

## Sarvikankaan asemakaava-alue

### Rautaisten pohjavesien hallinta

Projekti	Sarvikankaan asemakaava-alueen rautaisten pohjavesien hallinta
Projekti nro	1510043288
Päivämäärä	13.10.2023
Laatija	Enni Suonperä, Osmo Niiranen
Tarkastaja	Sari Suvanto

## Sisältö

1.	Taustaa rautapitoisista pohjavesistä ja niiden vaikutuksista	1
2.	Rautaiset pohjavedet Sarvikankaan alueella	2
3.	Rautaisten pohjavesien käsittelymenetelmiä ja rautasakkaongelman hallintakeinoja	3
4.	Yhteenveto	4

### 1. Taustaa rautapitoisista pohjavesistä ja niiden vaikutuksista

Maaperän korkea rautapitoisuus voi tyypillisesti johtaa korkeaan rautapitoisuuteen pohjavesissä ja vesistöissä. Rauta esiintyy luonnonvesissä useilla eri hapetusasteilla. Tyypillisimpiä hapetusasteita ovat kahdenarvoinen ferrorauta ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ja kolmenarvoinen ferrirauta ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Raudan olomuoto riippuu mm. veden happitilanteesta. Hapettomissa olosuhteissa rauta esiintyy  $\text{Fe}^{2+}$  -muodossa. Hapekkaissa vesissä on rauta  $\text{Fe}^{3+}$  -muodossa.  $\text{Fe}^{3+}$  yleisin ilmenemismuoto on ferrihydroksidi  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , pH:n ollessa välillä 5...8. Rautapitoinen vesi on yleensä väriltään punertavaa tai ruskeaa hapettuneen ferrisen raudan ja sitoutuneen orgaanisen aineksen takia. Hapettomissa pohjavesissä rauta esiintyy liukoisessa muodossa. Purkautuessaan esimerkiksi uomiin tai lähteikköihin pohjaveden rauta saostuu hapen läsnäollessa ferrihydroksideina, joka on veteen liukenematon yhdiste. Hapettomissa vesissä  $\text{Fe}^{2+}$  voi myös muodostaa liukenemattomia suoloja, kun vedessä on saatavilla sulfiitteja, karbonaatteja ja fosfaatteja.

Sarvikankaan asemakaava-alueen läheisyydessä virtaavassa Myllyojassa on esiintynyt ajoittain runsaasti rautasakkaa ja sameutta. Vesi on ollut punaruskeaa erityisesti kohdissa, joissa virtausnopeus on pieni. Veden ruskea väri johtuu valuma-alueella tehdystä maankuivatuksesta ja metsäojituksesta sekä rautapitoisen pohjaveden purkautumisesta pintavedeksi ja päätyemisestä Myllyjojaan. Pohjaveden liukoinen rauta sakkautuu helposti hapettuessaan ja etenkin pienillä virtausnopeuksilla sakka painuu uoman pohjalle ja tarttuu uoman reunoille, rakenteisiin ja kasvillisuuteen. Rauta ei ole terveydelle vaarallista, mutta punaruskeat, ojan reunoille ja kasvillisuuteen tarttuvut sakkautumat ovat esteettinen haitta. Lisäksi rautasakka tukkii helposti kuivatusrakenteita, salaojia ja suodattimia.

Myllyojan alueen pohjaveden ja maaperän suuri rautapitoisuus on syytä huomioida alueen suunnittelussa sekä rakentamisen aikana. Rakentamisen aikaiseen vesienkäsittelyyn olisi kiinnitettävä erityistä huomiota ja mietittävä mahdollisia ratkaisuja raudan poistamiseksi kuivatusvesistä ennen Myllyjojaan johtamista.

## 2. Rautaiset pohjavedet Sarvikankaan alueella

Myllyojan valuma-alueella tai sen läheisyydessä ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. Lähin pohjavesialue (Pilpakangas) sijaitsee yli 4 kilometrin etäisyydellä Myllyojan valuma-alueelta.

Pohjavedenpinnan etäisyys maanpinnasta vaihtelee Sarvikankaan asemakaava-alueella kymmenistä senttimetreistä useisiin metreihin riippuen maanpinnan korkeusvaihteluista ja maaperästä. Suunnittelualueen pohjoisosissa, Myllyojan läheisyydessä, pohjavesi on paikoin hyvin lähellä maanpintaa. Alueella aiemmin tehtyjen selvitysten perusteella on myös mahdollista, että alueella esiintyy orsivesikerroksia eli paineellista pohjavettä (Pöyry 2011). Tällaisia ei kuitenkaan vuoden 2018 rakennettavuusselvitysten yhteydessä ole havaittu (Ramboll 2018).

Sakari Pensa (2018) selvityksen mukaan merkittävä rautakuormitus Myllyjoaan tulee juuri rakennetulta Hiukkavaaran alueelta. Etenkin sateiden aikana raudan määrä vesissä kasvaa merkittävästi. Seurannan aikana sateiden vaikutuksesta pohjavesipinta nousi vasta rakennetulla alueella n. 20–40 cm. Myllyojassa ei kuitenkaan tapahdu rautaisten vesien laimenemista. Näiden perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että alueen rakentamisella on vaikutusta raudan liikkeelle lähtöön. Myllyjoaan suunniteltu laajoja tulvatasanteita ja kosteikoita, joilla voidaan myös pidättää rautasakkaa. Nykyisin ainakin osa näistä rakenteista on toteutettu, mutta tiedossa ei ole onko niiden rautasakan pidätyskykyä seurattu.

Sarvikankaan suunnittelualueelta aikaisemmat pohjavesihavainnot ovat vuodelta 2011, jolloin tehtyjen havaintojen perusteella, pohjavesi on ollut ~0,1–0,5 m maanpinnan alapuolella. Ramboll Finland Oy:n toimesta otettiin pohjavesinäytteitä syksyllä 2011 kolmesta lähialueen pohjavesiputkesta (H20, H22 ja H38). Putkissa oleva vesi oli hyvin sameaa, humuspitoista ja rautasakkaa esiintyi runsaasti. Näytteiden perusteella pohjavedessä on runsaasti rautaa kokonaisrautapitoisuuden vaihdella välillä 34...46 mg/l. Suodatetussa näytteessä liukoisen raudan osuus oli 11 mg/l ja kokonaisrautapitoisuus 46 mg/l. Kaikkien otettujen näytteiden happipitoisuus oli alle 0,2 mg/l. Pohjavesien keskimääräinen rautapitoisuus Suomessa on ollut noin 7 mg/l.

Vuonna 2019 uudesta suunnittelualueen keskiosiin asennetusta pohjavesiputkesta (PVP802) otettiin näyte helmikuussa 2019. Pohjavedessä havaittiin huomattavan korkea raudan kokonaispitoisuus 21,8 mg/l, josta liukoisessa muodossa oli 1,92 mg/l. Pohjaveden pH oli näytteenoton aikaan 6,4 ja sähkönjohtavuus huomattavan korkea 28 mS/m. Myös alkaliniteetti, eli pohjaveden kyky puskuroida pH-muutoksia, oli korkea 2,42 mmol/l.

Taulukko 2-1. Pohjaveden ja Myllyojan vedenlaatu helmikuussa 2019.

Analyysi	Yksikkö	Myllyoja	PVP802
pH		6,6	6,4
Alkaliniteetti	mmol/l	<0,01	2,42
Kemiallinen hapenkulutus, COD <sub>Mn</sub>	mg/l	2,6	-
Kiintoaine	mg/l	88	-
Sähkönjohtavuus	µS/cm (mS/m)	-	280 (28)
Väri	mg Pt/l	17	-
Rauta, kok	mg/l	5,46	21,8
Rauta, liuk	mg/l	-	1,92

Pohjaveden lisäksi rautaa esiintyy runsaasti myös Myllyojan vedessä, mikä viittaa rautapitoisten pohjavesien purkautumiseen Myllyjoan. Vuoden 2011 selvityksen mukaan Myllyojan raudan määrä lähes kolminkertaistuu alavirtaan päin mentäessä. Pohjavesien lisäksi maankuivatus ja metsäojitus todennäköisesti aiheuttavat rautapitoisuuden nousua.

Salaojien kunnossapito-oppaassa (Salaojayhdistys 2000) on annettu viitteellinen arvo 5 mg/l, jonka ylittävien pitoisuuksien on todettu aiheuttavan saostumia salaojitusjärjestelmään. Sarvikankaan pohjavesien rautapitoisuudella on odotettavissa sakkautumista mahdollisesti rakennettaviin salaojajärjestelmiin. Hapettumisen aiheuttamasta sakkautumisesta seuraa mahdollisesti aikaa myöten myös putkea ympäröivän salaojituskerroksen sakkautuminen, jolloin koko järjestelmän (esim. rakennus tai katurakenne) toiminta vaarantuu.

### 3. Rautaisten pohjavesien käsittelymenetelmiä ja rautasakkaongelman hallintakeinoja

Yleisimmät rakenteet rautapitoisten vesien käsittelyyn ovat erilaiset kosteikkorakenteet tai ilmastusratkaisut. Kosteikoissa vesi ohjataan kasvillisuutta sisältävään allasrakenteeseen. Kosteikoissa  $Fe^{2+}$  pääsee hapettumaan sekä sitoutumaan orgaaniseen ainekseen. Ilmastusratkaisuissa puolestaan pyritään ilmastamaan vesi esim. pirskottelemalla sitä ilmaan, jonka jälkeen pyritään poistamaan muodostunut rautarakka mahdollisimman tehokkaasti.

$Fe^{2+}$  hapettuminen, flokkulaatio ja sedimentaatio ovat keskeisiä prosesseja raudan poistamiseen vedestä. Monet luonnonvesien tekijät kuitenkin vaikuttavat hapettumiseen ja sen nopeuteen. Esimerkiksi veden happamuus ja alkaliniteetti vaikuttavat raudan hapettumisen tai flokkulaation nopeuteen, ja korkeammilla pH-arvoilla hapettuminen tapahtuu nopeammin. Sarvikankaan alueella pohjavesien ja Myllyojan veden pH-taso on lähellä neutraalia, minkä vuoksi rauta sakkautuu nopeasti hapen läsnäollessa. Luonnonvesissä orgaaninen aines voi muodostaa hapettuneen  $Fe^{3+}$  -raudan kanssa komplekseja, joka yleensä lisäävät hapettuneen raudan liukoisuutta, mutta hidastavat raudan poistamista vedestä. Luonnonvesien orgaaniset aineet voivat nopeuttaa raudan hapettumista.

Yleisesti rakennetut kosteikkorakenteet soveltuvat hyvin vedenlaadun parantamiseen. Rakenteet yleensä ovat allasmaisia rakenteita, joissa tapahtuu partikkelien laskeutumista ja kosteikkokasvillisuuden sitomista. Raudan poistamiseen on myös käytössä rakenteita, joissa ei ole suoranaista avointa vesialuetta, vaan runsaan kasvillisuuden alla on esimerkiksi sopiva sorakerros, jossa tapahtuu suodattumista, kun vesi virtaa maakerroksen läpi.

Pohjaveden alentamisessa raudan sakkautumiseen tulisi varautua ainakin huolehtimalla salaojitusjärjestelmän säännöllinen huuhtelu 1...2 vuoden välein. Tosin tämä ei auta, jos sakkautumaa kertyy putken ulkopuoliseen salaojituskerrokseen.

Yhtenä vaihtoehtona kannattanee tarkastella ns. upposalaojitusjärjestelmää, jolloin salaojaputket pidettäisiin koko ajan pohjaveden alapuolella ns. hapettomassa tilassa padottamalla vettä kokooja- ja purkukaivossa. Kyseinen menetelmä on yleinen peltoviljelyn yhteydessä, mutta tiedossamme ei ole menetelmän käyttöä katurakenteiden yhteydessä, saati rakennusten salaojituksen. Rakennuksille tämä menettely voi aiheuttaa kosteusriskin, mutta katurakenteiden osalta voi olla mielenkiintoinen ratkaisumahdollisuus.

Rautapitoisten vesien käsittely ennen avouomia, ovat ne sitten purkautuvia salaojavesiä tai pohjavesiä, on mahdollista toteuttaa kosteikoissa tai ilmastamalla ja laskeuttamalla tai suodattamalla rautasakka.

Mikäli korkeuseroa on voi hapetusta toteuttaa porras- tai valutusilmastuksella. Toimenpide olisi hyvä tehdä heti purkautumiskohdissa ennen luonnonuomia.

Myllyjoaan luonnostaan purkautuvien pohjavesien osalta vaikeutena on sopivien purkautumiskohtien löytäminen ja kysymykset tilan käytöstä sekä energian saatavuudesta ja kustannuksista. Suunnittelualueen pohjoisosan ollessa hyvin alavaa on todennäköistä, että vuorovaikutusta pohjaveden ja ojaveden välillä tapahtuu suurella osalla uomaa, joten toimenpiteiden tehokas kohdistaminen on käytännössä mahdotonta. Purkautumiskohtia on todennäköisesti useita. Kesäaikaan purkautumispaikkojen kartoitus voi onnistua lämpökameran avulla, kun pintavedet lämpenee, mutta pohjavedet pysyvät melko kylminä läpi kesän.

Maaperässä tapahtuva rautapitoisuuden hallinta laajoilla alueilla on yleisesti ottaen hyvin vaikea ja kallis toteuttaa. Sen kohdistaminen on huomattavasti vaikeampaa kuin purkautumiskohdissa. Pohjavesikaivojen yhteydessä on käytetty maaperän ilmastamista ennen kaivoa, jotta rauta saostuu maaperään ja kaivon saadaan raudasta vapaa hapellinen vesi. Tällöin kuitenkin vedenotto kohta on tarkasti tiedossa ja toimenpide voidaan kohdistaa suppealle alueelle, jolloin se vielä saattaa olla kustannustehokasta. Ojavesipurkautumisissa tämä ei liene mahdollista. Maaperän happipitoisuuteen vaikuttaminen ei liene näin ollen mahdollista myöskään keinona suojata salaojia tukkeutumiselta.

Rakennusten salaojituksen suhteen tulisi ottaa tarkasteluun pohjavedenpinnan laajempi hallinta rakentamisalueella esim. louhesalaojilla. Louhesalaojien tukkeutuminen ei ole niin todennäköistä. Varsinaiset rakenteiden salaojat sijoitettaisiin hieman ylemmäs, jotta ne suurimman osan ajasta olisivat kuivilla ja niitä hyödynnettäisiin lähinnä runsaiden sateiden, kevätulamisen tms. aikana, jolloin valumavesien rautapitoisuus on pienempi. Salaojat voisivat purkaa louhesalaojiin, jotka edelleen johtaisivat varsinaiseen purku-uomaan. Ennen purku-uomaa toteutettaisiin laskeutusallas ja mahdollinen hapetusjärjestely ennen laskeutusta.

Helpoimpana ratkaisuna alueen rautahaasteiden osalta on alueen pengerrys, joka vaatii paljon massoja, joita toki saataneen Sarvikankaan mäen leikkaamisesta, mutta ratkaisu maksaa ja tuottaa merkittävästi hiilipäästöjä.

#### 4. Yhteenveto

Sarvikankaan alueen rakentaminen voi lisätä rautakuormituksen riskiä Myllyjoaan, mikäli asiaa ei oteta huomioon suunnittelussa. Alueen rakentamistaso voidaan nostaa niin korkealle, ettei katujen ja rakennusten salaojat tai muut kuivatusrakenteet laske pohjavesipintaa. Tällöin pohjavesi ei pääse hapettumaan ja rautakuormituksen riski vähenee. Alueen massatasapainon, hiilipäästöjen ja kustannusten valossa tasausten nosto ei ole kaikkialla mahdollista. Osa alueen luoteisosan kaduista saattaa jäädä sen verran alas, että riski pohjavesimuutoksille on mahdollista. Tämän vuoksi esitetään ratkaisua, jossa ko. alueella hulevesiverkosto ja salaojaverkosto erotetaan toisistaan ja hulevedet johdetaan ja käsitellään hulevesisuunnitelman mukaisesti, mutta salaojavedet käsitellään erikseen raudan poistamiseksi.

Salaojavesien käsittelyn alueella salaojavedet pumpataan ja ilmastetaan paineviemärin purun yhteydessä. Tämän jälkeen laskeutetaan muodostunut rautasakka ja lopuksi salaojavedet suodatetaan hiekkasuotimen läpi ennen niiden purkua Myllyjoaan.

Tämä menettely ei estä salaojajärjestelmän mahdollista nopeaa tukkeutumista vaan ko. alueella joudutaan varautumaan salaojien normaalia tiheämpään huuhteluun.

Lisäksi vesihuoltokaivantojen osalta tulee varautua toteuttamaan virtauskatkoja, jotta kaivannot ja niiden täyttömateriaalit eivät laske ympäröivän alueen pohjavettä.

Alueella tulee huomioida, että hulevesiä imeytetään edelleen maaperään, mutta tulee suosia imeytysrakenteita, joissa vesiä imeytetään rakennettujen rakennekerrosten läpi, eikä luontaisten maakerrosten läpi. Lisäksi ojaratkaisuissa on hyvä suosia suotopatoja, joiden avulla saadaan mahdollisesti vesissä esiintyvää rautaa poistettua mekaanisesti.

#### Kaavamääräysehdotus

Katujen ja yleisten alueiden osalta suositellaan

*Rautasakan muodostumisen estämiseksi alueen kuivatusrakenteet tulee suunnitella siten, ettei olemaa pohjavesipintaa lasketa ja hapeteta pohjavesiä tarpeettomasti. Mikäli jonkun alueen pohjavesipintaa lasketaan esimerkiksi katujen kuivatusrakenteilla, tulee varautua raudan poistoon vesistä.*

#### Lähteet

Salaojakeskus ry. 2000. Salaojien kunnossapito-opas. Salaojakeskus ry:n jäsenjulkaisu 2/99. 2 painos.

Pensas, Sakari. 2018. Rautapitoisten vesien hallinta kaupungistuvassa ympäristössä: Myllyojan tutkimuskohde. Diplomityö, Oulun yliopisto.

# Rautaisten vesien hallinta Sarvikankaan alueella

## Lähtökohdat

- Sarvikankaan luoteisosa (katu K3) tasausta ei nosteta nykyisen pohjavesipinnan yläpuolelle
- Salaojat laskevat pohjavesipintaa paikallisesti salaojituksen tasolle
- Tällöin riskiä rautapitoisten vesien muodostumiseen syntyy

## Mitoitustiedot

- Valuma-alue 6800 m<sup>2</sup>
- Rautapitoisuuden vaihtelu pohjavedessä 20-45 mg/l
- Myllyojan pohjan korko +24.5

01

Salaojavesien erotus hulevesistä

- Erillinen salaojajärjestelmä
- Normaalialue useammin saloajien huuhtelu →

02

Pumppaus

- Pieni salaojapumppaamo
- Vaatii energiaa
- Painelinjaa ei pureta vesipinnan alle, kuten normaalisti →

03

Ilmastus

- Erilaisia tapoja, kuten pirkotus tai kynnykset/portaat →

04

Selkeytys

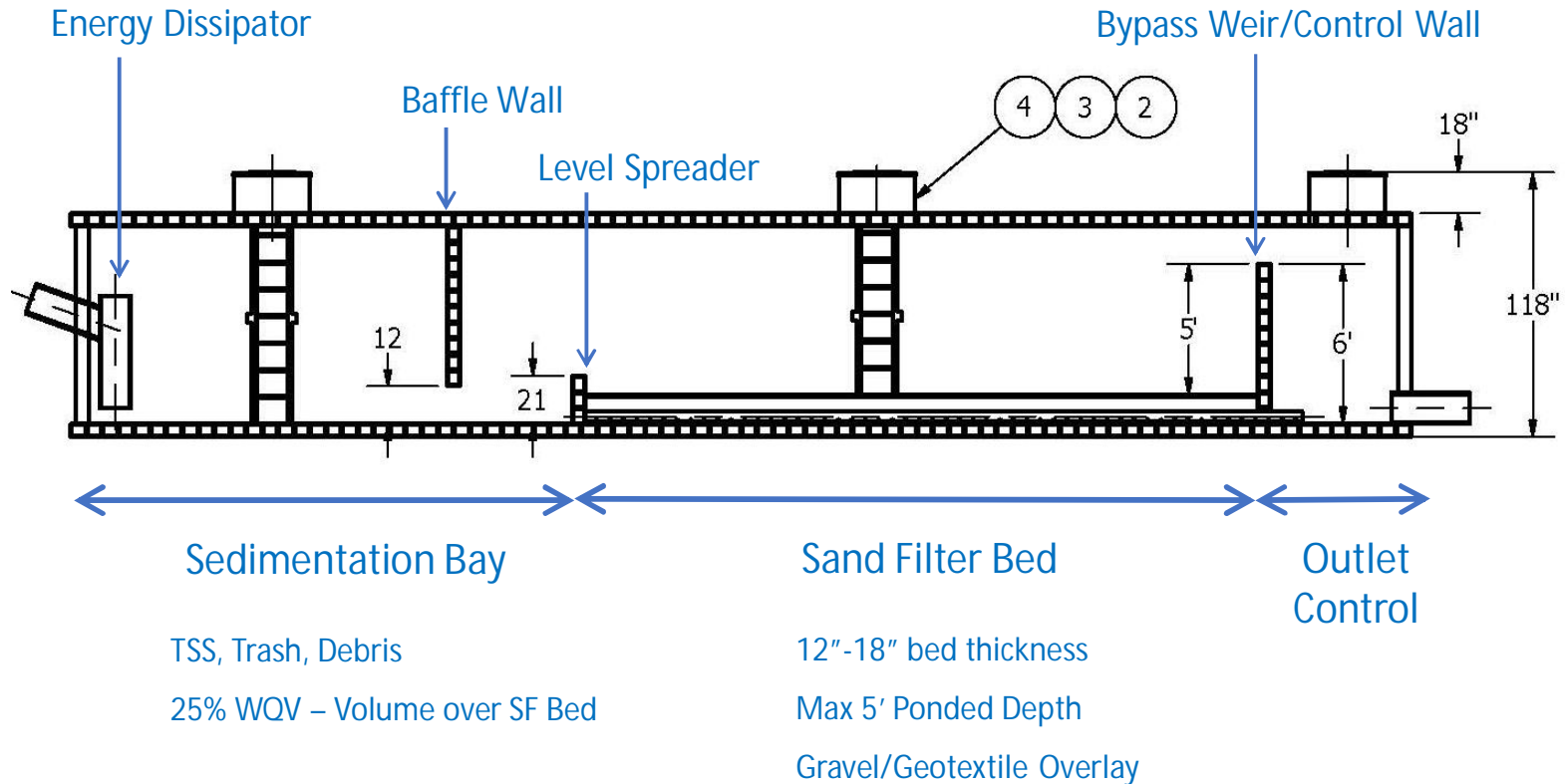
- Laskeutusallas tai kaivomallinen selkeytyskylä
- Vaatii säännöllistä tyhjennystä
- Minne tyhjennyssakat? →

05

Hiekkasuodatus

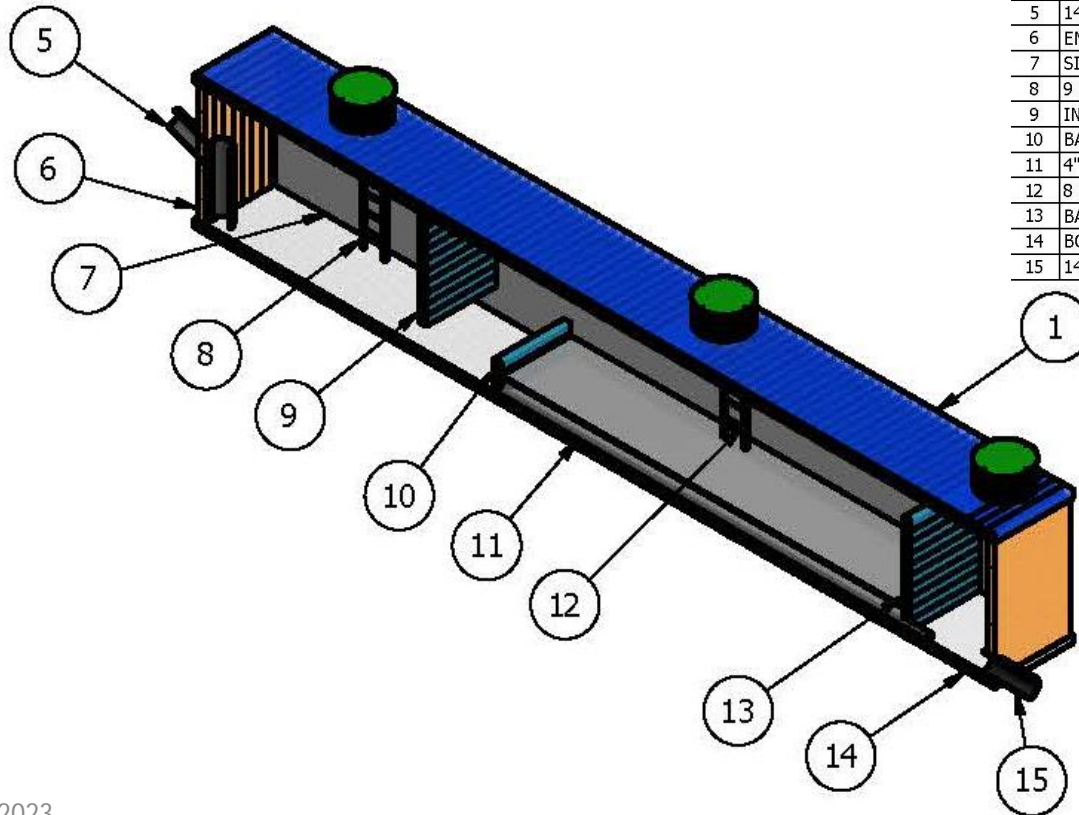
- Laskeutusaltaan jälkeen suotopato tai suotopatojen sarja → vaatii suotopatojen uusimista
- Kaivomallinen hiekkasuodatin → vaatii hiekkasuodattimen vaihtoa tai pesua

# Sand Filter Drawing Review (esimerkki, koko riippuu mitoitusvirtaamasta)



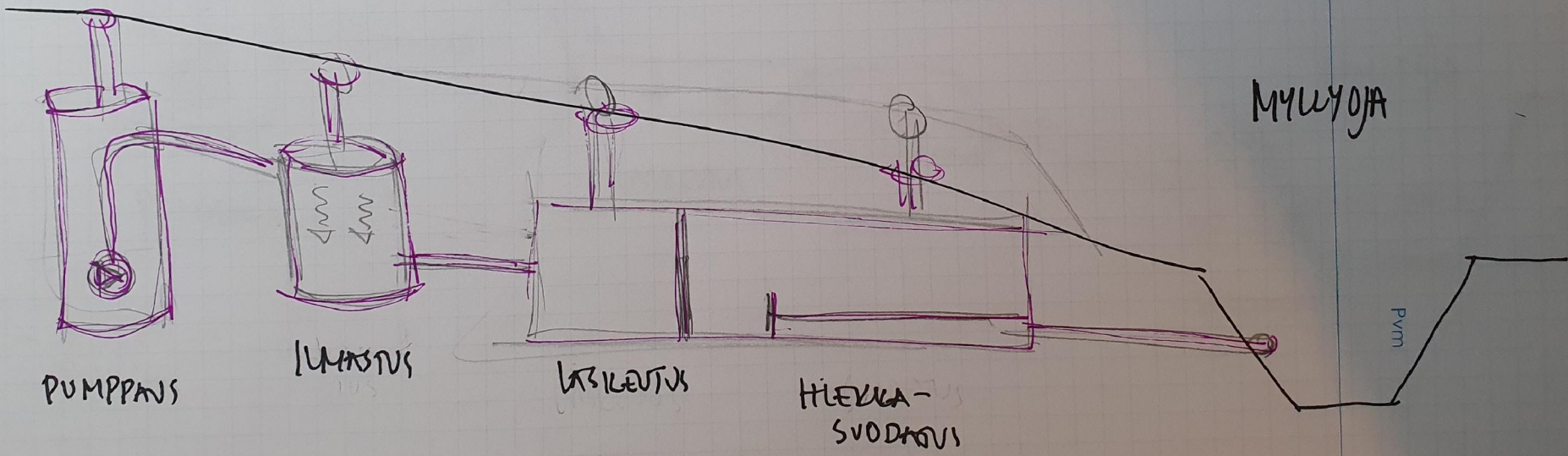
Upstream Detention and/or Flow Control is required!

# Sand Filter Drawing Review



BILL OF MATERIALS		
ITEM	DESCRIPTION	QTY
1	TOP WEHOPANEL 84 PROFILES X 117" LG	1
2	30" HDPE LID w/4" LG SS LAG SCREW SEAL-R #30L OR EQUAL.	3
3	30" RISER TOP RING PE 1/2 x 34 1/2 OD/29ID	3
4	30" RSC160 RISER	3
5	14" DR17 INLET WYE	1
6	END WALL WEHOPANEL 16 PROFILES X 88" LG	2
7	SIDE WALL WEHOPANEL 82 PROFILES X 88" LG	2
8	9 FT FRP LADDER	1
9	INLET BAFFLE WEHOPANEL 10 PROFILES X 103 1/2" LG	1
10	BAFFLE-1 WEHOPANEL 3 PROFILES X 103 1/2" LG	1
11	4" DR 17 X 320 LG HDPE PERFORATED PIPE PE4710	1
12	8 FT FRP LADDER	1
13	BAFFLE-2 WEHOPANEL 10 PROFILES X 103 1/2" LG	1
14	BOM WEHOPANEL 84 PROFILES X 117" LG	1
15	14" DR17-35" LG HDPE PIPE F714 PE4710	1





PUMPPAUS

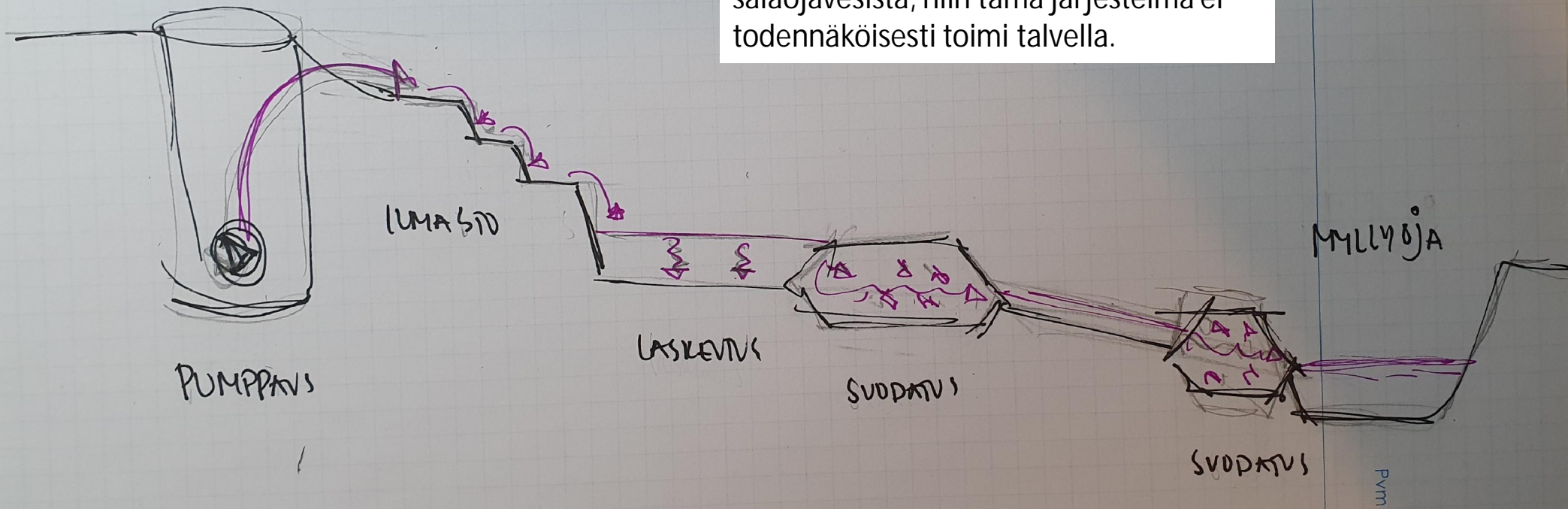
LUMASTUS

KASILENTUS

HIEKKÄ-SUODATUS

MYLYÖJÄ

pvm



Vaatii korkeuseroja ja koska on kyseessä salaojavesistä, niin tämä järjestelmä ei todennäköisesti toimi talvella.