

Testausraportti

Hulevesisuodattimen tutkimus

Testaajat: Antti Koskenlahti, Tero Kuhmonen

Raportointi: Eero Antikainen, Antti Koskenlahti

Päivämäärä: 15.5.2019

Sisällys

Tutkimuksen tavoite.....	3
Tutkimuksessa käytetty laitteisto.....	3
Koeasetelma.....	4
Tutkimuksen toteutus.....	6
Tulokset	7
Yhteenveto	9
Lähteet	9

Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kaivokohtaisen hulevesisuodattimen toimivuutta ja kykyä poistaa kiintoaineita hulevesistä. Kaupunkialueen hulevesissä liikkuu merkittäviä määriä kiintoaineita, joihin on sitoutuneena ravinteita, raskasmetalleja, mikromuovia sekä öljyjä. Kiintoaineen poistaminen hulevesistä parantaa olennaisesti vastaanottavien vesistöjen vedenlaatua.

Tutkimuksessa selvitettiin:

- Kiintoaineen poistokyky (massaprosentteina)
- Kiintoaineen pienin raekoko (mm), jonka tuote pystyy poistamaan tehokkaasti (>80 % red.)
- Suodattimen maksimivirtauskapasiteetti puhtaalla vedellä (l/s/m² ja l/s per suodatin).

Tutkimuksessa käytetty laitteisto

Kiintoaineen poistokyvyn tutkimiseen käytetyn laitteiston koonpano oli:

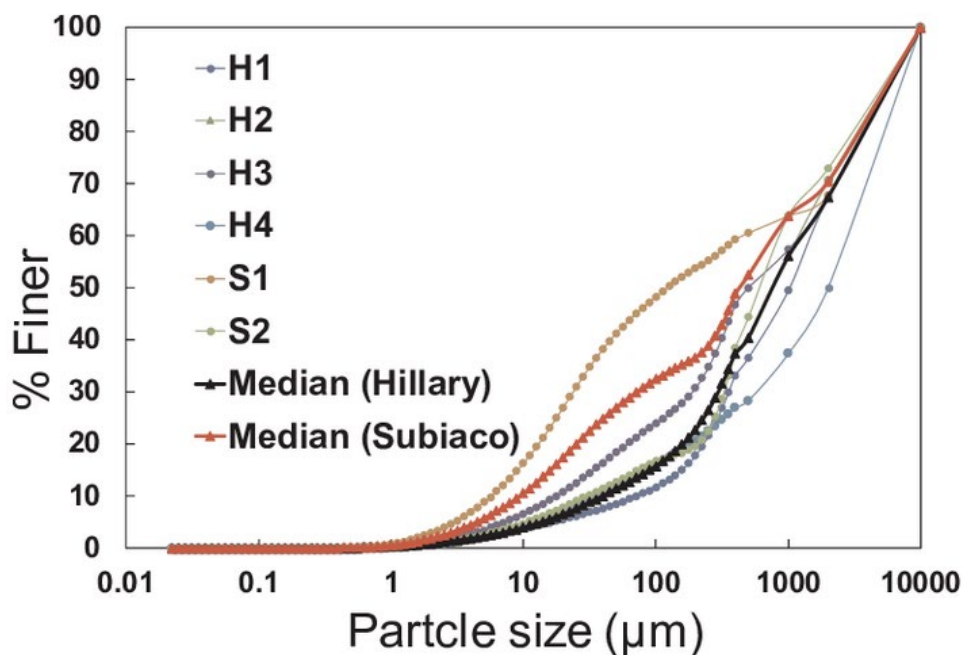
- vesisaavi 150 l
- kaksi 1 m³ IBC-konttia
- ritiläkaivon kehys + kansi
- seulakone (Retchs)
- vaaka (Ohaus AX8201)
- suodatinkangas + kiinnike.

Suodattimen maksimivirtauskapasiteetin tutkimiseen käytetyn laitteiston kokoonpano oli:

- Vesisäiliöt (2 m³ ja 1 m³)
- 2 pumppua (uppopumppu ja keskipakopumppu, Grundfos)
- 2 virtausmittaria (Endress+Hauser)
- 110 mm viemäriputki
- 110 mm putkikiinnike
- suodatinkangas
- teline viemäriputkelle.

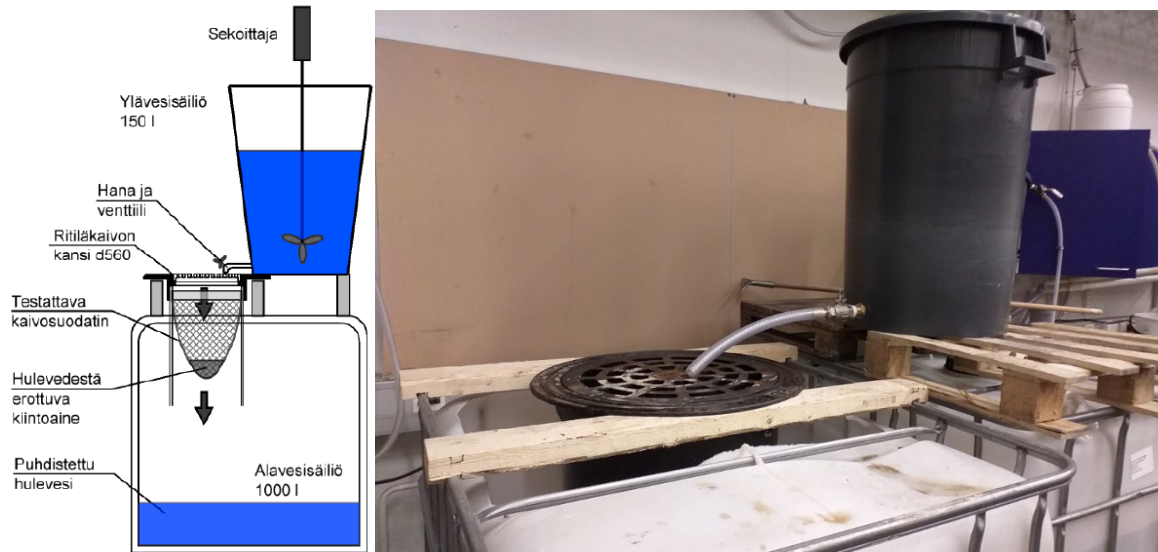
Koeasetelma

Suodatuskokeita varten valmistettiin synteettistä hulevettä sekoittamalla puhtaaseen hanaveteen tunnettu määrä hiekkaa. Suodatuskokeissa käytettyjen hiekkojen rakeisuuskäyrät selvitettiin ennen varsinaista tutkimusta käyttämällä Retchs-seulakonetta ja punnitsemalla eri raekoot Ohaus-vaaja'alla. Saatujen rakeisuuskäyrien perusteella sekoitettiin tarvittava hiekkaseos tutkimukseen noudatellen Zahangir Alamin julkaisun (lähteet 1) viitteellistä rakeisuuskäyrää (kuva 1.), joka kuvaa hulevesissä tyypillisesti esiintyvien partikkelien kiintoaine määriä.



Kuva 1. Viitteellinen rakeisuuskäyrä, joka kuvaa hulevesissä esiintyvien partikkelien määrää

Kiintoaineen poistokyvyn tutkimus suoritettiin kuvan 2 mukaisella koejärjestelyllä. Kokeissa käytetty synteettinen hulevesi valmistettiin 150 litran kokoiseen syöttösäiliöön (kuvassa 2 oleva musta astia). Syöttösäiliön vierellä lattiatasossa oli päältä avoimeksi leikattu IBC-säiliö (keräyssäiliö), jonka yläosaan oli asennettu ritiläkansikaivo hulevesisuodattimiseen. Syöttösäiliö oli nostettu erillisen IBC-kontin päälle ja tutkittavan veden annettiin valua painovoimaisesti syöttösäiliön alaosassa olevan venttiilin kautta ritiläkansikaivossa olevalle hulevesisuodattimelle ja edelleen sen alapuolella olevaan keräyssäiliöön.



Kuva 2. Koejärjestely suodatinkankaan kiintoaineen poistokyvyn tutkimiseen

Suodattimen maksimivirtauskapasiteetin tutkiminen tehtiin kahden vesisäiliön, kahden pumpun ja kahden virtausmittarin avulla. Suodatinkangas kiinnitettiin 110 mm viemäriputken päähän putkikiinnikkeellä. Viemäriputki kiinnitettiin telineeseen siten, että suodatinkangas oli kiinnitettynä putken alosaan niin, ettei se ollut kosketuksessa maahan (kuva 3).



Kuva 3. Tyhjän suodattimen virtauskapasiteetin mittaaminen

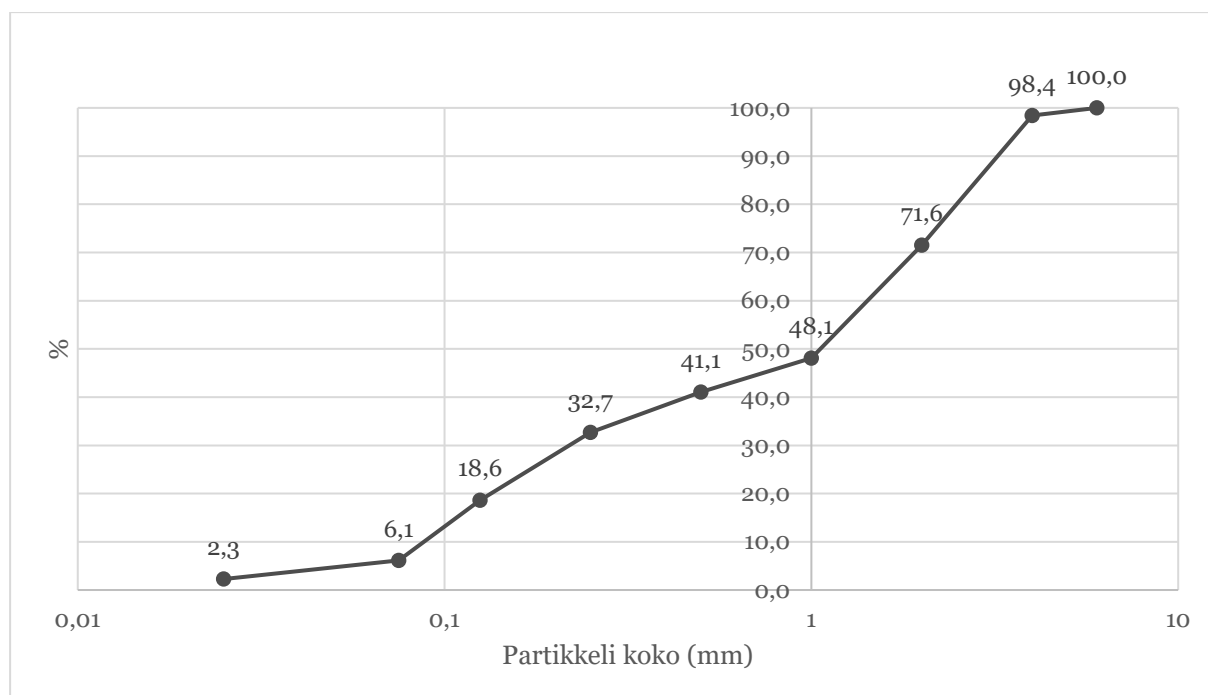
Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksessa testattiin hulevesisuodattimen toimivuutta ja sen kykyä poistaa kiintoainetta hulevesistä. Lisäksi tutkittiin pelkän suodatinkankaan maksimivirtauskapasiteettia puhtaalla vedellä. Hulevetenä suodattimen kiintoaineen erotuskyvyn tutkimisessa käytettiin synteettistä hulevettä, joka valmistettiin lisäämällä puhtaan juomaveden joukkoon tunnetut määrät Fesconin tasaushiekkaa ja hiekoitussepeä tavoitellen tällä seoksella viitteellistä hulevesien rakeisuuskäyrää (kuva 1). Kokeissa käytetty viitteellinen rakeisuuskäyrä kuvaa hulevesissä tyypillisesti esiintyvien kiintoaineiden määriä.

Synteettisen huleveden valmistus toteutettiin määrittämällä ensin Fescon asennus- ja tasaushiekan (0-8 mm) sekä Fescon hiekoitussepeä (3-6 mm) rakeisuuskäyrät. Rakeisuuskäyrät määritettiin seulomalla n. 2,5 kg molempia hiekkalaatua Retchs-seulakoneella. Saatujen rakeisuuskäyrien perusteella valmistettiin lopullinen kokeissa käytetty kiintoaineseos, joka vastaa rakeisuuskäyrältään hulevesissä tyypillisesti esiintyvien kiintoaineiden määriä ja keskinäisiä suhteita. Kuvassa 4 on esitetty kokeissa käytetyn kiintoaineseoksen rakeisuuskäyrä.

Tässä tutkimuksessa käytetyn kiintoaineseoksen koostumus oli seuraava:

- 60 paino-% Fescon asennus- ja tasaushiekkaa (0-8 mm)
- 40 paino-% Fescon hiekoitussepeä (3-6 mm).



Kuva 4. Kokeissa käytetyn kiintoaineseoksen rakeisuuskäyrä

Tutkimusta varten valmistettua kiintoaineseosta sekoitettiin yhteensä 10 kiloa 100 litraan puhdasta juomavettä. Tutkittava vesiseos lisättiin ylävesisäiliöön. Vesi-kiintoaineseosta sekoitettiin ylävesisäili-

össä manuaalisesti siten, että myös astian pohjalle herkästi laskeutuvat isot partikkelit saatiin pysymään liikkeessä. Seuraavaksi ylävesisäiliön venttiili avattiin ja veden annettiin virrata painovoimaisesti suodattimen läpi. Ylävesisäiliön sekoitusta jatkettiin, kunnes kaikki vesi oli virrannut ulos. Lopuksi ylävesisäiliötä kallistettiin siten, että mahdollisesti astian pohjalle vielä jääneet kiintoainepartikkelitkin saatiin huuhdeltua pienellä määrällä vettä (2 l) kaivoon ja suodattimeen. Kokeen jälkeen suodatinkangas irrotettiin kaivosta ja sen keräämä kiintoaineseos otettiin talteen. Kerätty kostea kiintoaineseos kuivattiin 105 °C lämpökaapissa 20 tunnin ajan, jotta kiintoaine oli mahdollista seuloa ja punnita. Kuivauksen jälkeen kiintoaineseos seulottiin ja eri raekoot punnittiin. Koe toistettiin yhteensä kolme kertaa. Saatuja punnitustuloksia verrattiin alkuperäiseen kiintoaineseokseen, jolloin saatiin selville eri raekokojen suodatustehokkuus kokeitten aikana.

Suodatinkankaan maksimivirtauskapasiteettia puhtaalla vedellä tutkittiin käyttämällä kahta vesisäiliötä, kahta pumpua ja kahta virtausmittaria kuvan 2 mukaisesti. Suodatinkangas kiinnitettiin 110 mm viemäriputken päähän putkikiinnikkeellä. Viemäriputki kiinnitettiin telineeseen siten, että suodatinkangas oli kiinnitettynä putken alaosaan niin, ettei se ollut kosketuksessa maahan. Kahdella pumpulla pumpattiin puhdasta hanavettä säiliöistä viemäriputken määrittäen se virtaama, jolla veden pinta putkessa pysyi vakaana. Näin saatiin selville, kuinka paljon suodatinkangas pystyy läpäisemään maksimissaan puhdasta vettä tunnetun pinta-alayksikön läpi.

Tulokset

Kokeitten aikana suodatinkankaan kiintoaineen poistokykyä seurattiin massaprosentteina (kokonaismassa sekä eri raekoot). Lisäksi selvitettiin, mikä on pienin raekoko millimetreinä, jonka suodatinkangas poistaa vielä tehokkaasti (reduktio yli 80 %). Kokeissa selvitettiin myös, mikä on suodatinkankaan maksimivirtauskapasiteetti (l/s per suodatin ja l/s/m²) puhtaalla vedellä.

Kokonaiskiintoaineen osalta suodatinkankaan kiintoaineen poistokyky massaprosenttina oli jokaisessa kolmessa testissä yli 90 % (taulukko 1). Jokaisessa testissä käytetyn synteettisen hulevesierän (100 litraa) sisältämän kiintoaineen kokonaismassa kokeen alussa oli 10 kg.

Taulukko 1. Suodatinkankaalle kokeissa kertyneen kiintoaineen kokonaismassa sekä kiintoaineen suodatustehokkuus massaprosentteina.

Jokaisen hulevesierän sisältämä kiintoaineen massa yhteensä 10 000 g		
Testit	Suodattimelle kertyneen kiintoaineen massa (g)	Poistotehokkuus (massa-%)
Testi 1	9052,53	90,53
Testi 2	9250,59	92,51
Testi 3	9214,56	92,15

Suodatinkangas pystyi poistamaan kokeissa tehokkaasti yli 0,125 mm kokoisia kiintoainepartikkeleita (taulukko 2) poistotehokkuuden ollessa yli 90 massa-%. Alle 0,075 mm kokoisten partikkelien poistotehokkuus puolestaan vaihteli suuresti. 2 mm partikkeleiden kohdalla oleva yli 100 % poistotehokkuus johtuu todennäköisesti kokeissa käytettyjen hiekkojen epätasalaatuisuudesta. Alustavassa seulontatestissä pyrittiin ottamaan mahdollisimman tasalaatuiset näytteet molemmista hiekoista, mutta tulokista huomataan, että testeissä 2 ja 3 on 2 mm partikkeleitten suhteellinen osuus on ollut enemmän kuin laskennallisessa kiintoaineseoksessa oli tavoitteena.

Taulukko 2. Eri reakokojen poistotehokkuus

Raekoko (mm)	Testi 1	Testi 2	Testi 3	Keskiarvo
	Poisto (%)	Poisto (%)	Poisto (%)	Poisto (%)
<0,075	16,90	36,79	28,74	27,48
0,075	50,30	63,40	57,31	57,00
0,125	90,13	94,18	94,98	93,10
0,5	96,65	97,88	94,91	96,48
1	95,44	94,77	97,46	95,89
2	97,33	106,96	109,64	104,64
4	93,41	84,93	83,00	87,11
6	96,83	91,24	78,29	88,78

Suodatinkankaan maksimivirtauskapasiteetti määritettiin 110 mm viemäriputken avulla. Virtauskapasiteetti ko. viemäriputken läpi oli 2,53 l/s, joka vastaa 9,10 m³/h pintakuormaa (taulukko 3). Viemäriputken sisähalkaisija oli 102 mm, jolloin putken sisäpinta-ala on 81,71 cm². Näin ollen yhden neliön kokoisen suodatinkankaan maksimivirtauskapasiteetti puhtaalle vedelle on 309 l/s/m². Yhden suodattimen maksimivirtauskapasiteetti on näin ollen 96 l/s eli 346 m³/h.

Taulukko 3. Suodattimen ja suodatinkankaan maksimivirtauskapasiteetti puhtaalle vedelle.

	Virtaama	
	l/s	m ³ /h
Viemäriputken läpi (d 102 mm)	2,53	9,10
Yksi suodatin	96,02	345,68
1 m ² suodatinkangasta	309,35	1113,66

Yhteenveto

Hulevesisuodattimen kiintoaineen poistotehokkuutta ja maksimivirtaamaa testattiin laboratorio-olosuhteissa. Suodatuskokeita varten valmistettiin synteettistä hulevettä sekoittamalla puhtaan juomaveden joukkoon tunnettu määrä tietyn rakeisuuskäyrän mukaista hiekkaseosta. Kokeissa käytettiin 100 litran hulevesierä, joihin oli sekoitettu kokonaismassana 10 kg kiintoainetta/erä.

Kokeissa todettiin hulevesisuodattimen poistavan yli 90 massa-% 0,125 mm kokoisista ja sitä suuremmista kiintoainepartikkeleista. Alle 0,125 mm:n kokoisten partikkeleitten poistotehokkuus puolestaan vaihteli merkittävästi kokeitten aikana.

Kokeissa käytetyn hulevesisuodattimen maksimivirtauskapasiteetiksi puhtaalla vedellä todettiin 9,1 m³/h suodattimen pintakuormana ilmaistuna.

Lähteet

1. Zahanggir Alam, Faisal Anwar, Anna Heitz, Dipok Chandra Sarker. 2018. Improving stormwater quality at source using catch basin inserts. [verkkojulkaisu]. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/320557566_Characterising_stormwater_gross_pollutants_captured_in_catch_basin_inserts



Eero Antikainen

Tutkimuspäällikkö

Ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikkö
Savonia-ammattikorkeakoulu
PL 6 (Microkatu 1 C)
70201 KUOPIO

eero.antikainen@savonia.fi

044 – 785 6325



Antti Koskenlahti

Testausinsinööri

Ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikkö
Savonia-ammattikorkeakoulu
PL 6 (Microkatu 1 C)
70201 KUOPIO

antti.koskenlahti@savonia.fi

044 – 785 5574