävät koko tämän alueen valumavedet. Varastokentille on varattu tulvatilavuutta 500-750 m³ jokaista aluetta kohden, mikä viivästyttää hulevettä. (Scanpole Oy 2019) Hulevedet keräävän päällystetyn alueen koko on 50 800 m² (Ramboll Finland Oy 2019b). Varastoalue on jaettu kahteen eri osaan, joista toinen alue kerää kreesootti- ja kupariöljykylästettyjen tuotteiden hulevedet ja toinen suolakylästettyjen tuotteiden hulevedet. Osa suolakylästettyjen tuotteiden raidealueen valumavesistä johdetaan takaisin prosessiin (Oh-tonen 2026). Vedet johdetaan kaksilinjaisena kylästyksen lounaispuolella sijaitsevaan tasausaltaan, jonka tilavuus on noin 1 290 m³ ja pinta-alaltaan allas on noin 1 400 m² (Scanpole Oy 2019). Tasausaltaan purkuputkessa on ollut jatkuvatoiminen virtaamamittaus käytössä vuoden 2025 loka-kuusta lähtien. Tasausaltaasta hulevedet johdetaan öljynerotuskaivoon. Öljynerotuskaivoja on kaksi, joista uudempi asennettiin vuonna 2024. Toisella öljynerotinkaivolla pystyttiin lisäämään käsittelykapasiteettiä ja sujuvoittamaan kaivojen huoltoa. Öljynerottimista johtaa purkuputket läheiseen ojaan. Oja laskeutuu Suureen Everikinlampeen, joka on myöhemmin yhteydessä Pielisen järveen Everikin-puron kautta (Envineer Oy 2022).

2.3.1 Hule- ja pintavesitarkkailu

Höljäkän kylästyksen hulevesistä on toteutettu näytteenottoja aikavälillä 2019-2025. Vuoden 2025 hule- ja pintavesitarkkailu on ollut Höljäkän nykyisen tarkkailuohjelman mukainen. Tähän tarkaste-

luun on otettu mukaan ajalla 2023-2025 tehdyt tutkimukset. Näytteet on otettu tasausaltaaseen saapuvasta vedestä ja öljynerottimen jälkeen ojaan purkautuvasta vedestä. Lisäksi näytteenottoa on suoritettu Everikinpurosta, joka purkautuu Suuresta Everikinlammesta Pielisen järven Laajanlahteen. Jurttipuro on toiminut referenssipisteenä analyysituloksissa, sillä se sijaitsee kyllästämöstä ylävirtaan. Tarkkailupisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 3.

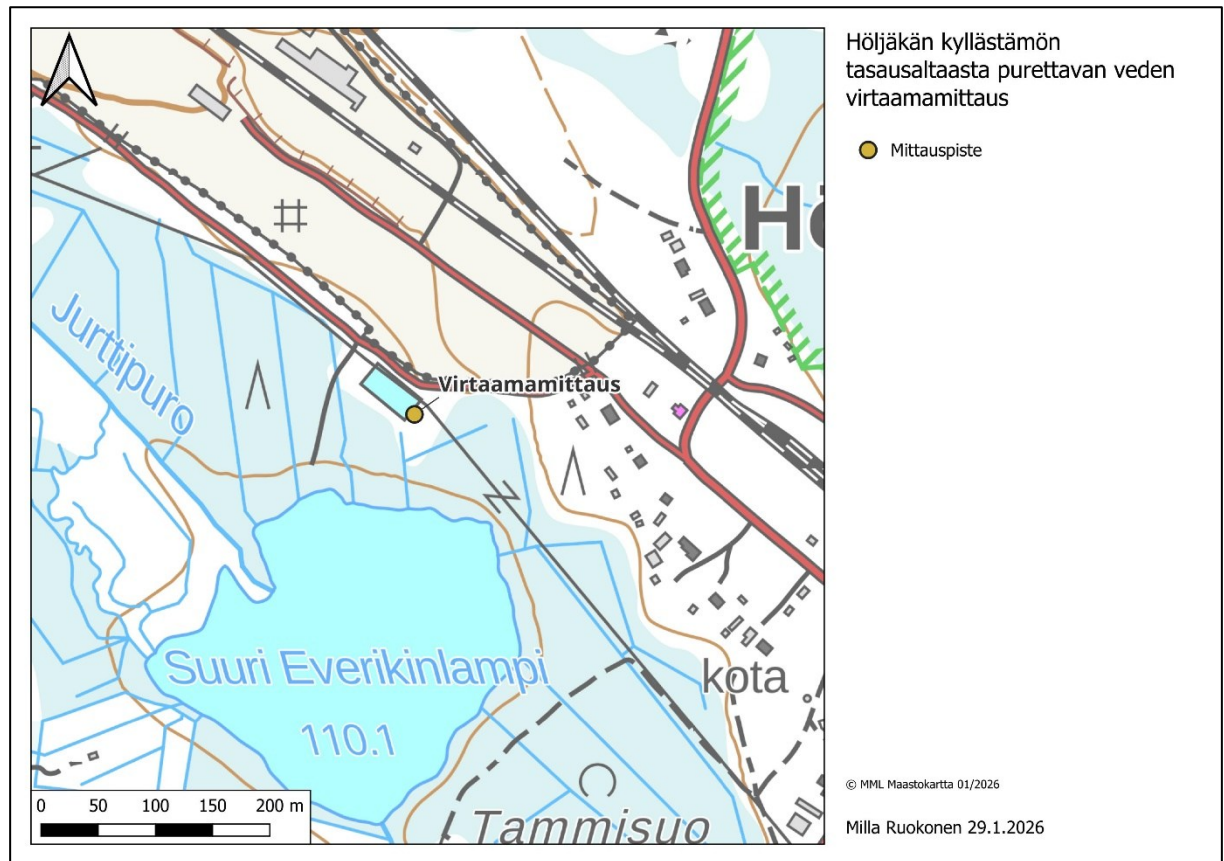


KUVA 3. Vesien tarkkailupisteiden sijainnit

Näytteistä on analysoitu liukoiset- ja kokonaismetallit (As, Ca, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn, V). Everikinpurosta ja Jurttipurosta on analysoitu vain liukoiset metallit. Metallien lisäksi kaikkien näytteenotuspisteiden näytteistä on analysoitu PAH-yhdisteet. Tasausaltaaseen johdettavasta vedestä ja altaasta purkautuvasta vedestä on analysoitu öljyhiilivetyjakeet C₁₀-C₄₀. Lisäksi näytteistä analysoitiin veden ominaisuuksia kuten pH, sähkönjohtavuus, kemiallinen hapen kulutus (COD_{Cr}), liuenneen orgaanisen hiilen määrä (DOC) ja lämpötilaa. Analyysit on suoritettu Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy akkreditoidussa laboratoriossa. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy n.d.)

2.3.2 Virtaamamittaus

Virtaamamittaus on toteutettu tasausaltaasta lähtevästä purkuputkesta lokakuusta alkaen. Tarkasteluun on otettu mittaukset aikavälillä 9.10.-31.12.2025. Altaan jäätyneen vuoksi alkuvuodesta ei ole mittausdataa. Jatkuvat toimintaan virtaamamittaukseen käytettiin putken sisään asennettavaa V-aukorakennetta ja ultraäänellä toimivaa pinnankorkeusanturia. Mittauslaitteiston ja asennuksen toimitti Mittausguru Oy. Kuvassa 4 on esitetty mittauspaikan sijainti.

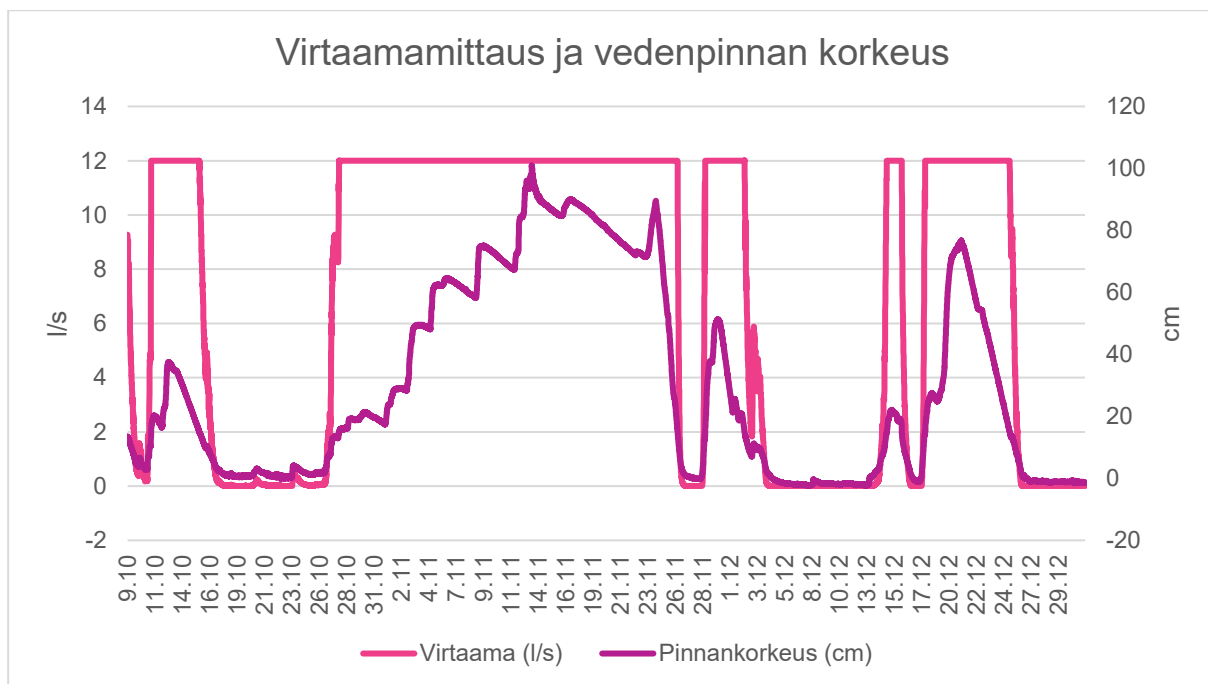


KUVA 4. Virtaamamittauksen mittauspaikan sijainti

Mittausdata saatiin 10 minuutin jaksoisena datana. Virtaamaa pystyi myös seuraamaan reaaliaikaisesti. Virtaamamittauksen jatkuvatoiminen mittalaitteisto mittasi v-aukolla olevan veden pinnankorkeutta, mistä se määrittä virtaaman. Luvussa 3.2.1. käydään läpi sadannan ja virtaaman välistä yhteyttä.

Asennuttajan (Mittausguru Oy) toimesta purkuputkelle ja täten virtaamamittaukselle on määritetty maksimivirtaamaksi 12 l/s, mikä toteutuu altaan puoleisen putken pään ollessa kokonaan veden alla.

Kuvassa 5 on esitetty kuvaaja virtaamasta ja V-aukon vedenpinnan korkeudesta. Virtaama on pää-akselilla ja veden pinnankorkeus on toissijaisella akselilla. Kuvaajasta voidaan huomata, että virtaama saavuttaa maksimivirtaaman (12 l/s) suurimman osan mittausajasta. Virtaaman keskiarvoksi saadaan 6,6 l/s (taulukko 1).



KUVA 5. Syksyn 2025 virtaamamittauksen tulokset

Virtaaman ja v-aukon vedenpinnankorkeuden minimi-, maksimi- ja keskiarvot on esitetty taulukossa 1. Virtaama vaihteli välillä 0-12 l/s ja V-aukon vedenpinnankorkeus välillä -17-101 cm.

TAULUKKO 1. Jatkuvatoimisen virtaamamittauksen minimi-, maksimi- ja keskiarvo

	Minimi	Maksimi	Keskiarvo
Virtaama (l/s)	0,0	12,0	6,6
V-aukon vedenpinnankorkeus (cm)	-17,0	101,0	27,5

Virtaamamittaukseen liittyi epävarmuustekijänä mittauslaitteiston sijainti hulevesijärjestelmässä. Noin puolet mittausajan tuloksista oli laitteiston maksimivirtaamaa, mikä johtui putken täyttymisestä kokonaan vedellä. Joulukuussa sää oli jo kylmempää, mikä johti jään muodostumiseen tasausaltaalle (kuva 6).



KUVA 6. Tasausaltaan purkuputki jään alla kepin kohdalla (Ruukonen 2025, CC BY-SA)

Altaan jäätymisellä on vaikutusta mittaustuloksiin. Jää voi hidastaa virtaamaa tai pysäyttää sen kokonaan riippuen jään paksuudesta. Virtaama oli lähes nollassa tai maksimissa, joten mittauksesta ei voida saada selvää virtaamaa purkputkelle.

TAULUKKO 2. Tasausaltaaseen johdettavan veden keskeisten tulosten minimi-, maksimi- ja keskiarvo vuodelta 2025 ja vuoden 2024 tulokset

		Arseeni kok.	Kupari kok.	Antraseeni	Bentso(a)-pyreeni	Bentso(b)fluoranteeni	Bentso(g,h,i)-peryleeni	Bentso(k)fluoranteeni	Fluoranteeni	Naftaleeni	PAH summapitoisuus
		(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
2024		10	1100	14	0,06	0,15	0,03	0,05	180	18	560
2025	min	13	310	0,42*	0,001	0,012	0,0003*	0,001	27,6	0,1	60,6
	max	200	5400	11,6	0,05	0,23	0,01*	0,09	309	11,3	814,4
	k.a.	72	2070	2,9	0,02	0,07	0,002	0,03	100	1,8	251,9

* merkityt ovat laboratorion määrittämissä raja-arvoissa

Taulukossa 3 on esitetty vuosien 2023-2025 keskeisimpien haitta-ainepitoisuuksien minimi-, maksimi- ja keskiarvo tasausaltaasta purettavalle vedelle. Samat haitta-ainepitoisuudet ovat koholla myös tasausaltaasta purettavassa vedessä kuin sinne johdettavassa. Arseenin ja kuparin pitoisuudet kasvavat tasausaltaassa kulkeutumisen aikana. Myös PAH-yhdisteistä fluoranteeni- ja naftaleenipitoisuudet kasvavat nostaen myös summapitoisuutta. Muut PAH-yhdisteet pysyvät joko samana tai pienenevät hiukan. Tasausaltaasta purettavan veden pH arvo on ollut noin 7 vuonna 2025.

TAULUKKO 3. Tasausaltaasta purettavan veden keskeiset tulokset sekä minimi-, maksimi- ja keskiarvo vuosilta 2023-2025

		Arseeni kok.	Kupari kok.	Antraseeni	Bentso(a)-pyreeni	Bentso(b)fluoranteeni	Bentso(g,h,i)-peryleeni	Bentso(k)fluoranteeni	Fluoranteeni	Naftaleeni	PAH summapitoisuus
		(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
2023	min	18	700	0,74	0,0005*	0,002	0,0005*	0,001*	2,4	0,01*	6
	max	100	1500	5,0	0,07	0,31	0,05*	0,1*	71	3,3	270
	k.a.	59	1094	2,3	0,0008	0,11	0,022	0,045	37,7	1,7	138
2024	min	8,8	680	0,47	0,002	0,013	0,001	0,005	28	0,01*	41
	max	530	3100	12,0	0,38	1,4	0,12	0,32	200	15	694
	k.a.	266	1704	5,3	0,08	0,30	0,029	0,07	90,3	5,04	293
2025	min	31	1300	0,047*	0,001*	0,022	0,0003*	0,001	43,4	0,007*	89
	max	430	6300	11,8	0,02	0,23	0,046	0,08	317	29,8	1074
	k.a.	133	3088	3,18	0,004	0,07	0,0086	0,02	103,5	8,5	337

* merkityt ovat laboratorion määrittämissä raja-arvoissa

Tasausaltaan jälkeisestä Everikinlammesta virtaavan puron keskeisten haitta-ainepitoisuuksien minimi-, maksimi- ja keskiarvot ovat taulukossa 4. Everikinpuron pH oli vuonna 2025 noin 6,5. Tasausaltaan veden sisältämät kupari ja arseeni näkyvät Everikinpuron vedessä ainoastaan pieninä pitoisuuksina. Samoin myös antraseenin ja naftaleenin pitoisuudet, sekä PAH-yhdisteiden summapitoisuus. Antraseenia ei ole enää todettu vuonna 2025. Pitoisuudet siis pienenevät selvästi tasausaltaasta purettavaan veteen verrattuna. Tämä voi johtua pitoisuuksien tehokkaasta sekoittumisesta Everikinlammen vesimäärään tai vajoamisesta ojan ja lammen pohjasedimentteihin. Kaikkien tarkasteltujen haitta-aineiden pitoisuudet alittavat VNa:n 1308/2015 ympäristölaatuvaatimukset.

TAULUKKO 4. Everikinpuron veden keskeisten tulosten minimi-, maksimi- ja keskiarvo vuosilta 2023-2025 (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1308/2015)

		Arseeni liuk.	Kupari liuk.	Antraseeni	Fluoranteeni	Naftaleeni	PAH summa- pitoisuus
AA-EQS				0,1		2	
MAC-EQS				0,1	0,12	130	
		(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
2023	min	0,3	4,4	0,005*	0,005*	0,01*	0,051*
	max	1,1	10,0	0,05*	0,08	0,1*	0,91*
	k.a.	0,72	7,0	0,02	0,04	0,03	0,39
2024	min	0,46	2,8	0,005*	0,005*	0,01*	0,009
	max	2,5	15,0	0,008	0,04	0,01*	0,23
	k.a.	1,3	6,5	0,006	0,03	0,01	0,08
2025	min	0,32	0,7	0,001*	0,001*	0,007*	0
	max	2,1	9,6	0,001*	0,02	0,007*	0,053
	k.a.	0,94	5,4	0,001	0,002	0,007	0,016

* merkityt ovat laboratorion määrittämissä raja-arvoissa

Taulukossa 5 on Jurttipuron keskeisten tulosten minimi-, maksimi- sekä keskiarvot. Jurttipuro toimii referenssipisteenä, jolloin sen haitta-ainepitoisuudet ovat niin sanottuja taustapitoisuuksia. Jurttipurossa on havaittavissa metallien arseenin, kuparin ja nikkelin pieniä pitoisuuksia. PAH-yhdisteistä pitoisuuksia on fluoranteenilla ja naftaleenilla. Everikinpuron arseeni-, kupari- ja naftaleenipitoisuudet ovat pienistä määristä huolimatta suurempia kuin Jurttipuron pitoisuudet. Kuparipitoisuudessa on selvä ero näiden kahden pisteen välillä. Jurttipuron haitta-ainepitoisuudet olivat kaikki alle VNa:n 1308/2025 ympäristönlaatuvaatimusten. Jurttipuron pH oli vuonna 2025 noin 6,5, eli lähellä neutraalia.

TAULUKKO 5. Jurttipuron veden keskeisten tulosten minimi-, maksimi- ja keskiarvo vuodelta 2025 (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista)

		Arseeni	Kupari	Nikkeli	Antraseeni	Bentso(a)- pyreeni	Bentso(b)fluo- ranteeni	Bentso(g,h,i)- peryleneeni	Bentso(k)fluo- ranteeni	Fluoranteeni	Naftaleeni	PAH summa- pitoisuus
AA-EQS				4	0,1						2	
MAC-EQS				34	0,1	0,27	0,017	0,0082	0,017	0,12	130	
		(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
2025	min	0,2	0,7	1,2	0,001*	0,001*	0,001*	0,0003*	0,001*	0,001*	0,007*	0,01
	max	0,4	1,7	1,9	0,004*	0,001*	0,001*	0,0003*	0,001*	0,028	0,043	0,2
	k.a.	0,3	1,3	1,5	0,002	0,001	0,001	0,0003	0,002	0,013	0,021	0,1

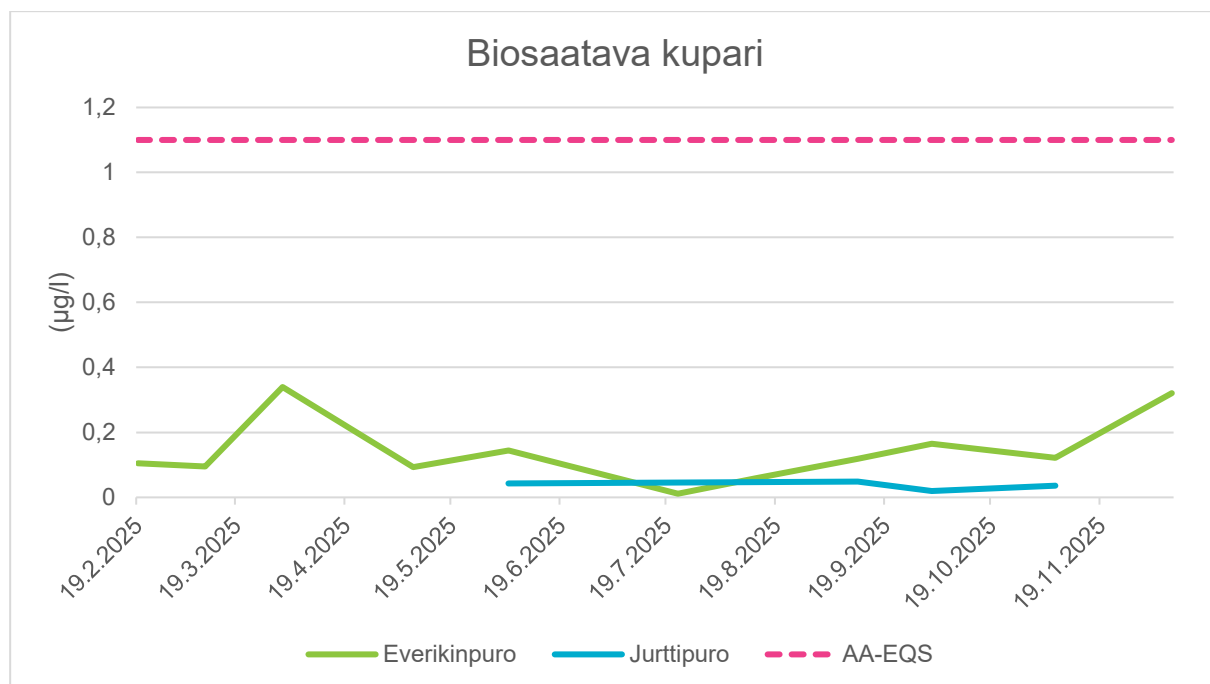
* merkityt ovat laboratorion määrittämissä raja-arvoissa

Kuparille ei suoraan ole ympäristönlaatuvaatimusta VNa:ssa 1308/2015, mutta sille on tehty ehdotus, että kuparin biosaatava pitoisuus sisämaan pintavesissä saisi olla 1,1 µg/l (AA-EQS). Virossa kuparille on asetettu liukoinen AA-EQS arvo, joka on 7,8 µg/l. (Mehtonen ym. 2023) Viron asettamalla kuparin ympäristönlaatuvaatimilla Everikinpurossa tapahtuu yksittäisiä ylityksiä kaikkina vuosina 2023-2025, mutta keskiarvot jäävät alle ylitysarvon.

Jotta voidaan vertailla kuparipitoisuuksia ehdotettuun ympäristölaatunormiin (1,1 µg/l), täytyy kuparin liukoisista pitoisuuksista laskea sen biosaataava pitoisuus. Tämä laskenta on suoritettu BioMet-laskentatyökalulla, joka käyttää veden pH:ta, liuennutta orgaanisen hiilen määrää, kalsiumpitoisuutta ja laskettavien metallien liukoisia pitoisuuksia (Bio-met n.d.). Vuoden 2025 kuparin biosaatavien pitoisuuksien minimi-, maksimi- ja keskiarvot Everikinpurolle sekä Jurttipurolle on esitetty taulukossa 6. Eri näytteenotokertoina saatujen pitoisuudet ja ehdotettu biosaataavan kuparin ympäristölaatunormi ovat esitettyinä kuvassa 7.

TAULUKKO 6. Biosaataavan kuparin pitoisuuksien minimi-, maksimi- ja keskiarvot Everikinpurossa ja Jurttipurossa vuonna 2025 (Mehtonen ym. 2023)

		Biosaataava kupari
Ehdotettu AA-EQS		1,1
		(µg/l)
Everikinpuro	min	0,011
	max	0,34
	k.a.	0,14
Jurttipuro	min	0,020
	max	0,049
	k.a.	0,037



KUVA 7. Everikinpuron ja Jurttipuron biosaatavat kuparipitoisuudet vuodelta 2025 (Mehtonen ym. 2023)

Sekä Everikinpuron, että Jurttipuron kuparin biosaatavat pitoisuudet alittavat ehdotetun ympäristölaatunormin. Everikinpurossa pitoisuus on korkeampi kuin Jurttipurossa, mikä voi olla merkki kyllästämön hulevesien aiheuttamasta kuormituksesta.

3.2 Vuosittainen sadanta ja valunta

Vuosittaista sadannan avulla saatavaa valuntaa tarvitaan vuosittaisten kuormitusmäärien ja teoreettisten sallittujen kuormitusmäärien laskentaan. Valunnan olisi saanut suoraan virtaamamittauksesta,

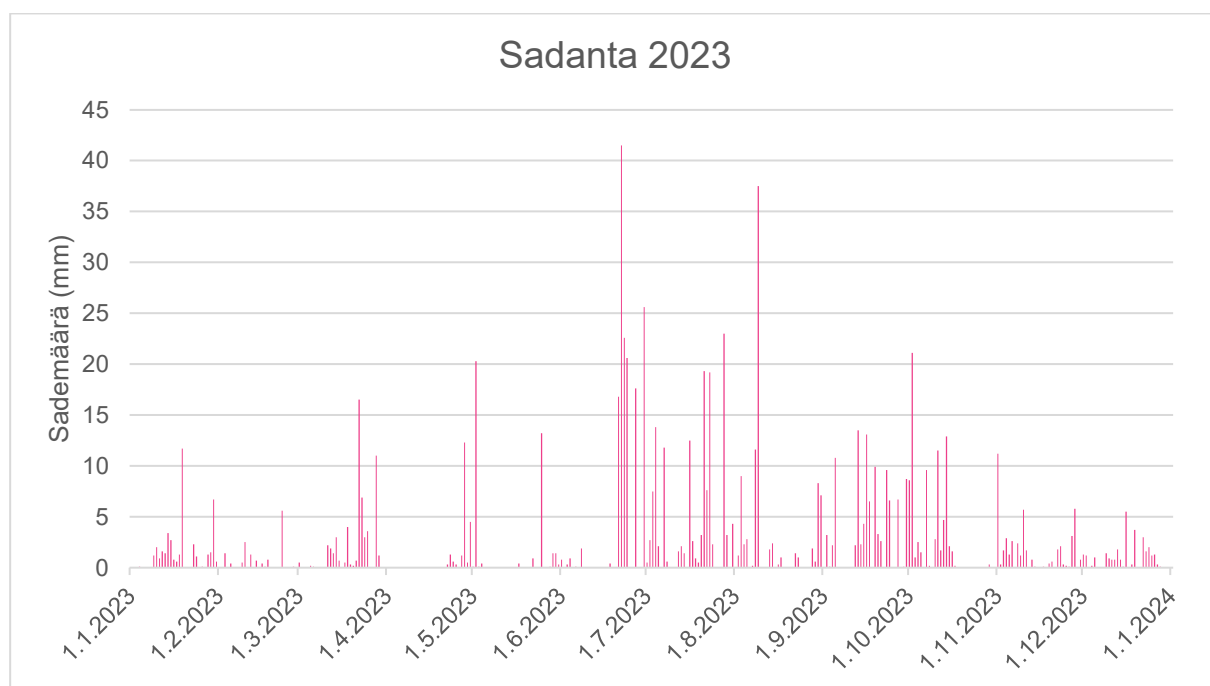
mutta sen toistaiseksi lyhyestä mittausajasta ja tulosten epävarmuudesta johtuen vuosivalunta laskettiin teoreettisesti. Varastoalueiden valunta on saatu niiden pinta-alasta, vuosisadannasta ja valuntakerroimesta. Valuntakerroin on valittu alueelle tehdyn asfalttipäällysteen ja aiempien laskelmien perusteella (Ramboll Oy 2019b). Vuosille 2023-2025 saadut vuosivalunnat on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Vuosivalunta ja sadanta 2023-2025 (Ilmatieteenlaitos 2026b)

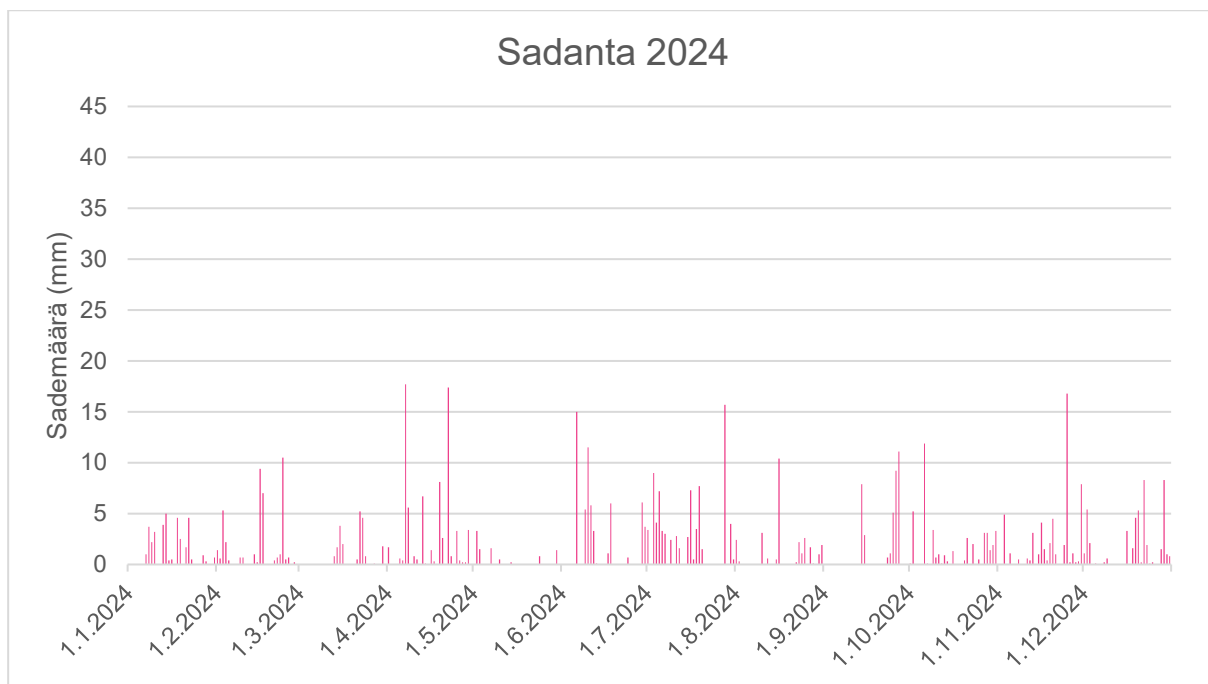
	Vuosivalunta (m³/a) (sadannan valunta * k * pinta-ala)	Sadannasta muo- dostuva valunta (mm/a) (0,6*vuosisadanta)	Vuosisadanta (mm/a)	Valunta- kerroin k	Pinta-ala (m²)
2023	22 860	500	819	0,9	50 800
2024	14 630	320	530	0,9	50 800
2025	14 630	320	532	0,9	50 800

Vuoden 2023 sadanta on esitetty kuvassa 8. Sademäärä painottui selvästi kesälle ja syksylle vuoden 2023 aikana. Sadanta jakautui tasaisesti vuonna 2024 (kuva 9). Myös vuoden 2025 sadanta painottui kesälle ja syksylle, mutta ei yhtä selkeästi kuin vuoden 2023 sadanta (kuva 10).

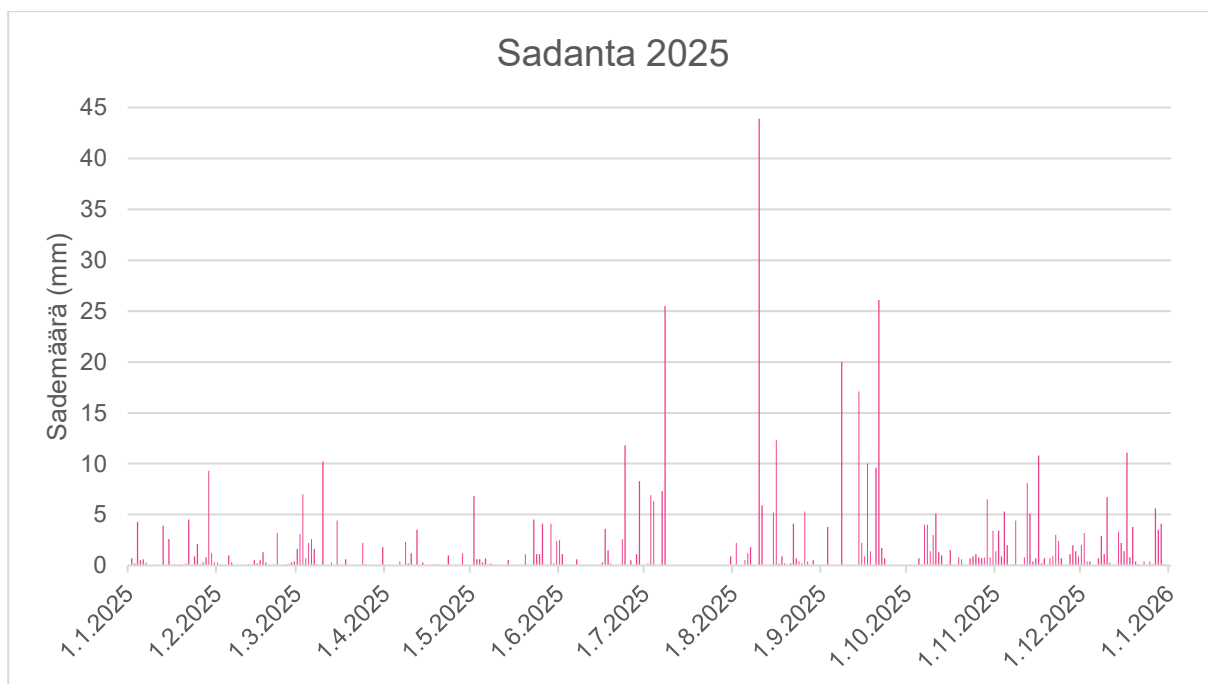
Vuoden sademäärien jakautumista voidaan myös verrata saatuihin analyysituloksiin. Voidaan kuitenkin todeta, ettei sademäärällä ole selvää vaikutusta haitta-aineiden pitoisuuksiin.



KUVA 8. Vuoden 2023 sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026b)



KUVA 9. Vuoden 2024 sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026b)



KUVA 10. Vuoden 2025 sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026b)

Everikinlammen valuma-aluetta tarvitaan lammen suurimpien sallittujen kuormitusmäärien teoreettiseen laskentaan. Everikinlammen valuma-alue on esitetty kuvassa 11. Valuma-alue on saatu Scalgo työkalulla. Lammen valuma-alueen koko on 10,69 km² eli 1069 hehtaaria. Alueesta noin 90 % on metsää. Lammen valuma-alue ulottuu kauas Höljäkän kyllästämöstä pohjoiseen, joten kyllästämön osuus valuma-alueesta on hyvin pieni. (Scalgo n.d.) Lisäksi suurin osa kyllästämön alueen valunnasta kerätään hulevesijärjestelmään. Vuoden 2025 Everikinlammen valuma-alueen valunta oli 342 080 m³/a, mikä saatiin kertomalla valuma-alue vuoden sadannan valunnalla.

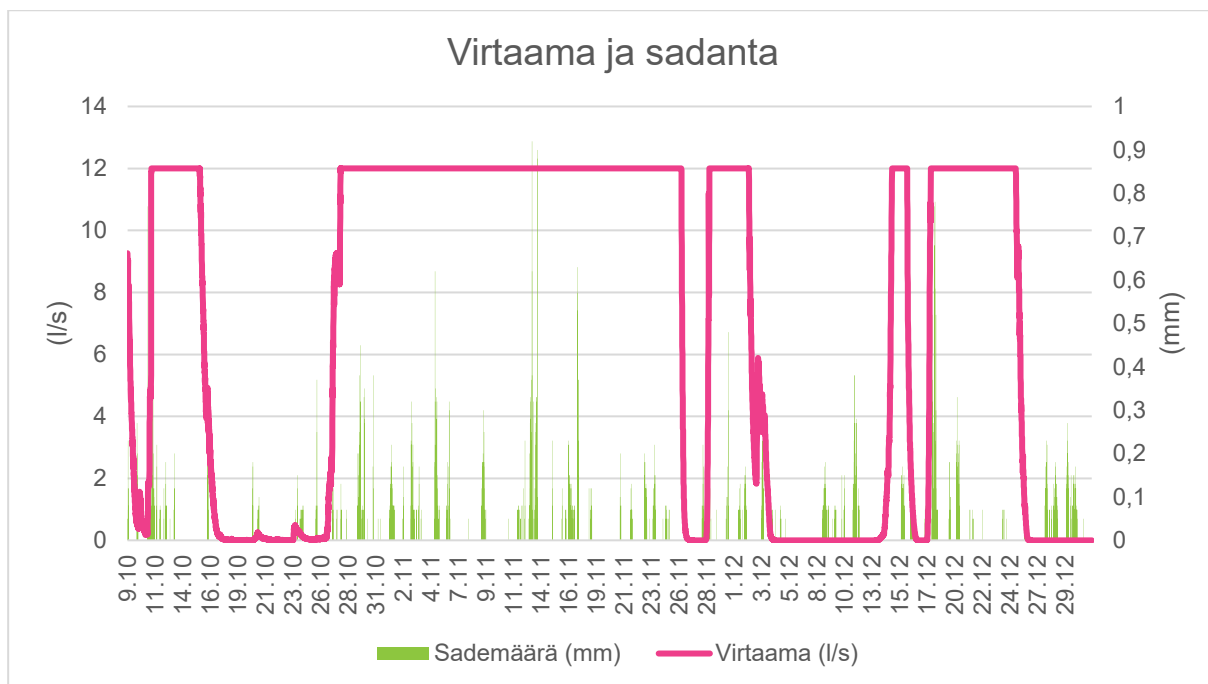


KUVA 11. Kuvaleike Everikinlammen valuma-alue (Scalgo n.d.)

3.2.1 Sadannan ja virtaaman yhteys

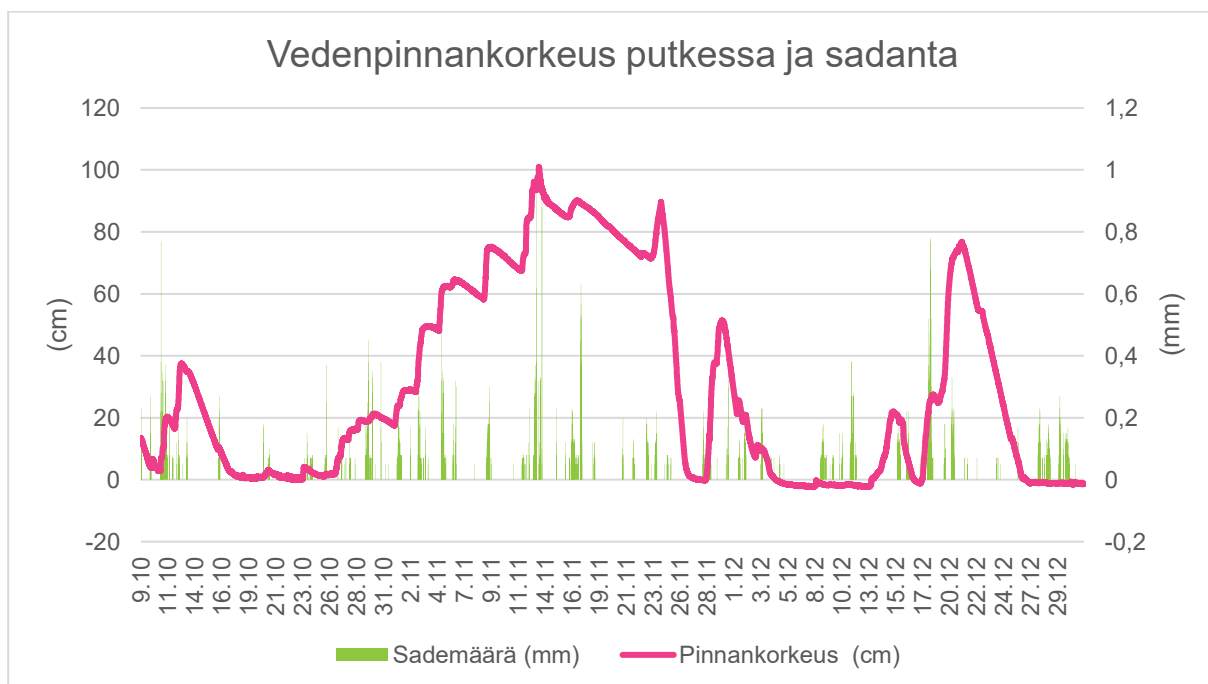
Sadannan ja virtaaman välisen yhteyden selvittämiseksi ladattiin jatkuvatoimisen mittausjakson aikainen sadanta. Virtaamamittaus mitattiin 10 minuutin välein, joten myös sadanta ladattiin samaisessa muodossa. Sadannan ja virtaaman välistä yhteyttä voidaan havainnoida kuvaajista ja korrelaatiota laskemalla. Virtaaman lisäksi otettiin tarkasteluun V-aukon vedenpinnankorkeuden ja sadannan välinen yhteys. Jos sadannan ja virtaaman välinen yhteys olisi vahva, voitaisiin ennustaa ta-sausaltaaseen tulevaa vesimäärä eri vuodenaikoina ja sateiden aikaan. Tätä kautta voisi laskea haitta-aineiden kuormitusmääriä ennustavasti eri sääolosuhteissa.

Virtaaman ja sadannan välillä ei ole havaittavissa selvää yhteyttä (kuva 12). Voidaan kuitenkin huomata, että sadannan lisääntyessä virtaama saavuttaa maksimivirtaaman hyvin nopeasti.



KUVA 12. Syksyn 2025 virtaamamittauksen virtaama ja sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026c)

Kuvasta 13 voidaan huomata, että suuremmat sademäärät tai pidemmät sadeajat nostavat padon vedenpinnankorkeutta. Sadannan ja V-aukon vedenpinnankorkeuden välinen yhteys on kuitenkin heikko, eikä siitä voi päätellä sadannan suoraa vaikutusta virtaamaan.



KUVA 13. Syksyn 2025 virtaamamittaukset V-aukon vedenpinnankorkeus ja sadanta (Ilmatieteenlaitos 2026c)

Virtaamamittauksen aikavälillä 9.10.2025-31.12.2025 ilman lämpötila vaihteli välillä -25 – 13 °C. Ensimmäisen kuukauden ajan lämpötila pysyi pääosin nollan yläpuolella keskiarvon ollessa 5 °C. Lämpötila oli enimmäkseen pakkasen puolella lopun ajan mittauksesta (keskiarvo -2 °C). (Ilmatieteenlaitos 2026a) Lämpötilan laskemisella ja näin veden jäähtymisellä voi olla vaikutusta virtaamaan. Joulukuun lopussa hulevesijärjestelmässä oleva vesi on todennäköisesti jo jäähtynyt.

Taulukossa 8 on esitetty virtaaman ja sadannan sekä v-aukon vedenpinnankorkeuden ja sadannan väliset lasketut korrelaatiot. Laskennalliset korrelaatiot olivat vain noin 7,4 %. Suurimmat korrelaatiot saatiin siirtämällä sadannan päiväkeskiarvot 24 tuntia eteenpäin suhteessa virtaamaan ja vedenpinnankorkeuteen. Tämä viittaisi siihen, että satanut vesimäärä viipyy pinnoilla, hulevesijärjestelmässä ja tasausaltaassa noin vuorokauden. Tämä korrelaatio voi olla myös satunnaista ja jää edelleen alle 20 %.

TAULUKKO 8. Virtaaman ja putken vedenpinnankorkeuden suhde sadantaan

	Sadanta 10 min	Sadanta 10 min +24 h	Päiväkeskiarvo ja päivän sa- danta	Päiväkeskiarvo ja päivän sa- danta +24 h
Virtaama	7,3 %	6,3 %	5,9 %	19,9 %
V-aukon veden- pinnankorkeus	7,5 %	7,5 %	5,4 %	18,5 %

Tarkasteltujen yhteyksien ja saatujen korrelaatioiden perusteella näillä tiedoilla ei voida ennustaa tasausaltaaseen tulevia vesimääriä eikä kuormitusmääriä. Sadannan ja virtaaman yhteys on siihen liian heikko ja satunnainen.

3.3 Vuosittaiset kuormitusmäärät

Vuosittaiset kuormitusmäärät on laskettu tasausaltaalle johdettavalle vedelle vuosille 2024 ja 2025, sekä tasausaltaalta purettavalle vedelle vuosille 2023-2025. Arseenin ja kuparin lisäksi tarkasteluun on valittu PAH-yhdisteistä ne, joille löytyy ympäristölaatunormit (AA-EQS, MAC-EQS) valtioneuvoston asetuksesta vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (VNa 1308/2015), sekä PAH summapitoisuus. Kuormitusmäärä saatiin kertomalla haitta-aineen pitoisuus luvussa 3.2. saadulla varastoalueiden vuosittaisella valunnalla.

Tasausaltaaseen johdettavan veden kuormitusmäärät on esitetty taulukossa 9. Vuosien 2024 ja 2025 välillä kuparin ja arseenin kuormitusmäärät ovat nousseet ja PAH-yhdisteiden määrät ovat laskeneet. Kuparin kuormitusmäärä oli selvästi suurin molempina vuosina. On otettava huomioon, että vuonna 2024 tulokset ovat vain yhdestä näytteenottokierroksesta, kun vuoden 2025 tulokset ovat kahdeksan näytteenottokerran keskiarvosta.

TAULUKKO 9. Tasausaltaaseen johdettavan veden keskeisten haitta-aineiden vuosittainen kuormitus

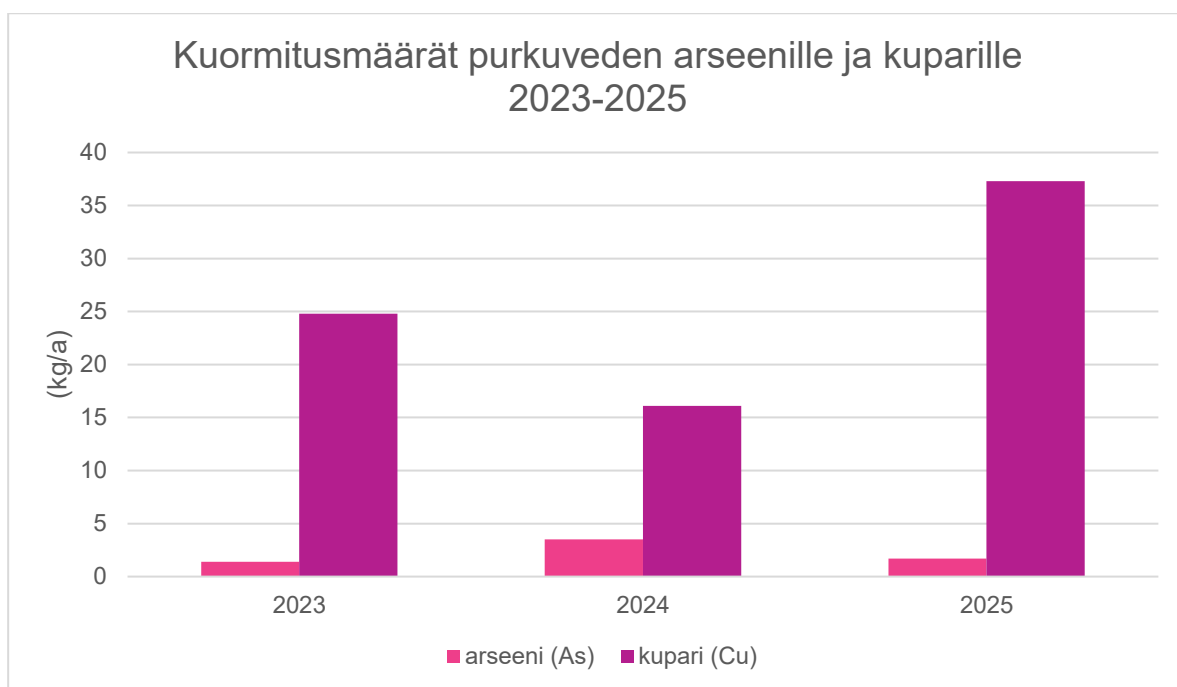
	2024	2025
Näytekierrosten lukumäärä	1	8
Kuormittava aine	kg/a	kg/a
arseeni (As)	0,2	0,7
kupari (Cu)	16,1	19,0
antraseeni	0,2	0,05
bentso(a)pyreeni	0,0009	0,0004
bentso(b)fluoranteeni	0,002	0,001
bentso(g,h,i)peryleeni	0,0004	0,0
bentso(k)fluoranteeni	0,001	0,0004
fluoranteeni	2,6	1,0
naftaleeni	0,26	0,004
PAH summapitoisuus	8,2	2,2

Tasausaltaasta purettavan veden arseenin ja kuparin kuormitusmäärät vaikuttavat kasvavan altaaseen johdettavan veteen verrattuna. Tasausaltaasta purettavan veden haitta-aineiden kuormitusmäärät on esitetty taulukossa 10. PAH-yhdisteistä valtaosan kuormitusmäärät laskevat tasausaltaan jälkeen, mutta PAH summapitoisuus on kasvava. Tasausaltaasta purettavan veden vuosittaiset kuormitusmäärät on saatu vuonna 2023 neljän ja vuosilta 2024-2025 kahdeksan näytteen keskiarvoista.

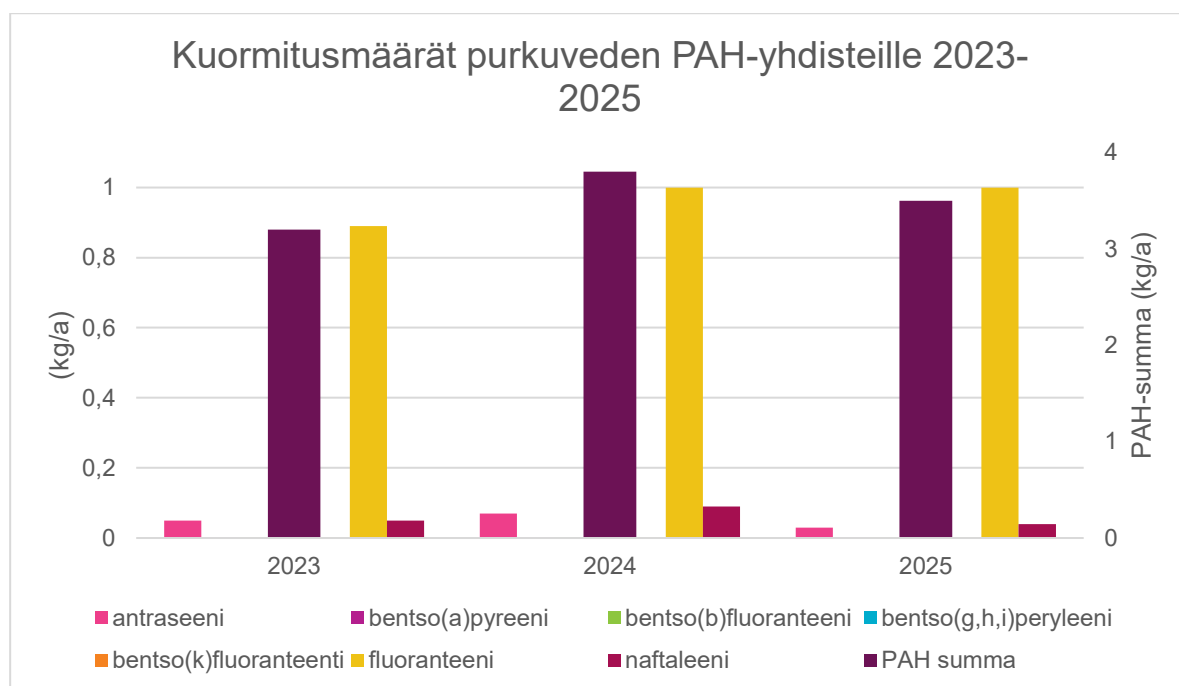
TAULUKKO 10. Tasausaltaasta purettavan veden keskeisten haitta-aineiden vuosittainen kuormitus

	2023	2024	2025
Näytekierrosten lukumäärä	4	8	8
Kuormittava aine	kg/a	kg/a	kg/a
arseeni (As)	1,4	3,5	1,7
kupari (Cu)	24,8	16,1	37,3
antraseeni	0,05	0,07	0,03
bentso(a)pyreeni	0,0008	0,0004	0,0003
bentso(b)fluoranteeni	0,0005	0,0013	0,0006
bentso(g,h,i)peryleeni	0,0004	0,0002	0,0005
bentso(k)fluoranteeni	0,0008	0,0004	0,0003
fluoranteeni	0,89	1,0	1,0
naftaleeni	0,05	0,09	0,04
PAH summapitoisuus	3,2	3,8	3,5

Kuvista 14 ja 15 nähdään kuormitusmäärien muutos haitta-aineille vuosina 2023-2025. Arseenin kuormitusmäärä on kasvanut vuonna 2024, jolloin pilaantuneiden maa-ainesten kaivannosta pumpattiin vesiä tasausaltaaseen. Kuparin kuormitusmäärä on näiden tulosten perusteella nousussa. PAH-yhdisteiden summapitoisuus on noussut vuodesta 2023, mutta vuoden 2025 tulos oli edellisvuotta pienempi. PAH-yhdisteiden kuormitusmäärät ovat pysyneet lähes samana fluoranteenin kuormitusmäärän ollessa suurin.



KUVA 14. Kuormitusmäärät arseenille ja kuparille purkuvedessä vuosina 2023-2025



KUVA 15. Kuormitusmäärät purkuveden PAH-yhdisteille vuosina 2023-2025

3.4 Teoreettiset sallitut kuormitusmäärät ja pitoisuudet

Teoreettiset sallitut kuormitusmäärät ja pitoisuudet on laskettu samoin, kuin vuoden 2019 selvityksessä Höljäkän kyllästämön kyllästettyjen tuotteiden varastokenttien vesien hallinnasta (Scanpole Oy 2019). Laskennassa on hyödynnetty kappaleessa 3.2. valuma-alueiden pinta-aloista ja sadannan vuoden 2025 valunnasta määritettyä Everikinlammen ja varastointikenttien vuosivaluntaa. Alueiden pinta-alat ja vuosivalunnat ovat taulukossa 11. Lisäksi laskentaan on käytetty taustapitoisuutena Jurttipuron vuoden 2025 haitta-ainepitoisuuksien keskiarvoja. Taustapitoisuudet on otettu mukaan vain metalleille ja niille haitta-aineille, joille on todettu laboratorion määrittämissä ylittäviä pitoisuuksia Jurttipurossa. Tarkastelluille haitta-aineille on määritetty tai ehdotettu ympäristölaatu- tai

PNEC-arvo (arvioitu haitaton pitoisuus), jotka määrittävät suurimman sallitun kuormitusmäärän sekä pitoisuuden. Nämä arvot sekä Jurttipurosta saadut taustapitoisuudet on esitetty taulukossa 12.

TAULUKKO 11. Lähtötiedot suurimpien sallittujen kuormitusmäärien sekä pitoisuuksien laskentaan

Everikinlammen valuma-alue	10 690 000 m ²
Varastointialueiden valuma-alue	50 800 m ²
Everikinlammen valunta	3 420 800 m ³ /a
Varastoalueen valunta	14 630 m ³ /a

TAULUKKO 12. Tarkasteltujen haitta-aineiden ympäristölaatonormeja ja PNEC-arvoja, Jurttipurosta määritetyt taustapitoisuudet, sekä sallitut pitoisuuslisät (VNa 1308/2015, Mehtonen ym. 2023, Ympäristöministeriö 2014)

Haitta-aine	AA-EQS mg/l	PNEC mg/l	MAC-EQS mg/l	Taustapitoisuus (C_{bg}) mg/l	Sallittu pitoisuuslisä (C_{ad}) mg/l
Arseeni		0,024		0,00031	0,0237
Kupari (liukoinen)		0,0078		0,0013	0,0065
Kupari (biosaatava)	0,0011*			0,00004	0,00106
Nikkeli	0,02			0,00148	0,019
Antraseeni	0,0001			-	0,0001
Bentso(a)antraseeni		0,000012		-	0,000012
Bentso(a)pyreeni			0,000027	-	0,000027
Bentso(b)fluoranteeni			0,000017	-	0,000017
Bentso(g,h,i)peryleeni			0,00000082	-	0,00000082
Bentso(k)fluoranteeni			0,000017	-	0,000017
Fenantreeni		0,0013		0,000014	0,00129
Fluoranteeni			0,00012	0,000013	0,00011
Naftaleeni	0,002			0,00002	0,00198

* merkityt ehdotettuja ympäristölaatonormeja

Suurimmat sallitut pitoisuuslisät saatiin vähentämällä taustapitoisuus ympäristölaatonormin arvosta tai haitattomaksi arvioidusta arvosta (PNEC) (taulukko 12). Tämän arvon verran saa vastaanottavan vesistön (Everikinlampi ja -puro) haitta-ainepitoisuus nousta. Pitoisuuslisän avulla on laskettu lopulliset teoreettiset sallitut kuormitusmäärät Everikinlammelle ja maksimipitoisuudet tasausaltaasta purettavalle hulevedelle. Lisäksi laskenta tehtiin kertoimella 0,5 valitulle viitearvolle varmuusperiaatteen mukaisesti. Laskennallisia maksimipitoisuuksia verrattiin hulevedestä analysoituihin haitta-ainepitoisuuksiin.

Laskennassa saadut numeraaliset tulokset ovat liitteessä 1 (vain tilaajan käyttöön). Laskennan perusteella kuparin ja fluoranteenin pitoisuudet ylittävät laskennallisesti suurimmat sallitut arvot. Maksimipitoisuus on laskettu liukoiselle kuparille, mutta tasausaltaasta saatu kuparipitoisuus on kokonaispitoisuus. Suurin osa kuparipitoisuudesta on kuitenkin ollut liukoista pitoisuutta vanhempien analyysitulosten perusteella. Teoreettisten laskelmien perusteella kuparipitoisuutta tulisi pienentää noin 50-75 % ja fluoranteenin pitoisuutta noin 75-90 % riippuen millaista tavoitepitoisuutta halutaan. Teoret-

tisen laskennan perusteella hulevesien käsittelyssä tulee keskittyä kuparin ja fluoranteenin pitoisuuksien vähentämiseen. Koska fluoranteeni on osa PAH-yhdisteitä, on kannattavaa tavoitella kaikkien PAH-yhdisteiden pitoisuuksien vähentämistä.

3.4.1 Laskennan epävarmuustarkastelu

Suurimman sallitun pitoisuuden ja kuormitusmäärän saamiseksi käytetty laskelma on yksinkertainen menetelmä tarkastella sallittuja pitoisuuksia. Laskelmassa on monia muuttujia (sadanta, valunta, taustapitoisuudet, pinta-ala), joiden arvo ei välttämättä ole täsmällinen. Laskelman yksinkertaisuus jättää huomiotta kaikki sivulliset vaikutukset ja mahdolliset hetkelliset vaihtelut pitoisuuksissa ja kuormituksissa.

Vuosivalunnan laskemiseen käytettiin lähimmän sääaseman sää tietoja. Tämä sääasema (Lieksa Lampela) sijaitsi noin 20 kilometrin päässä Höljäkän kyllästämästä. Talvella varastointikenttien alueelta aurataan kulkureiteiltä lumet pois, joten kaikki alueelle sataneiden lumien sulamisvedet eivät päädy hulevesijärjestelmään. Tämän vuoksi saadussa sadannassa, jonka avulla vuosivalunta on laskettu, voi olla eroja todellisesta sadannasta. Alun perin tähän olisi käytetty virtaamamittauksesta laskettua valuntaa, mutta virtaamamittauksen toistaiseksi riittämättömän datan vuoksi näin ei voitu tehdä.

Biosaatava kupari on pystytty laskemaan Jurttipurosta Biomet laskennalla, mutta hulevedelle tätä laskentaa ei ole voitu suorittaa tarvittavien parametrien ja analyysien puutteen vuoksi. Huleveden kuparin biosaatava pitoisuus on laskettu käyttäen samaa kerrointa, mitä Biomet laskentataulukko antaa Jurttipuron ja Everikinpuron parametreilla. Tätä on todettu voivan käyttää teoreettiseen laskentaan olettaen, että muutoin kuin haitta-aineiden osalta ympäristö- ja vesiolosuhteet ovat alueella samanlaiset.

Laskentamallin toimivuutta voidaan tarkastella vertaamalla kuormituksen perusteella laskettuja teoreettisia pitoisuuksia Everikinpuron todellisiin mitattuihin haitta-ainepitoisuuksiin (taulukko 13). Näiden pitoisuuksien välinen kerroin tulisi olla mahdollisimman lähellä arvoa yksi. Tämä kerroin on saatu jakamalla hulevesikuormituksesta aiheutuva teoreettinen pitoisuus Everikinpuron mitatuilla pitoisuuksilla.

TAULUKKO 13. Everikinlammen valuntaan sekoitetun huleveden teoreettiset haitta-ainepitoisuuksien ja Everikinpuron vuoden 2025 todellisten haitta-ainepitoisuuksien vertailu

Haitta-aine	Laskennalla saatu teoreettinen pitoisuus (µg/l)	Everikinpuron mitattu pitoisuus (µg/l)	Pitoisuuksien välinen kerroin
Arseeni	0,80	0,94	0,85
Kupari (liukoinen)	12	5,4	2,3
Kupari (biosaatava)	0,36	0,14	2,6
Nikkeli	1,5	1,53	0,99
Antraseeni	0,0088	0,0033	2,7
Bentso(a)antraseeni	0,0018	0,0010	1,8
Bentso(a)pyreeni	0,0029	0,0010	2,9
Bentso(b)fluoranteeni	0,00018	0,0010	0,18
Bentso(g,h,i)peryleeni	0,00015	0,00030	0,49
Bentso(k)fluoranteeni	0,000088	0,0010	0,088
Fenantreeni	0,19	0,0019	98
Fluoranteeni	0,31	0,0024	127
Naftaleeni	0,033	0,0070	4,7

Arseenilla, kuparilla (liukoinen ja biosaatava), nikkelillä, antraseenilla, bentso(a)antraseenilla, bentso(a)-pyreenillä, bentso(g,h,i)peryleenillä ja naftaleenilla voidaan todeta laskennan toimivan varsin hyvin. Kuparin teoreettinen pitoisuus on suurempi kuin mitattu pitoisuus, mikä on varmuusperiaatteen vuoksi hyvä. Bentso(b)fluoranteenilla ja bentso(k)fluoranteenilla laskenta toimii kohtalaisesti näiden pitoisuuksien eron ollessa noin 10-kertainen. Aineilla fenantreeni ja fluoranteeni pitoisuuksien välinen ero on noin 100-kertainen. Pitoisuuksien erojen syitä näille aineille voidaan kuitenkin tarkastella tarkemmin, jotta laskennan toimivuutta voisi varmentaa.

Fenantreeni ja fluoranteeni ovat polyaromaattisia hiilivetyjä, jotka eivät liukene veteen tai liukeneminen on todella pientä. Ne voivat kuitenkin sitoutua vesistön kiintoaineeseen ja pohjasedimenttiin. PAH-yhdisteet voivat myös haihtua osittain ilmaan tai hajota auringon säteilystä. Tietyissä olosuhteissa yhdisteet voivat hapettua tai hajota mikrobien toimesta. PAH-yhdisteiden on myös mahdollista päätyä vesieliöihin, mutta kyllästämön läheisten vesistöjen eliökannasta ei ole tietoa. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR] 1995) Vesinäyteanalyseissä ei näy pohjasedimenttiin sitoutunutta fenantreenin tai fluoranteenin pitoisuutta, joten se voisi selittää taulukossa 13 todetun eroavaisuuden Everikinpuron ja lammen valuntaan teoreettisesti sekoitetun kuormituksen pitoisuuksissa. Vuonna 2018 tehdyissä sedimenttitutkimuksissa tasausaltaalta Suuri Everikinlampeen purkautuvan ojan edustalta otetussa näytteessä todettiin kohonneita fenantreenin ja fluoranteenin pitoisuuksia (Ramboll Finland Oy 2018). Myös muut mainitut pitoisuuteen vaikuttavat syyt ovat mahdollisia, mutta sedimenttiin sekä kiintoaineeseen sitoutuminen on niistä todennäköisin.

Teoreettisesti lasketut suurimmat sallitut vuosittaiset kuormitusmäärät Everikinlammelle ja pitoisuudet hulevedelle ovat suuntaa antavavia. Niistä kuitenkin saadaan selville, mitä haitta-ainepitoisuuksia tulisi pienentää, jotta kuormitus läheiseen vesistöön ei ylittäisi ympäristölaatunormien asettamia ohjearvoja tai muita haitallisia raja-arvoja.

4 KOHTEEN MUKAISTEN HULEVESIEN KÄSITTELY

Hulevesien käsittelyä varten on alustavasti kartoitettu erilaisia käsittelymenetelmiä PAH-yhdisteille ja kuparipitoisille vesille. Näiden haitta-aineiden reduktio tulisi alustavasti olla 50-90 %. Mahdollisesti toimivia menetelmiä on esimerkiksi Scanpolen muissa kyllästämöissä, saatavilla eri laitetoimittajilta ja eri tutkimuksissa testattuja.

4.1 Vedenkäsittelymenetelmiä

Kappaleessa 4.2. esitettävien Scanpolen eri kyllästämöiden vesienkäsittelyratkaisujen lisäksi on testattu ja tutkittu muitakin erilaisia käsittelyratkaisuja. Menetelmiä on kemiallisia ja biologisia, sekä suodattamalla ja selkeyttämällä toteutettuja.

4.1.1 Altaat

Tasausaltailla saadaan säädettyä virtaamaa ja pidettyä virtaama sekä vedenlaatu tasaisena. Irlannissa sijaitsevassa kyllästämön ilmastusaltaassa on kasvatettuja bakteereja. Näiden bakteerien on tarkoitus hajottaa mm. PAH-yhdisteitä (Roche 2026). Pelkissä ilmastusaltaissa ilmastus nostaa jäteveden happipitoisuutta, mikä tehostaa mikrobien ja bakteerien toimintaa. Jäteveden mikrobit hajottavat vedessä olevaa orgaanista ainesta. (Busch Vacuum Solutions n.d.)

4.1.2 Suodattimet ja selkeyttimet

Kiintoainesuodatin suodattaa hulevedestä kiintoainetta, mikä on erityisen tärkeää esimerkiksi ennen aktiivihiiisuodattimia. Aktiivihiiisuodattimet ovat rakeista aktiivihiihtä (GAC). Aktiivihiihi adsorboi ja suodattaa vedestä haitta-aineita. Aktiivihiihi pystyy absorboimaan ja suodattamaan vedestä mm. orgaanisia yhdisteitä ja raskasmetalleja. Reduktio aktiivihiihellä voi olla esimerkiksi 90 % eri haitta-aineille. Aktiivihiihi voi olla kustannustehokkaampi kuin esimerkiksi muut suodatinmateriaalit. Aktiivihiihtä on myös mahdollista uudelleen aktivoida, mikä lisää sen käyttöikä. (Yihang Carbon 2025)

Lamelliselkeyttimet keräävät hulevedestä kiintoainesta ja öljyjä. Lamelliselkeyttimissä vesi puhdistuu laskeuttamisen ja lamellilevyjen avulla. Selkeyttimellä pystytään myös hallitsemaan virtaamaa jossakin määrin. Yleisesti lamelliselkeyttimien ylläpito on yksinkertaista. Lamelliselkeyttimet ovat yleensä valmiita tuotepaketteja, jotka asennetaan vesijärjestelmään. (Ecol-Unicon n.d.)

4.1.3 Kemiallisia menetelmiä

Kemiallisiin vedenpuhdistusmenetelmiin sisältyy useita eri tavoin tehtäviä käsittelyjä, jotka poistavat jätevedestä kuparia. Näitä käsittelymenetelmiä ovat esimerkiksi kemiallinen saostus, flotaatio ja korvausmenetelmä. (Li ym. 2024)

Kemiallisessa saostuksessa jäteveteen lisätään saostuskemikaalia, mikä muuntaa liuenneen kuparin liukenemattomaksi. Liukenematon kupari voidaan poistaa esimerkiksi suodattamalla. Useimmin käytettyjä saostusmenetelmiä ovat hydroksidi-, sulfidi- ja ferriittisaostus. Saostettu kupari täytyy vielä mekaanisesti erottaa vedestä. Saostuksella on päästy yli 90 % reduktioon. Menetelmä on tehokas, mutta siinä syntyy suhteellisen paljon lietettä, mikä pitää jatkokäsittelä oikein. (Li ym. 2024)

Flotaatiossa jäteveteen muodostetaan kuplia, jotka nousevat vedessä ylöspäin. Ilmakuplat toimivat kuljettimina liukenemattomalle kuparille. Kupari kulkeutuu kuplien mukana pintaan muodostaen

vaahtoa. Pinnalle muodostunut vaahto voidaan poistaa mekaanisesti. Kiinnittymistä ilmakupliin voidaan myös parantaa lisäämällä pinta-aktiivista ainetta kupariin. Flotaatio voidaan yhdistää saostuksen kanssa, ja usein vaatiikin sen, koska raskasmetallit eivät voi olla liuenneessa muodossa. Näillä menetelmillä on testeissä päästy noin 98 % reduktioon. (Li ym. 2024, 5-6)

Korvausmenetelmässä käytetään haitta-aineena olevaa raskasmetallia reaktiivisempaa metallia. Kuparia reaktiivisempi metalli voi olla esimerkiksi rauta. Lisäämällä rautajauhetta kuparipitoiseen veteen liukoinen kupari reagoi raudan kanssa. Tällöin kupari pelkistyy ja saostuu vedestä. Korvausmenetelmällä on myös päästy noin 98 % reduktioon. Menetelmä toimii parhaiten happamissa vesissä, sekä vaatii jatkuvaa sekoitusta toimiakseen tehokkaasti. (Li ym. 2024, 4-5)

4.1.4 Biologisia menetelmiä

Ruokokentät ovat kosteikkotyypisiä alueita. Ruokokenttien pohja on tehty sorasta ja hiekasta, mitkä jo itsessään toimivat suodattavana elementtinä. Hiekan päällä kasvaa ruokoa. Ruokojen juuret muodostavat hapekkaan pohjan ruokokenttään, mikä mahdollistaa hyödyllisten bakteerien kasvun. Ruokokentät keräävät ja puhdistavat haitta-aineita. Ruokokentät sijaitsevat yleensä vedenpuhdistusjärjestelmän loppuvaiheessa ja toimivat viimeistelevänä elementtinä. Menetelmä vaatii kohtalaista huoltoa, muutoin sen toimivuus huononee ja vaikutukset voivat olla negatiivisia. (ST Services 2024)

Biohiili on toinen vaihtoehto aktiivihieille. Biohiili valmistetaan orgaanisista aineksista, jotka voivat tulla esimerkiksi sivuvirtana teollisuudesta. Esimerkiksi männyn kuori voi muiden puun kuorien tapaan toimia biohiilen raaka-aineena (Siipola ym. 2018). Biohiilin toiminta perustuu suodatukseen ja adsorptioon. Kuparia biohiili pystyy suodattamaan 65 %. Suodatuksella myös kiintoainetta saadaan poistettua (n. 86 %), mikä voi vähentää myös muita kiintoaineeseen sitoutuneita haitta-aineita. (Enaime, Baçaoui, Yaacoubi ja Lübken 2020)

Puuvillavarsista jauhetun massan adsorptiokykyä liukoiselle kuparille on testattu laboratorio-olosuhteissa maatalouden jätevesille. Reduktioksi saatiin 66,5 %, kun kuparin pitoisuus oli 50 mg/l, jäteveden pH 5,5, puuvillavarresta tehdyn jauheen määrä 0,6 g ja adsorptioaika tunnin verran. Vettä testierässä oli 250 ml. Jätevesille, joiden kuparipitoisuus oli 25 mg/l, reduktioksi oli saatu noin 86 %. Jauhetta voisi käyttää suodattavana kerroksena tai lisättävänä aineena sekoitussäiliössä. (Beleño Cabarcas ym. 2024) Kappaleen 3.2. mukaisesti Höljäkän kyllästämön varastokentiltä kertyy vettä 14 630 m³ vuodessa eli 14 630 000 litraa. Esimerkiksi kuukaudessa puuvillavarsista tehtyä jauhetta tarvittaisiin noin 2900 kg, jotta saataisiin 60-85 % reduktio.

Myös esimerkiksi männyn kuorilla on todettu olevan haitta-aineita adsorboivia ominaisuuksia. Norjassa sijaitsevalla kyllästämöllä Ilseggissä biologisessa puhdistuksessa männyn kuoret adsorboivat PAH-yhdisteitä käsiteltävästä vedestä. Puhdistukseen käytetyt männynkuoret ovat käsittelemätöntä männynkuorta. Männynkuoret vaihdetaan Norjassa vuoden välein. Korien täyttööön menee noin 6 m³ kuorta. (Dirdriksen 2026) Höljäkässä huleveden määrä on lähes sama kuin Norjassa, joten vastaavat männyn kuoren määrät voisivat toimia.

Männyn kuorien PAH-yhdisteiden adsorptiokykyä ja tehokkuutta on myös tutkittu esikäsittelemällä kuoria eri kemikaaleilla ja menetelmillä. Haitta-aineina tarkasteltiin fenantreeniä (5-950 µg/l) ja pyreeniä (5-95 µg/l), mitkä ovat molemmat PAH-yhdisteitä. Käsittelemättömillä männynkuorilla päästiin fenantreenille noin 63 % reduktioon ja pyreenille noin 81 %, kun adsorbenttia (männyn kuori) oli 0,5

g/l. Happohydrolyysillä käsitellyillä männyn kuorilla reduktio fenantreenille oli noin 89-91 % ja pyreenille noin 95 %, kun adsorbenttia oli 0,2 g/l. Happohydrolyysillä käsitelty männyn kuori on kykenevä adsorboimaan myös raskasmetalleja. (Li, Chen ja Zhu 2010) Käsittelemätöntä männyn kuorta tarvittaisiin noin 7 300 kg vuodessa Höljäkän hulevesimäärän käsittelyyn tutkimuksen mukaisella menetelmällä. Happohydrolyysillä käsiteltyä kuorta tarvittaisiin noin 3 000 kg vuodessa.

4.2 Scanpolen eri kyllästämöiden hulevesien käsittely

Scanpolella on kyllästämöitä Suomen lisäksi Iso-Britanniassa, Norjassa ja Irlannissa. Iso-Britanniassa Newportissa sijaitseva kyllästämö on aloittanut toimintansa vuonna 1848, mutta Scanpolen alla se on toiminut vuodesta 2015. Newportin kyllästämön tuotteisiin kuuluu sähkö- ja televiestintäpylväät sekä aitapaalut maatalous- ja hevosharrastuksilla. Norjassa sijaitsee kaksi kyllästämöä Iiseng ja Kirkenær, jotka ovat osa Iivari Mononen -konsernia. Iisengissä tuotetaan Pole+ pylväitä ja Kirkenærissa aitapaaluja. Irlannissa sijaitseva Kilteel valmistaa pylväitä ja Sentree-tuotemerkillä aitapaaluja. (Iivari Mononen Oy n.d.)

Scanpolen kyllästämöistä Norjan Iisengissä, Iso-Britannian Walesissa Newportissa ja Irlannin Kilteelillä on vesienkäsittelyä, missä käsitellään vastaavanlaisia vesiä kuin Höljäkässä. (Lehtoranta 2026b)

4.2.1 Irlanti Kilteel

Irlannissa Kilteelin kyllästämöllä käsiteltävissä hulevesissä on PAH-yhdisteitä, joita jatkuvasti monitoroidaan ja käsitellään. Kyllästämöllä on käytössä kreosoottikylläste ja Tanasote S40 kupariöljykylläste, joka on tulossa käyttöön myös Höljäkkään. Kupariöljykyllästetyt puutuotteet varastoidaan pääosin varastohallissa, kun muut tuotteet ovat ulkona varastokentillä (Lehtoranta 2026a). PAH-yhdisteiden summapitoisuus on ennen vedenpuhdistusjärjestelmää ollut noin 250 µg/l ja jälkeen 0,3 µg/l helmikuussa 2026. Hulevesistä saadaan puhdistettua noin 93 % haitta-aineista Kilteelin vedenkäsittelyprosessilla. (Roche 2026)

Kilteelin kyllästämöllä Irlannissa valmiit kyllästetyt puutuotteet varastoidaan betonilaattojen päällä, joista kerätään hulevedet talteen puhdistusjärjestelmään. Viemäreissä on verkko keräämässä puusilppuja ja muita isokokoisia partikkeleita. Huleveden käsittelyjärjestelmä koostuu viidestä eri vaiheesta. Nämä vaiheet ovat lamelliselkeyttimet, tasausaltaat, ilmastusaltaat, kiintoainesuodattimet ja aktiivihilisuodatin. Toisessa ilmastusaltaista käytetään kasvatettuja bakteereja huleveden puhdistamiseen. Aiemmin käytössä on ollut myös ruokokentät. Käsittelyn jälkeen hulevedet puretaan maastoon. Lisäksi vedenkäsittelyprosessissa on automaattinäytteenotin ja eri jatkuvatoimisia mittareita veden eri parametreille. Vähäisten sateiden aikana, vettä voidaan myös uudelleen kierrättää, jotta järjestelmässä riittää vettä. (Roche 2026)

4.2.2 Norja Iiseng

Norjassa Iisengissä on käytetty kreosoottikyllästettä, joka sisältää erityisesti PAH-yhdisteitä. Kreosoottikyllästeen käyttö on loppunut vuoden 2026 alussa, mutta vaikutukset ovat edelleen näkyvissä pohjavesissä. Nykyään kyllästyksen käytetään vain Tanasote S40 kupariöljykyllästettä. Norjan kyllästämöllä pumpataan pohjavedet vedenkäsittelyyn niiden haitta-ainepitoisuuksien alentamiseksi. Alueen pohjavesissä ja näytealustoissa ja -ojissa vaihtelee PAH-yhdisteiden summapitoisuus välillä 0-

8 900 µg/l, kuparipitoisuus välillä 0,5-1 300 µg/l ja arseenipitoisuus välillä 0-14 800 µg/l. Puhdistamon jälkeen arseenin ja kuparin pitoisuudet ovat alle 3 µg/l ja PAH-summapitoisuus lähellä nollaa. (Norges Geotekniske Institutt 2025, 14-18) Näillä luvuilla reduktio olisi noin 99 %.

Puhdistettava vesi pumpataan pohjavedestä vedenpuhdistusjärjestelmään. Järjestelmä koostuu kolmesta eri osasta. Ensimmäisessä osassa on öljynerotinkaivoja, toisessa biologinen puhdistus männynkuorien avulla ja kolmannessa antrasiittisuodattimia. Käsitelty vesi puretaan kunnalliseen jätevedenpuhdistamoon. Käsiteltävän veden määrä vaihtelee 12 000-15 000 m³ vuodessa. Norjassa käytetyt männyn kuoret lähetetään alihankintana Ruotsiin jätteenpolttolaitokselle. (Didriksen 2026)

4.2.3 Iso-Britannia Newport

Newportissa käytetään kreosoottikyllästettä. Vedenpuhdistusjärjestelmässä monitoroidaan ja puhdistetaan öljyhiilivetyjä, fenoleita ja naftaleenia. Öljyhiilivetyjen summapitoisuus on ollut suurimmillaan noin 8800 mg/l. Pitoisuus vaihtelee pääosin 0-200 mg/l välillä. Kerätyt vedet johdetaan lamelliselkeyttimeen, josta ne päästetään vesijärjestelmään. Puhdistusjärjestelmän jälkeen pitoisuus on alle asetetun rajan 50 mg/l vaihdellen välillä 0-36 mg/l. Reduktio öljyhiilivedyille on noin 80 %, kun pitoisuus ennen puhdistusjärjestelmää on keskimäärin 100 mg/l. (Weston 2026)

4.3 Vesienkäsittelyyn erikoistuneiden yritysten ratkaisuja

Tavoitteena oli selvittää eri markkinoilla tarjolla olevia menetelmiä ja niiden kustannuksia sekä reduktiomääriä. Kyselyitä vesienkäsittelyratkaisujen tarjonnasta lähetettiin noin kymmenelle eri yritykselle, jotka ovat erikoistuneet vesienkäsittelyyn. Saatujen vastausten perusteella näistä kymmenestä valittiin kolme, joille annettiin lisää kohdekohtaista informaatiota pyytäen samalla tarkennettuja tietoja tekniikasta ja niiden kustannuksista. Nämä neljä yhtiötä olivat L & T Oyj, Veolia Aquaflow Finland Ltd ja Hyxo Oy.

Yhtiöltä Lassila & Tikanoja Oyj saatiin ehdotukseksi kuparille kemiallista saostusta lipeällä (NaOH) tai kalkkimaidolla (CaOH) ja PAH-yhdisteille aktiivihiiilen käyttöä. Kuparin poiston jälkeen olisi mahdollista tehdä ionivaihto edelleen pienempien pitoisuuksien saamiseksi, mutta menetelmä on kallis. Lisäksi teoreettisesti hapettamalla pystyisi vähentämään tarvittavia haitta-aineita, mutta sitä ei ole yhtiö aiemmin tehnyt. Aktiivihiihellä PAH-yhdisteiden reduktio on ollut 98-99 % aiemmissa projekteissa. Käsittelyratkaisuja löytyy siirrettävien konttien muodossa. Menetelmän hankinta konttiratkaisuna sisältää laitteiston, operoinnit, lietteen ja käytetyn aktiivihiiilen poiston, kemikaalit ja mahdolliset raportoinnit. (Visakorpi 2026)

Veolia Aquaflow Finland Ltd:llä tarjottiin saostus-laskeutus-suodatus-aktiivihiiili-prosessia. Tätä varten olisi jo olemassa kompakti tuote (Actiflo® Pack Mini), mikä on kompaktissa koossa oleva valmis vedenkäsittelyjärjestelmä (Veolia n.d.). Lisäksi valikoimassa olisi painehiekka- ja aktiivihiiლისuodatusta. (Salo 2026)

Hyxo Oy ehdotti ratkaisuksi kemiallista saostusta ja kiintoaineen poistoa, aktiivihiiლისuodatusta, adsorptiomassojen käyttöä. Lisäksi haluttaisiin tarkastella pH:n vaikutusta. Arvellaan, että osa haitta-aineista olisi kiintoaineessa, joten kiintoaineen poisto voisi jo vaikuttaa positiivisesti vedenlaatuun. (Seppänen 2026)

5 KÄSITTELYRATKAISUJEN SOVELTUVUUS HÖLJÄKÄN KYLLÄSTÄMÖLLE

Tarkastelun perusteella Höljäkän kyllästämön varastointialueelta tulevista hulevesistä on lähtökohteisesti tarve pienentää kuparin ja PAH-yhdisteiden pitoisuuksia. Tällöin kyllästämölle käy vesienkäsittelyratkaisut, jotka keskittyvät juuri näiden haitta-aineiden puhdistamiseen. Menetelmiä harkitaan Höljäkkään tehokkuuden, kustannusten ja toimintaperiaatteiden kannalta.

Haasteena huleveden käsittelylle on Suomen talvi, jolloin varastointikentille sataa lunta ja tasausallas menee jäähän. Tällöin virtaamaa ei välttämättä ole useaan kuukauteen tai se on hyvin niukkaa. Talvella varastointialueelle satanut lumi aurataan kulkureiteiltä pois, eli kaikki sadanta kentältä ei päädy hulevesijärjestelmään. Alhaiset lämpötilat voivat myös vaikuttaa, joidenkin menetelmien toimintaan.

Scanpolen kyllästämössä Irlannissa käytetty aktiivihiihi sopii sekä PAH-yhdisteiden ja raskasmetallien (kupari) vähentämiseen. Kaikilta laitetoimittajilta tuli myös maininta aktiivihiihen käytöstä vedenpuhdistuksessa. Aktiivihiihellä saisi varmasti haitta-ainepitoisuudet reilusti alle tavoitepitoisuuden, mutta aktiivihiihen kustannuksetkin ovat kohtalaisen korkeat. Tavoitteena ei myöskään ole pyrkiä tarpeettoman pieniin pitoisuuksiin, vaan pysyä järkevissä kustannustehokkaissa menetelmissä. Aktiivihiihen korvaavana vaihtoehtona on biohiili, joka voidaan valmistaa esimerkiksi männyn kuorista, eli paikallisesta raaka-aineesta. Biohiilin valmistukseen tarvitaan kuitenkin siihen sopiva laitteisto ja biohiilen ominaisuudet tulee saada sopivaksi puhdistettaville haitta-aineille. Parhaimmillaan biohiili voi olla aktiivihiihtä edullisempi menetelmä. Käytettyä biohiiltä on mahdollista polttaa energiaksi tai hyödyntää esimerkiksi lannoitteena, mutta jatkokäytön mahdollisuudet riippuvat biohiilen haitta-ainepitoisuuksista (Siipola ym. 2018).

Kemiallisiin menetelmiin liittyy aina kemikaalien kustannukset. Kemiallisella saostuksella saisi poistettua kuparia tehokkaasti. Saostuksesta syntyy sakkaa, mikä pitää toimittaa jätteenä sopivaan jatkokäsittelyyn. Kuparia on todettu pystyvän poistamaan myös korvausmenetelmällä, flotaatiolla ja ionivaihdolla. Korvusmenetelmässä käsiteltävän veden tulee olla hapanta. Kohteen huleveden ollessa lähes neutraalia, tulisi veden happamuutta muuttaa. Flotaatiossa tarvitsee jonkun verran tehdä laitteistohankintoja ja selvittelyjä. Ionivaihto on hyvin tehokas menetelmä, mutta käyttökustannuksiin liian kallis.

Kosteikot ovat varsin passiivinen tapa poistaa haitta-aineita. Niiden tehokkuus ei kuitenkaan vastaa muita aktiivisempia puhdistusmenetelmiä. Kosteikkotyypinen ruokokenttä toimii lähes samalla periaatteella, mutta vaatii ylläpitoa. Myös kosteikkojen tehokkuus heikkenee ilman huoltoa. Kosteikko tarvitsisi todennäköisesti lisänä jonkin muun vedenkäsittelymenetelmän, jotta tarvittavien haitta-aineiden pitoisuus saataisiin tarpeeksi pieniksi.

Norjassa IIsengissä käytetty männyn kuori PAH-yhdisteiden pitoisuuksien vähentämiseen voisi olla potentiaalinen vaihtoehto myös Höljäkkään. Niiden käytön tehokkuudesta kyllästämöllä ei ole tietoa, ja ne toimivat toissijaisena menetelmänä PAH-yhdisteiden puhdistamiseen. Höljäkässä käytetään puuraaka-aineena mäntyä, joten männyn kuorta syntyy sivuvirtana puuden kuorintavaiheessa. Puhdistukseen käytettävä materiaali löytyisi suoraan kyllästämöltä paikallisesti. Laboratorio-oloissa tehdyissä tutkimuksissa männyn kuorten adsorptiokyky oli varsin hyvä. Esikäsittelemällä männyn kuoret voidaan parantaa niiden adsorptiokykyä. Esikäsitteilyyn käytettävien kemikaalien kustannuksista ei

ole tietoa, mutta ainakaan männyn kuorille ei hankintakustannuksia ole. On mahdollista, että menetelmä toimisi myös raskasmetalleihin. Männyn kuorien toimivuutta tulisi selvittää erilaisin testein ja pilotointien kautta. Männyn kuorien jatkokäsittely riippuu kuoreissa olevien haitta-aineiden pitoisuuksista. Höljäkässä olevassa kattilalaitoksessa poltettava puuperäisen polttoaineen tulee olla puhdasta (Itä-Suomen aluehallintovirasto 2023, ISAVI/11501/2022, 12). Kuoret tulee siis todennäköisesti toimittaa muualle poltettavaksi tai muutoin jatkokäsiteltäväksi.

Höljäkän kyllästämöllä tehdyssä hule- ja pintavesien seurannassa ei ole analysoitu vedessä olevaa kiintoaineen määrää. Kiintoaineen määrä olisi kiinnostanut useita laitetoimittajia vedenkäsittelymenetelmien tiedusteluissa. Arvellaankin, että osa haitta-aineista voi olla sitoutuneena kiintoaineeseen. Tällöin jonkin tasoista reduktiota voisi saada jo kiintoaineen suodattamisella tai jollain muulla menetelmällä poistamalla.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Erilaisten vedenkäsittelymenetelmien vertailuksi ja arvioimiseksi Höljäkkään ehdotukseksi tuli selvittää ensin varastointikentiltä kerääntyvän huleveden laatu, eli mitä haitta-aineita tavoitellaan vähennettäväksi hulevedestä, huleveden määrä, sekä sen vaikutukset vastaanottavassa vesistössä. Huleveden määräksi saatiin 14 600 m³ vuodessa, mikä on noin 40 m³ vuorokaudessa. Hulevedessä korkeina pitoisuuksina todettiin arseenia, kuparia ja polyaromaattisia hiilivetyjä. PAH-yhdisteistä korkeimmat pitoisuudet olivat fluoranteenilla ja naftaleenilla. Haitta-aineiden kuormitus näkyi vastaanottavassa vesistössä hyvin pieninä pitoisuuksina tai ei ollenkaan.

Laskelmilla saatiin teoreettisesti määriteltyä suurimmat sallitut haitta-aineiden kuormitusmäärät vastaanottavaan vesistöön, sekä suurimmat sallitut haitta-ainepitoisuudet vesistöön purkautuvalle hulevedelle. Laskennasta saadut tulokset ovat jakelussa vain tilaajalle liitteessä 1. Laskennan perusteella haitta-aineet, joiden pitoisuuksia tavoiteltaisiin pienentää, olivat kupari ja fluoranteeni. Koska fluoranteeni on yksi PAH-yhdisteistä, otettiin reduktiokohteeksi PAH-yhdisteet kokonaisuudessaan.

Erilaisia kohteeseen sopivia vedenkäsittelymenetelmiä kartoitettiin Scanpolen muista kyllästämöistä, laitetoimittajilta ja erilaisista tutkimuksista ja artikkeleista. Esille tulleita menetelmiä olivat mm. aktiivihillen käyttö, saostus, ilmastus, bakteerien käyttö ja adsorbointi.

Aktiivihilli oli varma menetelmä PAH-yhdisteiden poistamiseen Höljäkkään, mutta suuren tehokkuuden vuoksi kustannukset voivat olla korkeita. Biohiili voisi olla potentiaalinen halvempi vaihtoehto aktiivihillelle. Männyn kuorien käyttö haitta-aineiden adsorptioon olisi paikallinen vähäkustanteinen ratkaisu, mutta sen tehokkuudesta ei ole vielä varmuutta. Menetelmää voisi pilotoida Höljäkässä. Kemiallinen saostus toimisi kuparille, mutta tulee ottaa huomioon käsittelyyn tarvittavat laitteistot, kemikaalit ja jätekulut. Jatkoselvitystä ajatellen on määritettävä huleveden kiintoainemäärä, sillä tietoa tarvitaan useimpien menetelmien toimintamahdollisuuksiin.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Höljäkän kyllästämön valmiiden kyllästettyjen tuotteiden varastoalueella muodostuvan huleveden laatu ja sen avulla arvioida huleveden käsittelytarvetta erilaisin menetelmin. Tavoitteena oli myös selvittää erilaisia vesienkäsittelyratkaisuja, mitä voisi harkita käytettäväksi Höljäkän kyllästämöllä jatkossa.

Tavoitteisiin päästiin hyvin. Vuosina 2023-2025 toteutettujen hulevesinäytteiden tuloksien tarkastelulla sai hyvin selville huleveden laadun. Tuloksista sai myös laskettua vuosittaista kuormitusmäärää sekä teoreettisesti laskettuja maksimiarvoja, joiden avulla pystyi arvioimaan huleveden puhdistustarvetta ja sen laajuutta. Siitä sai myös selville, mitä haitta-aineita lähtökohtaisesti haluttiin vähentää, mikä rajasi vesienkäsittelymenetelmien valikoimaa. Laskentaan liittyi monien muuttujien takia epävarmuutta, mikä tuli tuoda esille arvioidessa laskennan toimivuutta. Laskennassa sadannan oletettiin pysyvän samana koko vuoden, vaikka todellisuudessa sadanta vaihtelee eri vuodenaikoina, mikä vaikuttaa kuormitusmääriin. Lisäksi laskenta on toteutettu Höljäkän tämänhetkisen tilanteen mukaan, eli siinä ei näy uuden kupariöljylinjan toiminnan tuomia muutoksia. Uuden linjan myötä tuotanto kasvaa, mikä todennäköisesti lisää myös kuormitusta ja käsittelytarvetta.

Huleveden käsittelyä varten useita eri menetelmiä sai selville jo tutustumalla saman yhtiön eri kyllästämöiden tekemiin ratkaisuihin. Menetelmien etsiminen tutkimuksista ja muista tieteellisistä artikkeleista oli haastavampaa, kun täytyi itse rajata kohdevesille sopivia ja muutenkin järkevästi toteutettuja käsittelyratkaisuja. Höljäkän kyllästämölle sain kuitenkin rajattua ehdotettavia menetelmiä, jotka ovat realistisia ja tavoitteet toteuttavia.

Opinnäytetyössä pääsin hyödyntämään jo aiemmin opittua tietoa ja taitoa esimerkiksi karttaohjelmiston käytössä, hulevesien ja muiden jätevesien haitta-aineista ja niiden käyttäytymisestä sekä eri vesienkäsittelymenetelmistä. Tätä osaamista pääsi kehittämään opinnäytetyötä tehdessä ja lisäksi pääsi oppimaan myös uutta.

Oman ja oman urani kehityksen kannalta tärkeimpiä opittuja taitoja ja kehityskohteita olivat tiedon syventäminen vesissä esiintyvistä haitta-aineista ja niiden vaikutuksista, kuormituslaskenta, teoreettisten sallittujen kuormitusmäärien ja pitoisuuksien laskenta, käsitys erilaisista veden käsittelymenetelmistä ja niiden toimintaperiaatteista sekä soveltuvuudesta erilaisiin vesiin ja kohteisiin ja erityisesti oman ajan hallinta opinnäytetyötä edistäessä. Opinnäytetyön kohteen kannalta oli myös tärkeää oppia kyllästämöiden toiminnasta ja niiden aiheuttamasta ympäristökuormituksesta. Tarvittavien tietojen saamiseksi ja selvittämiseksi tuli olla paljon yhteydessä eri ihmisiin myös kansainvälisellä tasolla.

Vaikka tavoitteet saavutettiin, ei se onnistunut ilman haasteita. Haasteita oli esimerkiksi aikatauluttamisessa ja lähteiden sekä tiedon paljoudessa. Yhteydenotot tarvittaviin henkilöihin tuli tehtyä turhan myöhään, mikä ehkä aiheutti kiirettä opinnäytetyön loppuvaiheessa. Tietysti yhteydenottoa varten tuli olla selvitettyä vedenlaatu ja haitta-aineiden haluttu reduktio, joten aivan alussa ei yhteyttä voinut ottaakaan. Tiedon kirjoittamisen osalta aikataulutus onnistui hyvin. Tietoa kerätessä materiaalia riitti useista eri lähteistä, joita piti rajata järjestyksen vuoksi. Kesti myös ennen kuin opinnäytetyö alkoi hahmottumaan useista palasista yhdeksi kokonaisuudeksi. Eikä tämän helpottamiseksi ollut välttämättä mitään tehtävissä. Haasteesta suoriuduin muistiinpanoilla ja tehtävälistoilla, joilla sain pidettyä itseni ajan tasalla. Opinnäytetyöhön oli suunniteltu käytettäväksi virtaamamittauksen tietoa vir-

taamaan määrittämiseksi ja tämän kautta virtaaman sekä kuormitusmäärien ennustamiseksi. Virtaamamittauksesta saatu mittausdata ei kuitenkaan ollut tähän sopivaa, minkä vuoksi tarvittavat tiedot tuli määrittää teoreettisesti.

Tarkempien kuormitusmäärien ja ennustettavuuden määrittämiseksi kohteeseen voisi jatkaa virtaamamittausta ja tehdä sen niin, ettei viime mittauksen haasteet ja epävarmuustekijät toistu. Hulevesien käsittelyn tehostamisen selvitystä varten vesienkäsittelymenetelmiä voidaan tarkastella edelleen yksityiskohtaisemmin ja tehden suunnitelmia suoraan kohteeseen. Tilaaja sekä tutkimuskohde voi käyttää opinnäytetyötä tarvittavan selvityksen pohjana ja tietolähteenä.

LÄHTEET

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) 1995. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Raportti. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>. Viitattu 23.2.2026.
- Beleño Cabarcas, M.T., Torres Ramos, R., Valdez Salas, B., González Mendoza, D., Mendoza Gómez, A., Curiel Álvarez, M.A., Castillo Sáenz, J.R. Application of Cotton Stalk as an Adsorbent for Copper(II) Ions in Sustainable Wastewater Treatment. *Sustainability* 2024, 16, 4291. <https://doi.org/10.3390/su16104291>. Viitattu 5.3.2025.
- Bio-met n.d. BioMet calculation tool (Excel spreadsheet): bioavailability of metals in surface waters. Excel laskentataulukko. Viitattu 6.2.2026.
- Brent, W.H. 1933. The Telegraph Pole. Päivitetty 11.12.2025. <https://britishtelephones.com/overhead/ipoee154.htm>. Viitattu 24.2.2026.
- Busch Vacuum Solutions n.d. Aeration. Verkkosivusto. <https://www.buschvacuum.com/fi/en/applications/aeration/>. Viitattu 11.3.2026.
- Didriksen R. 2026. Käyttö- ja ympäristöpäälikkö. Scanpole AS Avd. Ilseng. SV: Stormwater treatment solution for wood impregnation plant areas. Yksityinen sähköpostiviesti 18.3.2026. Viestin saaja: M. Ruukonen.
- Echemi 2019. N-octyl-4-thiazole-3-ketone – Safety Data Sheet (SDS). <https://www.echemi.com/sds/n-octyl-4-thiazole-3-ketone-pd1708231010.html>. Viitattu 20.3.2026.
- Ecol-Unicon n.d. ESL lamella separators. Verkkosivu. <https://ecol-unicon.com/en/separators-and-settlers/esl-lamella-separators/>. Viitattu 25.2.2026.
- Enaime, G., Baçaoui, A., Yaacoubi, A. & Lübken, M. 2020, Biochar for Wastewater Treatment—Conversion Technologies and Applications, *Applied Sciences*, vol. 10, no. 10, pp. 3492. Julkaistu 18.5.2020. Viitattu 12.3.2026.
- Envineer Oy 2022. Höljäkän kyllästämö: Kyllästämörakennuksen laajennus ja uusi kupariöljylinjasto. Ympäristölupahakemus 6.10.2022. Dokumentti yrityksen hallussa. Viitattu 29.1.2026.
- Envineer Oy 2025. Höljäkän kyllästämö: Pilaantuneen maaperän puhdistustoimenpiteet 2024. Raportti 24.2.2025. Dokumentti yrityksen hallussa. Viitattu 29.1.2026.
- Environmental Protection Agency (EPA) Ireland 2017. Safety Data Sheet: Tanasote® S40 – Organic acid, Copper (III) hydroxide and other components. Päivitetty 18.12.2017. <https://leap.epa.ie/docs/1a13c002-b5b0-4a30-89cd-d6583cea11fc.pdf>. Viitattu 9.2.2026.
- Eskelinen, Leena 2008. Höljäkän kyllästämö 1958-2008. Höljäkkä-päivä 19.7.2008. <https://www.holjakka.fi/h-k50v.pdf>. Viitattu 17.12.2025.
- Iivari Mononen Oy n.d. Vuosikertomus 2024. Raportit ja selvitykset. Viitattu 18.12.2025.
- Ilmatieteenlaitos 2026a. Ilman lämpötila 10 min (°C) 2025, Lieksa Lampela – säähavaintoasema. Ilmatieteenlaitos, avoin data. Ladattu 24.3.2026.
- Ilmatieteenlaitos 2026b. Päivittäinen sademäärä (mm) 2023-2025. Lieksa Lampela – säähavaintoasema. Ilmatieteenlaitos, avoin data. Ladattu 16.1.2026.
- Ilmatieteenlaitos 2026c. Sademäärä 10 min (mm) 2025, Lieksa Lampela – säähavaintoasema. Ilmatieteenlaitos, avoin data. Ladattu 16.1.2026.

International Labour Organization (ILO), World Health Organization (WHO) ja European Commission 2002. Etanolamiini. ICSC-kortti 152. https://tokeva.fi/assets/attachment-files/ICSC/icsc_152.html. Viitattu 20.3.2026.

International Labour Organization (ILO), World Health Organization (WHO) ja European Commission 2016. Kupari. ICSC-kortti 240. https://tokeva.fi/assets/attachment-files/ICSC/icsc_240.html. Viitattu 20.3.2026.

Itä-Suomen aluehallintavirasto 85/2023. Päätös ympäristöluvasta 27.10.2023. Diaarinumerot ISAVI/11501/2022 ja ISAVI/9272/2022. Viitattu 29.1.2026.

Lehtoranta, S. 2026a. Tekinen johtaja. Iivari Mononen Oy. Haastattelu. 18.3.2026.

Lehtoranta, S. 2026b. Tekinen johtaja. Iivari Mononen Oy. Re: Opinnäytetyö Höljäkän kyllästämön huleveisen käsittelystä. Yksityinen sähköpostiviesti 23.1.2026. Viestin saaja: M. Ruukonen ja A. Kolehmainen.

Li, Q., Wang, Y., Chang, Z., El Kolaly, W., Fan, F. & Li, M. 2024. Progress in the treatment of copper(II)-containing wastewater and wastewater treatment systems based on combined technologies: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 58, 104746. Julkaistu 13.1.2024. Viitattu 12.3.2026.

Li, Y., Chen, B. ja Zhu, L. 2010. Enhanced sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons from aqueous solution by modified pine bark. *Bioresource Technology*, 101(19), s. 7307–7313. Julkaistu 23.5.2010. Viitattu 18.3.2026.

Maanmittauslaitos 2026. Maastokartta. Rajapinta. Viitattu 29.1.2026.

Mehtonen, J., Siimes, K., Leppänen, M., Junttila, V., Äystö, L., Vähä, E., Karjalainen, J., Hu, X., Österholm, P. ja Nystrand, M. 2023. Haitalliset aineet pintavesissä: muutosehdotuksia vesiympäristölle vaarallisten aineiden asetukseen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2023. <http://hdl.handle.net/10138/566610>. Viitattu 6.2.2026.

Norges Geotekniske Institutt (NGI) 2025. ScanPole, Ilsen: Kontroll av grunnvann og renseanlegg. Årsrapport 2024. Raportti 1.4.2025. Dokumentti yrityksen hallussa. Viitattu 4.3.2026.

Ohtonen, M. 2026. Projektipäällikkö. Scanpole Oy. Höljäkän ympäristöluvan velvoittama hulevesiselvitys, varastokenttien pinta-alat. Yksityinen sähköpostiviesti 6.2.2026. Viestin saaja: M. Ruukonen.

Ramboll Finland Oy 2018. Scanpole Oy Höljäkän kyllästämö sedimenttitutkimukset 2018, tutkimusraportti. Raportit ja selvitykset. Julkaistu 9.7.2018. Dokumentti yrityksen hallussa. Viitattu 23.3.2026.

Ramboll Finland Oy 2019a. Höljäkän kyllästämön vesienkäsittelyselvitys 16.4.2019. Raportti. Dokumentti yrityksen hallussa. Viitattu 7.1.2026.

Ramboll Finland Oy 2019b. Höljäkkä: hulevesisuunnitelma. 7.3.2019. Dokumentti yrityksen hallussa. Viitattu 3.2.2026.

Roche D. 2026. Compliance Manager. Scanpole Ireland Ltd. Haastattelu 4.2.2026.

Ruukonen, Milla 2025. Purkuputken pää. Valokuva. 9.12.2025. Nurmes: Millan kokoelmat.

Salo J. 2026. Liiketoimintajohtaja. Veolia Aquafin Finland Ld. Kyllästämön varastointialueen käsittelyratkaisuja. Yksityinen sähköpostiviesti 16.2.2026. Viestin saaja: M. Ruukonen.

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy n.d. Scanpole Oy:n kyllästämön vesitarkkailu (3795). Tutkimustuloksia. Liite 1. Dokumentti yrityksen hallussa. Viitattu 29.1.2026.

Scalco n.d. Scalco Live – maaston ja valuma-alueiden analyysityökalu. Verkkopalvelu. <https://scalco.com/scalco-live/>. Viitattu 28.1.2026.

Scanpole Oy 2019. Selvitys Höljäkän kyllästämön kyllästettyjen tuotteiden varastokenttien vesien hallinnasta 7.6.2019. Dokumentti yrityksen hallussa. Viitattu 7.1.2026.

Scanpole Oy n.d. Tuotantoketju. Verkkosivu. scanpole.com/fi/tuotteet/pylvaat/tuotantoketju/. Viitattu 18.12.2025.

Seppänen T. 2026. Myyntipäällikkö. Hyxo Oy. Kyllästämön varastointialueen hulevesien käsittelyratkaisuja. Yksityinen sähköpostiviesti 12.2.2026. Viestin saaja: M. Ruukonen.

Siipola V., Källi A., Wendling L., Karlsson M., Björnström M., Koukkari P. 2018. Biohiilen valmistus ja käyttö vedenpuhdistukseen – metsäteollisuuden sivuvirtojen jatkojalostus ja hyödyntäminen ei-energiakäyttöön. Co-Carbon loppuraportti. VTT-R-05608-18. https://mmm.fi/documents/1410837/12500944/Siipola+VTT_R_05608_18_CoCarbon.pdf/d91543c8-1c96-c0b4-0b0c-9b8579800c1f/Siipola+VTT_R_05608_18_CoCarbon.pdf. Viitattu 19.3.2026.

ST Services 2024. The multifaceted role of a reed bed and why maintenance is key. Verkkójulkaisu. Julkaistu 8.1.2024. <https://www.stservices.co.uk/2024/01/08/the-multifaceted-role-of-a-reed-bed-and-why-maintenance-is-key/>. Viitattu 11.3.2026.

Tokeva 2022. Kreosootti. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet (OVA). Päivitetty 13.6.2022. <https://tokeva.fi/assets/attachment-files/OVA/kreosootti.pdf>. Viitattu 9.2.2026.

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1308/2015. <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2015/1308>. Viitattu 3.2.2026.

Veolia n.d. Actiflow® Pack Mini. Verkkójulkaisu. <https://www.veoliawatertechnologies.com/en/technologies/actiflo-pack-mini>. Viitattu 18.3.2026.

Visakorpi V. 2026. Liiketoimintapäällikkö. Lassila & Tikanoja Oyj. Kyllästämön varastointialueen hulevesien käsittelyratkaisuja. Yksityinen sähköpostiviesti 20.3.2026. Viestin saaja: M. Ruukonen.

Weston A. 2026. Technical & Regulatory Lead. Scanpole UK Ltd. RE: Stormwater treatment solutions for wood impregnation plant areas. Yksityinen sähköpostiviesti 20.2.2026. Viestin saaja: M. Ruukonen.

Yihang Carbon 2025. Is granular activated carbon really a key player in wastewater treatment? 25.3.2025. <https://www.carbonyihang.com/is-granular-activated-carbon-really-a-key-player-in-wastewater-treatment>. Viitattu 25.2.2026.

Ympäristöministeriö 2014. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014. Valtioneuvoston julkaisuarkisto Valto. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/5363094b-70cf-4bc7-89af-3a9de95b8590/content>. Viitattu 12.2.2026.

LIITE 1: TEOREETTISET SALLITUT KUORMITUSMÄÄRÄT JA PITOISUUDET

(Vain tilaajan käyttöön)