

Suomen Erytysjäte Oy

**Kloridin ympäristövaikutukset kuonajätteen  
hyötykäyttökohteessa -  
Lakeuden Etappi Oy, RE-piste, KURIKKA**

15.3.2024



## SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO .....	3
1. RAKENNUSKOHDE .....	3
1.1 Ympäristö- ja vesistöolosuhteet .....	3
1.2 Rakennuskohde ja kuivatuksen järjestäminen.....	3
2. HAITALLISTEN AINEIDEN LIUKENEMINEN JA VEDEN SUOTAUTUMINEN KENTTÄRAKENTEESSA .....	4
2.1 Vesitaseen mukainen vuotuinen suotautuminen.....	5
3. KLORIDIN VESISTÖVAIKUTUKSET .....	5
4. TEOREETTINEN KLORIDIPITOISUUDEN NOUSU VESISTÖSSÄ .....	6
4.1 Kuormituslaskenta tasapainotilaan perustuen .....	6
4.2 Kuormituslaskenta tanskalaiseen suotautumismalliin perustuen .....	6
4.3 Pitoisuuden nousu kentän salaojavesien purkupisteessä ja tarkastelu laskuojan laskentapisteessä.....	7
4.4 Viitearvovertailu .....	8
5. YHTEENVETO.....	9

## Liitteet

Valuma-aluekartta

Liite 1

## JOHDANTO

Suomen Erityisjäte Oy:n toimeksiannosta on Aluetaito Oy laatinut riskinarvion haitallisten aineiden ympäristövaikutuksista jätteenpolton kuonan hyödyntämiskohteessa Lakeuden Etappi Oy:n RE-pisteessä Kurikassa. Käsiteltyä jätteenpolton kuonaa on tarkoitus hyödyntää RE-pisteen päällystetyssä kenttärakenteessa jakavassa ja suodatinkerroksessa. Alueella hyödynnetään kuonan lisäksi myös betonimursketta ja lasimursketta.

Kohteessa käytettävien kuonajakeiden 0-2 mm ja 0-32 mm tutkituista liukoisuuksista kloridi ylittää valtioneuvoston asetuksen eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa (ns. mara-asetuksen, Vna 843/2017) mukaisen raja-arvon päällystetylle kenttärakenteelle. Kloridin suurin sallittu liukoisuus (mg/kg L/S-suhteessa 10 l/kg) on mara-asetuksen taulukon 1. mukaisesti 2400 mg/kg. Kenttärakenteessa käytettävän kuonan suurin kloridipitoisuus on 7500 mg/kg.

Tässä riskinarviossa on arvioitu suotautumismallien avulla kloridin pitoisuuksia kenttärakenteen läpi suotautuvassa vedessä sekä lähiympäristössä.

### 1. RAKENNUSKOHDE

#### 1.1 Ympäristö- ja vesistöolosuhteet

Rakennuskohde sijaitsee asemakaavoitetulla teollisuus- ja varastorakennusten korttelialueella Nummen kaupunginosassa, osoitteessa Verstastie 16. Kiinteistöllä toimii Lakeuden Etappi Oy:n jäteasema, jossa vastaanotetaan eri jätelajikkeita.

Lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat hyödyntämisalueeseen nähden idässä 400–500 m etäisyydellä Reinikantien molemmiin puolin, sekä 400 m etäisyydellä lounaassa/lännessä Paulaharjuntien varressa. Hyödyntämisalueen hulevedet ohjataan alueen pohjoispuolella sijaitsevaan ojaan, joka laskee kohti itää Reinikantien suuntaisesti. Riihimäen kohdalla oja jatkaa pellon poikki pohjoiseen ja ohjautuu betoniputkessa Kivimiehentien ja Lehtohaantien alitse. Lehtotien itäisessä päädyssä betoniputki muuttuu taas avo-ojaksi, joka laskee kohti itää purkautuen Kyrönjokeen Reinikan kohdalla.

Alue ei sijaitse pohjavesialueella. Lähin pohjavesialue Kuusistonloukko sijaistee 1,5 km etäisyydellä lounaassa. 2,3 km etäisyydellä kaakossa sijaitsee pohjavesialue Aronlähde. Lähiympäristössä ei ole muita merkittäviä luonnonriskialueita.

#### 1.2 Rakennuskohde ja kuivatuksen järjestäminen

Jätteenpolton kuonaa on tarkoitus hyödyntää n. 10 500 m<sup>2</sup> kokoisella asfaltoidulla liikennealueella. Jättemateriaalista rakennettavan jakavan ja tukikerroksen paksuus on yhteensä 1,0 m, jossa 0-4 mm jaetta on 60 cm ja 0-32 mm jaetta 40 cm. Kuonamateriaalin päälle rakennetaan 15 cm paksuinen kantava kerros kalliomurskeesta KaM 0-32 mm sekä 5 cm asfalttipäällyste. Kenttäalueella

hyödynnetään myös lasimurskaa sekä betonimursketta jätemateriaalien kokonaismäärän ollessa yhteensä 19 900 t.

Rakennettavan kenttäalueen kuivatus on suunniteltu toteutettavaksi pintavesien ohjauksella, sadevesikaivoilla ja rakenteen alapuolisilla salaojaputkilla. Kaikki kuivatusvedet johdetaan hyödyntämisalueen pohjoispuolella Reinikantien varressa sijaistevaan ojaan.

Hyödyntämisalueella haitta-aineiden liukenemisen ja kulkeutumisen riskiä ehkäisee rakenteen riittävä kuivatus ja jätemateriaalin riittävä etäisyys pohjavedenpinnasta. Salaojaputket asennetaan rakenteen alapuolella vähintään 0,5 m etäisyydelle jätemateriaalista, jolloin pohjavedenpinta pysyy tämän tason alapuolella. Nykyisen kenttäalueen hulevesien purkuojan syvyys on n. 2,0 m rakenteen pinnasta.

## 2. HAITALLISTEN AINEIDEN LIUKENEMINEN JA VEDEN SUOTAUTUMINEN KENTTÄRAKENTEESSA

Yhdisteiden liukoisuuskäyttäytymiseen vaikuttaa kenttäolosuhteissa monet tekijät. Kloridi on vesiliukoinen yhdiste ja liukenee helposti, mikäli materiaali pääsee huuhtoutumaan vedellä. Kenttärakenteessa liukenemiseen vaikuttaa merkittävästi se, miten tehokkaasti kuivatus on toteutettu. Asfalttipäällystetty kenttä riittävällä pinnankaltevuudella johdattaa sadevedet nopeasti kenttää ympäröiviin ojiin ja sadevesikaivoihin. Asfalttipäällysteen läpi imeytyy vettä hyvin vähäisiä määriä ja rakenne pysyy kuivana. Lisäksi kuonarakenteen alapuolisella salaojituksella on mahdollista kerätä suotautuvaa vettä rakenteesta sadevesiviemäriin ja estää veden nousemisen maassa salaojituksen yläpuolelle. Voidaan arvioida, että riittävän tehokkailla kuivatusrakenteilla vesi ei pääse viipymään kuonarakenteessa, eikä rakenne myöskään kovin merkittävästi pääse huuhtoutumaan vedellä, jolloin haitallisten aineiden liukeneminenkin on vähäistä.

Liukenevien haitallisten aineiden määrä on käytettävässä materiaalissa rajallinen ja hyötykäytettävän kuonan pitoisuudet alittavat päällystetylle kentälle asetetut raja-arvot. Haitallisia aineita liukenee kenttärakenteen kuonamateriaalista huokosveteen, kun materiaalin läpi suotautuu vettä. Kulkeutumisen arvioinnissa tarkastellaan kulkeutumismekanismeista advektiota, eli liuenneiden tai suspendoituneiden aineiden liikkumista veden mukana. Kulkeutuvien aineiden määrään ja kulkeutumismopeuteen vaikuttaa liikkuvan veden kokonaismäärä ja virtausnopeus. Advektiota säätelee sademäärä. Haitta-aineiden kulkeutuminen advektiolla on sitä voimakkaampaa, mitä suurempi on maa-aineksen sisältämän veden määrä ja virtausnopeus.

Painovoiman vaikutuksesta maa-aineksessa liikkuvaa vettä kutsutaan vapaasti liikkuvaksi vedeksi. Se tarkoittaa maa-aineksessa kenttäkapasiteetin vesipitoisuuden ja kyllästettyä tilaa vastaavan vesipitoisuuden välistä eroa. Teoriassa materiaaliin imeytynyt vesi kulkeutuu painovoiman vaikutuksesta rakenteen läpi, kun rakennemateriaalin kenttäkapasiteetti on ylittynyt. Todellisuudessa vesi voi kuitenkin muodostaa rakenteeseen kanavia, joita pitkin se hakeutuu virtaamaan tehokkaammin. Tällöin myös pitoisuudet ovat pienempiä, kuin laskennallisen liukenemisen mukaiset pitoisuudet.

Kenttärakenteen materiaalit sitovat myös kosteutta. Kuonamateriaalin 0-2 mm vedenimeytymiskyvyksi on mitattu 10,95 % ja 0-32 mm materiaalille vastaava luku on 4,57 % (Söderholm 2020), mikä tarkoittaa, että vettä imeytyy kuonamateriaaliin 82-187 l/m<sup>3</sup>. Kohdassa 2.1 on tarkasteltu vesitaseen avulla kuonarakenteen vedenpidätyskykyä. Asfaltin läpi imeytyvän vesimäärän ollessa vähäinen on rakenteen vedenpidätyskyvyllä merkittävä vaikutus haitallisten aineiden suotautumiseen rakenteesta. Haihdunnan seurauksena imeytynyt vesi vähitellen poistuu rakenteesta. Suotautumiseen vaikuttaa myös materiaalin lähtökosteus, jolloin rakentamisaikana suotautuminen voi olla merkittävämpää.

## 2.1 Vesitaseen mukainen vuotuinen suotautuminen

Suotautuvan veden määrä voidaan karkeasti laskea 1 m<sup>2</sup> alueelta vesitaseyhtälöstä, kun 1,0 m paksuisen kuonamateriaalilla rakennettavan jakavan ja suodatinkerroksen vesivarasto  $\Delta S = 82-187$  l, vuotuinen sadanta  $P = 600$  mm, pintavaluma asfalttipinnalla 90 % sadannasta ja haihdunnaksi oletetaan puolet asfaltin läpi imeytyvän veden määrästä:

$$P = E + Q \pm \Delta S,$$

missä             $P =$  sadanta  
                     $E =$  haihdunta  
                     $Q =$  valunta  
                     $\Delta S =$  vesivaraston muutos

$$Q_2 = P - E - Q_1 \pm \Delta S = 600 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 540 \text{ mm} \pm \Delta S = 30 \text{ mm} \pm \Delta S$$

30 mm vesimäärä 1 m<sup>2</sup> kokoisella alueella tarkoittaa 30 l vettä. Kun vesivaraston suuruus samankokoisella alueella kuonarakenteessa on  $\Delta S = 82-187$  l, vettä ei vesitaseen mukaan suotaudu lainkaan, vaan kuonan varastokapasiteetti riittää pidättämään rakenteeseen imeytyvän sadeveden.

## 3. KLORIDIN VESISTÖVAIKUTUKSET

Kloridin haitallisia ympäristövaikutuksia ovat korroosiovaikutukset (pitoisuuden ylittäessä 25 mg/l) ja veden suolapitoisuuden lisääntyminen, mikä voi suurilla pitoisuuksilla vaikuttaa haitallisesti makean veden eliöiden suolapitoisuuden säätelyyn. Kloridia esiintyy vesissä luonnollisestikin, mutta kloridipitoisuuden nousu ympäristössä aiheutuu yleensä maanteiden suolauksesta, merivesien vaikutuksesta sekä jätevesien vaikutuksesta.

Kloridin liikkuvuus maaperässä on korkea ja pitoisuus vesistössä laimenee nopeasti, kun etäisyys kuonan hyötykäyttökohteesta kasvaa. Kloridin haittavaikutusten voidaan arvioida olevan rakennuskohteen ympäristössä vähäisiä.

#### 4. TEOREETTINEN KLORIDIPITOISUUDEN NOUSU VESISTÖSSÄ

##### 4.1 Kuormituslaskenta tasapainotilaan perustuen

Kloridin pitoisuus huokosvedessä tasapainotilassa voidaan laskea kaavalla 1 (Ympäristöministeriö 2007):

$$C_w = C_s / \left( K_d + \frac{\theta_w + \theta_a H}{\rho} \right),$$

missä  $C_s$  = pitoisuus maaperässä [mg/kg], 7500 mg/kg

$K_d$  = maa-vesi -jakaantumiskerroin [l/kg]

$\theta_w$  = veden täyttämien huokosten osuus

$\theta_a$  = ilman täyttämien huokosten osuus

$H$  = Henryn lain vakio

$\rho$  = maa-aineksen tiheys [kg/l].

Käytetään kuonamateriaalin huokoisuutena arvoa 0,4. Kuonamateriaali on huokoinen materiaali, mutta rakenteen huokoisuudesta valmiissa rakenteessa ei ole saatavilla tarkkaa tietoa. Optimivesipitoisuudessa veden täyttämien huokosten osuus kuonakerroksessa  $\theta_w = 0,27$  ja  $\theta_a = 0,13$ . Aineen haihtumista ilmaan ei tarkastella, jolloin Henryn lain vakio = 0. Kloridin  $K_d$  -arvoon vaikuttaa suuresti maa-ainestyyppi. Maa-aineksen ollessa kivennäismaalajia  $K_d$  on n. 0,06-1,4 l/kg.

$$C_w = 7500 \text{ mg/kg} / \left( 1,4 \frac{\text{l}}{\text{kg}} + \frac{0,27 + 0,13 \cdot 0}{1,9 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} \right) = 4863 \text{ mg/l}$$

Kun laskennassa ei huomioida ollenkaan vesivaraston vaikutusta ja oletetaan, että vettä suotautuu vesitaseen mukaan rakenteen läpi 30 l/m<sup>2</sup>/a (5 % vuosisadannasta), 1,05 ha suuruiselta asfalttialueelta vettä suotautuu 315 m<sup>3</sup>/a. Kloridin maksimimäärä salaojaputkiin kertyvässä vedessä olisi tällöin:

$$4863 \text{ mg/l} \cdot 315 \text{ 000 l/a} = 1532 \text{ kg/a.}$$

##### 4.2 Kuormituslaskenta tanskalaiseen suotautumismalliin perustuen

Valmiiden kenttärakenteiden läpi suotautuvan veden kloridipitoisuutta voidaan laskea myös perustuen tanskalaiseen suotautumismalliin (Wahlström et al. 1999). Kenttärakenteissa käytettävistä jätemateriaaleista vapautuvien haitta-aineiden määriä vuosittain pitkällä aikavälillä on arvioitu ”johtamalla” L/S=10 -suhteessa tehtävien liukoisuustestien uuttosuhdetta vastaava vesimäärä rakenteen läpi. Liukoisuussuhdetta L/S=10 käytetään, koska se on yleisesti käytetty jätemateriaaleista tehtävissä liukoisuustesteissä. Liukoisuustestausta vastaavan L/S=10 -suhteen saavuttamiseen kuluvaa aikaa voidaan karkeasti arvioida tanskalaisella suotautumismallilla, kaava 2:

$$t = t_0 + \frac{(1000 \cdot L/S \cdot P \cdot H)}{l}$$

missä

t = aika tietyn L/S-suhteen saavuttamiseksi [a]

t<sub>0</sub> = rakenteen perustamisen ja ensimmäisen suotoveden esiintymisen välinen aika [a] = 0

H = materiaalikerroksen paksuus [m] = 1,0 m

P = materiaalin kuivatiheys valmiissa rakenteessa [t/m<sup>3</sup>] = keskimäärin 1,9 t/m<sup>3</sup>

L/S = veden ja materiaalin välien suhde [m<sup>3</sup>/t] = 10 m<sup>3</sup>/t

l = rakenteesta suotautuva vesimäärä vuodessa [mm/a] = 30 mm/a

Olettamalla asfaltoitujen kenttärakenteiden läpi kulkeutuvan veden määrän olevan 30 mm/a (5 % vuosisadannasta) ja jätemateriaaleista rakennettavan rakenteen paksuuden olevan 1,0 m, aika L/S=10 suhteen saavuttamiseksi valmiissa kenttärakenteessa on:

$$t = 0 + (1000 \cdot 10 \cdot 1,9 \text{ t/m}^3 \cdot 1,0 \text{ m}) / 30 \text{ mm/a} = 633 \text{ vuotta}$$

Kun oletetaan L/S-10 -suhteella saavutettavan kloridimäärän liukenevan materiaalista 633 vuoden ajan, rakenteesta maksimissaan vuosittain liukeneva kloridimäärä on:

$$7500 \text{ mg/kg} / 633 \text{ a} = 12 \text{ mg/kg/a}$$

Kuonan maksimihyödyntämismäärä kohteessa on:

$$10 \text{ 500 m}^3 \cdot 1,9 \text{ t/m}^3 = 19 \text{ 950 t} = 19 \text{ 950 000 kg,}$$

jolloin suurimmalla haetulla kuonan kloridipitoisuudella laskettuna vuosittainen pitoisuuslisäys: 19 950 000 kg · 12 mg/kg/a = 236 251 000 mg/a = 236 kg/a

#### **4.3 Pitoisuuden nousu kentän salaojavesien purkupisteessä ja tarkastelu laskuojan laskentapisteessä**

Kloridia liukenee kuonarakenteen läpi suotautuvaan veteen. Veden suotautuminen päällystetyn rakenteen läpi on todennäköisesti hyvin vähäistä ja kohdassa 2.1 tarkastellun vesitaseen mukaan vuotuisella tarkastelulla suotautumista ei tapahdu lainkaan. Jotta suotautumista tapahtuu, on olosuhteiden oltava tavanomaista kosteammat, mikä voi olla toistuvien rankkasateiden seurausta.

Kohtien 4.1 ja 4.2 kuormituslaskennan perusteella voidaan laskea teoreettinen pitoisuuden nousu kuonan hyödyntämisalueen alapuolisessa vesistöissä, kun oletetaan kloridin sekoittuvan alueen valumavesiin ja kulkeutuvan alueen valumavesien mukana.

Rakennettavan vastaanottoalueen kokonaispinta-ala on 1,72 ha. Asfaltoidun kenttäosuuden pinta-ala on 1,39 ha ja kuonalla rakennettavan alueen pinta-ala 1,05 ha.

Arvioitu kentän hulevesien muodostuminen koko kentän alueelta ja johdettuna ympärysojaan:

$$17\,200\text{ m}^2 \cdot 600\text{ mm/a} = 10\,320\text{ m}^3/\text{a}$$

Kentän alueelta muodostuvan huleveden teoreettinen keskimääräinen kloridipitoisuus kohdassa 4.1 esitetyn kuormituslaskennan mukaisesti:

$$1\,531\,996\,590\text{ mg/a} / 10\,320\,000\text{ l/a} = 148,4\text{ mg/l}$$

Kentän alueelta muodostuvan huleveden teoreettinen keskimääräinen kloridipitoisuus kohdassa 4.2 esitetyn kuormituslaskennan mukaisesti:

$$236\,250\,000\text{ mg/a} / 10\,320\,000\text{ l/a} = 22,89\text{ mg/l}$$

Maasto laskee Nummen alueella lännestä itään. Hyödyntämisalueen yläpuolisen purkuojan virtaussuunta on kohti itää Reinikantien suuntaisesti. Ojan yläpuolinen valuma-alue (Liite 1, karttakuva) on Riihimäen peltoaukean kohdalla karttatarkastelun mukaan n. 929 100 m<sup>2</sup>. Valuma-alueelta tuleva pintavalunta on n. 334 480 m<sup>3</sup>/a, kun vuosisadanta on noin 600 mm, haihdunnan oletetaan olevan keskimäärin noin 40 % ja lopun sadannasta oletetaan muodostuvan pintavalunnaksi.

Riihimäen peltoaukealla sijaitsevan tarkastelupisteen valuma-alueelta muodostuvaan vesimäärään (334 480 m<sup>3</sup>/a) aiheutuu kenttärakenteesta teoreettinen keskimääräinen kloridin pitoisuuslisäys kohdan 4.1 kuormituslaskennan perusteella:

$$10\,320\,000\text{ l} / 334\,480\,000\text{ l} \cdot 148,4\text{ mg/l} = 4,58\text{ mg/l}$$

ja kohdan 4.2 kuormituslaskennan perusteella:

$$10\,320\,000\text{ l} / 334\,480\,000\text{ l} \cdot 22,89\text{ mg/l} = 0,71\text{ mg/l}$$

#### 4.4 Viitearvovertailu

Kloridin osalta viitearvona käytetään sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa STM 1352/2015 sille talousvedessä määritettyä viitearvoa, koska ekologisia viitearvoja ei ole saatavissa esim. ECHA-rekisterissä eikä sille ole määritetty ympäristölaatumnormia.

Suurin teoreettinen keskipitoisuuslisäys kentän hulevesien purkupaikalla	Suurin teoreettinen keskipitoisuuslisäys laskuojassa (Riihimäki)	STM 1352/2015 talousveden raja-arvo
148,45 mg/l *	4,58 mg/l *	250 mg/l
22,89 mg/l **	0,71 mg/l **	

\* tasapainotilaan perustuva laskentamenetelmä

\*\* taskalaiseen suotautumismalliin perustuva laskentamenetelmä



## 5. YHTEENVETO

Ympäristöön aiheutuva kloridikuormitus on laskelmien mukaan vähäinen, eikä valuma-alueelle aiheudu merkittävää pitoisuudennousua. Rakennuskohteen välittömässä läheisyydessä ei ole asutusta, eikä muita häiriintyviä kohteita. Rakentamisen aikana saatetaan todeta hetkellisesti korkeampia haitallisten aineiden pitoisuuksia, ennen kuin kenttärakenne on päällystetty, riippuen sääolosuhteista. Liukenemista rakentamisaikana voidaan vähentää huolellisella rakentamisella.

Kuonalla rakennettavilta alueilta aiheutuvan kuormituksen ei katsota olevan merkittävä riski ympäristölle, koska päällystetty kenttärakenne pidättää vettä, suotautuminen on todellisuudessa hyvin vähäistä ja haitallisia aineita sisältävän huokosveden suotautuminen ja kulkeutuminen vesistöön tapahtuu hitaasti.

Aluetaito Oy

Paula Lehtiniemi

Yhteystiedot

Asemakatu 1

62100 Lapua

[www.aluetaito.fi](http://www.aluetaito.fi)

Lähteet:

Ilmatieteenlaitos

Söderholm (2020) Jätteenpolton pohjakuona tierakenteessa

Sheppard et al. (2009) Solid/liquid partition coefficients (Kd) for selected soils and sediments at Forsmark and Laxemar-Simpevarp

Suomen Erityisjäte Oy (2018) Jätteenpolton pohjakuona. Ohje materiaalin hyödyntämiseen maarakentamisessa

Ympäristöministeriö (2007) Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007

Wahlström et al. (2009) Maarakentamisessa käytettävien teollisuuden sivutuotteiden riskinarviointi. VTT