

PORRASSALMEN POHJAVESIALUEEN suojelusuunnitelma 2023



MIKKELIN SEUDUN
YMPÄRISTÖPALVELUT



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

Sisällysluettelo

1. JOHDANTO 4

2. PORRASSALMEN POHJAVESIALUEEN PERUSTIEDOT	6
2.1 Porrassalmen pohjavesialueen rajat	7
2.2 Pohjavesialueen geologia ja hydrogeologia	7
2.4 Ilmastonmuutoksen vaikutukset Pikku-Surnun viipymiin	10
2.5 Kaavoitustilanne Porrassalmen pohjavesialueella	12
2.6 Maankäyttö Porrassalmen pohjavesialueella ja Pikku-Surnun valuma-alueella	12
2.7 Pikku-Surnuun tuleva fosforikuormitus	15

3. HIETALAHDEN VEDENOTTAMO	17
3.1 Vedenottamon historia	18
3.2 Vedenottolupa ja pumppausmäärät	18
3.3 Vedenottamon toimintaperiaate	19
3.4 Vedenottamon suoja-alue	19

4. VEDEN LAADUNSEURANTA	21
4.1 Talousveden laadunseuranta	22
4.2 Pohjaveden laadunseuranta	22
4.3 Pintaveden laadunseuranta	22

5. RANTAIMEYTYVÄN VEDEN LAATU	23
5.1 Vesienhoitosuunnitelmat	24
5.2 Pikku-Surnun ja Iso-Surnun veden laatu	24
5.3 Pikku-Surnun veden laadun kehitys	26
5.4 Pikku-Surnun vesi raakavetenä	27

6. PORRASSALMEN POHJAVEDEN LAATU	34
6.1 Vesienhoitosuunnitelma	35
6.3 Raakaveden laatu suhteessa talousvesiasetukseen	36
6.4 Verkostoveden laatu suhteessa laatuvaatimukseen	37

7. HAAVOITTUVUUSANALYYSIT JA RISKIANALYYSI	38
7.1 DRASTIC -haavoittuvuusanalyysi	39
7.2 Pikku-Surnun ja Iso-Surnun valuma-alueiden haavoittuvuusanalyysi	40
7.3 Riskianalyysin periaatteet	42

8. ONNETTOMUUSRISKIT	46
8.1 Vaarallisten aineiden kuljetukset Porrassalmentiellä ja VT13:lla	47
8.2 MATTI -kohteet	50

9. YMPÄRISTÖÖN JOHDETTAVAT KEMIKAALIT JA NIISTÄ AIHEUTUVAT RISKIT	53
9.1 Liukkauden torjunta ja pölynsidonta valtion teillä	54
9.2 Liukkaudentorjunta ja pölynsidonta kaupungin kaduilla	56
9.3 Annilan golfkenttä	57
9.4 Maatalous	60
10. INFRARAKENTEIDEN RISKIT	64
10.1 Muuntamot	65
10.2 Kaukolämpö	66
10.3 Jätevesiviemärit	67
10.4 Jätevesipumppaamot	68
10.5 Öljysäiliöt	69
11. MAANKÄYTÖSTÄ AIHEUTUVAT RISKIT	71
11.1 Metsätalous	72
12. ILMASTONMUUTOKSEN AIHEUTTAMAT RISKIT	74
12.1 Iso-Surnun ja Pikku-Surnun rehevöityminen	75
12.2. Muodostuvan pohjaveden määrän väheneminen	76
13. RISKIMATRIISIN TULOKSET	78
14. YHTEENVETO	80
LÄHTEET	82

LIITTEET

- Liite 1. Maaperä- ja kallioperäkartat
- Liite 2. Pikku-Surnun vedenlaatuhavainnot 2004–2022
- Liite 3. Iso-Surnun vedenlaatuhavainnot 2004–2022
- Liite 4. Hietalahden vedenottamon raakavesikaivojen vedenlaatuhavainnot 1992–2021
- Liite 5. Talousveden laatu 2022
- Liite 6. Surnunlampiin laskevien ojien ravinnepitoisuudet
- Liite 7. Suojelusuunnitelman toimenpidesuosituks



01

JOHDANTO

1. Johdanto

Porrassalmen pohjavesialue on yksi kolmesta Mikkelin kantakaupungin talousvesilähteestä tuottaen noin 5–6 prosenttia Mikkelin kaupungin talousveden tarpeesta. Tämän suojelusuunnitelman tavoitteena on varmistaa hyvälaatuisen pohjaveden saanti myös tulevaisuudessa.

Tämä suojelusuunnitelma sisältää pohjavesialuetta uhkaavat riskit sekä riskien minimoimiseksi ja ehkäisemiseksi laaditut toimenpidesuosituksot. Merkittävimpinä uhkina Porrassalmen pohjavedelle ja vedenotolle voidaan pitää pohjavesialueella tai Pikku-Surnun valuma-alueella tapahtuvia kemikaalionnettomuuksia tai Pikku-Surnusta rantameytyvän veden laadun heikentymistä. Aikaisemmista suojelusuunnitelmista poiketen, tässä suojelusuunnitelmassa on pyritty huomioimaan kattavammin Porrassalmen pohjavesialueelle kohdistuvat pintavesivälitteiset riskit.

Porrassalmen pohjavesialueeseen kohdistuvien kemikaalionnettomuusriskien vakavuuden arviointia varten Mikkelin seudun ympäristöpalvelut on teettänyt Suomen ympäristökeskuksella (SYKE) onnettomuustilannemallin Ukonveden lähivaluma-alueelle. Mallinnustyö toteutettiin Suomen ympäristökeskuksen WSFS-VE-MALA -nimisellä hydrologisella mallilla (jäljempänä VEMALA). VEMALA:n onnettomuuksien simultointityökalua on hyödynnetty aiemmin myös mm. Mäntyharjussa vuonna 2018 tapahtuneen Kinnin kemikaalionnettomuuden vaikutusten arvioinnissa. Porrassalmen pohjavesisuunnitelmaa varten mallilla simulointiin mahdollisia onnettomuustilanteita Pikku-Surnun valuma-alueella ja niiden vaikutuksia Pikku-Surnun rantameytyvän veden laatuun. Mallinnustulosten perusteella on annettu suosituksia onnettomuusriskien minimoimiseksi kappaleessa 8.1.

VEMALA-ohjelmaa käytettiin myös mallintamaan ilmastomuutoksen vaikutuksia Pikku-Surnun veden viipymiin sekä kuormituksen kasvuun. VEMALA-ohjelma laskee päivittäin koko Suomen vesien virtaamat sekä virtaamien mukana kulkeutuvan typpi-, fosfori- ja kiintoainekuormituksen. VEMALA:n avulla on myös mahdollista arvioida ilmastomuutoksen vaikutuksia vesien virtaamiin, viipymiin sekä vesistöjen kiintoaine- ja ravinnekuormiin.

Porrassalmen pohjavesialueelle on laadittu suojelusuunnitelmat aikaisemmin vuosina 1996, 1999 ja 2010. Nyt päivitetty suojelusuunnitelma on toteutettu Mikkelin kaupungin hankkeena, jota on rahoittanut Etelä-Savon ELY-keskus. Suojelusuunnitelma on toteutettu yhteistyössä Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden, Etelä-Savon ELY-keskuksen, Pohjois-Savon ELY-keskuksen, Suomen ympäristökeskuksen, Geologian tutkimuskeskuksen, Mikkelin kaupungin, Mikkelin Vesilaitoksen, Etelä-Savon pelastuslaitoksen sekä Etelä-Savon Energian kanssa. Tähän työhön on haastateltu myös lukuisia eri alojen asiantuntijoita.

Suojelusuunnitelman laadinnan aloittamisesta kuu- lutettiin Länsi-Savossa 25.11.2021 ja kaupungin nettisivuilla 18.11.2021 alkaen. Suojelusuunnitelman laadinnan aikana järjestettiin myös sidosryhmille seuraavat työpajat: Kick off työpaja 1.12.2021, valuma-alue- ja haavoittuvuusanalyysityöpaja 12.4.2022, mallinnustulosten ja vedenlaatuhavaintojen esittelytyöpaja 25.8.2022, vesilaitosexcursio 31.8.2022 sekä Porrassalmen pohjavesialueen riskien arvioimistyöpaja 28.2.2023. Riskinarviointityöpajassa esiteltiin työssä esiin nousseet riskitekijät ja niiden sijainnit haavoittuvuusanalyysikartoille. Työpajoissa pyrittiin yhteistyöllä määrittämään haitallisten tapahtumien todennäköisyyksien ja pohjavesihaittojen suuruuksien perusteella riskiluokat erilaisille riskitekijöille. Kaikkien työpajojen tuloksia on hyödynnetty suojelusuunnitelman laadinnassa.

Suojelusuunnitelma käsitellään Mikkelin seudun ympäristölautakunnassa ja Mikkelin kaupunginhallituksessa sekä Mikkelin kaupunginvaltuustossa. Haluan esittää kiitokset kaikille heille, jotka ovat osallistuneet suojelusuunnitelman laadintaan ja tietojen keräämiseen sekä antaneet haastatteluja. Erityiskiitokset työpanokseen kuuluvat Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden ympäristöpäällikkö Hanna Pasoselle sekä ympäristösuunnittelija Heikki Tanskaselle.

**Suojelusuunnitelman on laatinut
projektipäällikkö, DI Juha Rautio
Mikkelin seudun ympäristöpalveluista.**

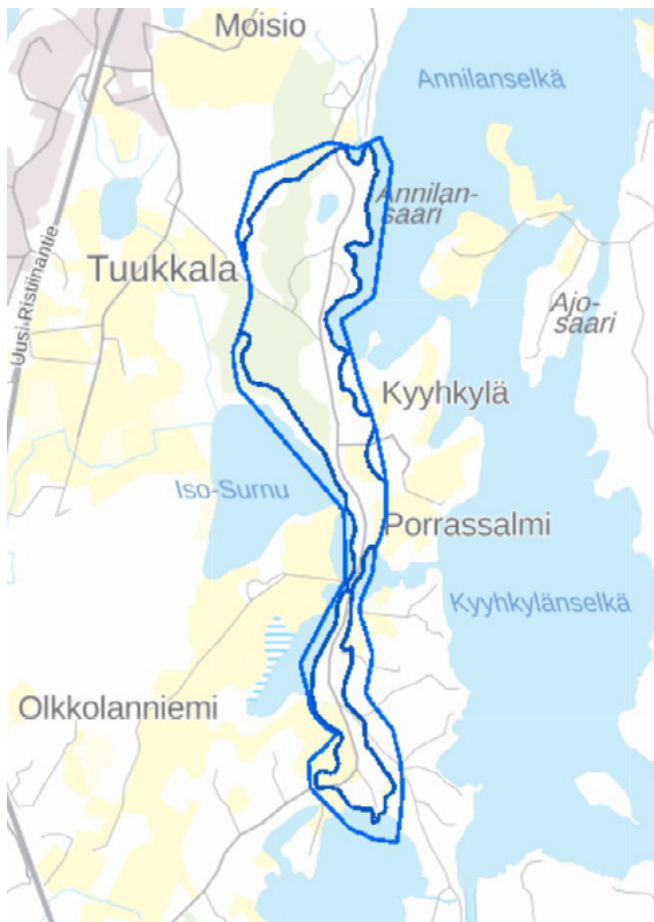


02

PORRASSALMEN
POHJAVESIALUEEN
PERUSTIEDOT

2.1 Porrassalmen pohjavesialueen rajat

Porrassalmen pohjavesialue (0649201) on 1-luokan pohjavesialue ja se sijaitsee noin viiden kilometrin päässä Mikkelin keskustasta. Porrassalmen pohjavesialue rajautuu osittain Saimaan selkiin (Annilanselkä, Kyyhkylänselkä ja Ukonvedenselkä) sekä Iso-Surnuun ja Pikku-Surnuun (ks. kuva 1). Porrassalmen pohjavesialueen kokonaispinta-ala on 1,23 km² ja muodostumisalueen pinta-ala on 0,93 km². Pohjavesialueen raja vastaa luokitus- ja rajausohjetta, jonka mukaan vesialueeseen rajoittuvan pohjavesialueen ulkoraja ulotetaan riittävän kauas vesistöön noin 50–200 metrin päähän rannasta. (SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022.)



Kuva 1. Porrassalmen pohjavesialue. Ulompi raja on pohjavesialueen raja ja sisempi muodostumisalueen raja. Rajat menevät osittain päällekkäin. (SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022.)

2.2 Pohjavesialueen geologia ja hydrogeologia

Porrassalmen pohjavesialueen kapea harjuselänne painuu monin paikoin sitä ympäröivien vesistöjen vedenpinnan alle. Porrassalmen pohjavesialue purkaa vettä ympäröiviin vesistöihin ja siihen tapahtuu myös rantaimetyymistä. Hietalahden vedenottamon vesi muodostuu suurelta osin rantaimetyymällä Pikku-Surnusta.

Porrassalmen pohjavesialue on osa Mikkelin keskustan läpi kulkevaa harjuhaksoa, jolla sijaitsee myös Hanhikankaan ja Pursialan pohjavesialueet. Pikku-Surnun eteläosan alueelta harjuselänne kääntyy kaakkoon kohti Ukonveden selkää, jonne harju painuu Hietalahden kohdalla. Pursialan ja Porrassalmen pohjavesialueiden välillä kalliopinta muodostaa ylängön, joka erottaa pohjavesialueet toisistaan. Ylänköalueen kallioperän jyrkästä ja pienipiirteisestä topografiasta johtuen on mahdollista, että ainakin osa Moision ylänköalueelle sijoittuneen keskeisen harjunosan pohjavesistä voi virrata Annilanselän luoteispuolisilta Moision alueilta Porrassalmen pohjavesialueen suuntaan. Etelässä Porrassalmen pohjavesialueen rajaa Pikku-Surnun ja Ukonveden välillä kohoavan kallion ja/tai moreenin muodostama kynnyks. (Hyvönen, 2017.)

Kalliopinta on järven rantaan sijoittuvan harjun osalla yleisesti tasolla noin 60 m mpy. Pellosniemen pohjoispään itäpuolisilla ja Iso-Surnun itäpuolisilla harjualueilla kalliopinta kohoaa tasolle noin 70 m mpy. Pikku-Surnun ja Ukonveden välisellä alueella kalliopinta vaihtelee tasolla noin 75 m mpy–80 m mpy ja on paikoin noin 85 m mpy. (Hyvönen, 2017.)

Paksuimpien, noin 25–30 metrin paksuisten ja hyvin vettä johtavien lajittuneiden maakerrosten alueet sijoittuvat kapean harjuytimen alueelle. Kokonaismaakerrospaksuus Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsevalla harjunosalla on keskimäärin vajaa 20 metriä. Pikku-Surnun ja Ukonveden välille sijoittuva luode-kaakkoissuuntaisen harjunosan kokonaismaakerrospaksuus on kuitenkin vajaa 10 metriä ja mahdollisesti lajittunut maa-aines on Porrassalmen alueen muuta harjua hienojakoisempaa. Pohjavedenpinnan



yläpuolisen lajittuneen maakerroksen paksuus vaihtelee kymmenen metrin molemmin puolin. (Hyvönen, 2017.)

Pohjavedellä kyllästyneen maakerroksen paksuus vaihtelee seuraavasti:

- Annilanselän länsilaidan harjunpuoleisella alueella sekä Tonttulan alueella se on noin 15 m
- Reuhkalammen alueella sekä sen eteläpuoleisilla harjualueilla se on noin 10 metriä
- Surmansalmen uimarannan länsipuolen harjuselänneessä se on noin 15–17 metriä
- Golfkentän kaakkoispuolella, alueella, jossa on soistunut vanha sorakuoppa, se voi olla paikallisesti yli 20 m
- Porrassalmen kuntoutussairaalan ja Pelloksiemen välisellä harjunosalla se on noin 6–8 metriä
- Lomakartanon pohjoispuolella, kapean Porrassalmen harjun osalla se on noin 15 metriä
- Hietalahden pohjavedenottamon suuntaan edetessä paksuus ohenee ollen noin 7 metriä, sekä
- Pikku-Surnun ja Ukonveden välisellä harjualueella voi olla osa-alueita, joissa ei esiinny pohjavettä ympärivuotisesti. Tämä vaatisi alueen tarkempaa tutkimusta kairaamalla. (Hyvönen, 2017.)

Porrassalmen pohjavesialueen kapea harjuselänne rajautuu monin paikoin Saimaaseen harjun reunaosien painuessa Saimaan vedenpinnan alle. Porrassalmen pohjavesialueen pohjavedenpinnan taso noudattelee pitkälti Saimaan vedenpinnankorkeuden tasoa. (Hyvönen, 2017.)

Arvio Porrassalmen pohjavesialueella sadannan kautta muodostuvan pohjaveden määrästä on 500 m³/d. Arvio koskee koko pohjavedenmuodostumisaluetta ja se on laskettu vuotuisen sadannan (650 mm), muodostumisalueen pinta-alan (0,93 km²) ja keskimääräisen imeytymiskertoimen (0,4) perusteella. Pohjavesialueen akviferityyppi on antikliinen eli purkava harju, jossa tapahtuu rantaimetyymistä. (SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022.)

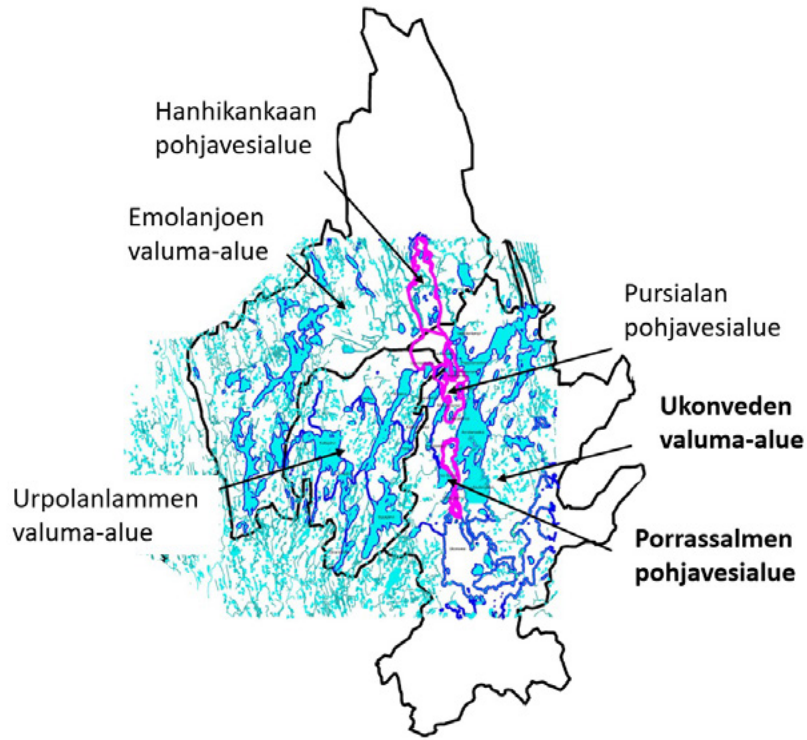
Geologian tutkimuskeskus (jäljempänä GTK) on laatinut vuonna 2017 Porrassalmen pohjavesialueesta rakenne- ja virtausmallinnuksen. Mallinnuksen mukaan vesi päätyy vedenottamolle noin 3,5 ha alueelta. Ottamon välitön vaikutuspiiri yltää lännessä Pikku-Surnun rantaan saakka, jossa simulaatioiden mukaan tapahtuisi voimakasta rantaimetyymistä. Pohjoisen suuntaan ottamon vaikutusalue ulottuu noin 300 metrin etäisyydelle Lomakartanon eteläpuoliselle kapealle harjualueelle saakka. Tällä kyseisellä alueella on maaperäkartan mukaan moreeniselänne, joka voi jatkuessaan länteen harjun lajittuneiden maakerrosten alle muodostaa paikallisen pohjaveden virtausta rajoittavan kynnyksen. Porrassalmen pohjavesialueen kapea harju jakautuu todennäköisesti hydrologisesti useampiin osa-alueisiin. GTK:N mallinnuksen mukaan Annilanselän, Tonttulan ja Surmansalmen välisellä harjujaksolla pohjavesien virtaus suuntautuu kohden Saimaata ja Kyyhkylän eteläpuolelta harjun pohjavedet purkautuvat Iso-Surnu -lampeen ja pohjoispuolelta kohden Surmansalmea. (Hyvönen, 2017.) Liitteessä 1 on esitetty Porrassalmen pohjavesialueen kallioperä-, maaperä- ja pohjavedenpinnankorkeuskartat.

2.3 Pintaveden virtaus Pikku-Surnun rantaimetyymisalueille

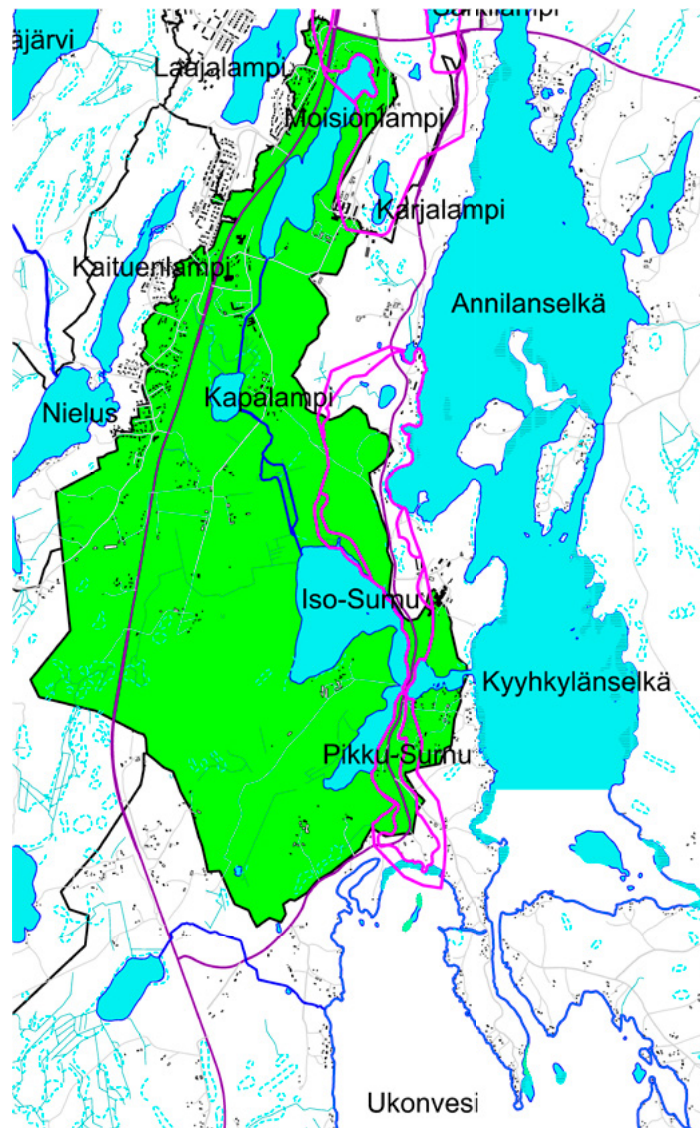
Noin 75 % Pikku-Surnun vedestä on Iso-Surnusta ja Kapalammesta ja Moisionlammesta peräisin.

Porrassalmen pohjavesialue sijaitsee kokonaisuudessaan Ukonveden valuma-alueen sisällä (ks. kuva 2) ja on Saimaan selkien ja Surnunlampien ympäröimä. Pikku-Surnun rantaimetyymisalueille päätyvä vesi tulee pääosin Iso-Surnusta ja sen valuma-alueilta (Kapalamelta ja Moisionlammelta) (ks. kuva 3). Pikku-Surnun keskivirtaamasta noin 75 % on VEMALA:n mukaan peräisin Iso-Surnusta. Loput vedestä on Pikku-Surnun omalta pieneltä lähivaluma-alueeltaan. Pikku-Surnusta vedet virtaavat Saimaan Kyyhkylänselälle. (SYKE WSFS-VEMALA, 2023.) Ukonveden valuma-alueella sijaitseville Saimaan selille (Pappilän-, Annilan-, Kyyhkylän- ja Ukonveden selät) virtaavat myös mm. Emolanjoen ja Urpolanlammen valuma-alueen vedet.

Kuva 2. Pohjavesi-
alueiden sijainti eri
valuma-alueilla (SYKE
WSFS-DEMALA, 2023).



Kuva 3. Pikku-Surnun
valuma-alue vihreällä.
Porrassalmen pohjavesi-
alueen raja violetilla.
Valuma-alueeseen on
nyt otettu mukaan myös
Pikku-Surnun ja Kyyhkylänselän
välinen salmi,
jonka vesi voi päätyä
takaisinvirtauksen
vuoksi Pikku-Surnuun.
On myös mahdollista,
että salmesta tapahtuu
rantaimetymistä.



Pikku-Surnu on pinta-alaltaan VEMALA:n mukaan noin 9,9 ha ja tilavuudeltaan noin 230 000 m³ keskisyvyyden ollessa 2,3 metriä ja vedenlaatuhavaintopisteen maksimisyvyyden 7,0 m. Iso-Surnu on VEMALA:n mukaan pinta-alaltaan noin 37,3 ha ja tilavuudeltaan noin 850 000 m³ keskisyvyyden ollessa 2,3 metriä ja havaitun maksimisyvyyden 6,8 m. (SYKE WSFS-VEMALA, 2023.)

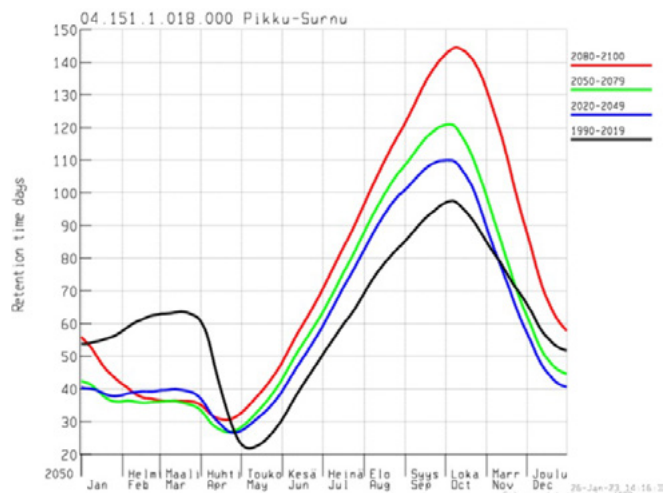
Iso-Surnun keskimääräinen viipymä on VEMALA:n mukaan noin 272 päivää ja lähtövirtaama on keskimäärin noin 0,036 m³/s (36 l/s). Pikku-Surnun keskimääräinen viipymä on VEMALA:n mukaan noin 55 päivää ja lähtövirtaama on keskimäärin noin 0,048 m³/s (48 l/s). (SYKE WSFS-VEMALA, 2023.) Pikku-Surnun pohjoispäässä tapahtuvan oikovirtauksen voimakkuutta Iso-Surnun ja Kyyhkylänselän välillä ei tunneta kunnolla. VEMALA-mallinnus ei huomioi oikovirtausta, vaan Iso-Surnun vesi sekoittuu mallinnuksessa Pikku-Surnun veteen ennen virtausta pois Pikku-Surnusta. Myöskään mahdollista Kyyhkylänselän takaisinvirtausta Pikku-Surnuun ja Iso-Surnuun ei tunneta kunnolla, eikä sitä ole huomioitu VEMALA:n virtaama- ja kuormitusmallissa. Voi myös olla, että takaisinvirtausta ei esiinny nykyisillä ottomäärillä, mutta vedenoton kasvaessa esiintyy.

2.4 Ilmastomuutoksen vaikutukset Pikku-Surnun viipymiin

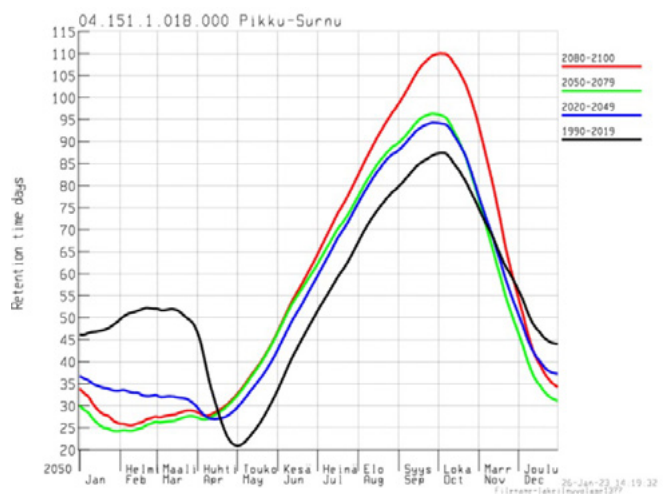
Merkittävä muutos Pikku-Surnun viipymissä näyttäisi tapahtuvan jo pienimmillään päästöskenaarioilla vuosisadan loppuun mentäessä. Selkeitä muutoksia viipymään on luvassa jo vuoteen 2050 mennessä.

Ilmastomuutoksen vaikutusta Pikku-Surnun veden viipymiin tutkittiin alueellisen SMHI RCA4 ilmastomallin ja kahden eri globaalin ilmastomallin MOHC-HadGEM2-ES (ks. kuvat 4–6) ja MPI-M-MPI-ESM-LR (ks. kuvat 7–9) yhdistelmällä sekä päästöskenaarioilla RCP 2,6 ja RCP 4,5 ja RCP8,5. VEMALA:n ilmastomuutoskenaarioiden mukaan ilmastomuutos pidentää merkittävästi Pikku-Surnun keskimääräistä viipymää kesän alivirtaamakaudesta ja lyhentää sitä vastaavasti talviaikaan. Merkittävä muutos viipymissä näyttäisi tapahtuvan

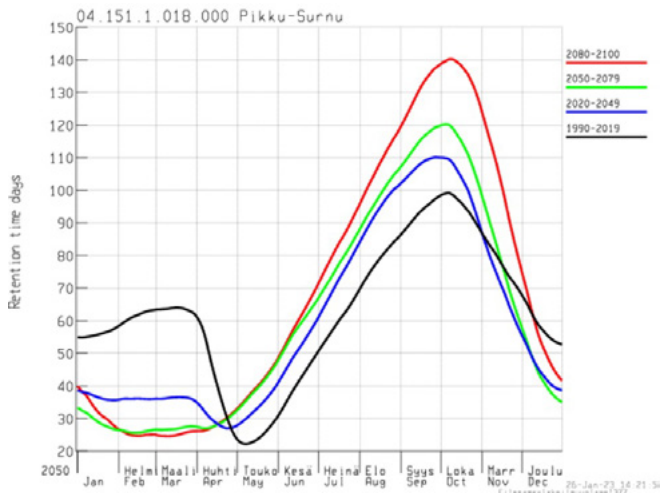
jo pienimmillään päästöskenaarioilla vuosisadan loppuun mentäessä ja muutoksia on nähtävissä jo vuoteen 2050 mennessä.



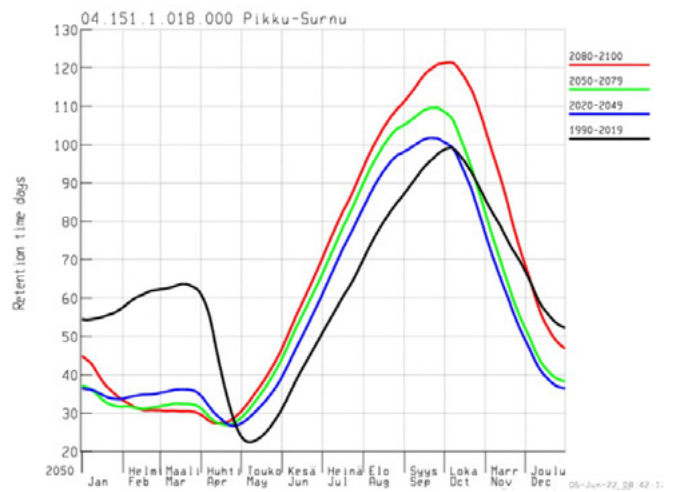
Kuva 4. Pikku-Surnun veden viipymä ilmastomalleilla SMHI RCA4 ja MOHC-HadGEM2-ES ja päästöskenaariolla RCP2,5 ennustettuna (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).



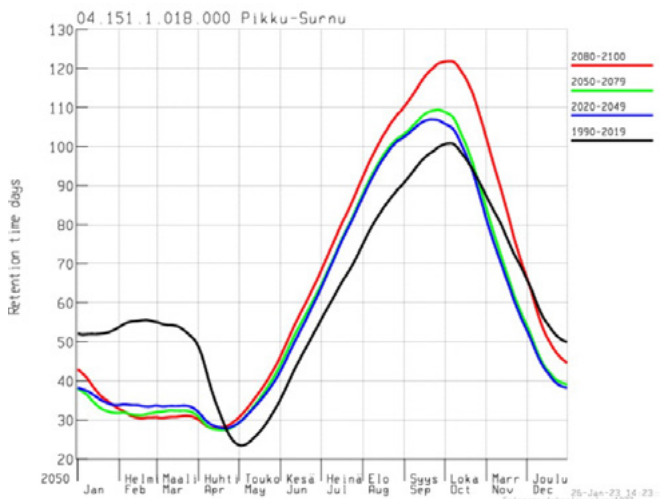
Kuva 5. Pikku-Surnun veden viipymä ilmastomalleilla SMHI RCA4 ja MOHC-HadGEM2-ES ja päästöskenaariolla RCP4,5 ennustettuna (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).



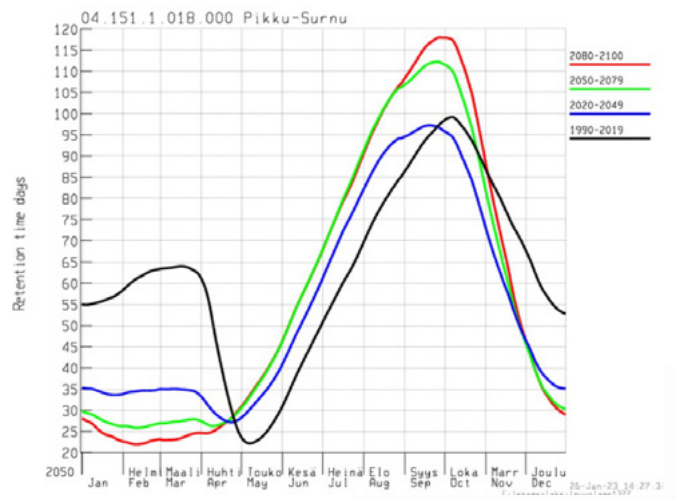
Kuva 6. Pikku-Surnun veden viipymä ilmastomalleilla SMHI RCA4 ja MOHC-HadGEM2-ES ja päästöskenaariolla RCP8,5 ennustettuna (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).



Kuva 8. Pikku-Surnun veden viipymä ilmastomalleilla SMHI RCA4 ja MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaariolla RCP4,5 ennustettuna (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).



Kuva 7. Pikku-Surnun veden viipymä ilmastomalleilla SMHI RCA4 ja MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaariolla RCP2,5 ennustettuna (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).



Kuva 9. Pikku-Surnun veden viipymä ilmastomalleilla SMHI RCA4 ja MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaariolla RCP8,5 ennustettuna (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).

2.5 Kaavoitustilanne Porrassalmen pohjavesialueella

Porrassalmen pohjavesialueella on voimassa oleva osayleiskaava (Moisio-Kyyhkylä -kaava, kaavatunnus 7040, hyväksytty 1.9.2014, kantakaupungin osayleiskaava 2040, kaavatunnus 7057, hyväksytty 2019 ja Saimaan rantaosayleiskaava, kaavatunnus 7009, hyväksytty 30.10.2000). Moisio-Kyyhkylän ensimmäinen asemaakava (kaavatunnus 1000) ja Annilanrannan asemakaava (kaavatunnus 0973) ovat parhaillaan tekeillä. (Räinä, 2023.)

2.6 Maankäyttö Porrassalmen pohjavesialueella ja Pikku-Surnun valuma-alueella

Pikku-Surnun valuma-alue on hyvin peltovoittoista.

Taulukossa 1 ja kuvassa 10 on esitetty Corine -maankäyttöluokat Porrassalmen pohjavesialueella. Porrassalmen pohjavesialue on kooltaan noin 1,23 km². Corine -rajauksen epätarkkuudesta johtuen Corine -tiedoissa pohjavesialue on hieman suurempi, noin 1,4 km². Suurin maankäyttöluokka pohjavesialueella on rakennetut alueet (43,2 %), joista suurimman osan muodostavat golf-

Taulukko 1. Corine -maankäyttöluokat Porrassalmen pohjavesialueella (Kotanen, 2021).

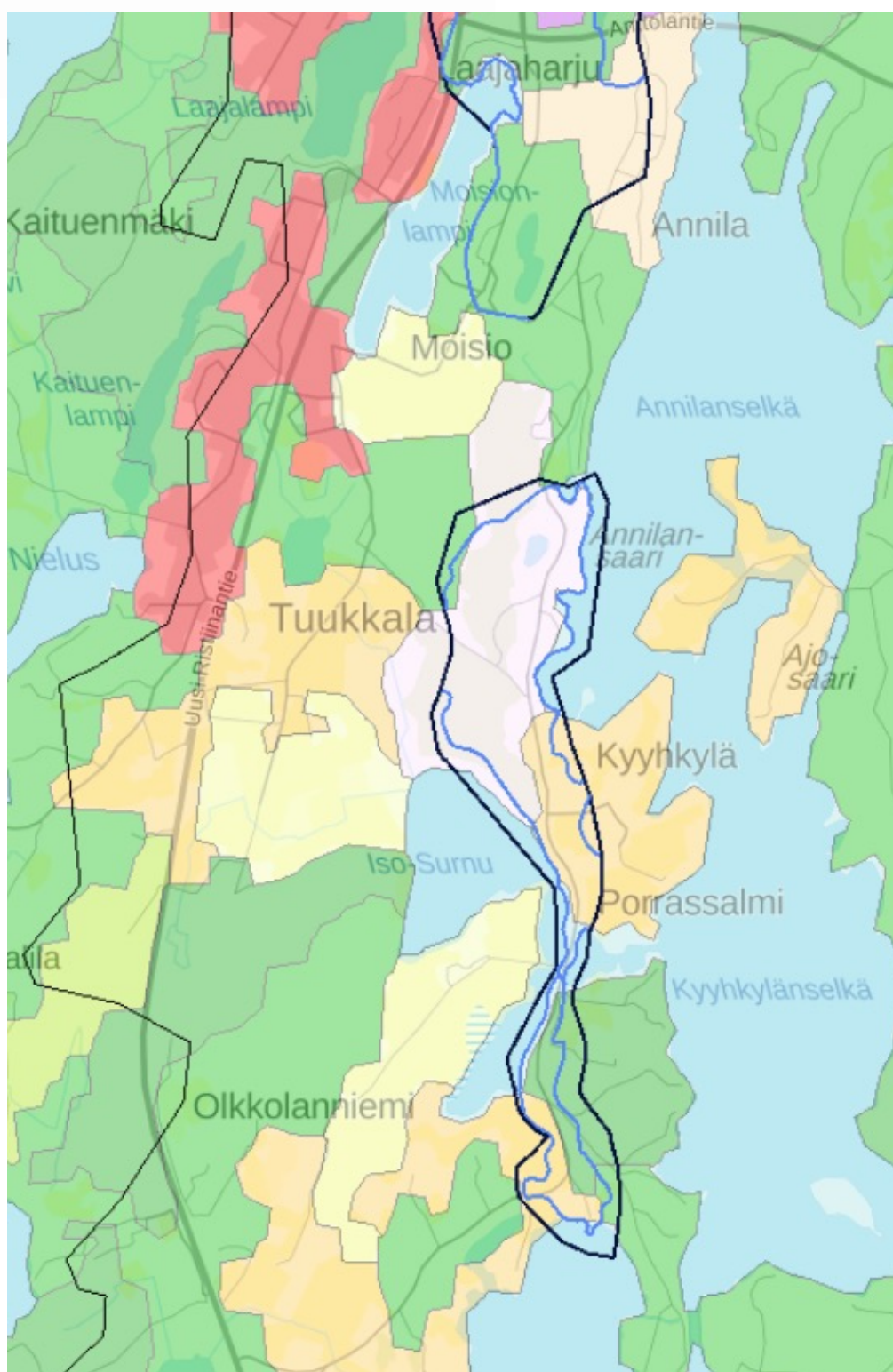
Corine maankäyttöluokat Porrassalmen pohjavesialueella		
Maankäyttömuoto	Ala km ²	%
1 Rakennetut alueet yhteensä	0,6	43,2
1121 Pientaloalueet	0,0576	4,1
1211 Palveluiden alueet	0,0112	0,8
1212 Teollisuuden alueet	0,0100	0,7
1221 Liikennealueet	0,0840	6,0
1421 Vapaa-ajan asunnot	0,0128	0,9
1422 Muut urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	0,0068	0,5
1423 Golfkentät	0,4264	30,3
2 Maatalousalueet yhteensä	0,1	8,5
2111 Pellot	0,1060	7,5
Maataloustukijärjestelmän ulkopuoliset maatalousmaat	0,0008	0,1
2441 Puustoiset pelto- ja laidunmaat	0,0124	0,9
3 Metsät sekä avoimet kankaat ja kallio yhteensä	0,4	29,5
3111 Lehtimetsät kivennäismaalla	0,0232	1,6
3121 Havumetsät kivennäismaalla	0,2240	15,9
3122 Havumetsät turvemaalla	0,0032	0,2
3123 Havumetsät kalliomaalla	0,0020	0,1
3131 Sekametsät kivennäismaalla	0,1200	8,5
3132 Sekametsät turvemaalla	0,0048	0,3
3133 Sekametsät kalliomaalla	0,0004	0,0
3241 Harvapuustoiset alueet , cc <10%	0,0020	0,1
3242 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kivennäismaalla	0,0256	1,8
3243 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, turvemaalla	0,0108	0,8
4 Kosteikot ja avoimet suot yhteensä	0,0900	6,4
Sisämaan kosteikot maalla	0,0104	0,7
4112 Sisämaan kosteikot vedessä	0,0732	5,2
4121 Avosuot	0,0168	1,2
5 Vesialueet yhteensä	0,2	12,4
5121 Järvet	0,1748	12,4
summa	1,4	100

kentät ja liikennealueet. Toiseksi suurin osuus (29,5 %) koostuu metsistä, avoimista kankaista sekä kalliosta ja kolmanneksi suurin osuus (12,4 %) vesialueista. Taulukossa 2 ja kuvassa 10 on esitetty Corine -maankäyttöluokat Pikku-Surnun valuma-alueella. Pikku-Surnun

valuma-alue on kooltaan noin 6,9 km². Suurin osa eli noin 42 % koostuu metsistä, avoimista kankaista sekä kalliosta. Toiseksi suurin osuus (noin 31 %) koostuu maatalousalueista ja kolmanneksi suurin osuus (noin 18,5 %) rakennetuista alueista.

Taulukko 2. Corine -maankäyttöluokat Pikku-Surnun valuma-alueella (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).

Corine maankäyttöluokat Pikku-Surnun valuma-alueella		
Maankäyttömuoto	Ala km2	%
1 Rakennetut alueet yhteensä	1,3	18,5
1111 Kerrostaloalueet	0,02	0,25
1121 Pientaloalueet	0,35	5,06
1211 Palveluiden alueet	0,2	2,88
1212 Teollisuuden alueet	0,01	0,2
1221 Liikennealueet	0,2	2,88
1421 Vapaa-ajan asunnot	0,01	0,16
1422 Muut urheilu- ja vapaa-ajan toiminta-alueet	0,05	0,76
1423 Golfkentät	0,44	6,33
2 Maatalousalueet yhteensä	2,1	30,7
2111 Pellot	1,97	28,64
2221 Hedelmäpuu- ja marjapensasviljelmät	0,04	0,52
2312 Luonnon laidunmaat	0,1	1,39
2441 Puustoiset pelto- ja laidunmaat	0,01	0,16
3 Metsät sekä avoimet kankaat ja kallio yhteensä	2,9	41,8
3111 Lehtimetsät kivennäismaalla	0,23	3,4
3112 Lehtimetsät turvemaalla	0,06	0,81
3121 Havumetsät kivennäismaalla	1,16	16,84
3122 Havumetsät turvemaalla	0,05	0,76
3123 Havumetsät kalliomaalla	0,06	0,8
3131 Sekametsät kivennäismaalla	0,61	8,92
3132 Sekametsät turvemaalla	0,08	1,1
3133 Sekametsät kalliomaalla	0,01	0,16
3241 Harvapuustoiset alueet, cc <10%	0,17	2,44
3242 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, kivennäismaalla	0,42	6,04
3243 Harvapuustoiset alueet, cc 10-30%, turvemaalla	0,04	0,54
4 Kosteikot ja avoimet suot yhteensä	0,2	2,2
4112 Sisämaan kosteikot vedessä	0,07	0,99
4121 Avosuot	0,08	1,21
5 Vesialueet yhteensä	0,5	6,6
5121 Järvet	0,45	6,55
summa	6,9	100



Kuva 10. Corine (Corine land Cover 2018, 25 ha) maankäyttö Pikku-Surnun valuma-alueella ja Porrassalmen pohjavesialueella. Vihreät alueet edustavat metsää (tumma vihreä havumetsää ja vaalenvihreä sekametsää ja kellertävän vihreä harvaa metsää, keltaiset peltoja ja vaalean ruskeat maatalousvaltaista toimintaa, punainen rakennettuja alueita ja vaalea alue virkistys- ja vapaa-ajan toiminta-alueita. Kartan Corine -maankäyttöluokat ovat suurpiirteisempiä kuin taulukon Corine-tiedot. Kuvassa näkyy myös Porrassalmen pohjavesialueen raja ja Ukonveden valuma-alueen vasemman puoleinen raja. (Maanmittauslaitos, paikkatietoikkuna, 2023.)

2.7 Pikku-Surnuun tuleva fosforikuormitus

Noin 74 % Pikku-Surnun fosforikuormituksesta on peräisin peltoviljelystä. Ilmastonmuutos voi kasvattaa Pikku-Surnuun tulevaa fosforikuormaa jopa noin 70 % vuoteen 2050 mennessä.

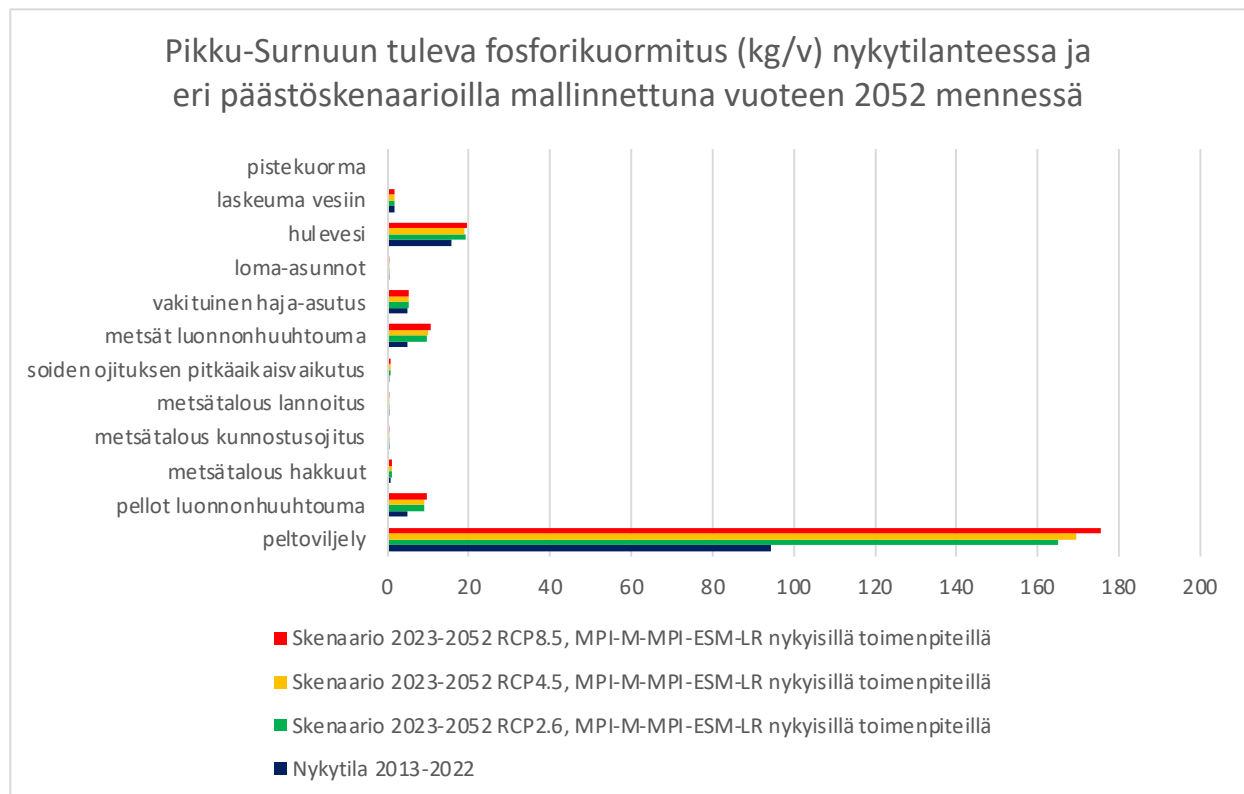
Kuvassa 11 on esitetty Pikku-Surnuun tuleva fosforikuorma nykyhetkessä (ajanjakso 2013–2022) ja tulevaisuudessa ajanjaksolla 2023–2052 ilmastomalliyhdistelmällä SMHI RCA4 ja MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaarioilla RCP2,5, RCP4,5 ja RCP8,5 mallinnettuna. Tiedot on saatu VEMALA:sta. Ilmastonmuutoksen vaikutuksiin liittyy merkittäviä epävarmuuksia, joten tuloksia ilmastoskenaarioista tulee tarkastella suunta-antavina.

Nykytilanteessa Pikku-Surnuun tulevan fosforikuormituksen suurin lähde on peltoviljely (74%) ja toiseksi

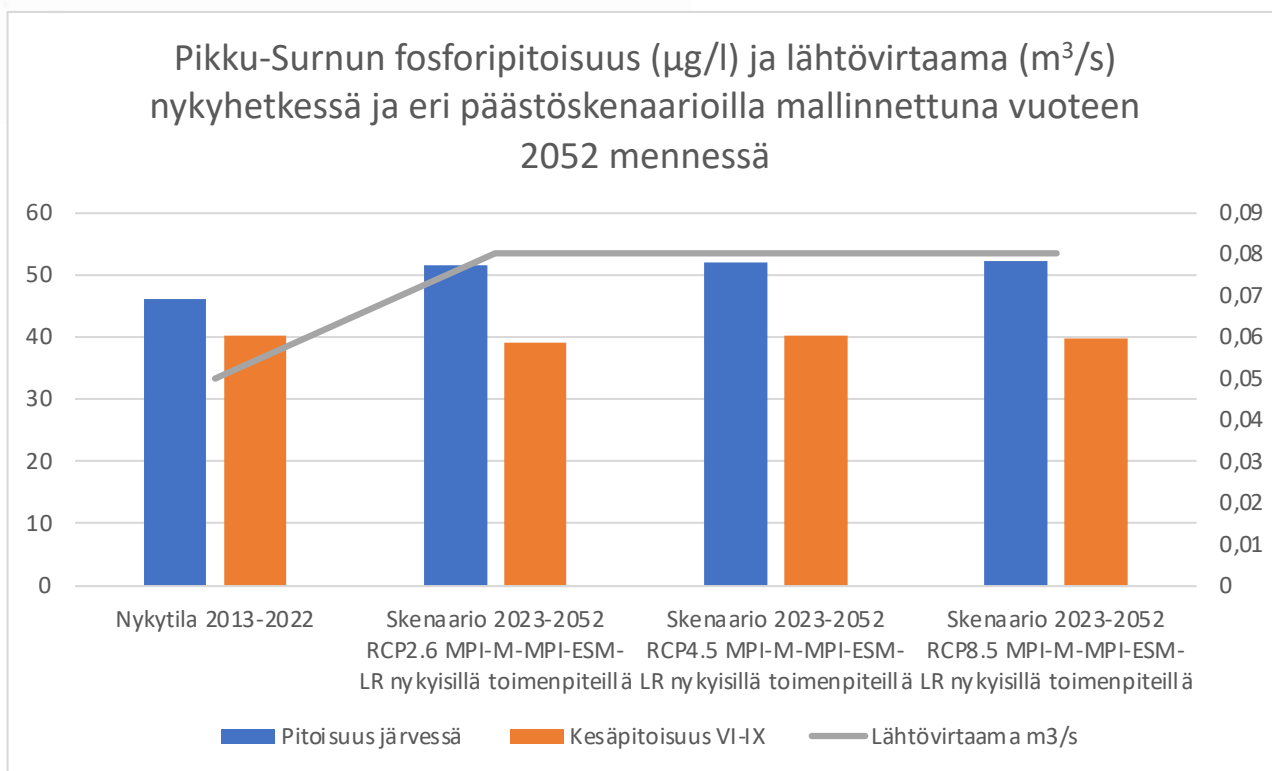
suurin on hulevedet (12 %). VEMALA:n mukaan Pikku-Surnuun tuleva fosforikuormitus kasvaisi merkittävästi jo vuoteen 2052 mennessä kaikilla päästöskenaarioilla. Kehitys on samansuuntainen myös ilmastomalliyhdistelmällä SMHI RCA4 ja MOHC-HadGEM2-ES tarkasteltuna. (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).

Ilmastomalliyhdistelmän SMHI RCA4 ja MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaarion RCP4,5 (keskimääräinen ilmastonmuutoskenaario, jota tämän hetken päästöjen kehitys noudattaa) mukaan Pikku-Surnuun päätyvä fosforikuormitus voi kasvaa noin 70 % ilmastonmuutoksen myötä jo vuoteen 2050 mennessä nykyisillä toimenpiteillä. (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).

Pikku-Surnun fosforipitoisuuksien kasvu näkyy VEMALA:n mukaan talviaikaan (ks. kuva 12). Myös lähtövirtaamat tulevat kasvamaan. Kesäpitoisuuksissa ei ole juuri kasvua VEMALA:n mukaan.



Kuva 11. Pikku-Surnuun päätyvä fosforikuorma nyt ja tulevaisuudessa ilmastomalliyhdistelmällä SMHI RCA4 ja MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaarioilla RCP2,5, RCP4,5 ja RCP8,5 mallinnettuna (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).



Kuva 12. Pikku-Surnun fosforipitoisuudet nyt ja tulevaisuudessa ilmastomalliyhdistelmällä SMHI RCA4 ja MPI-M-MPI-ESM-LR ja päästöskenaarioilla RCP2,5, RCP4,5 ja RCP8,5 mallinnettuna (SYKE WSFS-VEMALA, 2023). Fosforipitoisuudet vasemmalla ja oikealla palkissa virtaamat.



03

HIETALAHDEN VEDENOTTAMO

3.1 Vedenottamon historia

Hietalahden vedenottamo on otettu käyttöön vuonna 1976. Hietalahden vedenottamo on ollut alun perin maalaiskunnan vedenottamo. Mikkelin kaupungin ja Mikkelin maalaiskunnan osaliitoksen yhteydessä vuonna 1985 Hietalahden vedenottamosta tuli osa Mikkelin vesilaitosta. (Pitkonen, 2023.)

Hietalahden vedenottamolta saavat vetensä Kaituennäen, Silvastin, Tuukkalan, Moisio ja Kyyhkylän asuinalueet sekä Vatilán, Siikasalmen ja Löytö-Vitsiälän vesiosuuskunnat. Tämä tarkoittaa yhteensä noin 2 700 vettä kuluttavaa henkilöä. Vedenjakelun häiriötilanteissa Hietalahden vedenottamon jakelualueelle on mahdollista johtaa vettä kantakaupungista Tuukkalan paineenkorotusaseman kautta. (Pitkonen, 2023.)

3.2 Vedenottolupa ja pumppausmäärät

Oy suunnittelukeskus -MKR:n tekemän koepumppauksen perusteella on arvioitu, että Hietalahden vedenottamolta voitaisiin saada pohjavettä noin 4 000 m³/vrk. Vedenottamon alueelta saatiin 14.11.–22.12.66 tehdyissä koepumppauksissa pohjavettä noin 3 000 l/min eli

4 320 m³/vkr. (Vanhala, 1967, 9, 12.) Hietalahden vedenottamon nykyinen lupa vuodelta 1976 sallii vuosikeskiarvona 1 500 m³/vrk maksimiottomäärän. (Itä-Suomen vesioikeuden päätös N:o 34/Va/76, 1976.)

Taulukossa 3 on esitetty Hietalahden, Pursialan ja Hanhikankaan vedenottamoiden tuottamat raakaveden ja talousveden määrät sekä niiden osuudet kaupungin talousveden tarpeesta vuonna 2022. Vedenottamon kaivoista pumpattua pohjavettä kutsutaan raakavedeksi. Vedenottamon käsittelyprosessien läpi kulkenutta vettä kutsutaan talousvedeksi. Vedenottamalla raakavedestä tehdään hyvälaatuista talousvettä.

Hietalahdelta vuosina 1998–2021 otettu vesimäärä on ollut keskimäärin 400 m³/d, mikä on edustanut noin viittä prosenttia Mikkelin kaupungin talousvedentarpeesta. Hietalahti tuotti vuonna 2022 noin kuusi prosenttia kaupungin talousveden tarpeesta. Hietalahden vedenotto kasvoi vuonna 2022 noin 13 % vuoden 2021 ottoon nähden, Hanhikankaan kasvoi noin 44 % ja Pursialan pieneni noin 21 %. Hanhikankaan vedenottoa on kasvatettu tarkoituksellisesti, jotta Pursialaa voidaan ajaa pienemmällä ottomäärällä eikä Pursialan vedenoton imuvaikutus voimistaisi Pursialan pohjavesialueella olevien haitta-aineiden kulkeutumista vedenottamon suuntaan.

Taulukko 3. Vedenottamoiden tunnusluvut vuonna 2022 (Pitkonen, 2023).

Vedenottamo	Raakavesi (m ³ /a)	Raakavesi (m ³ /d)	Talousvesi (m ³ /a)	Talousvesi (m ³ /d)	Osuus talousveden tuotannosta (%)
Pursiala	1946719	5333	1673029	4584	63
Hanhikangas	979134	2683	836832	2293	31
Hietalahti	156316	428	151919	416	6

Taulukko 4. Mikkelin vesilaitoksen käyttösuunnitelma 2021, tunnuslukuja (Mikkelin vesilaitos, 2021b, 7).

Tunnusluku	TP 2019	TA 2020	TA 2021	TS 2022	TS 2023	TS 2024
Veden myynti, 1000 m ³	2644	2710	2650	2580	2580	2580
Jäteveden myynti/vastaanotto, 1000 m ³	2574	2630	2630	2630	2630	2630
Vesi- ja jätevesitaksa yht. €/m ³	4,35	4,48	4,54	4,68	4,82	4,96

3.3 Vedenottamon toimintaperiaate

Hietalahden vedenottamolla vedestä poistetaan ilmastamalla ja hiekkapainesuodattimilla rautaa, mangaania ja hiilidioksidia. Puhdistusprosessin alussa veteen syötetään alkalointikemikaalina lipeää, minkä jälkeen vesi menee ilmastukseen. Lipeällä veden pH:ta nostetaan, jotta rauta ja mangaani saadaan saostumaan ilmastuksessa. Ilmastuksen jälkeen vesi menee suodatusaltaan kautta hiekkapainesuodatukseseen. Muodostunut rauta- ja mangaanisakka poistetaan hiekkapainesuodattimissa. Suodatuksen jälkeen vesi varastoidaan alavesisäiliöön. Lopuksi laitokselta lähtevä vesi desinfioidaan UV-valoa käyttäen. Poikkeustilanteessa vesi voidaan lisäksi desinfoida natriumhypokloriitilla. UV -laitteisto asennettiin Hietalahden vedenottamoon vuonna 2010 ja sillä varmistetaan talousveden hyvä hygieeninen laatu. (Pitkonen, 2023.)

3.4 Vedenottamon suoja-alue

Itä-Suomen vesioikeus on päätöksellään (N:o 9/Ym III/80) myöntänyt Hietalahden vedenottamolle suoja-alueen vuonna 1980 (ks. kuva 13). Ote suoja-alue määräyksistä on esitetty alla. Hietalahden vedenottamo ei ole suoja-aluepäätöksen määräyksistä huolimatta aidattu eikä suoja-aluetta merkitty maastoon. Alue olisi syytä aidata asiattomien pääsyn estämiseksi vedenottamon alueelle ja suoja-alue tulisi merkitä maastoon pohjaveden suojelun turvaamiseksi.

Suoja-alueääräykset

1. Vedenottamoalue

Alueella ei saa suorittaa muita kuin pohjaveden ottamiseksi ja sen puhtauden säilyttämiseksi tarpeellisia toimenpiteitä. Alue on tarkoituksenmukaisessa laajuudessa aidattava. Vedenottamolla tarvittavien kemikaalien säilytys ja käsittely on järjestettävä siten, ettei näitä aineita pääse maaperään. (Itä-Suomen vesioikeuden päätös N:o 9/Ym III/80, 1980.)

2. Varsinainen suoja-alue

Alueella on kielletty seuraavat toimenpiteet:

- a) Maa-aineksen ottaminen tai maaleikkausten tekeminen tason N60 +79,0 m alapuolelta ilman vesioikeuden lupaa.

b) Pysyvien asuin-, karja-, teollisuus- ja varasto- ynnä muiden rakennusten rakentaminen ilman vesioikeuden lupaa.

c) Uusien moottoriajoneuvolla liikennöitävien teiden ja pysäköintipaikkojen rakentaminen, ellei niiltä tulevia vesiä johdeta putkissa tai tiiviissä avo-ojissa suoja-alueen ulkopuolelle. Urheilukenttien tai leirintäalueiden perustaminen.

d) Öljytuotteiden, suolojen, fenolipitoisten aineiden, myrkkujen tai muiden pohjaveden käyttökelpoisuutta vaarantavien aineiden varastointi lukuunottamatta kiinteistön omaa tarvetta varten tapahtuvaa varastointia. Tällöin on huolehdittava siitä, ettei näitä aineita pääse maaperään. Tilavuudeltaan yli 200 litran suuruiset öljysäiliöt ja niiden johdot on suojattava asianmukaisesti sijoittamalla säiliöt riittävän suuriin tiiviisiin altaisiin tai muulla yhtä tehokkaalla tavalla. Rakenteet on lisäksi suunniteltava siten, että säiliöiden ja johtojen kuntoa voidaan tarkkailla. Tätä varten kunnan on tarvittaessa asennettava säiliöiden yhteyteen tarkkailuputki tai muita tarkoitukseen sopivia laitteita.

e) Suoja-alueen ulkopuolelta tulevien jätevesien johtaminen alueen kautta. Jätevesien imeyttäminen. Tilakohtaisten jätteiden sijoittaminen pohjaveden pilaantumisvaaraa aiheuttavalla tavalla. Puutavaran varastokuurinta. Autojen pesu.

f) Lietelannan ja torjunta-ainelaisissa (As.kok.n:o 327/69) tarkoitettujen torjunta-aineiden käyttö.

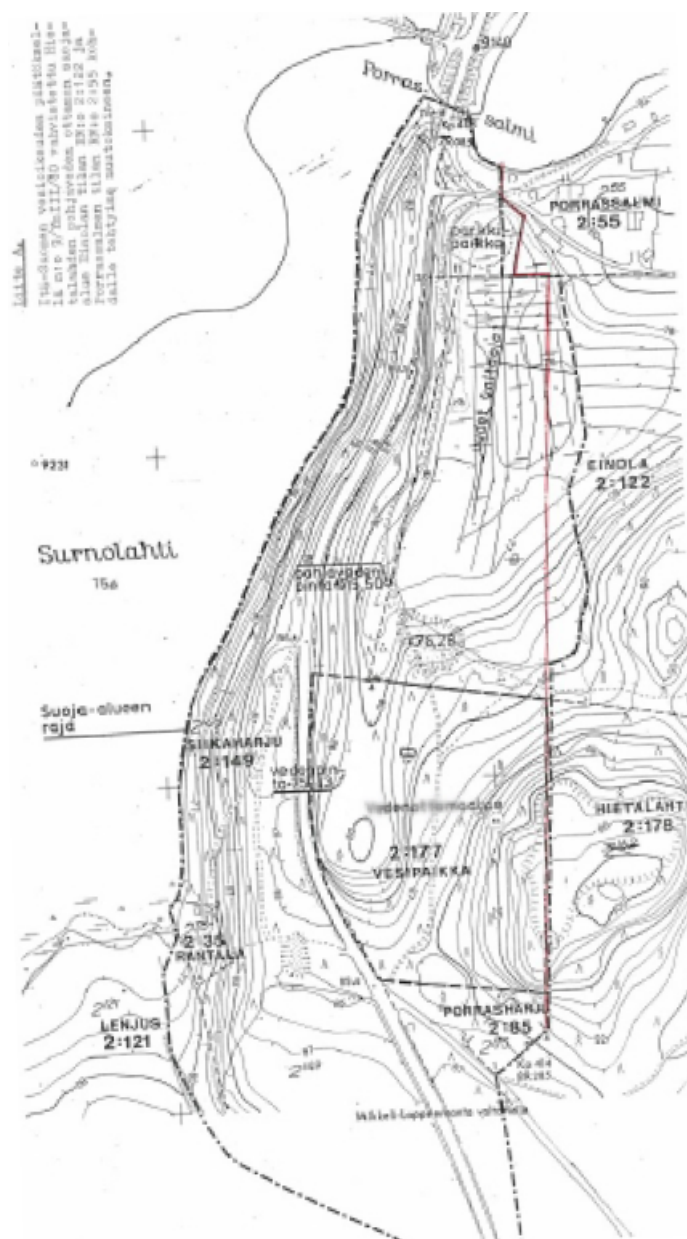
g) Öljy- tai suola-aineiden käyttö yksityisteiden kunnossapitoon. Alueen halki kulkevien yksityisteiden ja paikallistien n:o 15131 parannustyössä on noudatettava erityistä varovaisuutta öljypitoisten päällysteaineiden käsittelyssä.

h) Muu sellainen toiminta, joka voi huonontaa ottamolta saatavan veden laatua. Erityisesti on huolehdittava siitä, ettei ajoneuvoista ja koneista pääse öljyä maaperään niitä alueella käytettäessä. (Itä-Suomen vesioikeuden päätös N:o 9/Ym III/80, 1980, 13-15.)

Muut määräykset (määräyksistä esitetty vain 1 ja 3 tässä yhteydessä)

1) Kunnan on merkittävä maastoon suoja-alue Mikkelin vesipiirin vesitoimiston antamien ohjeiden mukaisesti, joita kunnan on pyydyttävä vesitoimistolta. Paikallistien kohdalla merkitseminen on suoritettava tienpitäjän hyväksymällä tavalla. Kunnan on pidettävä merkintä kunnossa.

3) Kunnalla on oikeus kustannuksellaan suoja-alueella suorittaa seuraavat toimenpiteet...tiivistää suoja-alueella kulkevien ojien luiskat ja pohjat. Tiivistäminen on suoritettava sellaisena ajankohtana, että toisen maalle ei tuoteta sanottavaa vahinkoa ja siten, että ojien vedenjohtokyky ei tiivistämisen seurauksena huononnu. Tiiviiden kunnossapito kuuluu kunnalle. Tienvarsiojien osalta toimenpiteet on tehtävä tienpitäjältä pyydyttävien ohjeiden mukaisesti. (Itä-Suomen vesioikeuden päätös N:0 9/Ym III/80, 1980, 15.)



Kuva 13. Hietalahden vedenottamon suojavyöhykkeet (Itä-Suomen vesioikeuden päätös N:0 9/Ym III/80, 1980).



04

VEDEN LAADUN SEURANTA



4.1 Talousveden laadunseuranta

Mikkelin vesilaitos ja Mikkelin seudun ympäristöpalvelut seuraavat verkostoveden laatua. Sosiaali- ja terveysministeriön talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista antaman asetuksen (talousvesiasetus, 1352/2015) mukaisesti vesilaitosten verkostoveden laadun tutkimustiheys määritellään vedenjakelualueelle toimitettavan kokonaisvesimäärän perusteella. Hietalahden vedenottamon vedenjakelualueella on kolme näytteenottopistettä ja joka kuukausi otetaan näyte yhdestä pisteestä. Näin ollen verkostovedenlaatu tutkitaan vuodessa 12 kertaa. (Nyyssönen, 2023.)

Suurin osa näytteistä on talousvesiasetuksen edellyttämiä jatkuvan valvonnan näytteitä, joissa tutkitaan indikaattoribakteereita ja muita perusmuuttujia kuten pH, sameus, sähkönjohtavuus ja rauta. Kerran vuodessa tutkitaan laajemmat jaksottaisen seurannan määritykset, joissa tutkitaan jatkuvan valvonnan analyysien lisäksi mm. laajasti eri metalleja ja torjunta-aineita. Viiden vuoden välein tehdään kaikkein laajimmat tutkimukset, jolloin tehdään lisäksi esimerkiksi radioaktiivisuus- ja VOC-määrittämiä. (Nyyssönen, 2023.)

4.2 Pohjaveden laadunseuranta

Etelä-Savon ELY-keskus tekee Porrassalmen pohjavesialueella pohjaveden tarkkailua, joka perustuu lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004). Sen 9 §:ssä määrätään pohjavesien seurannasta. Vesienhoitoon liittyvä tarkkailu ei ole pysyvää, vaan sitä muutetaan tarpeen mukaan. Porrassalmella sitä on tehty vuonna 2022 yhteensä 2 pisteestä. (Ranta, 2023.)

Vesienhoitoon liittyvän seurannan lisäksi Porrassalmen pohjaveden laatua on tutkittu vuodesta 1976 lähtien myös Mikkelin Olkkolanniemen vedenottamon tarkkailuohjelmassa (koodi Tark_491_1) sekä vuodesta 2009 lähtien valtakunnallisissa pohjavesiseurannoissa (koodi XC02113). (Ranta, 2023.)

Porrassalmen pohjavesialueella on tehty myös muita näytteenottoja, joiden ei ole ilmoitettu liittyvän mihinkään hankkeeseen. Kaikki ed. mainitut seurannat antavat kattavan kuvan pohjavesialueen tilasta. (Ranta, 2023.)

4.3 Pintaveden laadunseuranta

Mikkelin vesilaitos tekee kolme kertaa (maaliskuussa, elokuussa, lokakuussa) vuodessa Surnunlampien (näytepisteet Pikku-Surnu 320 ja Iso-Surnu 079) veden laadun seuranta osana kaupungin raakavedenoton kannalta tärkeiden vesistöjen seuranta. Tarkkailussa on noudatettu Savolab Oy:n 9.12.2003 laatimaa tutkimusohjelmaa.

Etelä-Savon ELY-keskus ei tee säännöllistä Pikku-Surnun ja sen valuma-alueen vesistöjen veden laadun seurantaa, mutta voi tarvittaessa tehdä vaikutusten seurantaa alueella. (Kotaniemi, 2023.)



05

RANTAIMEYTYVÄN VEDEN LAATU

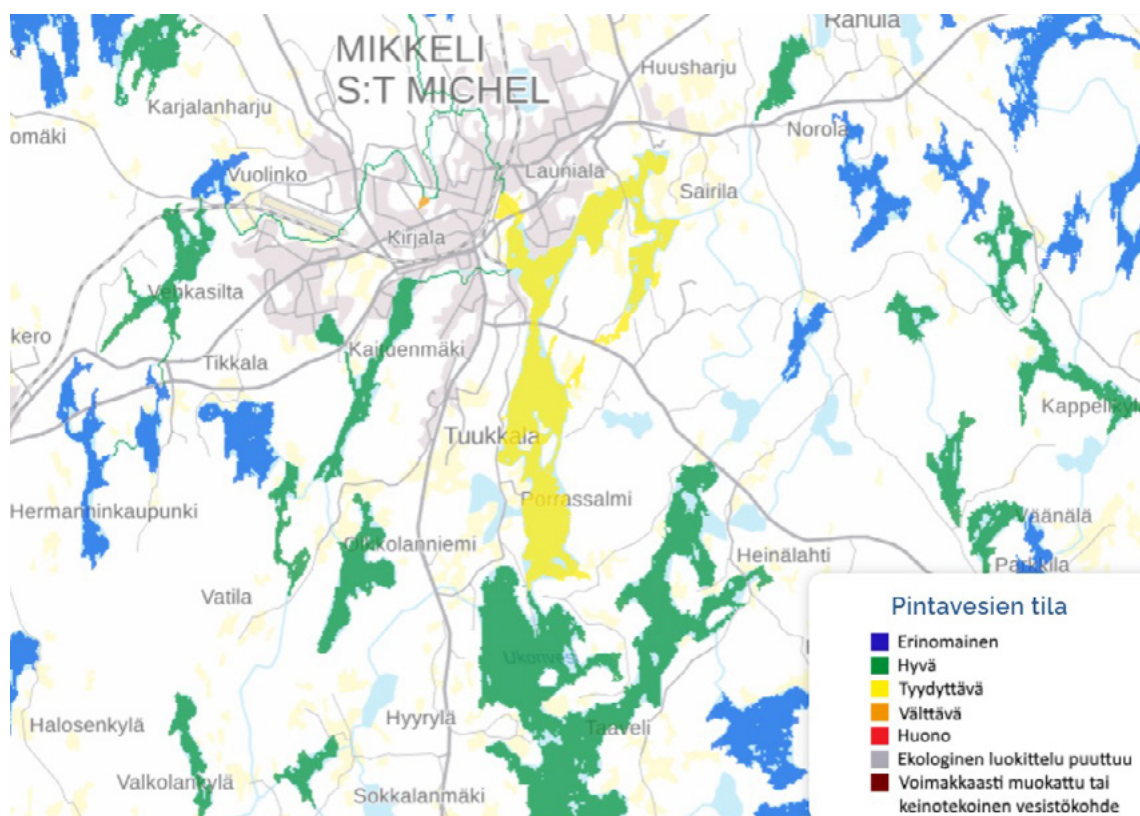
5.1 Vesienhoitosuunnitelmat

Porrassalmen pohjavesialue sijaitsee Ukonveden lähi-valuma-alueella (04.151). Valuma-alueella sijaitsevien pintavesimuodostumien ekologinen tila on arvioitu vuonna 2019 ja tiedot on esitetty Vuoksen vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmassa ja vuosille 2022–2027 laaditussa Etelä-Savon vesienhoidon toimenpideohjelmassa. Mikkelin alapuolisen Saimaan (Annilan-selkä-Kyyhkylänselkä -vesimuodostuma) ekologinen tila on arvioitu tyydyttäväksi johtuen ihmisperäisestä piste- ja hajakuormituksesta (ks. kuva 14). Mikkelin alapuoliselle Saimaalle on asetettu tavoitteeksi saavuttaa hyvä tila vuoteen 2027 mennessä. Porrassalmen pohjavesialue ulottuu eteläosastaan myös Saimaan Ukonveden pintavesimuodostumaan, jonka ekologinen tila on arvioitu hyväksi. Ukonvedellä hyvän tilan tavoite on saavutettu, mutta tilan säilyminen on uhatuna ihmisperäisen piste- ja hajakuormituksen takia. (Kotanen, 2023.)

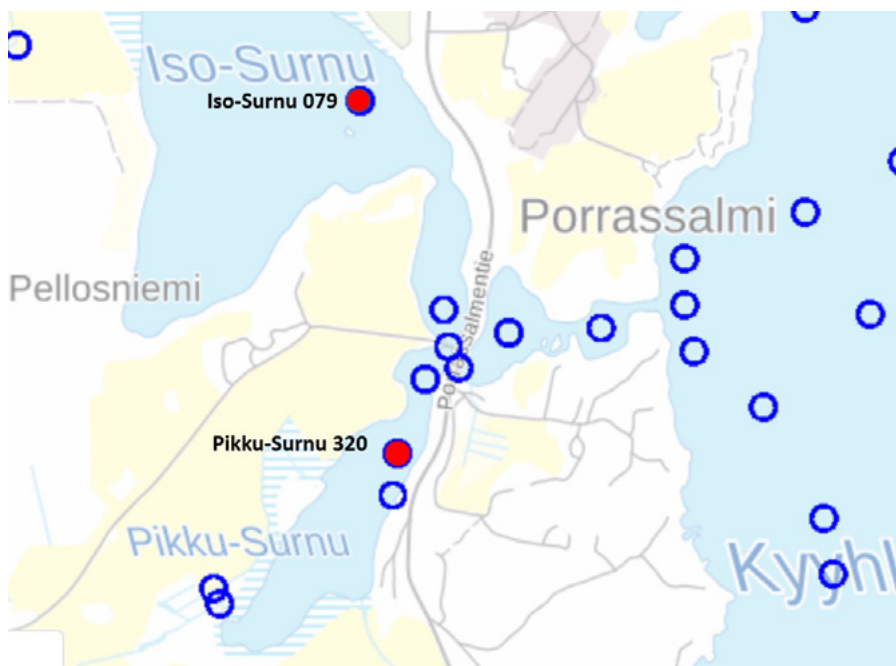
5.2 Pikku-Surnun ja Iso-Surnun veden laatu

Pikku-Surnu ja Iso-Surnu ovat sisäkuormitteisia pieniä ja reheviä humuslampia.

Mikkelin vesilaitos on teettänyt kaupungin raakavedenoton kannalta tärkeiden vesistöjen pintavesitarkkailua Iso-Surnu 079 ja Pikku-Surnu 320 -näytepisteistä vuodesta 2004 saakka. (ks. kuva 15). Tarkkailua on tehty Savolab Oy:n 9.12.2003 laatiman tarkkailuohjelman mukaisesti. Tarkkailu on tehty sekä pinnasta että pohjasta ja näytteistä on analysoitu happi, pH, sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, väri, CODMn, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori, kloridi ja suolistoperäiset bakteerit sekä a-klorofylli 0–2 metrin kokoomanäytteestä. Lisäksi on mitattu lämpötila ja näkösyvyys. (Matilainen, 2015, 11–16.)



Kuva 14. Pintavesien ekologinen tila (Vesi.fi, 2022).



Kuva 15. Näytepisteiden Pikku-Surnu 320 ja Iso-Surnu 079 sijainti punaisella ympyrällä merkittynä (SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022).

Vesilaitoksen teettämän tarkkailun perusteella Pikku-Surnun ja Iso-Surnun alusveden happitilanne on ollut huono ajanjaksolla 2014–2020 ja ajoittain on esiintynyt happikatoja (liuennut happi < 0,1 mg/l). Alusveden lisäksi myös päällysveden happitilanne on ollut tyypillisesti ajoittain heikentynyt. Alusveden hapettomuus on vaikuttanut voimakkaasti alusveden fosforipitoisuuteen. Happikadosta johtuva sisäinen kuormitus on ollut tyypillistä Surnunlammille. (Matilainen, 2015, 11–16; Palomäki, 2017, 13–17; Palomäki & Toivanen, 2017, 13–17; Palomäki, 2018, 12–15; Palomäki & Hänninen, 2019, 10–14; Kiukas & Hakala, 2020, 8–12; Kiukas & Hagman, 2021, 9–13.)

Surnunlampien ravinne- ja klorofyllipitoisuudet ovat olleet rehevöityneille vesistöille tyypillisellä tasolla. Päällysveden fosforipitoisuus on yleensä ollut pienimmillään talvella ja kasvanut selvästi loppukesää kohti, mikä kertoo myös voimakkaasta sisäisestä kuormituksesta. Surnunlampien pH on ollut usein talvella lähellä neutraalia, mutta kesällä päällysveden pH on noussut voimakkaan perustuotannon vuoksi yli arvon 7. (Matilainen, 2015, 11–16; Palomäki, 2017, 13–17; Palomäki & Toivanen, 2017, 13–17; Palomäki, 2018, 12–15; Palomäki & Hänninen, 2019, 10–14; Kiukas & Hakala, 2020, 8–12; Kiukas & Hagman, 2021, 9–13.)

Päällysveden väriluvun ja kemiallisen hapenkulutusarvojen perusteella Pikku-Surnu ja Iso Surnu ovat keskihumeuksia. Veden väri on luontaisesti lievästi ruskeaa,

mutta alusveden väri voimistuu heikon happitilanteen vallitessa. Lampien puskurikyky happamoitumisen suhteen on ollut erinomainen/vahva. (Matilainen, 2015, 11–16; Palomäki, 2017, 13–17; Palomäki & Toivanen, 2017, 13–17; Palomäki, 2018, 12–15; Palomäki & Hänninen, 2019, 10–14; Kiukas & Hakala, 2020, 8–12; Kiukas & Hagman, 2021, 9–13.)

Suolistoperäisten bakteerien määrät ovat olleet pieniä (tai niitä ei ole todettu lainkaan) ja hygieeniseltä laadultaan Surnunlampien vesi on ollut hyvää/erinomaista. Kloridipitoisuudet ovat olleet koholla. Kloridin luonnon tausta-arvot makeissa pintavesissä ovat pääsääntöisesti alle 10 mg/l ja useimmiten noin muutama milligramma/litra. (Matilainen, 2015, 11–16; Palomäki, 2017, 13–17; Palomäki & Toivanen, 2017, 13–17; Palomäki, 2018, 12–15; Palomäki & Hänninen, 2019, 10–14; Kiukas & Hakala, 2020, 8–12; Kiukas & Hagman, 2021, 9–13)

Vuosien 2014–2018 seurantaraporteissa on arvioitu, että Iso- ja Pikku-Surnun vesi sopi laadullisesti tyydyttävästi/välittävästi virkistyskäyttöön ja lähinnä happitilanteen sekä rehevyyden johdosta melko huonosti raakavedeksi. Vuoden 2014 raportin mukaan tilanne ei ole muuttunut sitä edeltäneistä vuosista. Vuosien 2019 ja 2020 seurantaraporttien mukaan Surnunlampien vedenlaatu on heikkoa kohonneiden kloridipitoisuuksien sekä ulkoisen ja sisäisen kuormituksen vuoksi, mutta hygieenisesti hyvälaatuista, vaikkakin bakteerihavain-toja on esiintynyt. Vuosien 2019 ja 2020 seurantara-

porteissa ei ole arvioitu Surnunlampien veden soveltuvuutta raakavedeksi. (Matilainen, 2015, 11–16; Palomäki, 2017, 13–17; Palomäki & Toivanen, 2017, 13–17; Palomäki, 2018, 12–15; Palomäki & Hänninen, 2019, 10–14; Kiukas & Hakala, 2020, 8–12; Kiukas & Hagman, 2021, 9–13.)

Liitteissä 2 ja 3 on esitetty Pikku-Surnun ja Iso-Surnun vedenlaatuhavainnot vuosilta 2004–2022. Tiedot on saatu Suomen ympäristökeskuksen HERTTA -ympäristötiedon hallintajärjestelmästä. Taulukossa 5 on esitetty Pikku-Surnu 320 näytepisteen vedenlaatuhavaintojen minimi, keskiarvot ja maksimit ja niitä on verrattu Pankajoen vastaaviin arvoihin. Tiedot on saatu Suomen ympäristökeskuksen Hertta -ympäristötiedon hallintajärjestelmästä. Pankajoesta rantaimetty vettä Hanhikankaan pohjavesimuodostumaan. Pikku-Surnun vedenlaatu on monin paikoin heikompaa kuin Pankajoen vedenlaatu. Kuitenkin Pikku-Surnun vesi on Pankajoen vettä parempaa alkaliniteetin ja koliformisten lämpökestoisten bakteerien määrän suhteen.

5.3 Pikku-Surnun veden laadun kehitys

Pikku-Surnun veden laatu on kehittynyt parempaan suuntaan viimeisen 20 vuoden aikana.

Ajanjaksolla 2004–2022 ”Pikku Surnu 320” -näytepisteeltä otettujen näytetulosten perusteella Pikku-Surnun vedenlaatu on usean muuttujan kohdalla mennyt parempaan suuntaan (ks. taulukko 6 ja liite 2). Kokonaisfosforin ja -typen, klorofylli-A:n sekä lämpökestoisten koliformisten bakteerien pitoisuudet ovat pienentyneet, mikä kertoo Pikku-Surnuun päätyvän kuormituksen vähenemisestä. Tämä on hyvä suunta.

Kloridipitoisuus on alentunut sekä pinnassa että pohjassa, mikä viittaa kloridikuorman vähenemiseen. Kloridia päätyy vesistöihin lähinnä teiden suolauksen kautta sekä mahdollisesti lannoitteista ja jätevesistä. Sähkönjohtavuus on vähentynyt luultavasti kloridipitoisuuden pienenemisen myötä.

Taulukko 5. Pikku-Surnun vedenlaadun tunnusluvut (min, max ja ka) suhteessa Pankajoen rantaimetymisalueen vastaaviin. Vihreä väri edustaa parhaita arvoja, keltainen toiseksi parhaita ja punainen heikoimpia arvoja. (SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022).

Suure	Havaintopiste Pikku-Surnu 320 pinta, havainnot vuosilta 2004–2022			Havaintopiste Pikku-Surnu 320 pohja, havainnot vuosilta 2004–2022			Havaintopiste Pankajoki 228, havainnot vuosilta 1995–2017		
	min	max	ka	min	max	ka	min	max	ka
Alkaliniteetti [mmol/l]	0,37	1,1	0,5	0,33	1,6	0,81086	0,2	0,6	0,3
Ammonium typpenä, suodattamaton [µg/l]	2	270	64,8	2	3110	917,394	2	600	110,8
Hapen kyllästysaste [kyll.%]	19	110	68,9	0	31	3,61765	13	108	61,5
Happi, liukoinen [mg/l]	2,7	11,2	7,8	0	4,2	0,51765	1,9	11	7,6
Kemiallinen hapen kulutus [mg/l]	8,5	16	11,8	9,2	31	15,6229	7	21	11,7
Kloridi CL;TI [mg/l]	6,3	19	13,8	1,2	17	12,3882	6	17	9,4
Klorofylli-a [µg/l]	12,8	97,2	35,9				2,2	53	12,1
Kokonaisfosfori, suodattamaton [µg/l]	0,2	56	34,8	19	190	69,9714	10	47	22,9
Kokonaistyyppi, suodattamaton [µg/l]	660	2100	1075,4	1200	5050	2133,14	430	2300	848,8
Koliformiset bakteerit, lämpökestoiset [kpl/100ml]	0	110	5,6	0	6	0,47059	0	141	23,9
Lämpötila [°C]	0,2	23,3	9,6	2,4	12,3	6,40286	0	22	8,6
Näkösyvyys [m]	0,8	3	1,3						
pH	6,5	7,6	7,0	6,2	7,3	6,65429	6,2	6,9	6,6
Rauta, hajotus [µg/l]	230	2700	1465,0	6000	8000	7000	580	1000	864
Sameus [FNU]	4,7	10	7,4	2,5	6,9	4,7	2,2	4,1	2,9
Sähkönjohtavuus [mS/m]	8,5	20	15,0	11	22	17,4571	4,4	17	9,8
Väriluku [mg/l Pt]	25	280	68,5	60	480	190,11	40	150	86,8

Pikku-Surnun veden pH on noussut, mikä johtuu todennäköisesti happamoitumisen vähenemisestä ja vesistön happamuuden palautumisesta luonnollisempaan tilaansa. Vesistöjen pH laski yleisesti 1970–80 -luvuilla ns. happosateiden seurauksena, ja ongelma on suurelta osin poistunut sen jälkeen, kun rikki kiellettiin polttoaineissa.

Kemiallinen hapenkulutus ja väriluku ovat pienentyneet ja näkösyvyys kasvanut. Nämä ovat hyviä kehityssuuntia.

Pikku-Surnun happipitoisuus on puolestaan kasvanut pinnassa, mutta pienentynyt pohjassa. Ammonium-typen pitoisuudet ovat nousseet selkeästi pohjassa ja hieman pinnassa. Tämä lienee seurausta ainakin osittain happipitoisuuksien pienenemisestä pohjassa.

Taulukko 6. Pikku-Surnun vedenlaadunmuuttujien kehitys ajanjaksolla 2004–2022. Arvot on luettu näytepisteen Pikku-Surnu 320 vedenlaatuhavainnista laadittujen kuvaajien trendiviivoista ja ne ovat suuntaa-antavia.

Havaintopiste Pikku-Surnu 320	Yksikkö	Pikku-Surnu pinta	Pikku-Surnu pohja
Hapenkyllästysaste	[%]	25	-44
Happi, liukoinen	[%]	16	-33
Kemiallinen hapenkulutus	[%]	-14	-28
Klorofylli -a	[%]	-44	-
pH	Yksikköä	0,30	0,46
Ammonium typpenä, suodattamaton	[%]	17	47
Kokonaisfosfori, suodattamaton	[%]	-30	-25
Kokonaistyyppi, suodattamaton	[%]	-25	-25
Kloridi	[%]	-22	-21
Sähkönjotavuus	[%]	-10	-18
Koliformiset lämpökestoiset bakteeri	[%]	-75	-33
Alkaliniteetti	[%]	-4	-18
Väriluku	[%]	-50	-19
Näkösyvyys	[%]	25	-

5.4 Pikku-Surnun vesi raakavetenä

Pikku-Surnun vesi on heikkolaatuista raakavedeksi. Talousvesi on täyttänyt talousvesiasetuksen laatuvaatimukset. Mikäli Hietalahden ottomääriä kasvatettaisiin voimakkaasti, voisi myös pohjavedenlaatu heikentyä pintaveden osuuden lisääntyessä ja veden kulkeutumisenopeuden kasvaessa.

Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisussa 20 (1985) on annettu raja-arvoja pintaveden soveltuvuudesta raakavedeksi. Raja-arvoja on annettu useille eri suureille

ja soveltuvuusluokat ovat erinomainen, hyvä, tyydyttävä, huono ja sopimaton.

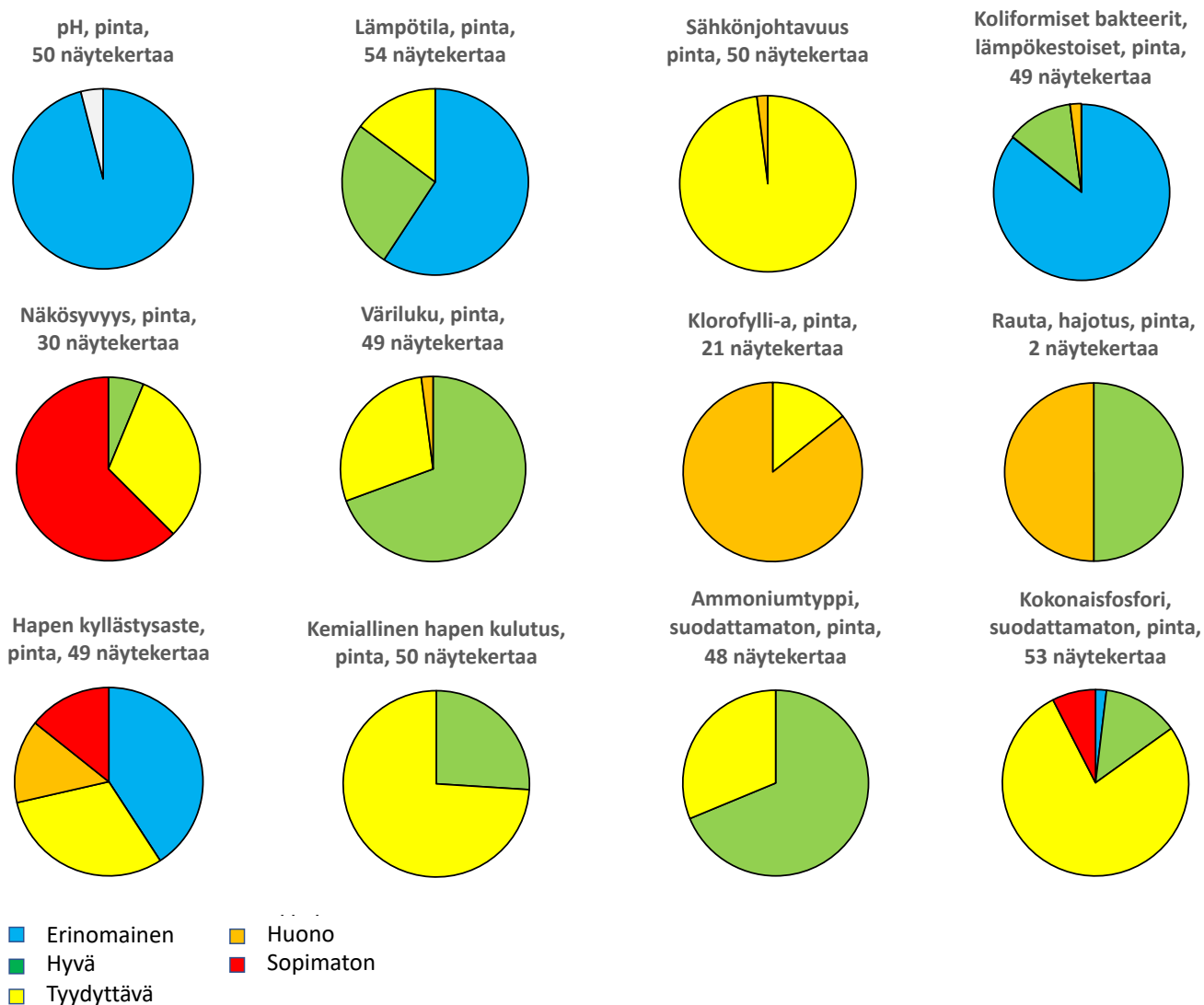
Tässä työssä tutkittiin näiden raja-arvojen avulla Pikku-Surnun veden soveltuvuutta raakavedeksi. Tavoitteena oli selvittää, esiintyykö raakavedessä pohjavettä uhkaavia laatu poikkeamia. Näytepiste Pikku-Surnu 320 valittiin tutkittaviksi näytepisteeksi, koska se edustaa hyvin rantaimetyvää pintavettä ja siitä on pitkä mitaushistoria. Näytteenottokertoja on ollut yhteensä 53 kpl (yhteensä 88 näytettä eri syvyyksiltä pinnasta ja alusvedestä) ajanjaksolla 2004–2022. Näytetiedot saatiin ympäristötietojärjestelmä Hertasta. Näytteitä ei ole otettu ollenkaan joulutammikuussa eikä huhtitoukokuussa, mutta muut kuukaudet ovat melko hyvin edustettuina.

Kaikkia vesi- ja ympäristöhallituksen raakavesiluokituksen mukaisia arvioitavia suureita ei ole mitattu Pikku-Surnun 320 mittauspisteestä. Arvioitavat suu-reet, joita oli myös mitattu, olivat: pH, happipitoisuus kyllästysasteesta, sameus, lämpötilamaksimi, CODMn, väriluku, rauta, kokonaisfosfori, a-klorofylli, lämpökes-toiset koliformiset bakteerit, ammoniumtyppi, sähkön-johtavuus ja kloridit. Sähkönjohtavuus ja kloridi olivat mitattujen joukossa, mutta niistä ei ole annettu ollen-kaan arvoja erinomaiselle ja hyvälle luokalle. Kloridin arvot olivat kaikki tyydyttävällä tasolla. Sameuden osalta ei ole annettu arvoa kuin erinomaiselle. Kaikki mitatut sameuden arvot olivat isompia kuin annettu raja-arvo.

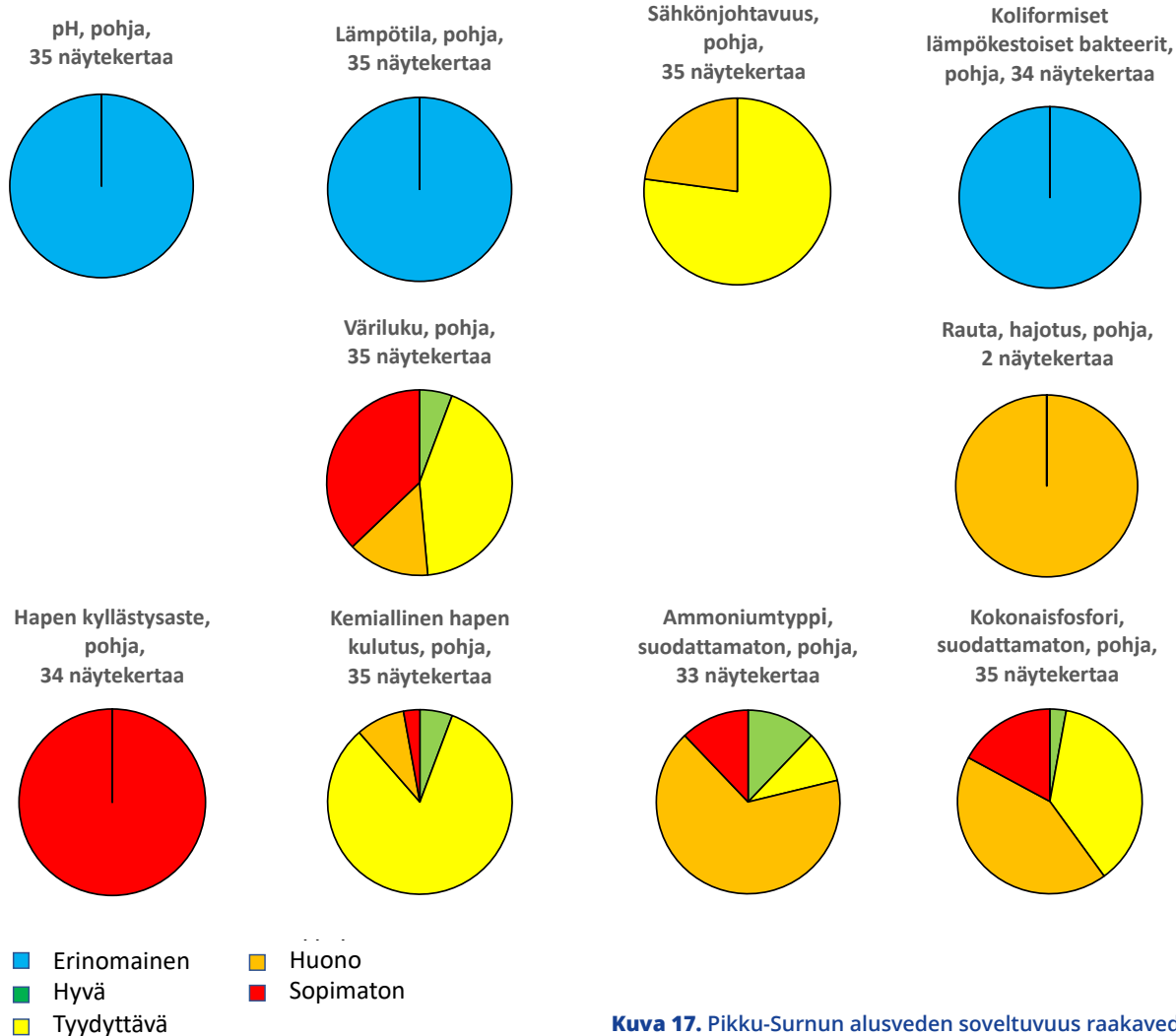
Selvityksen perusteella Pikku-Surnun pintavesi on tyy-dyttävää-hyvää raakavettä, mutta alusvesi on laadul-

taan tyydyttävää-huonoa-sopimatonta raakavedeksi. Vedenlaatu heikkenee voimakkaasti pohjaan mentäes-sä, mutta myös pinnassa on tarkastelujaksolla esiin-tynyt huonoja arvoja klorofylli -a:n, kokonaisfosforin, raudan, sähkönjohtavuuden ja lämpökestoisten koli-formisten bakteerien sekä näkösyvyyden ja hapenkyl-lästysasteen suhteen ja sopimattomia arvoja hapen-kyllästysasteen ja näkösyvyyden suhteen (ks. kuva 16).

Alusveden osalta huonoja arvoja esiintyi tarkastelujak-solla kemiallisen hapenkulutuksen, väriluvun, raudan, kokonaisfosforin, sähkönjohtavuuden sekä ammoniu-mtypen osalta (ks. kuva 17). Sopimattomia arvoja esiintyi hapenkyllästysasteen, kemiallisen hapenku-lutuksen, väriluvun, kokonaisfosforin ja ammonium-typen osalta.



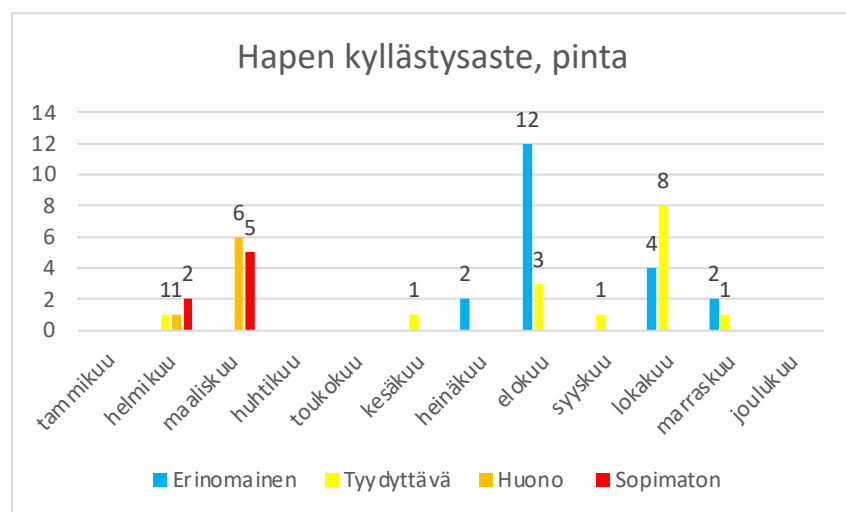
Kuva 16. Pikku-Surnun pintaveden soveltuvuus raakavedeksi.



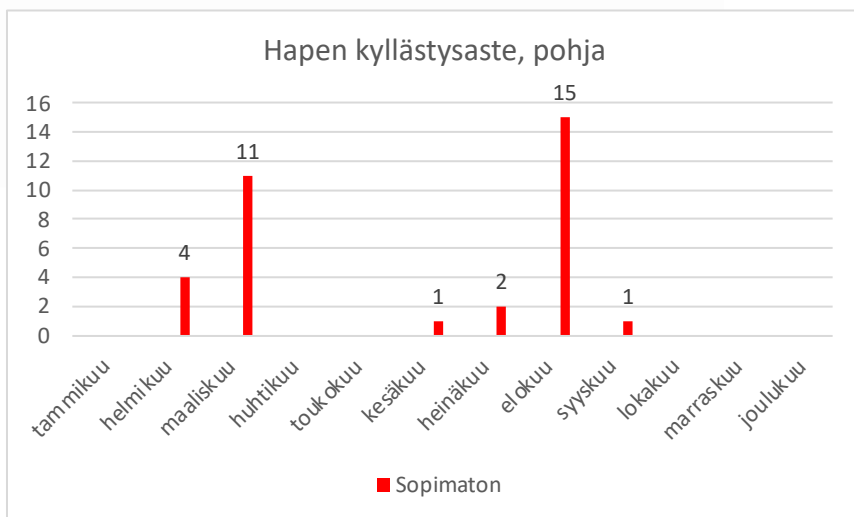
Kuva 17. Pikku-Surnun alusveden soveltuvuus raakavedeksi.

Hapenkyllästysarvon suhteen pinnan sopimattomat arvot tulivat alkukeväällä otetuista näytteistä ja pohjan

happipitoisuuden suhteen sopimattomia arvoja tuli jokaisena mittausajankohtana (ks. kuvat 18 ja 19).



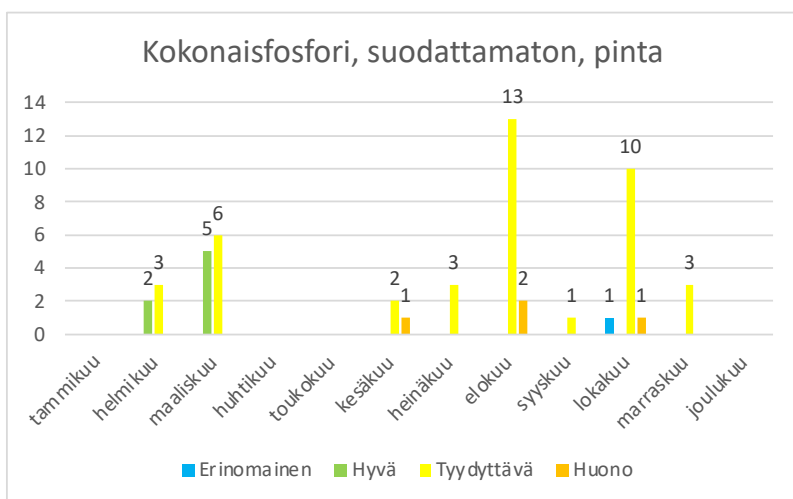
Kuva 18. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).



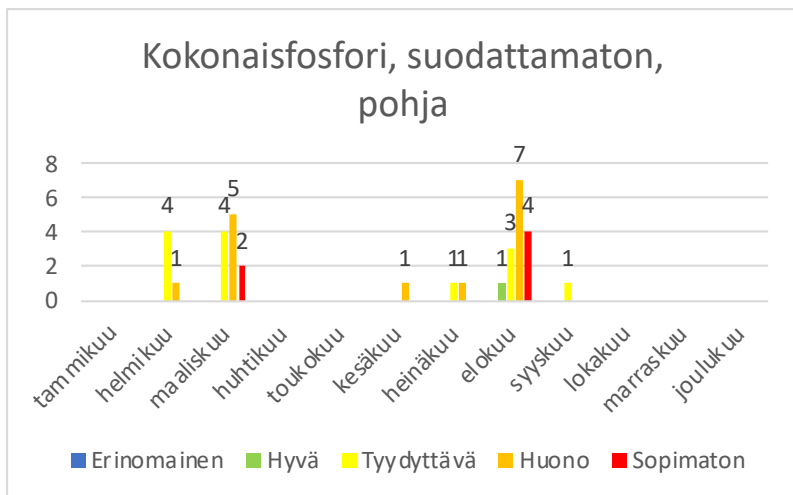
Kuva 19. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).

Kokonaisfosforin osalta pinnan huonot arvot saatiin kesällä – loppukesällä ja pohjan kokonaisfosforin suh-

teen huonoja ja sopimattomia arvoja saatiin loppukevällä – loppukesällä (ks. kuvat 20 ja 21).



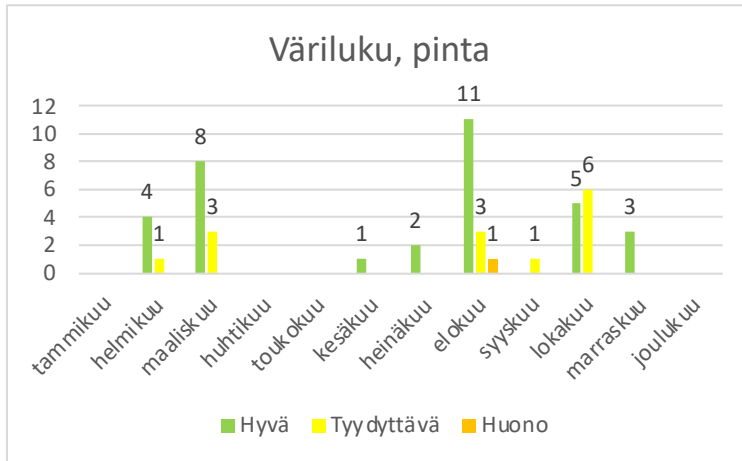
Kuva 20. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).



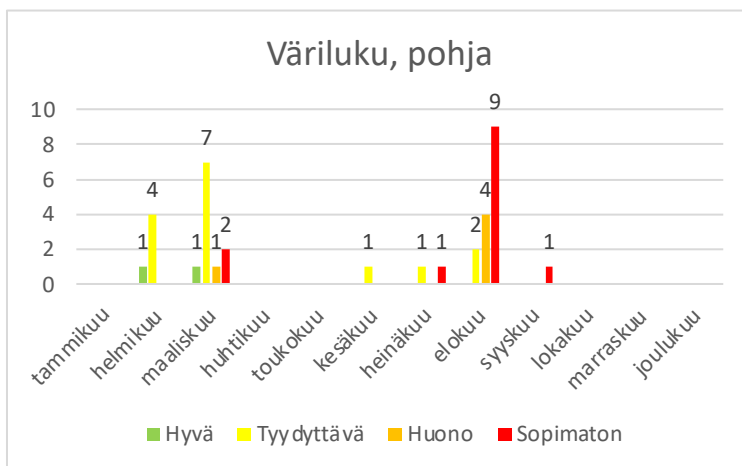
Kuva 21. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).

Väriluvun suhteen pinnan huono arvo oli tullut loppukesästä ja pohjan väriluvun suhteen huonoja ja sopimattomia arvoja tuli keväästä ja loppukesästä (ks. kuvat 22 ja 23).

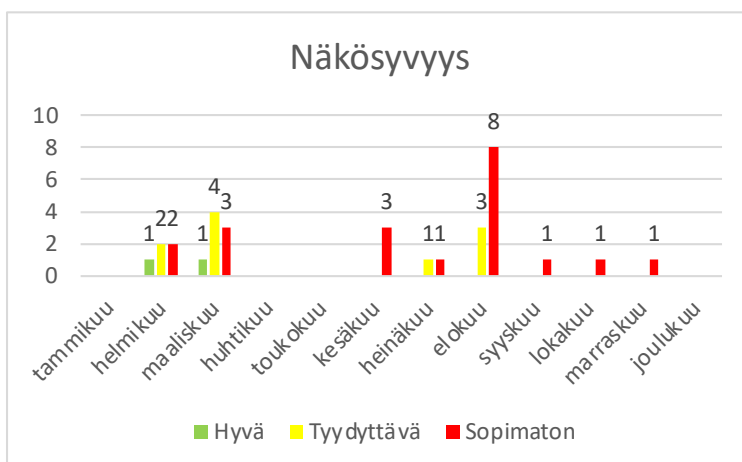
Näkösyvyyden suhteen sopimattomia arvoja esiintyi kaikkina mittausajankohtina (ks. kuva 24).



Kuva 22. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).



Kuva 23. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).



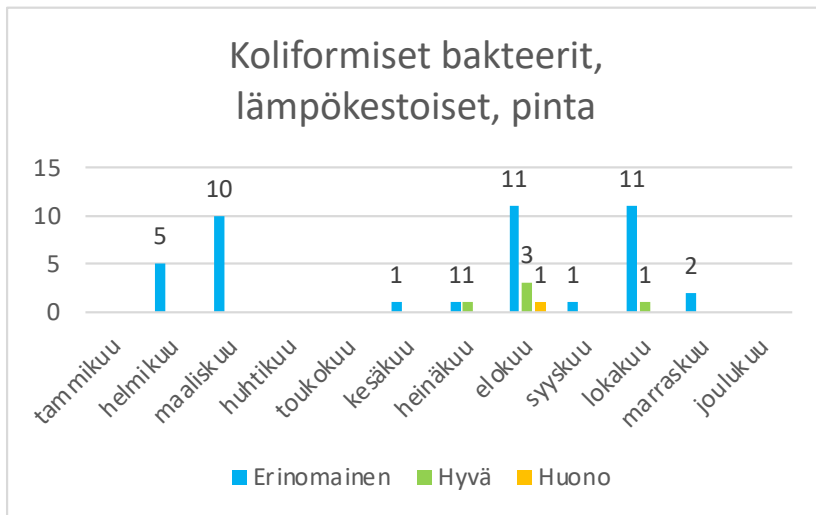
Kuva 24. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).

Lämpökestoisten koliformisten bakteerien suhteen huono arvo oli tullut loppukesästä pintavedestä (ks. kuva 25). Muutoin lämpökestoisten koliformisten bakteerien arvot olivat pääosin erinomaisia.

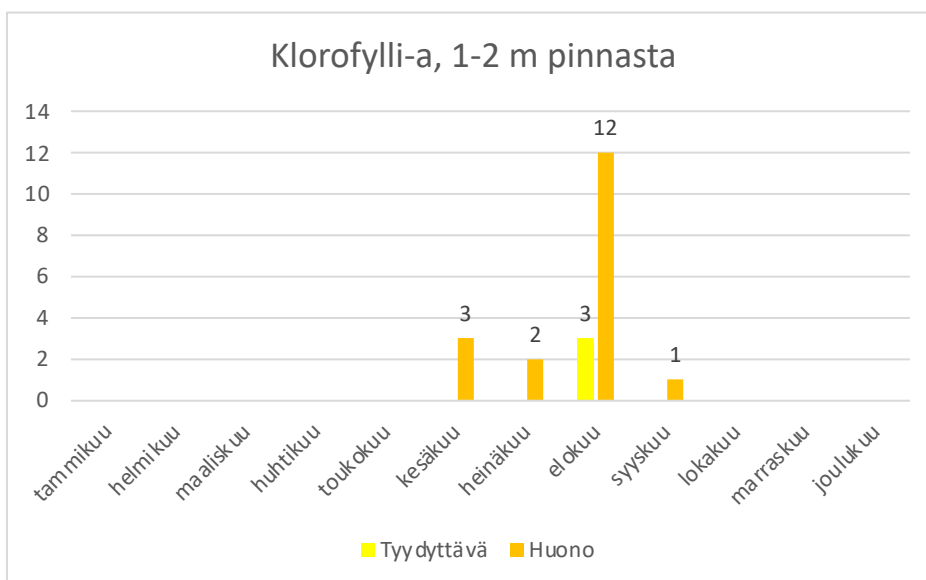
Klorofylli-a:n suhteen huonoja arvoja oli tullut kaikkina mittausajankohtina (ks. kuva 26).

Kemiallisen hapenkulutuksen suhteen pohjan huonot arvot esiintyivät kevästä sekä loppukesästä. Syksyllä esiintyi myös kemiallisen hapenkulutuksen suhteen sopimaton arvo (ks. kuva 27).

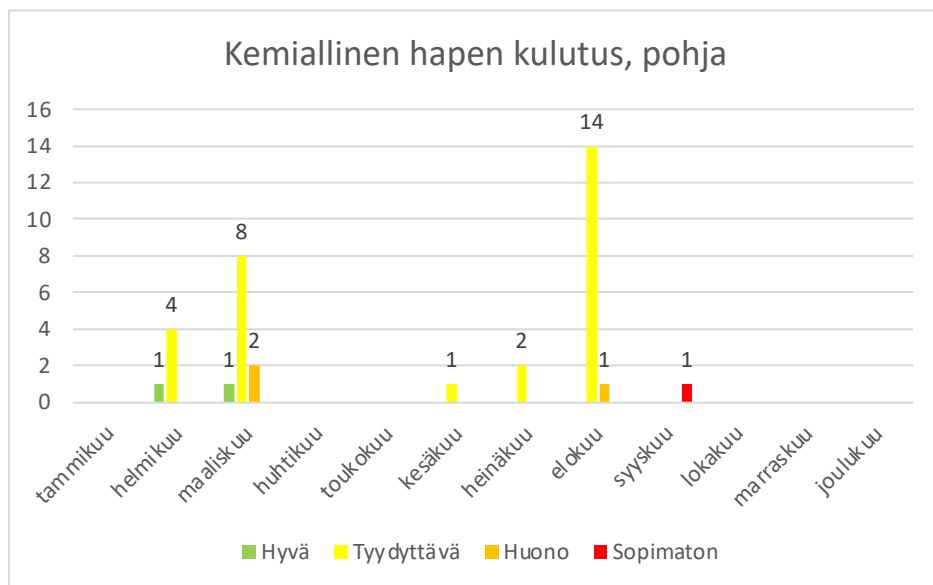
Ammoniumtypen suhteen huonoja arvoja esiintyi alusvedessä sekä keväällä että kesällä-loppukesällä ja sopimattomia arvoja loppukesästä (ks. kuva 28).



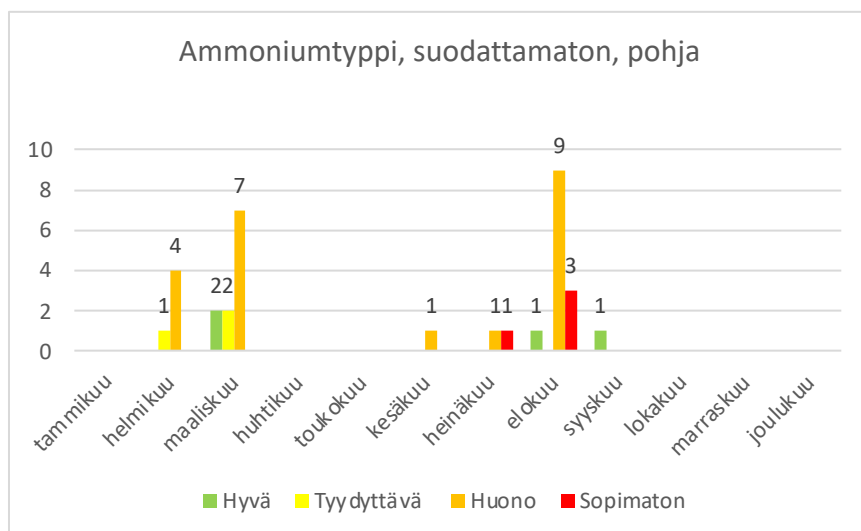
Kuva 25. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).



Kuva 26. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).



Kuva 27. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).



Kuva 28. Laatupoikkeamien esiintyminen suhteessa vuodenaikaan (kpl/kk).



06

PORRASSALMEN
POHJAVEDEN
LAATU

Hietalahden vedenottamolta käyttöön pumpattava talousvesi täyttää talousvesi-asetuksen asettamat vaatimukset. Hietalahden vedenottamon kaivoista pumpattava raakavesi ylittää raudan ja mangaanin suhteen STM:n asettamat talousveden laatuvaatimukset. Hietalahden vedenotto toimiikin pääosin raudan ja mangaanin poistolaitoksena.

6.1 Vesienhoitosuunnitelma

Porrassalmen pohjavesialue on määritelty vesienhoidossa hyvään kemialliseen ja määrälliseen tilaan. Pohjavesialueella ei ole myöskään havaittavissa sellaisia ihmistoiminnan vaikutuksia (pilaantumista tai pohjaveden pinnan laskua), että se pitäisi määritellä riskialueeksi. (Ranta, 2023.)

Porrassalmen pohjavesialue on ollut selvityskohteenä vesienhoidossa. Selvitettävänä ovat olleet golfkentän vaikutukset. Mitään hälyttävää ei ole kuitenkaan ilmennyt, joten Porrassalmen pohjavesialue on voitu luokitella tällä hetkellä hyvään kemialliseen tilaan. (Ranta, 2023.)

6.2 Pintavesi- pohjavesi -laatuysteys ja sen kehitys

Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat nähtävissä Porrassalmen pohjavedenlaadun kehityksessä.

Taulukossa 7 on esitetty Hietalahden vedenottamon kaivovedenlaadun kehityssuunta vuosina 1992–2021 ja Pikku-Surnun vedenlaadun kehityssuunta vuosina 2004–2022. Vedenlaadun kehityssuunnat ja -nopeudet on havainnoitu mittauskäyrien trendiviivoista, minkä vuoksi ne ovat suuntaa-antavia. Kaivovedenlaadun kehitys on esitetty tarkemmin vedenlaatukäyrinä (liitteessä 4). Pikku-Surnun vedenlaatukäyrät ovat liitteinä 2 ja 3.

Pinta-pohjavesilaatuysteys ja sen kehitys ei ole Porrassalmen pohjavesialueen ja Pikku-Surnun lammen välillä niin selkeä kuin Pankajoen ja Hanhikankaan poh-

javesialueen tai Kattilanlahden ja Pursialan pohjavesialueen vedenlaadun välillä. Esimerkiksi kloridipitoisuus on vähentynyt selkeästi sekä Pikku-Surnun pinta- että alusvedessä, mutta vain kaivo 4:n raakavedessä. Kemiallinen hapenkulutus on vähentynyt Pikku-Surnun vedessä, mutta kasvanut kaivojen raakavedessä. Alkaliteetti on pienentynyt Pikku-Surnussa, mutta pääosin kasvanut pohjavedessä. Arvioiduista vedenlaatuparametreista ainoastaan ammoniumtypen pitoisuus on kasvanut sekä Porrassalmen pohjavedessä että Pikku-Surnun vedessä.

Kloridipitoisuuden lasku sekä Pikku-Surnussa että kaivo 4:n raakavedessä on hyvä kehityssuunta. Ilmastonmuutoksen lisäämä liukkaudentorjuntatarve voi kuitenkin kääntää kloridipitoisuuden kasvuun. Kloridia ei esiinny luontaisesti juurikaan Mikkelin alueen pohjavesissä, vaan sen oletetaan olevan peräisin teiden ja katujen suolauksesta tai mahdollisesti jätevesien ja lannoitteiden aiheuttamasta kuormituksesta. Myös pohjaveden pH:n osittainen nousu kaivojen raakavedessä on hyvä kehityssuunta. Happamuuden pienentyminen on todennäköisesti osittain seurausta happamoittavien saiteiden vähentymisestä.

Kemiallinen hapenkulutus on kasvanut kaikkien kaivojen raakavedessä. Tätä voidaan pitää haastavana kehityssuuntana, koska kemiallisen hapenkulutuksen kasvu pohjavedessä voi johtaa lopulta hapettomiin olosuhteisiin pohjavedessä. Tällöin metallien liukeneminen lisääntyy ja haitallisia yhdisteitä voi päästä helpommin vedenottamolle. Käytettäessä klooria humuspitoisen pohjaveden desinfiointiin voi syntyä terveydelle haitallisia yhdisteitä.

Ammoniumtypen pitoisuus on kasvanut sekä Pikku-Surnun pintavesissä että alusvedessä ja se on myös kasvanut kaikkien pohjavesikaivojen vedessä. Pikku-Surnun ammoniumtypen kasvu voi olla seurausta hapettomien olosuhteiden lisääntymisestä Pikku-Surnun pintavesissä ja alusvedessä. Porrassalmen pohjaveden ammoniumtypen pitoisuuden kasvu on todennäköisesti seurausta pintaveden ammoniumtypen kasvusta ja kasvaneen vedenoton myötä kasvaneesta rantaimeytyvän veden määrästä. Tämän ohella on syytä varmistaa ettei alueella olevissa viemäreissä ole piileviä vuotoja. Ammoniumtyppi voi hapettua vedenkäsittelyn aikana tai vesijohtoverkostossa nitraatiksi ja nitriitiksi, joilla voi olla terveydellisiä haittavaikutuksia. Lisäksi ammoniumtyppi voi

reagoida desinfiointiaineena käytetyn kloorin kanssa heikentäen desinfiointitehoa (Valvira ohje 16/2018, 22). Talousvesi on kuitenkin ollut tähän asti hyvälaatuista myös ammoniumtypen, nitriitin ja nitraatin suhteen.

Taulukosta 7 voidaan myös nähdä pohjaveden lämpötilan nousu kaivoalueen kaivoissa, mikä korreloi Mikkelin vuosikeskilämpötilan nousun kanssa samalla ajanjaksolla. Mikkelin vuosikeskilämpötila on kasvanut yli 1 °C verran ajanjaksolla 1991–2020. Ilmastonmuutos nostaa siis myös pohjaveden lämpötilaa, mikä voi olla huono kehityssuunta pohjaveden laadun kannalta. Lämpötilan nousu pohjavedessä edistää bakteerien kasvua pohjavedessä. Yhdessä kemiallisen hapenkulutuksen kasvun kanssa nämä voivat johtaa siihen, että vedenvalmistuksessa voidaan joutua käyttämään enemmän desinfiointia.

6.3 Raakaveden laatu suhteessa talousvesiasetukseen

Taulukossa 8 on esitetty Hietalahden vedenottomon neljästä kaivosta (raakavedestä) ajanjaksolla 1992–2021 mitattujen suureiden keskiarvot, minimi- ja maksimit sekä Sosiaali- ja terveysministeriön talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista antaman asetuksen (talousvesiasetus, 1353/2015) mukaiset talousveden laatutavoitteet. Taulukossa on pyritty kuvaamaan mitä ominaisuuksia raakavedestä täytyy parantaa, jotta se täyttää talousvesiasetuksen asettamat laatutavoitteet. Annetut talousveden laatutavoitteet ylittyvät raakavedessä raudan ja mangaanin osalta. Mangaanin osalta pitoisuudet ylittyvät myös minimipitoisuuksien osalta.

Taulukko 7. Pintaveden ja pohjaveden laadun kehityksen suunta ja suuruus kaivovedessä ajanjaksolla 1992–2020 ja Pikku-Surnun vedenlaadun kehitys ajanjaksolla 2004–2022. Arvot on luettu kaivojen 1–4 ja näytepisteen ”Pikku-Surnu 320” vedenlaatuhavonnista laadittujen kuvaajien trendiviivoista, minkä vuoksi taulukon arvot ovat suuntaa-antavia.

Kaivo nro	Kaivo 1, v. 1992- 2021	Kaivo 2, v. 1992- 2021	Kaivo 3, v. 1992- 2020	Kaivo 4, v. 1992- 2020	Pikku- Surnu, pinta v 2004- 2022	Pikku- Surnu, pohja, v 2004- 2022
SÄHK.JOHT. [%]	8,37	0,00	2,86	0,00	-10	-18
KLORIDI [%]	0,00	1,33	1,26	-25,93	-22	-21
Fe [%]	106,25	-25,64	4200,00	1300,00	-	-
Mn [%]	72,73	1,12	28,95	32,43	-	-
pH [yksikköä]	-0,09	0,06	-0,04	0,05	0,30	0,46
VAPAA HIILIH. [%]	64,00	17,39	50,00	40,00	-	-
KOK.KOVUUS [%]	17,65	1,56	7,69	2,13	-	-
ALKALIT. [%]	20,59	-1,36	7,14	42,68	-4	-18
KMnO4-luku [%]	176,47	39,29	22,22	42,25	-14,3*	-27,8*
NH4 [%]	70,83	6,52	5,36	41,30	17	47
NO3 [%]	-83,64	155,81	-48,39	-71,88	-	-
NO2 [%]	-90,94	-93,64	-88,24	-91,30	-	-
LÄMPÖT. [%]	17,19	10,14	9,35	21,31	-	-

Taulukko 8. Hietalahden kaivojen (1–4) vedenlaatuhavaintojen minimi- ja maksimit sekä keskiarvot välillä 1991–2021.

Vedenlaatu suureiden minimi- ja maksimit ja keskiarvot Hietalahden vedenottamon kaivoista 1-4													
Mitattu suure	Kaivo 1			Kaivo 2			Kaivo 3			Kaivo 4			STM laatu vaatimus
	min	max	ka	min	max	ka	min	max	ka	min	max	ka	
SÄHK.JOHT. (mS/m)	21,1	32,6	24,9	26,3	40,3	33,1	32,3	39,2	35,7	20,9	32,7	27,2	<250
Fe (mg/l)	0,13	1,26	0,51	0,01	0,37	0,07	0,06	2	0,70	0,01	0,22	0,04	<0,2
Mn (mg/l)	0,46	1,42	0,77	0,54	1,21	0,89	0,39	1,19	0,87	0,066	0,78	0,43	<0,05
KLORIDI (mg/l)	9,78	21,1	13,9	12,3	29,6	18,9	14,15	29,1	20,2	7	18,6	13,9	<250
pH	6,3	6,7	6,5	6,6	7	6,8	6,7	7	6,8	6,3	6,8	6,5	6,5-9,5
VAPAA HIILIH. (mg/l)	17,6	51,5	33,9	14,7	41,1	25,1	13,6	42,6	25,5	22,9	57,6	36,8	-
KOK.KOVUUS (mmol/l)	0,34	1,24	0,93	0,65	1,62	1,29	0,89	1,67	1,35	0,44	1,16	0,95	-
ALKALIT. (mmol/l)	0,71	1,33	0,95	0,96	1,85	1,46	1,23	1,71	1,45	0,68	1,31	1,01	-
KMnO4-luku (mg/l)	0,9	7,1	3,4	1,5	8,3	3,5	1,9	8,7	4,1	1	7,9	3,5	<20
NH4 (mg/l)	0,02	0,15	0,07	0,04	0,24	0,10	0,04	0,2	0,12	0,01	0,15	0,06	<0,5
NO3 (mg/l)	0,1	2,74	0,9	0,07	2,29	0,9	0,05	0,6	0,3	0,37	1,94	1,0	50,0
NO2 (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,5
LÄMPÖT. (°C)	5	8,5	7,0	6	8,7	7,2	6	8,2	7,3	0,1	8,8	6,7	<20

Raakaveden suuriin rauta- ja mangaanipitoisuuksiin on kolme todennäköistä syytä. Ensinnäkin, maaperä alueella on todennäköisesti rautapitoista. Toiseksi, harjuun imeytyvä vesi tuo mukanaan enemmän happea kuluttavia aineita kuin happea. Kolmantena syynä voidaan pitää sitä, että harju on osin hautautunut veden alle. Tästä syystä pohjavesi ei pääse kosketuksiin ilman ja varsinkin hapen kanssa. Hapettomissa olosuhteissa maaperässä oleva rauta liukenee helpommin pohjaveteen.

Talousvesiasetuksessa on annettu pH:lle laatutavoite 6,5–9,5. Tavoite täyttyy keskiarvojen ja maksimiarvojen suhteen, mutta minimiarvot eivät täytä laatutavoitetta.

Talousvesiasetuksessa on annettu hapettavuudelle (CODMn-O2) laatutavoitteeksi alle 5,0 mg/l. Kaliumpermanganaattiluvuksi (KMnO4 -luku) muutettuna raja-arvo on noin 20 mg/l. Muunnoskerroin on 3,95. Kaliumpermanganaattiluvut täyttävät selkeästi annetun laatutavoitteen myös maksimiarvojen osalta.

Annetut laatutavoitteet täyttyvät kloridin, sähköjohtavuuden, lämpötilan, ammoniumtypen, nitraatin ja nitriitin osalta myös maksimiarvoilla. Vapaalle hiilihapolle, kokonaiskovuudelle ja alkaliteetille ei ole annettu raja-arvoja talousvesiasetuksessa.

6.4 Verkostoveden laatu suhteessa laatuvaatimukseen

Mikkelin vesilaitoksen jakeluverkoston veden laatua tutkitaan säännöllisesti Mikkelin vesilaitoksen ja terveydensuojeluviranomaisen toimesta valvontatutkimusohjelman mukaisesti. Tuotetun talousveden laatua valvottiin vuonna 2022 analysoimalla 12 kpl verkostovesinäytteitä. Laatuvaatimukset täyttyivät kaikkien näytteiden osalta. Laatutavoitteiden osalta poikkeamia havaittiin kaksi kertaa Hietalahden painepiirin alueella, kerran raudan ja kerran koliformisten bakteerien osalta. Uusintänäytteissä ei havaittu enää laatu-poikkeamia. Talousvesi on vuonna 2022 täyttänyt talousvesiasetuksen vaatimukset. Mikkelin vesilaitoksen tuottamat talousveden laadun tutkimustulokset vuonna 2022 on esitetty liitteessä 5. (Mikkelin Vesilaitos, 2023; Nyssönen, 2023.)



07

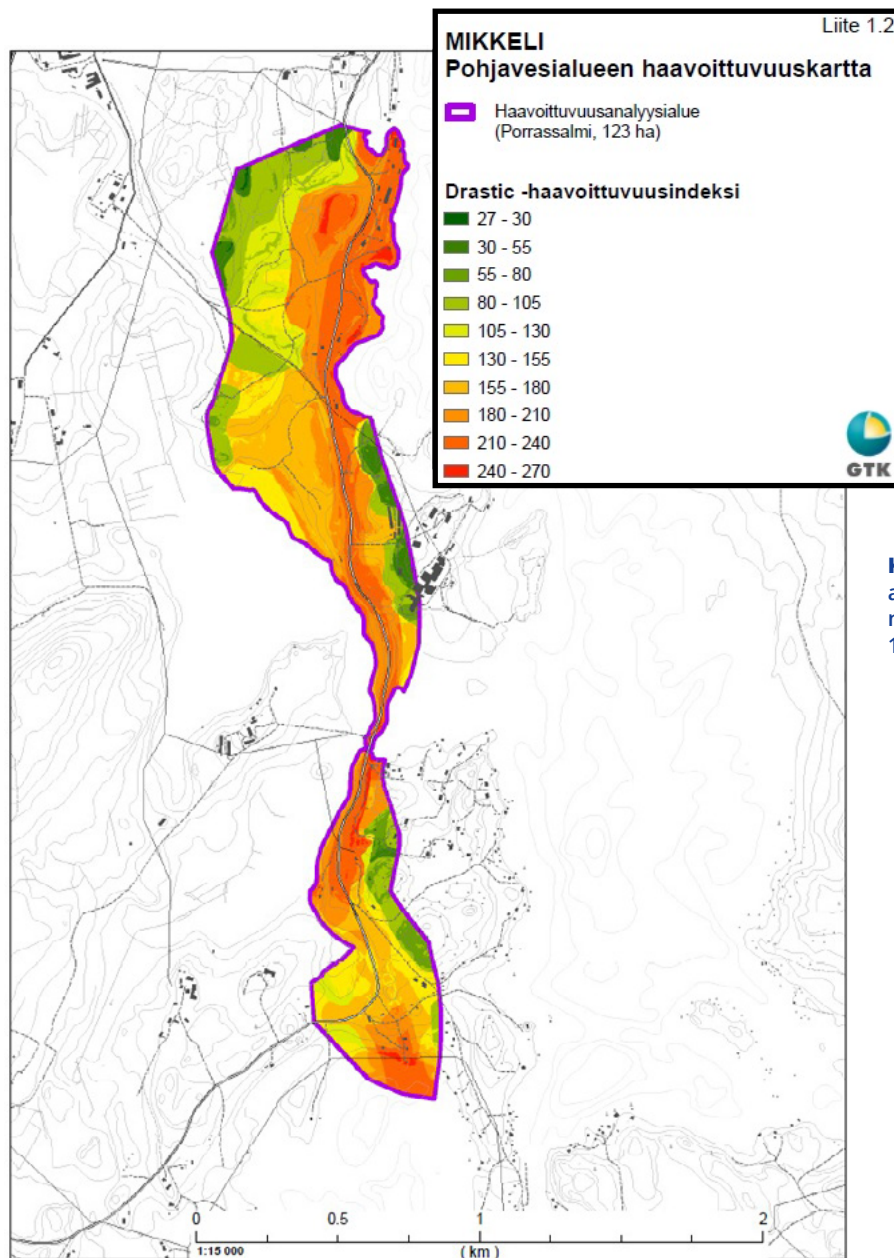
HAAVOITTUVUUS- ANALYYSIT JA RISKIANALYYSI

7.1 DRASTIC -haavoittuvuus-analyysi

Harjurunko muodostaa haavoittuvimman alueen Porrassalmen pohjavesialueella. Harjun johtavimman ja haavoittuvimman ydinosan ylittävillä liikenneväylillä tulisi huomioida riittävä pohjavesien suojaus.

Porrassalmen pohjavesialueelle on laadittu DRASTIC -haavoittuvuusanalyysi POAKORI -projektin yhteydessä vuonna 2019 (ks. kuva 29). DRASTIC-haavoittuvuusanalyysi arvioi pohjaveden vertikaalisen pilaantumispotentiaalin seitsemän hydrogeologisen parametrin perusteella; pohjaveden etäisyys maanpinnasta,

muodostuvan pohjaveden määrä, maaperä, pintamaa, maanpinnan kaltevuus, vadoosivyöhyke sekä hydraulinen johtavuus. Näiden osahaavoittuvuusarvioiden summana saadaan haavoittuvuusindeksikartta, jossa pohjaveden luontainen haavoittuvuus on esitetty värikoodein. Mitä punaisempana alue kuvautuu, sen haavoittuvampi se on analyysin mukaan. DRASTIC -haavoittuvuuskartta ei ota kantaa haitta-aineen ominaisuuksiin, riskitoimintoihin eikä pohjaveden virtaus-suuntiin eikä huomioi rantaimeytymistä. (Hyvönen & Luoma, 2019, 1–12.) DRASTIC -analyysin perusteella haavoittuvin alue on harjurungon alue. Vedenoton kannalta haavoittuvin alue on erityisesti eteläinen harjurunko.



Kuva 29 Porrassalmen pohjavesialueen DRASTIC -haavoittuvuusanalyysi (Hyvönen & Luoma, 2019, 1-12).

7.2 Pikku-Surnun ja Iso-Surnun valuma-alueiden haavoittuvuus-analyysi

Pikku-Surnun ja Iso-Surnun valuma-alueille luodussa haavoittuvuusanalyysissä alueet on jaettu neljään eri luokkaan: korkean, kohonneen, keskinkertaisen ja matalan haavoittuvuuden luokkiin, joista keskinkertaista haavoittuvuusluokkaa ei tässä tarkastelussa esiinny ollenkaan (ks. kuva 30). Haavoittuvuusanalyysi pyrkii huomioimaan tunnistetuilta pienvaluma-alueilta tulevan valumaveden (luonnon valumavedet ja hulevedet) ja sen mukanaan kuljettamien mahdollisten haitallisten aineiden, ravinteiden ja kiintoaineksen kulkeutumisen nopeuden Porrassalmen pohjavesialueen rantaimetytymisalueille. Analyysi on tehty karttatarkasteluna hyödyntäen korkeus- ja verkostokarttoja. Vesistöjen viipymien osalta tarkastelun apuna on hyödynnetty VEMALA-mallinnusohjelmaa.

Valuma-alueet on saatu yhdistelemällä Suomen ympäristökeskuksen VEMALA:ssa hyödyntämää valuma-aluerajausta ja Rambollin Mikkelin kaupungille tuottamaa pienvaluma-aluerajausta. Jokaiselle pienvaluma-alueelle on annettu omat haavoittuvuusluokat. Mikäli valuma-alueita olisi ollut mahdollista jakaa pienempiin osiin, haavoittuvuusluokat olisivat voineet olla paikoitellen matalammatkin. Rantaimetytymisalueiden valuma-alueille tehty haavoittuvuusanalyysi on suuntaa-antava. Haavoittuvuusanalyysin tarkoituksena on olla apuna pintaveden ja pohjaveden laatua uhkaavien riskien luokittelussa sekä ohjata pinta- ja pohjaveden laatua suojaavien toimenpiteiden kohdentamista ja toteutusjärjestystä.

Haavoittuvuusluokkien määrittelyssä on hyödynnetty seuraavia perusteluita:

Korkea haavoittuvuusluokka (punainen väri)

- Valuma-alueen vedet laskevat suoraan Pikku-Surnun ja Iso-Surnun rantaimetytymisalueille.
- Valuma-alueet sijoittuvat Moisionlammen ja Kapalammen rannoille tai niiden ja Iso-Surnun väliselle joelle,

joista kulkeutuminen Pikku-Surnun ja Iso-Surnun rantaimetytymisalueille voi olla nopeaa.

- Korkean haavoittuvuusluokan alueilla valumavesillä ja siinä liikkuvilla haitta-aineilla, ravinteilla ja kiintoaineksella on mahdollisuus päätyä nopeasti rantaimetytymisalueille kulkipa valumavedet alueella hulevesiviemärissä, avo-ojassa tai pintavaluntana.

Kohonnut haavoittuvuusluokka (oranssi väri)

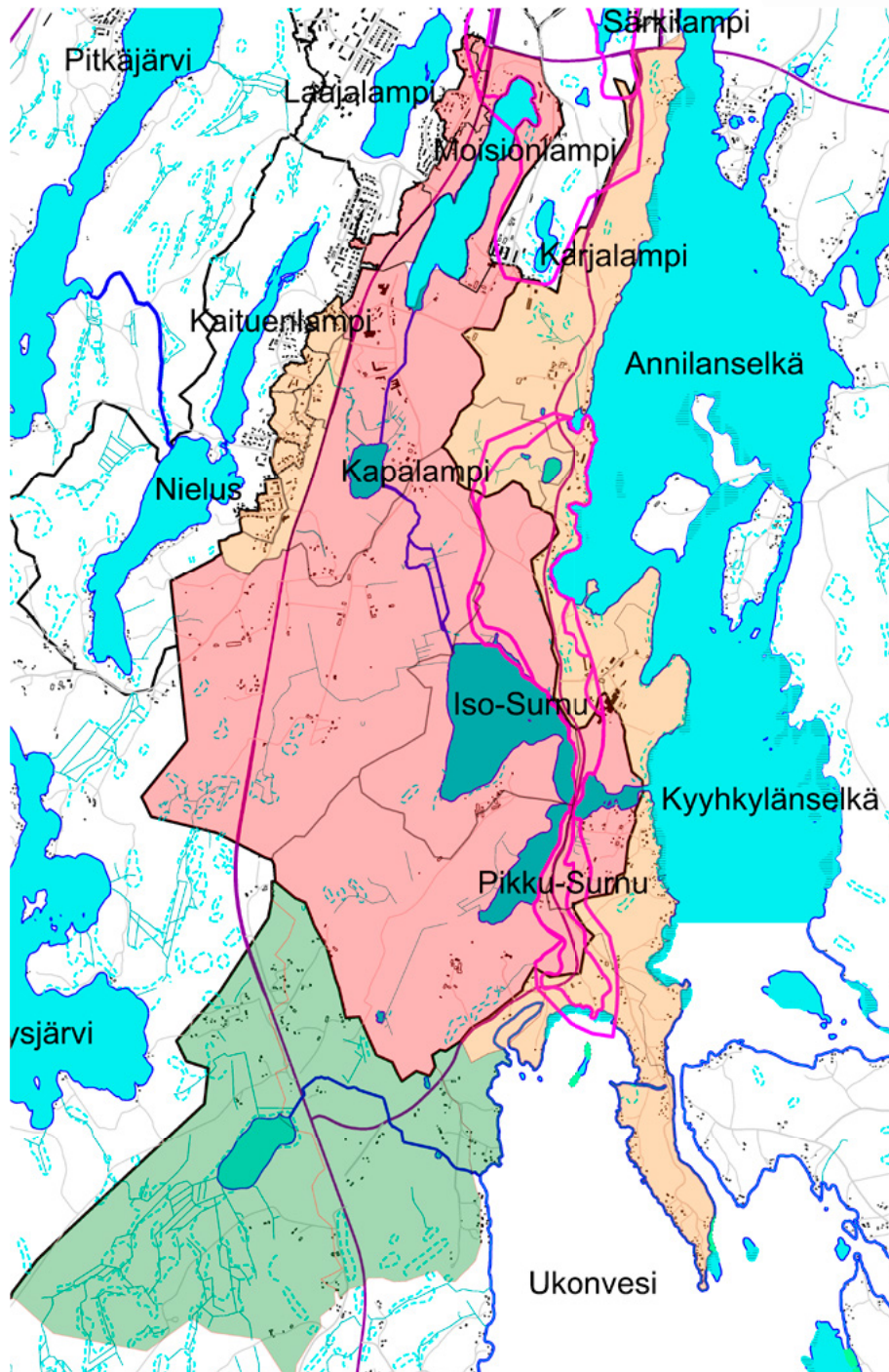
- Pienvaluma-alueilta on yhteys Saimaan rantojen puoleisille mahdollisille rantaimetytymisalueille.
- Pienvaluma-alueella on hulevesiviemäröinti/avo-ojat ja hulevedet siirtyvät nopeasti rantaimetytymisalueille laskevaan vesistöön. Niitä hidastaa kuitenkin esimerkiksi kosteikko tai muu viivyttävä rakenne tai avo-ojaosuus tai vesistö.
- Alueen valumavedet päätyvät rantaimetytymisalueille selkeästi punaista pienvaluma-aluetta hitaammin, mutta nopeammin kuin vaalean vihreän pienvaluma-alueen vedet. Tilanne voi kuitenkin muuttua hetkittäin esimerkiksi ylivalunnan aikana.

Keskinkertainen haavoittuvuusluokka (vaaleanvihreä)

- Alueella on hulevesiviemäröintiä ja/tai avo-ojat, mutta alueen vedet kulkevat jonkun selkeästi viivyttävän luontaisen (esim. vesistö) tai rakennetun alueen läpi. Rakennettu viivytyks on mitoitettu siten, että se riittää laskeuttamaan alueen kiintoaineen ja pidättää mahdollisen kemikaalionnettomuuden etenemistä.
- Alueelta on selkeä vesiyhteys rantaimetytymisalueille laskevaan vesistöön, mikä mahdollistaa hetkittäin haitallisten yhdisteiden nopean kulkeutumisen. Alue on kuitenkin selkeästi kohonnutta luokkaa kauempana rantaimetytymisalueista.
- Alueen valumavedet päätyvät selkeästi nopeammin rantaimetytymisalueille kuin matalan haavoittuvuusluokan vedet, mutta hitaammin kuin kohonneen haavoittuvuusluokan vedet.

Matala haavoittuvuusluokka (tummanvihreä)

- Alueen valumavedet virtaavat hyvin hitaasti rantaimetyimisalueille ja/tai alueella on puskurina iso vesistö, joka tasaa valumavesien vaikutusta.



Kuva 30. Pikku-Surnun ja Iso-Surnun valuma-alueen haavoittuvuusanalyysikartta. Punainen väri edustaa korkeaa haavoittuvuutta, oranssi väri kohonnutta haavoittuvuutta ja tummanvihreä väri matalaa haavoittuvuutta. Valuma-alueet on saatu yhdistelemällä Suomen ympäristökeskuksen VEMALA:ssa hyödyntämää valuma-aluejausta ja Rambollin Mikkelin kaupungille tuottamaa pienvaluma-aluejausta.

7.3 Riskianalyysin periaatteet

Pohjaveden laatua ja määrää uhkaavat tekijät voivat sijaita Porrassalmen pohjavesialueella tai ne voivat olla pintavesivälitteisiä. Pintavesivälitteiset uhat/riskit sijoittuvat lähinnä Pikku-Surnun ja Iso-Surnun valuma-alueille. Pohjaveden uhkatekijät voidaan jakaa nopeasti syntyviin ja hitaasti syntyviin uhkiin.

Nopealla uhalla tarkoitetaan sellaista uhkaa, joka syntyy nopeasti ja jonka seurauksena mahdollinen haitallinen aine/ominaisuus leviää nopeasti pohjaveteen tai rantaimeytymisalueelle. Nopean uhan tapahtuessa torjumisen suunnitteluun ja vastuiden selvittämiseen ei useinkaan ole aikaa. Pintavesivälitteinen riski, esimerkiksi kemikaalionnettomuus Kattilanlahden rantaimeytymisalueen läheisyydessä, voi kulkeutua nopeasti rantaimeytymisalueelle ja olla kriittinen uhka vedenotolle.

Hitaalla uhalla tarkoitetaan sellaista uhkaa, joka syntyy hitaasti ja jonka seurauksena mahdollinen haitallinen aine/ominaisuus leviää hitaasti pohjaveteen tai rantaimeytymisalueelle. Usein tällaisten uhkien torjumisen suunnitteluun on aikaa. Hitaasti syntyvä uhka (kuten esimerkiksi rantaimeytyvän veden laadullinen heikkeneminen) voi näennäisen pienuuden tai muutoksen hitauden vuoksi jäädä vähemmälle huomiolle. Tässä on kuitenkin riskinä, että ajan kuluessa uhan aiheuttama riski vedenotolle kasvaa. Muutos voi myös aluksi olla hidasta, mutta muuttuakin yllättäen nopeaksi. Esimerkiksi Surnunlampien pysyvästi korkea ominaiskuormituksen taso yhdessä ilmastonmuutoksen vaikutusten kanssa voi aiheuttaa Surnunlampiin yllättäen sinileväkukintoja.

Molemmat em. riskityypit on syytä tunnistaa. Riskit tulee lähtökohtaisesti poistaa tai minimoida. Merkittäviin riskeihin, joita ei voida poistaa, tulee varautua varautumissuunnitelman avulla.

Pohjavesialueella sijaitsevan ja pintavesivälitteisen riskin suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- riskikohteen sijainti haavoittuvuusanalyysikartalla, (pienempikin riski voi olla seurauksiltaan suuri korkean haavoittuvuusluokan alueella)

- riskin luonne (nopea vai hidas)

- veteen päätyvän aineen, yhdisteen tai kemikaalin kulkeutuvuus, hajoamisominaisuudet, vaarallisuus terveydelle ja haitallisuus vedenotolle

- veteen päätyvän aineen, yhdisteen tai kemikaalin päästökohta, -ajankohta ja määrä, sekä

- torjuntatöiden onnistuminen.

Riskien vakavuutta pohjavedelle ja vedenotolle on pyritty luonnehtimaan riskimatriisin avulla. Riskimatriisissa riskiä aiheuttavalle tekijälle annetaan arvot riskin toteutumisen todennäköisyydelle ja riskin seurauksien vakavuudelle. Todennäköisyyden ja seurauksen perusteella määrittyy tekijän riskiluokka ja tarvittavat toimenpiteet riskin minimoimiseksi. Riskimatriisin todennäköisyydet, seuraukset ja niiden perusteella määrittyvä riskiluokka on jaettu viiteen eri tasoon. Taulukossa 9 on esittetty riskimatriisi ja taulukoissa 10–12 riskiluokkien, todennäköisyyksien ja seurauksien selitykset.

Erittäin vähäisillä ja vähäisillä seurauksilla ei ajatella olevan merkittävää turvallisuusuhkaa pohjavedelle tai vedenotolle. Tällaisessa tapauksessa uhkaava tekijä (esimerkiksi pohjavedelle haitallinen aine) ei ole erityisen vaarallinen tai vaihtoehtoisesti sen pääsy pohjaveteen on olematonta. Näihin luokkiin kuuluvat riskit myös pystytään torjumaan nopeasti.

Kohtalaisilla ja suurilla seurauksilla voi olla merkittäviä vaikutuksia vedenotolle. Niihin lukeutuvat riskit, joissa uhkaava tekijä voi epäsuotuisissa olosuhteissa olla vaikeasti torjuttava ja aiheuttaa vedenotolle vaikeuksia tai jopa sulkea vedenoton.

Erittäin suurilla seurauksilla on selkeä turvallisuusuhka pohjavedelle ja vedenotolle riippumatta riskitapahtuman todennäköisyydestä. Niiden torjumiseen ei ole välttämättä käytettävissä paljon aikaa ja torjuntatyöt voivat olla erittäin vaativia. Nopeasti syntyvä kriittinen tai merkittävä uhka/riski on aina syytä ottaa vakavasti riskitapahtuman todennäköisyyksistä riippumatta. Pahimmillaan kriittinen tai merkittävä riski voi sulkea vedenottamon. Riskiluokista kriittinen riski ja merkittävä riski ovat riskiluokkia, joita ei tulisi esiintyä ollenkaan Porrassalmen pohjavesialueella eikä Pikku-Surnun valuma-alueen korkean ja kohonneen haavoittuvuusluokkien alueilla.

Taulukko 9. Riskimatriisi.

Riskimatriisi			Seuraukset				
			Erittäin vähäiset	Vähäiset	Kohtalaiset	Suuret	Erittäin suuret
			1	2	3	4	5
Todennäköisyys	Erittäin yleinen	5	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Kriittinen riski	Kriittinen riski
	Yleinen	4	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Kriittinen riski	Kriittinen riski
	Satunnainen	3	Matala/ei riskiä	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Kriittinen riski
	Harvinainen	2	Matala/ei riskiä	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Merkittävä riski	Kriittinen riski
	Erittäin harvinainen	1	Matala/ei riskiä	Matala/ei riskiä	Vähäinen riski	Kohtalainen riski	Kriittinen riski

Taulukko 10. Riskiluokkien kuvaukset.

Riskiluokat	Riskin vaatimat toimenpiteet
Kriittinen riski	- vaatii nopeita toimenpiteitä riskin poistamiseksi/minimoimiseksi - vaatii varautumissuunnitelman tekoa ja sen toimenpiteiden harjoittelua - vaatii riskin kehityksen aktiivista seurantaa - luokka tulee saada alenemaan toimenpiteillä ja varautumisella vähintään kohtalaiseksi riskiksi
Merkittävä riski	- vaatii järjestelmällisiä toimenpiteitä riskien poistamiseksi/minimoimiseksi - vaatii riskin kehityksen aktiivista seurantaa - voi vaatia varautumissuunnitelman tekoa ja sen toimenpiteiden harjoittelua - luokka tulee saada alenemaan toimenpiteillä ja varautumisella vähintään kohtalaiseksi riskiksi
Kohtalainen riski	- ei välttämättä vaadi akuutteja toimenpiteitä - riskin hallintaa pitää pyrkiä parantamaan käytettävissä olevin keinoin. - seurattava riskiä ja sen mahdollista kehittymistä - voi vaatia varautumissuunnitelman tekoa
Vähäinen riski	- ei välttämättä vaadi toimenpiteitä - tunnistettava riskiluokan muuttumisen mahdollisuus esim ympäristön vuoksi
Matala/ei riskiä	- ei vaadi toimenpiteitä

Taulukko 11. Todennäköisyyksien kuvaukset.

Todennäköisyys	Riskin toistuvuus
Erittäin yleinen	yli 10 kertaa vuodessa
Yleinen	6-10 kertaa vuodessa
Satunnainen	1 -5 kertaa vuodessa
Harvinainen	kerta/5 vuotta
Erittäin harvinainen	harvemmin kuin kerran 5 vuodessa

Taulukko 12. Seurauksien kuvaukset.

Seuraus	Seurauksen kuvaus
Erittäin suuret	- Riskin seuraukset uhkaavat sulkea vedenottamon toiminnan tai haavoittavat vakavasti vedenottoa tai vähentävät tuntuvasti saatavan veden määrää - Riski realisoituu nopeasti pohjavesialueella tai rantaimeytymisalueella - Seuraukset näkyvät pitkään pohjavedessä/vesistössä - Ensivaiheen torjunnan jälkeen pitkäkestoista ympäristön ennallistamista ja laajoja maanvaihtotöitä/vesistön puhdistamista/pohjaveden puhdistamista
Suuret	- Riskin seuraukset hankaloittavat tuntuvasti vedenottoa - Epäsuotuisissa olosuhteissa uhkaa sulkea vedenottamon toiminnan - Riski realisoituu nopeasti pohjavesialueella tai rantaimeytymisalueella - Ensivaiheen torjunnan jälkeen laajoja maanvaihtotöitä/vesistön/pohjaveden puhdistamista.
Kohtalaiset	- Epäsuotuisissa olosuhteissa voi hankaloittaa vedenttoa - Riski realisoituu hitaasti pohjavesialueella tai rantaimeytymisalueella - Ensivaiheen torjunnan jälkeen jälkitorjunnassa maaperän/veden/pohjaveden puhdistamista
Vähäiset	- Ei aiheuta akuuttia uhkaa vedenotolle eikä pohjavedelle - haitallisten vaikutusten laajuus maaperässä, pintavedessä tai pohjavedessä on hyvin pienialaista eikä vaikutukset päädy vedenottamolle - Ensivaiheen torjunnan jälkeen ympäristö lähes ennallaan
Erittäin vähäiset	- Ei aiheuta uhkaa vedenotolle eikä pohjavedelle - ei torjuttavaa tai ensivaiheen torjunnan jälkeen ympäristö ennallaan

Seuraavissa kappaleissa perehdytään Porrassalmen pohjavettä uhkaaviin nopeisiin ja hitaisiin uhiin sekä annetaan niiden varautumiseen tai torjumiseen tärkeitä toimenpidesuosituksia.

Riskien suuruutta (riskiluokkia) Porrassalmen pohjavesialueelle ja siellä tapahtuvalle vedenotolle on pyritty arvioimaan riskin todennäköisyyden ja seurausten perusteella. Riskien arvottaminen ja riskien minimoimiseksi annetut suositukset on tehty yhteistyössä Mikkelin kaupungin, Etelä-Savon ELY-keskuksen, Poh-

jois-Savon ELY-keskuksen, Väyläviraston, Etelä-Savon pelastuslaitoksen, Geologian tutkimuskeskuksen, Etelä-Savon Energian, Mikkelin Vesilaitoksen ja Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden kanssa.

Riskit on jaettu viiden pääotsikon alle; onnettomuusriskit, ympäristöön päästettävät kemikaalit ja niistä aiheutuvat riskit, infrarakenteiden riskit, maankäytöstä aiheutuvat riskit, ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit.

The background image is a photograph of a road winding through a forest, overlaid with a solid blue color. On the right side of the road, there is a tall, rectangular stone monument. The road has a white line marking. The text '08' is centered in the upper half of the image.

08

ONNETTOMUUS-
RISKIT

Onnettomuusriskit ovat lähtökohtaisesti kaikki nopeasti kehittyviä riskejä. Niiden toteutumishetkeä ei tiedetä ennakolta ja ne voivat sattua äkkiarvaamatta hankalien sääolosuhteiden vallitessa esimerkiksi talvimyrskyn aikaan yöllä. Ne voivat olla vedenoton kannalta vaarallisia, koska niitä ei osata ennakoida ja niiden todennäköisyyden harvinaisuuden vuoksi ne voidaan jättää huomiotta. Kemikaalionnettomuuden sattuessa voi syntyä tilanne, että aikaa suojaustoimenpiteille ei juuri ole. Riskin tunnistaminen, ennakoivat suojaustoimenpiteet ja johtamis- ja varautumissuunnitelma ovat keskeisimmät työkalut onnettomuusriskien minimoimiseksi. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi Porrassalmen pohjavesialuetta ja vedenottoa uhkaavat merkittävimmät tunnistetut onnettomuusriskit. Porrassalmen pohjavesialueella ei sijaitse huoltoasemia tai teollisuutta. Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevat huoltoasemat ja teolliset toiminnot on tarkasteltu MATTI-kohteiden osana.

8.1 Vaarallisten aineiden kuljetukset Porrassalmentiellä ja VT13:lla

Pohjavesialue:
Kriittinen nopea riski
Pikku-Surnun valuma-alue:
Merkittävä nopea riski
Ilmastomuutos lisää riskiä

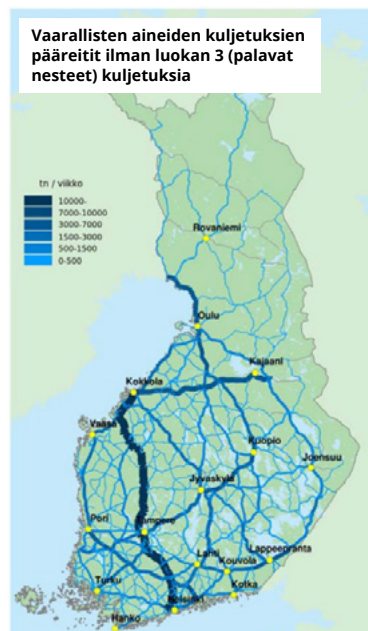


Riskin kuvaus

Porrassalmen pohjavesialueen läpi kulkee Porrassalmentie. Porrassalmentie kulkee myös vedenottamon ja rantaimeytymisalueen välistä. Tie ei kuulu kemikaalikuljetusten pääreitteihin, mutta tiellä saattaa kulkea esimerkiksi öljykuljetuksia kotitalouksiin ja ESE:n varalämpövoimalalle. Vedenottamon kohdalla on olemassa riski kemikaalirekan suistumiselle vedenottamon alueelle. Pikku-Surnun kohdalla on olemassa liikenteellinen riski Porrassalmen sillan ja Pellokseniemenkujan liittymän kohdalla. Jälkimmäisen riskin suuruutta Porrassalmen pohjavesialueelle ja vedenotolle kuitenkin pienentää alueen sijainti aivan Pikku-Surnun luusuassa. Mikäli oikovirtausta Iso-Surnusta Pikku-Surnun kautta Saimaaseen ei tapahdukaan, vaan mahdollisen onnettomuuden seurauksena Pikku-Surnuun päätyvä haitta-aine

sekoittuu koko Pikku-Surnun vesimassaan, voi tässä kohdassa tapahtuva kemikaalionnettomuus kuitenkin olla vedenoton kannalta hyvin haitallinen.

Pikku-Surnun valuma-alueen läpi kulkee Uusi Ristiintie (VT13), jolla kulkee merkittäviä määriä vaarallisten aineiden maantiekuljetuksia (ks. kuva 31). Tyypillisesti VAK/ADR-tuotteiden kuljetuksessa autosäiliön tilavuudet ovat noin 20 000–26 000 l, perävaunun tilavuus noin 30 000–42 000 litraa ja puoliperävaunusäiliöt noin 45 000–64 000 litraa (Kalin, 2021). Kemikaalikuljetuksen nettomuudessa vuodot voivat olla suuria. Traficomin tutkimuksen mukaan Etelä-Savon alueella tapahtui viisi vakavaa kemikaalionnettomuutta tiekuljetuksissa vuosina 2013–2018. (Rajamäki, 2019a, 8; Rajamäki, 2019b.)



Kuva 31. Vaarallisten aineiden kuljetusten pääreitit vuonna 2012. Karttakuvaus on toteutettu mallintamalla reittejä lähtö- ja määräpaikkojen perusteella. Uudempia karttatietoja ei ole tehty/saatavilla (Kumpulainen et al., 2013, 51, 53, 56).





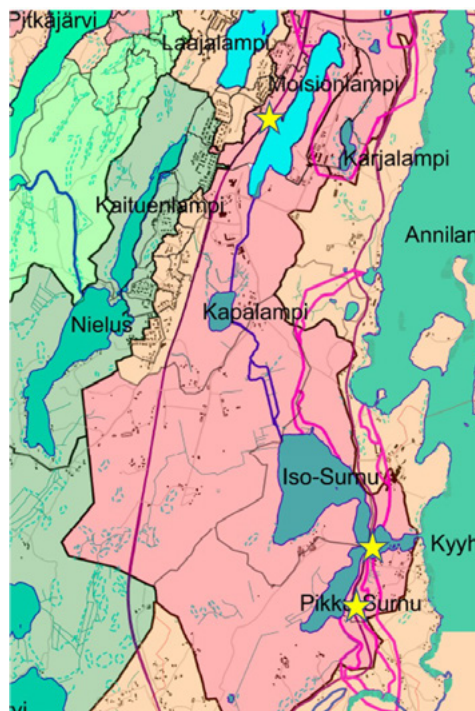
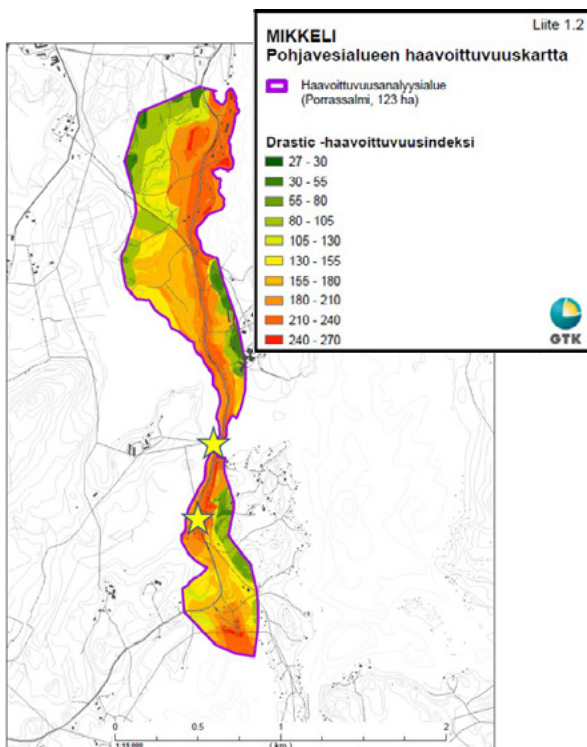
Kuva 32. Uuden Ristiinantien ja Laajatien risteys (Google maps, 2022).

Laajatien liittymän kohdalla Uudella Ristiinantiellä ei ole ollenkaan pohjavesisuojausja ja Moisionlampi sijaitsee välittömässä Uuden Ristiinantien läheisyydessä (ks. kuva 32). Moisionlammesta on pohjavesiyhteys Pursialan pohjavesialueeseen ja pintavesiyhteys Pikku-Surnuun. Porrassalmen pohjavesialue saa merkittävän osan vedestä rantaimeytymällä Pikku-Surnusta. Laajatien liittymän kohdalla mahdollisesti tapahtuvan kemikaalionnettomuuden seurauksena vapautuvan kemikaalin leviämistä vesistössä mallinnettiin VEMALA-mallinnusohjelmalla. VEMALA soveltuu erinomaisesti ennalta ehkäisevään onnettomuusriskitarkasteluun. Ohjelmaan on mahdollista syöttää haitta-aine, sen määrä ja päästöajankohta sekä päästölähteen sijainti. VEMALA mallintaa hydrologista mallia ja ilmastoennusteita hyödyntäen haitta-aineen kulkeutumisen vesistöissä eteenpäin.

Mallinnuksen mukaan Uudelta Ristiinantieltä Moisionlampeen päätyvä kemikaali viipyy Moisionlammessa vuosia ja vuotaa vuosia pieniä pitoisuuksia Pikku-Surnun rantaimeytymisalueille ja mahdollisesti myös suoraan Pursialan pohjavesialueeseen. Pääbluumin poistumiseen menee useita vuosia. (SYKE WSFS-VEMALA, 2022.) Uuden Ristiinantien ja Laajatien liittymän kohdalla mahdollisesti tapahtuva kemikaalirekkaonnettomuus voi nostaa haitta-ainepitoisuuksia haitalliselle tasolle pitkäksi aikaa sekä Moisionlammessa että Iso-Surnussa ja Pikku Surnussa ja näin ollen vaikuttaa pitkän aikaa rantaimeytyvän pohjaveden laatuun.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Riskikohteet sijaitsevat korkeimman haavoittuvuusluokan alueella pohjavesialueella ja Pikku-Surnun valuma-alueella (ks. kuva 33).



Kuva 33. VAK maantiekuljetusten riskien sijainti haavoittuvuusanalyysikartoilla (Hyvönen & Luoma, 2019).

Riskin arvottaminen ja perustelut

Porrassalmentiellä mahdollisesti tapahtuva kemikaalirekkaonnettomuus aiheuttaa kriittisen pintavesiväli-
teisen riskin (todennäköisyys 1 ja seuraus 5) Porrassal-
men pohjavesialueelle. Pikku-Surnun valuma-alueella
sattuva kemikaalikuljetusonnettomuus aiheuttaa mer-
kittävän riskin Porrassalmen pohjavesialueelle (toden-
näköisyys 2 ja seuraus 4).

Porrassalmentiellä tai Uudella Ristiinantiellä Pikku-Sur-
nun valuma-alueella tapahtuva kemikaalionnettomuus
voi vaikeuttaa vedenottoa vakavasti ja pahimmillaan
pysäyttää vedenoton. Moisionlampeen päätyvä kemi-
kaali voi kulkeutua myös Pursialan pohjavesialueelle.
Ilmastomuutos nostaa onnettomuusriskiä lisäämällä
liukkaita ajokelejä ja talvisateita, jotka tekevät ajoke-
leistä hankalammat. VEMALA:n ilmastomuutoske-
naarioiden mukaan ilmastomuutos pidentää merkit-
tävästi Pikku-Surnun keskimääräistä viipymää alivir-
taamakausilla ja lyhentää sitä vastaavasti talvi-aikaan.
Onnettomuuksien kannalta tämä tarkoittaa sitä, että
haitta-aineiden poistuminen vesistöissä talviaikaan
nopeutuu ja kesän alivirtaamatilanteessa hidastuu.

Toimenpidesuosituks

Uudella Ristiinantiellä Laajatien liittymän kohdan kemi-
kaalionnettomuusriskiä voidaan pienentää tieltä suis-
tumisen estävillä korotetuilla kaiteilla levennyksen koh-
dalla (ks. kuva 34), reunakivellä, keskisaarekkeella, tien
hulevesien hallitulla johtamisella viivytyksen kautta
Moisionlampeen sekä nopeusrajoituksen alentamisella
nykyisestä 70 km:sta/h 60 km:iin/h. Kaiteen tarvealue
on jo todettu katselmuksella Ympäristöpalveluiden ja
Pohjois-Savon ELY-keskuksen kanssa 1.9.2022. Liiken-
neturvallisuuden parantamiseksi tehtävistä toimenpi-
teistä olisi syytä laatia suunnitelma ja toteuttaa suun-
nitelman mukaiset toimenpiteet lähitulevaisuudessa.

Kaupungilla on parhaillaan suunnitteilla (kaavatasol-
la) kevyenliikenteenväylä Moisionlammen ja Uuden
Ristiinantien väliin Laajatien liittymän kohdalle. Mikäli
liittymän kohdan kaiteita ei jostain syystä saataisi vielä
vuoden 2024 aikana ja niiden rakentaminen siirtyisi
tulevaisuuteen, kaupungin suunnitteleman kevyenlii-
kenteenväylän toteutuksen yhteydessä olisi luontevaa
tehdä myös tarvittavat pohjavesisuojaukset kemikaali-
onnettomuuksien varalle. Kaavavaiheessa tulee ottaa
huomioon liikenneturvallisuuden parantamiseksi teh-
tävien toimenpiteiden tilantarve.



Kuva 34. Uuden Ristiinantien ja Laajatien liittymän kohta. Punaisella kaiteen tarve. Pohjakuva on peräisin paikkatietoikkunasta (Paikkatietoikkuna, 2022).

Porrassalmentien kemikaalionnettomuusriskiä voidaan pienentää tieltä suistumisen estävillä korotetuilla kaiteilla vedenottamon kohdalla sekä nopeusrajoituksen alentamisella 60 km:sta/h 50 km:iin/h Porrassalmen ristin kohdalla Siikasalmentien risteyskseen saakka. Porrassalmen alueelle valmistuvassa kaavassa on esitetty myös Porrassalmentien nopeusrajoituksen pienentämistä, joten nopeusrajoituksen pienentäminen on linjassa myös alueen maankäytön suunnittelun kanssa.

Ympäristöpalvelut on katselmoinut yhdessä Pohjois-Savon ELY-keskuksen kanssa 1.9.2022 kaidetarvealueen ja alueen, jossa nopeusrajoitusta tulisi pienentää. Nopeusrajoituksen pienentämisen alue (vihreä katkoviiva) ja kaidealue (punainen katkoviiva) on esitetty kuvassa 35.

Ennalta ehkäisevien liikenneturvallisuuspuutteiden korjaamisen lisäksi tarvitaan kemikaalionnettomuuksien torjunnan säännöllistä harjoitteluyhteistyötä pelastuslaitoksen, Mikkelin kaupungin, Mikkelin vesilaitoksen, Etelä-Savon ELY-keskuksen sekä Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden kanssa. Harjoittelu on tarpeen, jotta onnettomuustilanteessa ei menetetä arvokasta aikaa torjuntatoimenpiteiden suunnitteluun.



Kuva 35. Porrassalmentien osuus vihreällä, jolla tulisi alentaa nopeutta ja punaisella kaiteen tarvealue (Paikkatietoikkuna, 2022).

Riippuen kemikaalista ja sen haitallisuudesta pohjavedelle ja vedenotolle, seuraavat toimenpiteet voivat olla käyttökelpoisia onnettomuushetkellä:

1. Vedenottamon alasajo välittömästi pääbluumin ohikulkemisen ajaksi. Veden kulutuksen säännöstely ja Hanhikankaalta ja/tai Pursialasta pumpattavan vesimäärän nostaminen.
2. Rantaimeytymisalueen rantojen suojaaminen, mikäli haitta-aine kulkeutuu vedenpinnalla.
3. Suojaimeytys Porrassalmenharjun päällä esim. Saimaan vedellä, koska vedenoton imuvaikutus jatkuu edelleen ja rantaimeytyminen jatkuu vedenoton alasajosta huolimatta.
4. Mahdollinen suojapumppaus Porrassalmen harjulla, mikäli haitta-ainetta todetaan päätyvän rantaimeytymisen seurauksena pohjaveteen, sekä
5. Vedenoton asteittainen palauttaminen, kun haitta-ainebluumi on mennyt ohi ja pitoisuudet ovat turvallisia Pikku-Surnussa ja Porrassalmen pohjavedessä.

8.2 MATTI -kohteet

Pohjavesialue:
Merkittävä hidas riski
Pikku-Surnun valuma-alue:
Matala/ei riskiä/hidas riski



Riskin kuvaus

Suomen ympäristökeskus ja ELY-keskukset ylläpitävät maaperän tilan tietojärjestelmää (ns. MATTI-järjestelmä). MATTI-järjestelmässä ylläpidetään tietoja maa-alueista, joilla harjoitetusta toiminnasta on voinut päästä maaperään haitallisia aineita. Lisäksi järjestelmässä on tiedot alueista, joissa maaperä tai pohjavesi on tutkittu ja kunnostettu. Toimintansa lopettaneista ja edelleen toimivista kohteista on kerätty tietoa järjestelmään jo 1990 -luvun alusta alkaen. Porrassalmen osalta tietoja ei ole pystytty päivittämään noin 9 vuoteen, joten tietojen osalta voi olla puutteita. Usein MATTI-kohteissa on jo tapahtunut (käytön tai onnettomuuden seurauksena) maaperän ja mahdollisesti

pohjaveden pilaantuminen. Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden sisältämät haitta-aineet voivat kulkeutua vedenottamolle. Pienetkin määrät vaarallisia haitta-aineita voivat tehdä vedestä käyttökelvottoman. Vaihtelevat ympäristöolosuhteet, kuten muutokset pohjaveden pumppausmäärissä, voivat muuttaa virtausolosuhteita siten, että ennen paikallaan ollut pilaantuma voi levitä pohjaveden virtauksen mukana. Paikallaan ollut pilaantuma voi levitä myös maaperän muokkaamisen yhteydessä.

Porrassalmen pohjavesialueella on kaksi MATTI-kohdetta; ”Porrassalmen jätetäyttö” ja ”Rakennusjätteen läjitysalue Porrassalmentie 46, Porrassalmen rantatie 9”. Pohjavesialueen pohjoisosassa sijaitseva Porrassalmen jätetäyttö on merkitty luokkaan ”Selvitystarve” ja pohjavesialueen eteläosassa sijaitseva rakennusjätteen läjitysalue luokkaan ”Toiminnassa oleva kohde”.

Rakennusjätteen läjitysalue -kohde on ollut esillä jo vuoden 2010 Porrassalmen pohjavesialueen suojelusuunnitelmassa, jossa toimenpiteeksi on esitetty läjitystoiminnan lopettamista, alueen riskien arvioimista ja alueen mahdollista kunnostamista (Ylönen, 2010, 34). Rakennusjätteen läjittäminen on ollut luvaton

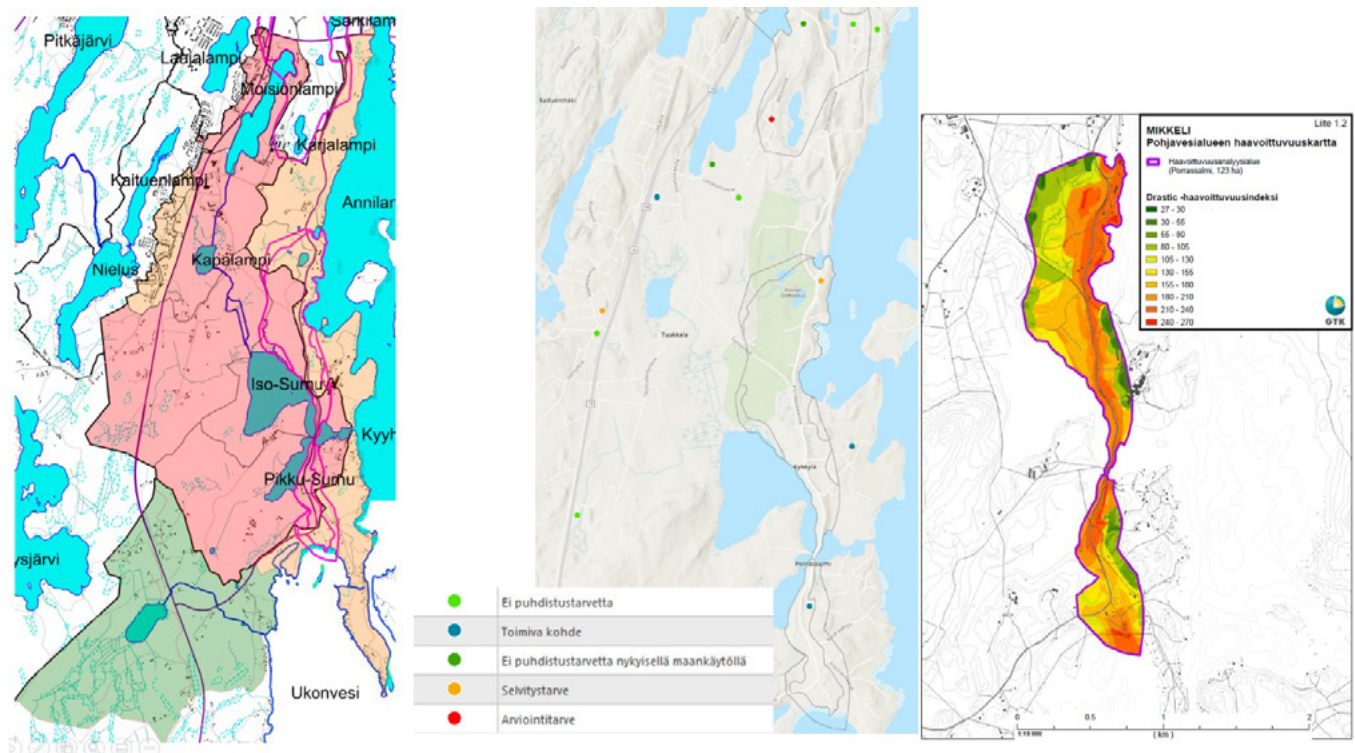
toimintaa ja toiminta on jouduttu lopettamaan oikeus-teitse. Rakennusjätteen läjitysalueen toiminta on tietävästi loppunut, mutta alueen riskejä ei ole arvioitu eikä aluetta kunnostettu. Toiminnan kuvaus tullaan muuttamaan MATTI-tietokannassa jätetäyttöalueeksi, joka kuvaa toimintaa paremmin.

Pikku-Surnun valuma-alueella ei tämän selvityksen valossa ole sellaista MATTI-kohteen aiheuttamaa riskiä, joka voisi uhata rantaimeytyvän veden laatua.

Riskien sijaointi haavoittuvuusalueilla

MATTI-kohteet sijaitsevat korkean-kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla pohjavesialueella ja korkean-kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla rantaimeytymisaluiden valuma-alueilla (ks. kuva 36).

Nykyisellä ottomäärällä Porrassalmen jätetäyttö -kohde ei ole kaivojen kaappausalueiden piirissä toisin kuin rakennusjätteen läjitysalue.



Kuva 36. Porrassalmen pohjavesialueella ja Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevat MATTI-kohteet (Hyvönen & Luoma, 2019; Rouvinen, 2023).

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pohjavesialueella olevat MATTI-kohteet aiheuttavat Porrassalmen pohjavesialueelle merkittävän hitaan riskin (todennäköisyys 3 leviämiselle ja seuraus 4). Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevat MATTI-kohteet aiheuttavat matalan riskin/ei riskiä (todennäköisyys 3 ja seuraus 1) pohjavesialueelle.

Rakennusjätteen läjitysalueelle haudattujen jätteiden laadusta ei ole tarkkaa tietoa ja se sijaitsee korkean-kohonneen haavoittuvuusluokan alueella lähellä vedenottamo.

Ilmastonmuutos voi lisätä riskiä. Ilmastonmuutoksen seurauksena pohjaveden pinta saattaa hetkittäin nousta aiempaa korkeammalle, jolloin myös pohjavedenpinnan yläpuolella olevat pilaantuneiden maiden sisältämät haitta-aineet voivat helpommin levitä pohjaveden mukana.

Toimenpidesuosituks

Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsevien MATTI -kohteiden aiheuttamaa riskiä tulee selvittää lisää ja MATTI -kohteiden kunnostusta tulee edistää. Rakennusjätteen läjitysalueen arvioinnin yhteydessä tulisi selvittää myös saman toimijan mahdollinen toinen jätteenlajitusalue Porrassalmenrantatien varressa (oranssi ympyrä kuvassa 37). Kohteiden kunnostusta voisi esittää Pirkanmaan ELY:n rahoittamaksi hankkeeksi.



Kuva 37. Selvitystarvekohteet Porrassalmen pohjavesialueella.



09

YMPÄRISTÖÖN
JOHDETTAVAT
KEMIKAALIT JA
NIISTÄ AIHEUTUVAT
RISKIT

Luontoon pääsee kemikaaleja erilaisissa toiminnoissa, kuten torjunta-aineiden ja liukkaudentorjunta-aineiden käytön seurauksena. Käytetyt kemikaalit voivat olla haitallisia ihmiselle tai pohjavedelle. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi Porrassalmen pohjavesialuetta ja vedenottoa uhkaavat ympäristöön päästettävät kemikaalit ja niiden lähteet.

Torjunta-aineiden käyttäjistä käydään jäljempänä läpi tarkemmin maatalous ja golfkenttä. Kaupungin puistoyksikkö (asumisen ja toimintaympäristön palvelualue) käyttää vuosittain pieniä määriä torjunta-aineita katu- kiveyksien kunnossapitoon idän ja lännen urakka-alueilla. Pohjavesialueilla kaupungin puistoyksikkö ei käytä torjunta-aineita. (Vuorinen, 2022.) ELY-keskus ei käytä Uuden Ristiinantien ylläpidossa torjunta-aineita Pikku-Surnun valuma-alueen korkean tai kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla tai Porrassalmen pohjavesialueella (Turkki, 2023). Näillä alueilla pientareet ja keskisaarekkeet hoidetaan mekaanisilla menetelmillä. Alueella voi olla mahdollisia muita selvittämättömiä torjunta-aineiden käyttäjiä. Myös kiinteistöhoitoyritykset saattavat käyttää torjunta-aineita. Mahdollisia torjunta-aineiden käyttäjiä olisi hyvä kartoittaa lisää tarkemman kokonaiskuvan saamiseksi. Pohjavesialueella tai Pikku-Surnun valuma-alueella ei sijaitse hautausmaita.

Ympäristöön päästettävistä kemikaaleista mikromuoveja ei ole tutkittu ollenkaan Pikku-Surnun valuma-alueen vesistöistä eikä Porrassalmen pohjavedestä. Tästä syystä niiden pohjavedelle aiheuttamaa riskiä ei pystytä määrittämään. Asia vaatisi lisätutkimuksia. Suojelusuunnitelman laadinnan yhteydessä ei ollut myöskään mahdollista tarkastella ilmalaskeumasta pohjavedelle aiheutuvia riskejä, mutta tulevaisuudessa niitä olisi tärkeä arvioida.

9.1 Liukkauden torjunta ja pölynsidonta valtion teillä

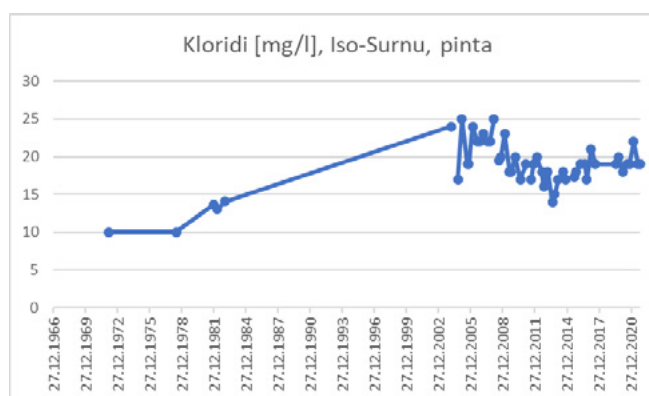
Pohjavesialue: Ei valtion teiden suolausta
Pikku-Surnun valuma-alue: Kohtalainen hidas riski
Ilmastomuutos lisää riskiä



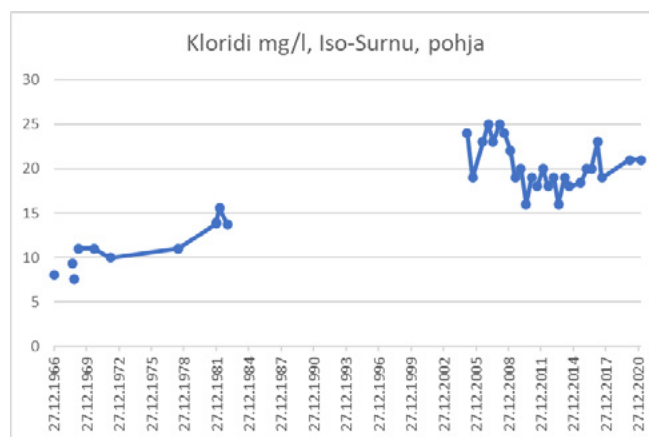
Valtion teiden liukkauden torjunnassa käytetty kalsiumkloridi tai natriumkloridi voivat kulkeutua pintavesien

kautta pohjaveteen Porrassalmen pohjavesialueelle. Sekä Porrassalmen pohjavedessä että Pikku-Surnun ja Iso-Surnun vedessä on nähtävissä luonnontilaista korkeampia kloridipitoisuuksia. Kloridipitoisuus on pienentynyt Pikku-Surnun pinta- ja alusvedessä ajanjaksolla 2004–2022 ja kaivon nro 4 raakavedessä ajanjaksolla 1992–2020. Kloridipitoisuuden kehitys Surnunlammis- sa ja kaivovedessä on esitetty liitteissä 2–4. Vaikuttaisi siltä, että rantaimetytmisalueen vedenlaatu on kloridin suhteen menossa parempaan suuntaan. Tosin vielä 1960–70 -lukujen taitteessa Iso-Surnun kloridipitoisuudet ovat olleet selkeästi pienemmät (ks. kuvat 38 ja 39). Ilmastomuutos voi vaikuttaa heikentävästi viimeisen 30 vuoden aikaiseen hyvään kehitykseen lisääntyvien liukkaiden keliä vuoksi.

Porrassalmen pohjavesialueella ei tehdä liukkaudentorjuntaa tai pölynsidontaa suolalla. Porrassalmen pohjavesialueen läpi kulkeva Porrassalmentie on 2 -hoitoluokkaan kuuluva asfalttitie (kesäsuolausta ei tarvita), jonka



Kuva 38. Kloridipitoisuudet Iso-Surnun pintavedessä ajanjaksolla 1972–2021. (SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022).



Kuva 39. Kloridipitoisuudet Iso-Surnun alusvedessä ajanjaksolla 1966–2021. (SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022).

liukkaudentorjunta hoidetaan suolattomalla hiekalla. (Turkki, 2023.)

Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsee valtion hoitama Uusi Ristiinantie, jonka hoitoluokka on Is (normaalisti aina paljaana) ja se on talvisuolauksen piirissä. Liukkaudentorjunta-aineena käytetään natriumkloridia. Suolankäyttömäärät raportoidaan tonneina karttakilometriä kohden. Uudesta Ristiinantiestä noin 4,7 kilometrin pituinen osuus sijoittuu Pikku-Surnun valuma-alueelle.

Pursialan pohjavesialueen kohdalla, tiellä 62 ja VT13:lla, suolausta pyritään vähentämään mahdollisimman paljon – samalla kuitenkin säilyttäen päätien laatuvaatimustaso (Turkki, 2022.) Pikku-Surnun valuma-alueen kohdalla ei Moisionlammen pohjoispäätä lukuunottamatta ole tällaista suolan käytön vähennystavoitetta. Pikku-Surnun valuma-alueella ei ole valtion sorateita. (Turkki, 2023.)

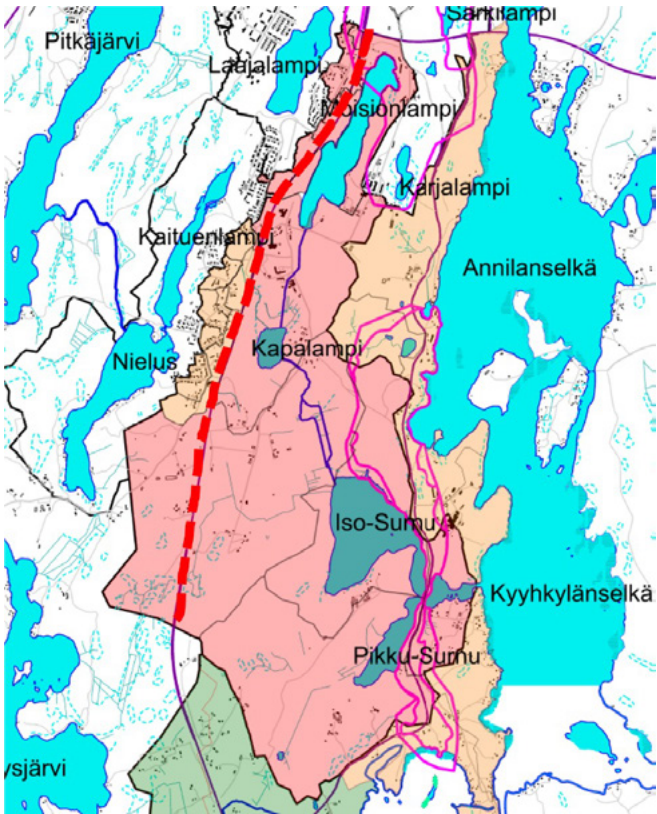
Taulukossa 13 on esitetty keskimääräiset suolankäyttömäärät VT13:lla 2019–2022. Uuden hoitourakan alusta (2019) alkaen on otettu käyttöön suolankäyttömäärien tarkka raportointi. Urakoitsijalla on käytössään automaattinen järjestelmä, jolla voidaan luotettavasti osoittaa suolauskaluston levittämän suolan määrä. Aiemmin suolankäyttömäärien raportointi on perustunut arvioon alueella käytetystä suolamäärästä verrattuna kokonaissuolan käyttömäärään. Tämä ero raportointitavoissa voi osaltaan selittää aikaisempien talvikausien huomattavasti pienempiä suolankäyttömääriä. Talvikausina 2016–2019 suolankäyttö oli 5,0–5,7 tn/km. Myös ilmastonmuutos voi osaltaan selittää kasvaneita käyttömääriä. (Turkki, 2022.)

Taulukko 13. Uuden Ristiinantien suolausmäärät talvikausina 2019–2022 (Turkki, 2022).

Talvikausi	Suolamäärä [tn/km]	Uusi Ristiinantie [tn/a]
2019-2020	8,1	38
2020-2021	8,0	37,6
2021-2022	8,2	38,5

Riskin sijainti haavoittuvuusalueella

Pikku-Surnun valuma-alueella suolattava Uusi-Ristiinantie sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella (ks. kuva 40).



Kuva 40. Suolattava Uusi Ristiinantie sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pikku-Surnun valuma-alueella tapahtuvan valtion teiden suolauksen toteutumistodennäköisyys on erittäin yleinen (5), seuraus vähäinen (2) ja riskiluokka kohtalainen. Porrassalmen pohjavesialueella on nähtävissä kohonneita pohjaveden kloridipitoisuuksia. Valtion teiden suolausta voidaan pitää merkittävänä suolan lähteenä Porrassalmen pohjavedelle. Ilmastonmuutoksen seurauksena talvet leudontuvat, minkä vuoksi liukkaudentorjunnan tarpeen odotetaan lisääntyvän. Tämä puolestaan lisää entisestään riskiä Porrassalmen pohjavesialueen pohjaveden kloridipitoisuuksien nousulle.

Toimenpidesuosituks

Pikku-Surnun valuma-alueelle sijoittuvan Uuden Ristiinantien osuudella Olkolanniemi – Anttolantie tulisi siirtyä käyttämään liukkaudentorjunta-aineena natriumkloridin sijasta kaliumformiaattia. Tämä vähentäisi riskiä pohjaveden kloridipitoisuuden nousulle tulevaisuudessa.

9.2 Liukkaudentorjunta ja pölynsidonta kaupungin kaduilla

Pohjavesialue:

Ei kaupungin katuja

Pikku-Surnun valuma-alue:

Matala hidas riski



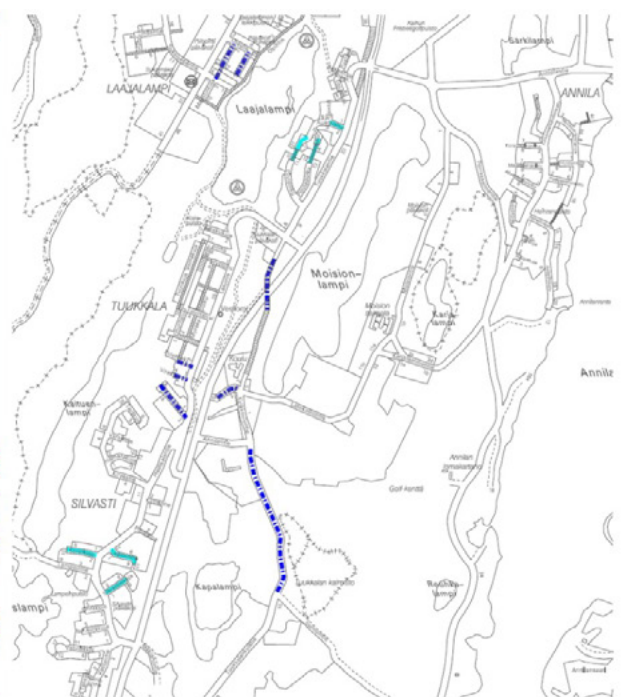
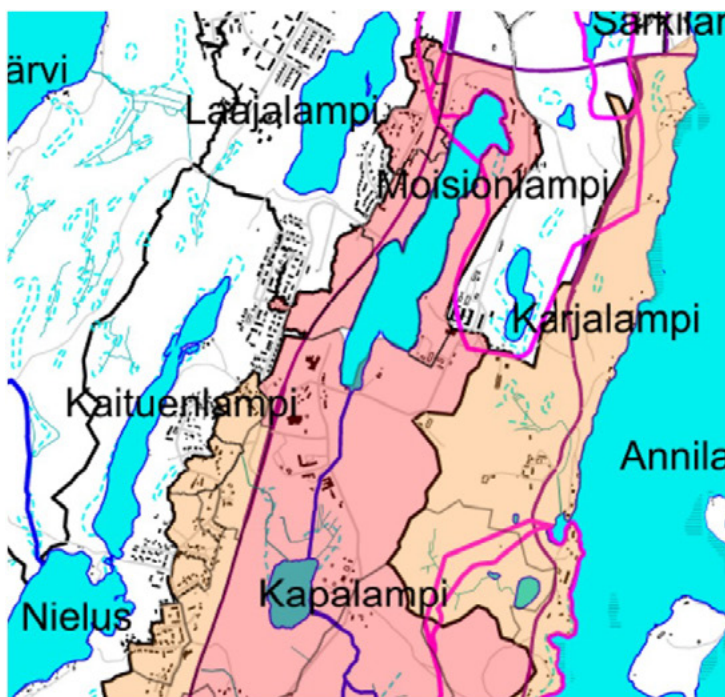
Riskin kuvaus

Liukkauden torjunnassa ja pölynsidonnassa kaupungin kaduilla käytetty kalsiumkloridi voi kulkeutua pohjaveeseen ja aiheuttaa riskin Porrassalmen pohjavesialueelle. Sekä Porrassalmen pohjavedessä että Pikku-Surnun ja Iso-Surnun vedessä on nähtävissä luonnontilaista korkeampia kloridipitoisuuksia. Kloridipitoisuus on pienentynyt Pikku-Surnun pinta- ja alusvedessä ajanjaksolla 2004–2022 ja kaivon nro 4 raakavedessä ajanjaksolla 1992–2020 (ks. kappale 9.1).

Porrassalmen pohjavesialueelle ei sijoitu kaupungin katuja. Mahdollinen liukkauden- ja pölyntorjuntaan liittyvä riski tuleeikin Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevilta sora- ja sirotepintaistilta kaduilta. Mikkelin kaupunki ei suorita talvisuolausta muutoin kuin poikkeustapauksissa. Pääsääntöisesti sorapintaist kadut kuuluvat suolauksen piiriin, mutta myös sirotepintaistia katuja suolataan kesästä riippuen. Suolaus tehdään

keskimäärin noin kaksi kertaa vuodessa per suolattava katu. Ensimmäinen suolaus tehdään heti kadun muokkauksen jälkeen keväällä ja toinen myöhemmin kesällä. Kesäsuolauksena katupölyn sidontaan käytetään 77 %:sta kalsiumkloridia. Suolan levittäminen tapahtuu nykyään lähinnä noin 30 % suolaliuoksena. Suolaliutaleita ei juuri käytetä. Suolaliutaleiden pitoisuus on noin 77–95 %. Suolaustarve on suuresti riippuvainen säästä ja kadun sijainnista. Kuivana kesänä ja aurinkoisella voimakkaasti liikennöidyllä kadulla suolaustarve voi olla suuri, kun taas metsäisellä, varjoisalla ja vähän liikennöidyllä väylällä suolausta ei tarvita välttämättä ollenkaan. (Kovanen, 2023.)

Suolaa käytetään noin 1,0–2,4 tn/km. (Kovanen, 2023.) Porrassalmen pohjavesialueelle sijoittuu sora- ja sirotepintaistia katuja yhteensä noin 1,7 kilometriä (Mouhu, 2023). Jos kaikki sora- ja sirotepintaist kadut suolataan, Porrassalmen pohjavesialueella käytetään suolaa yhdellä suolauskerralla noin 1,7–4,0 tn ja vuosittain noin 3,4–8,0 tn. Sora- ja sirotepintaisten katujen lisäksi myös keskustan asfaltoiduilla pinnoilla voidaan tehdä kevään katujen puhdistamisen yhteydessä pölynsidontaa 4 %–10 % suolaliuoksella. Suolauksen tarkoituksena on helpottaa katupölyn mekaanista poistoa. Suolaus tehdään tällöin lähinnä reunakiven vierusta, jonne pöly kertyy kevään aikana. Koko kaupungin alueella suolausmäärät ovat suuruusluokaltaan 1–2 tonnia/vuosi.



Kuva 41. Sora- ja sirotepintaistia katuja sijaitsee myös korkean ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla (Mouhu, 2023).

Mikäli keväällä on sateista ja asfalttipinnat kosteita, ei suolausta tehdä välttämättä lainkaan. (Kovanen, 2023.)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueella

Pikku-Surnun valuma-alueella suolattavat kaupungin kadut sijaitsevat korkean ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueella (ks. kuva 41).

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pikku-Surnun valuma-alueella tapahtuvan katujen suolauksen toteutumistodennäköisyys on satunnainen (3) ja seuraus erittäin vähäinen (1). Riskiluokaksi tulee matala/ei riskiä. Porrassalmen pohjavesialueella on nähtävissä kohonneita pohjaveden kloridipitoisuuksia. Ilmastonmuutos voi lisätä riskiä, mikäli kuivat kesät yleistyvät. Kuivat kesät lisäävät sora- ja sirotepintaisten katujen pölynsidonnann tarvetta.

Johtuen Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevien sora- ja sirotepintaisten katujen vähäisestä määrästä, kaupungin katujen suolauksen ei nähdä aiheuttavan riskiä Porrassalmen pohjavesialueelle eikä vedenotolle.

Toimenpidesuosituks

Suolan käyttäminen pölynsidonnassa tulee pitää mahdollisimman vähäisenä.

9.3 Annilan golfkenttä

Pohjavesialue:
Kohtalainen hidas riski
Pikku-Surnun valuma-alue:
Vähäinen hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Porrassalmen pohjavesialueella ja Iso-Surnun ja Pikku-Surnun valuma-alueilla sijaitsee Annilan Golfkeskuksen 18-reikäinen golfkenttä (ks. kuva 42). Golfkentän 9-reikäinen eteläpuoli on perustettu vuonna 1989 ja 9-reikäinen pohjoinen puoli on perustettu vuonna 1990. Kenttää on laajennettu vuonna 2000, jolloin käyttöön otettiin peltoalue eteläpuolelta. Kentällä on

leikattavaa aluetta noin 16 ha, josta noin 8 ha on hoidettavaa (viheriöt, lyöntipaikat, väylät). (Kaikkonen, 2022.)

Lannoitteita ja kasvinsuojeluaineita käytetään minimaalaisesti kentänhoitokautena toukokuun ja lokakuun välisenä aikana. Viheriöiden ja lyöntipaikkojen lannoitteena käytetään pääasiassa orgaanisia rakeisia lannoitteita esim. Greencare 14 ja Organic 12. Yhden kentänhoitokauden aikana viheriöiden ja lyöntipaikkojen lannoittamiseen kuluu noin 800–1000 kg rakeita. Viheriöllä käytetään myös ruiskutettavia lannoitteita esim. Greencare 13 nestettä, ammoniumsulfaattia, biostimulanttia sekä humushappoja.

Touko-lokakuussa 2022 käytettiin seuraavia ruiskutettavia lannoitteita:

- Primo kasvunsäädä (3 l)
- Merilevä Compass Bio Active (20 l)
- Ryder pigmentti (6 l)
- Tri Smart (10 l)
- Green care 13 (40 l)
- Green master liquid 9-0-0 (20 l)
- Ammoniumsulfaatti (70 kg)
- Humik oneshot (18 annospussia)
- Turbine Amino oneshot (9 annospussia)
- Greenmaster Liquid (10 l)
- Stresbuster (15 l), lisäksi
- Kesällä 2022 väylien lannoittamiseen kului 14 600 kg Greencare lannoitetta. Fosforien käyttö on periaatteessa olematonta. (Kaikkonen, 2022.)

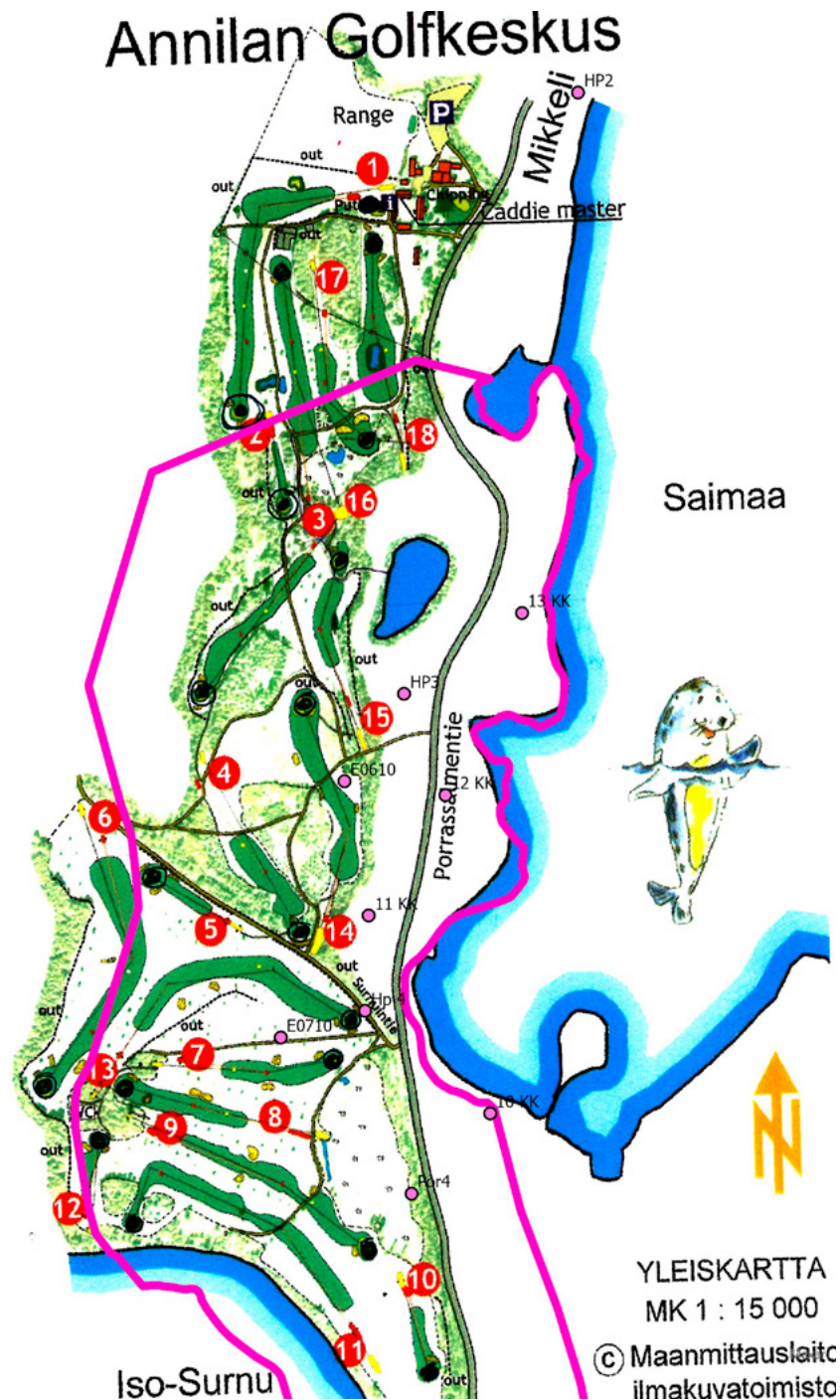
Torjunta-aineita käytetään vain viheriöillä (merkitty kuvaan 42 mustilla ympyröillä väylien päähän). Torjunta-aineita ei käytetä tiiauspaikoilla eikä väylillä. **Torjunta-aineina käytetään Minor Use -tuotteita:**

- Comet Pro:ta (1,0 l, kaksi ruiskutusta vuonna 2022)
- Juventus 90 (0,7 l, yksi ruiskutus vuonna 2022)
- Insrata elite (3,0 l, yksi ruiskutus lokakuussa 2022), sekä
- Medallion TL (3,0 l, yksi ruiskutus lokakuussa 2022). (Kaikkonen, 2022; Kaikkonen, 2023.)

Torjunta-aineista Medallion TL ei sovellu käytettäväksi pohjavesialueella. Medallion TL tehoainetta fludioksoniilia on mitattu Annilan golfkentällä sijaitsevista

pohjaveden havaintoputkista E0610 (vuosina 2010, 2020, 2021), E0710 (vuosina 2010, 2020, 2021) ja Hp 4 (vuonna 2009) sekä Por4 (vuosina 2009, 2017–2021). Kaikki mittaustulokset (yht. 12 kpl) ovat olleet alle määrittämissä rajan. Myös muiden käytössä olleiden torjunta-aineiden tehoaineiden (pyraklostrobiini, metkonatsoli,

fludioksoniili, difenokonatsoli) mittaustulokset ovat jääneet alle määrittämissä rajan. Kaikkien torjunta-aineiden tehoaineiden osalta viimeisimmät mittaukset olivat vuodelta 2021. Pohjaveden havaintoputket on esitetty kuvassa 42.



Kuva 42. Annilan Golfkeskuksen 18 -reikäinen golfkenttä. Kuvassa näkyvät myös vaaleanpunaisella värillä Pörrassalmen pohjavesialueen rajat ja pohjaveden havaintoputket (Kaikkonen, 2023; SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022).

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Annilan golfkenttä sijoittuu Porrassalmen pohjavesialueella myös korkean - kohonneen haavoittuvuusluokan alueille (DRASTIC -kartta) sekä korkean ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueille rantaimeytymisaluiden haavoittuvuuskartalla (ks. kuva 43).

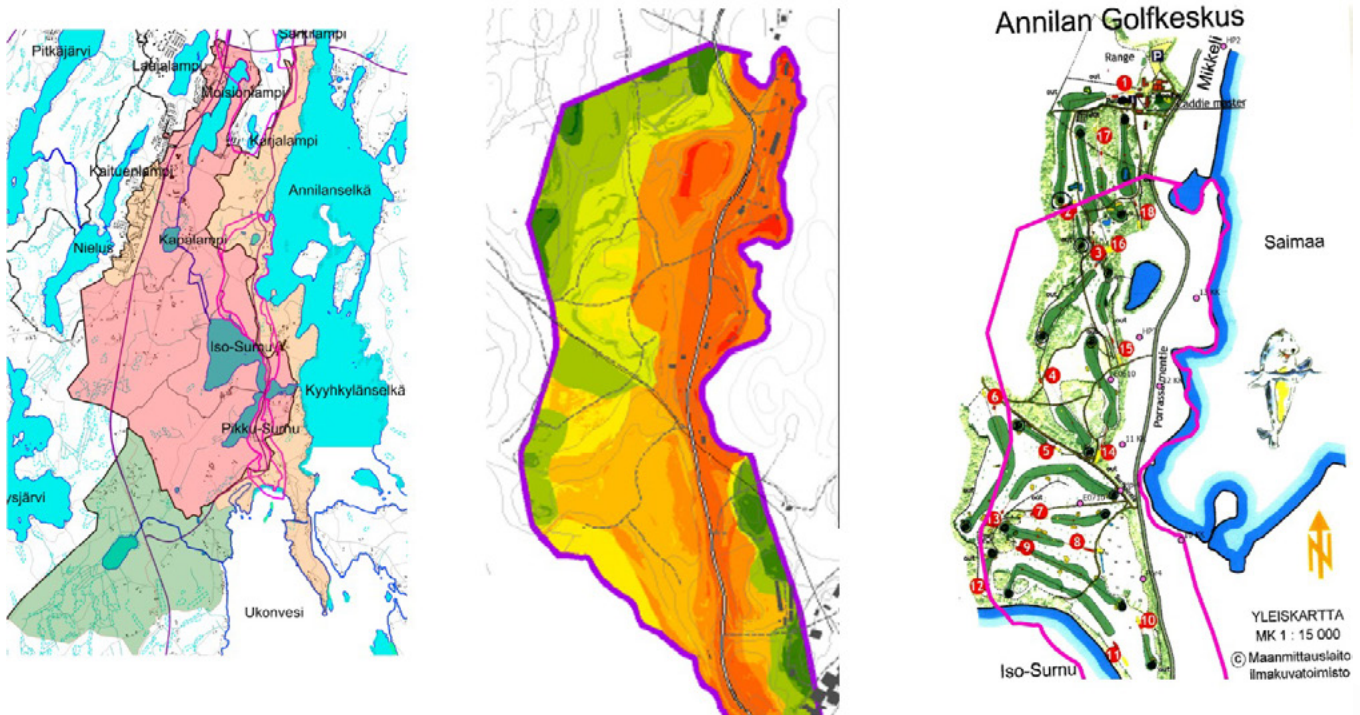
Riskin arvottaminen ja perustelut

Annilan golfkentän aiheuttama riski Porrassalmen pohjavesialueelle on kohtalainen (todennäköisyys 3, seuraus 3). Pikku-Surnun rantaimeytymisalueille Annilan golfkentän torjunta-aineiden ja lannoitteiden käytöstä aiheutuva riski arvioidaan vähäiseksi (todennäköisyys 3, seuraus 2). Golfkentän alueen maaperän säilyminen nurmipeitteisenä ympäri vuoden vähentää ravinteiden ja torjunta-aineiden kulkeutumista Iso-Surnuun ja Pikku-Surnuun. Ilmastonmuutos voi lisätä tautipainetta ja torjunta-aineiden käytön tarvetta.

Toimenpidesuosituks

Torjunta-aineista Medallion TL ei sovellu käytettäväksi pohjavesialueella ja sen käyttö on sovittu lopetettavaksi 2023. Annilan golfkentällä käytettyjen torjunta-aineiden tehoaineiden mittaamista pohjavedestä ja pintavesistä (Iso-Surnu ja Pikku-Surnu) jatketaan.

Torjunta-aineiden seuraamisen pohjavedestä pohjavesialueen haavoittuvimmilla osilla tulisi olla säännöllistä, esimerkiksi pari kertaa vuodessa tapahtuvaa. Seuranta voidaan tehdä olemassa olevia pohjavesiputkia hyödyntäen. Seurantaohjelma tulee hyväksyttävä Mikkelin seudun ympäristöpalveluilla ja Etelä-Savon ELY-keskuksella.



Kuva 43. Annilan Golfkeskuksen sijainti suhteessa haavoittuvuusanalyysikarttoihin (Kaikkonen, 2023; SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä, 2022; Hyvönen & Luoma, 2019).

9.4 Maatalous

Pohjavesialue:

Kohtalainen hidas riski

Pikku-Surnun valuma-alue:

Merkittävä hidas riski

Ilmastomuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Maanviljelyssä käytettävät torjunta-aineet ja lannoitteet voivat pohjaveteen kulkeutuessaan aiheuttaa riskin Porrassalmen pohjavesialueelle. Lannoitteet voivat lisätä myös Surnunlampien rehevyyttä ja sitä kautta huonontaa rantaimeytyvän veden laatua. Ilmastomuutos voi lisätä sekä torjunta-aineiden käytön tarvetta että myös Surnunlampiin pelloilta päätyvää kiintoaine- ja ravinnekuormaa. Tämä voi heikentää entisestään Surnunlampien vedenlaatua.

Pikku-Surnun valuma-alueesta on pelloja noin 31 % ja Porrassalmen pohjavesialueesta noin 8,5 %. VEMALA:n mukaan Pikku-Surnuun tulevasta fosforikuormasta 74 % on peräisin pelloilta. (SYKE WSFS-VEMALA, 2023; Kotanen, 2021.) HERTTA -aineiston perusteella pelloilta Surnunlampiin tuleva ojavesi on huomattavasti ravinnepitoisempaa (fosfori ja typpi) kuin Kapalammen laskuojan vesi (ks. liite 6). Surnunlampien alueelta tuleva fosfori nostaa myös Kyyhkylänselän fosforipitoisuutta keskimäärin 2 µg/l korkeammaksi kuin yläpuolisella Annilanselällä (Palomäki et al, 2014, 18).

Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsee yhteensä yhdeksän peltolohkoa (18,6 ha), jotka on esitetty kuvissa 44–46:

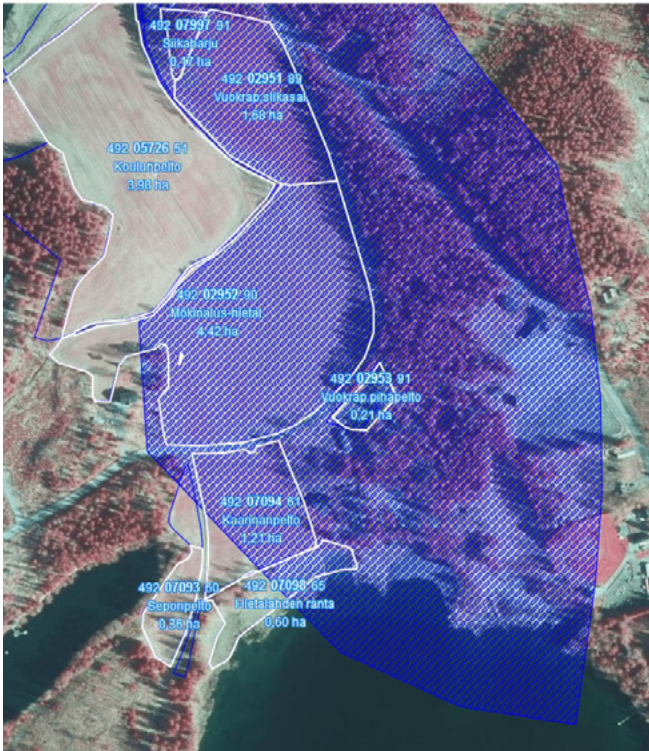
- Kujanvarsi (2,22 ha)
- Porrassalmi (osittain, pohjavesialueella 6,59 ha)
- Porrassalmi (1,5 ha)
- Siikaharju (0,17 ha)
- vuokrapelto Siikasalmi (1,68 ha)
- Mökinalus -Hitalahti (4,42 ha)
- vuokrapelto pihapelto (0,21 ha)
- Kaarinanpelto (osittain, pohjavesialueella 1,21 ha), sekä
- Hietalahden rantapelto (osittain, pohjavesialueella 0,60 ha).



Kuva 44. Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsevia peltolohkoja (Mikkonen, 2023).



Kuva 45. Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsevia peltolohkoja (Mikkonen, 2023).



Kuva 46. Porrasalmen pohjavesialueella sijaitsevia peltolohkoja (Mikkonen, 2023).

Pohjavesialueen pelloilla ei käytetä tällä hetkellä pohjavesialueelle soveltumattomia kasvinsuojeluaineita.

Kujanvarren pellosta (pinta ala yhteensä n. 3,2 ha) kaksi hehtaaria on ollut aktiiviviljelyssä. Kujanvarren pellolla (4920383402) on käytetty vuosina 2021–2022 kahta kasvinsuojeluainetta (Premium Classic SX sekä Starane 333 HL) ja vuonna 2021 myös Stabilan 750 HL kasvinuojeluainetta. (Ehrnrooth, 2023.) Kyseiset torjunta-aineet soveltuvat käytettäväksi myös pohjavesialueella. Sen sijaan aiemmin, vuonna 2020, käytetyt Qualex ja Axera Xpro eivät sovellu pohjavesialueella käytettäväksi.

Porrasalmenpellon (4920383196) pohjavesialueella sijaitsevalla osiolla ei ole käytetty torjunta-aineita ja pelto on ollut nurmella. Porrasalmenpellon (4920383196) pohjavesialueen ulkopuolisella osalla on käytetty vuonna 2022 kahta (Fenix, Metro), vuonna 2021 viittä (Qualex, Delaro, Refine Super SX, Sonis, Decis Mega EW50) ja vuonna 2020 viittä kasvinsuojeluainetta (Qualex, Refine Super SX, Sonis, Tilt 259 EC, Axera Xpro). Kyyhkylänpellot on suunnitelmissa muuttaa tulevaisuudessa suojavyöhykenurmelle. (Ehrnrooth, 2022.)

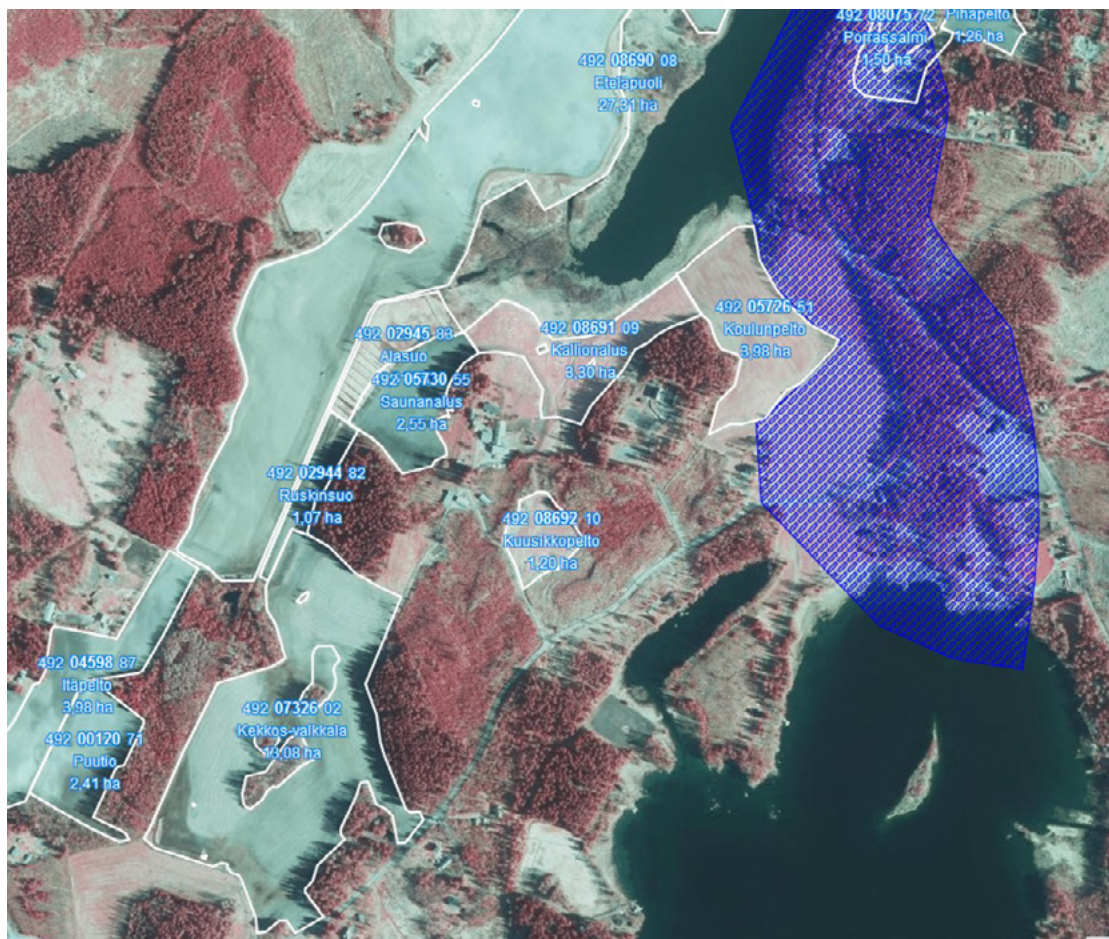
Porrasalmen pohjavesialueella vedenottamon suoja-alueella on yhteensä kaksi hehtaaria peltoalaa. Suoja-aluepäätöksen mukaan suoja-alueella on kiellettyä käyttää torjunta-aineita ja karjanlantaakaan eikä niitä ole sen vuoksi käytetty. Viljelijän mukaan suoja-alueelle sijoitettavilla pelloilla lannoitus suoritetaan puolitetulla annostuksella. (Pekonen, 2022.) Porrasalmen pohjavesialueen eteläpäädyssä sijaitsevalla suoja-alueen ulkopuolisella pelto-osuudella (5 ha) on käytetty pohjavesialueelle soveltuvia Amistar ja Proline torjunta-aineita. (Pekonen, 2022.)

Pikku-Surnun omalla valuma-alueella sijaitsevilla pelloilla (Koulunpelto, Kallionalus, Kuusikkopelto, Saunalus, Alasuo, Ruskinsuo, Kuusikkopelto) ei käytetä tällä hetkellä torjunta-aineita. Peltojen lannoitukseen käytetään karjanlantaakaan ja lannoitteita viljavuustutkimuksen ja lannoitussuunnitelman mukaisesti (ks. kuva 47). Pikku-Surnun ranta-alueen pelloilta vesistöön kohdistuvaa kuormaa on pienennetty laskuojaan rakennetulla laskeutusaltaalla. (Pekonen, 2022.)

Pikku-Surnun rannoilla olevilla pelloilla (Uhrilehdonpelto (9,11 ha), Eteläpuoli (27,21 ha) ja Pohjoispelto (6,26 ha)) viljellään viljaa (ks. kuva 48). Torjunta-aineina käytetään rikkaruohon-, tautien- ja laontorjunta-aineita.. Torjunta-aineiden laadut ja käyttömäärät vaihtelevat vuosittain ja viljeltävien lajikkeiden mukaan. Vuosina 2020–2022 on käytetty Qualex, Refine Super SX, Stabilan 750 HL, Axera Xpro, Harmony, Delaro, Sonis, Ceronne, Fenix, Decis Mega Ew 50, MCPA, Amistar, Proline, Mateno Duo, Premium Classix SX sekä Metro -kasvinuojeluaineita. Lannoitukset tehdään ympäristötukiehtojen mukaisesti. Peltovedet ohjataan laskeutusaltaiden kautta ennen niiden purkamista Pikku-Surnuun tai Iso-Surnuun. Laskeutusaltat ovat olleet käytössä jo parikymmentä vuotta. (Ehrnrooth, 2022.)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueella

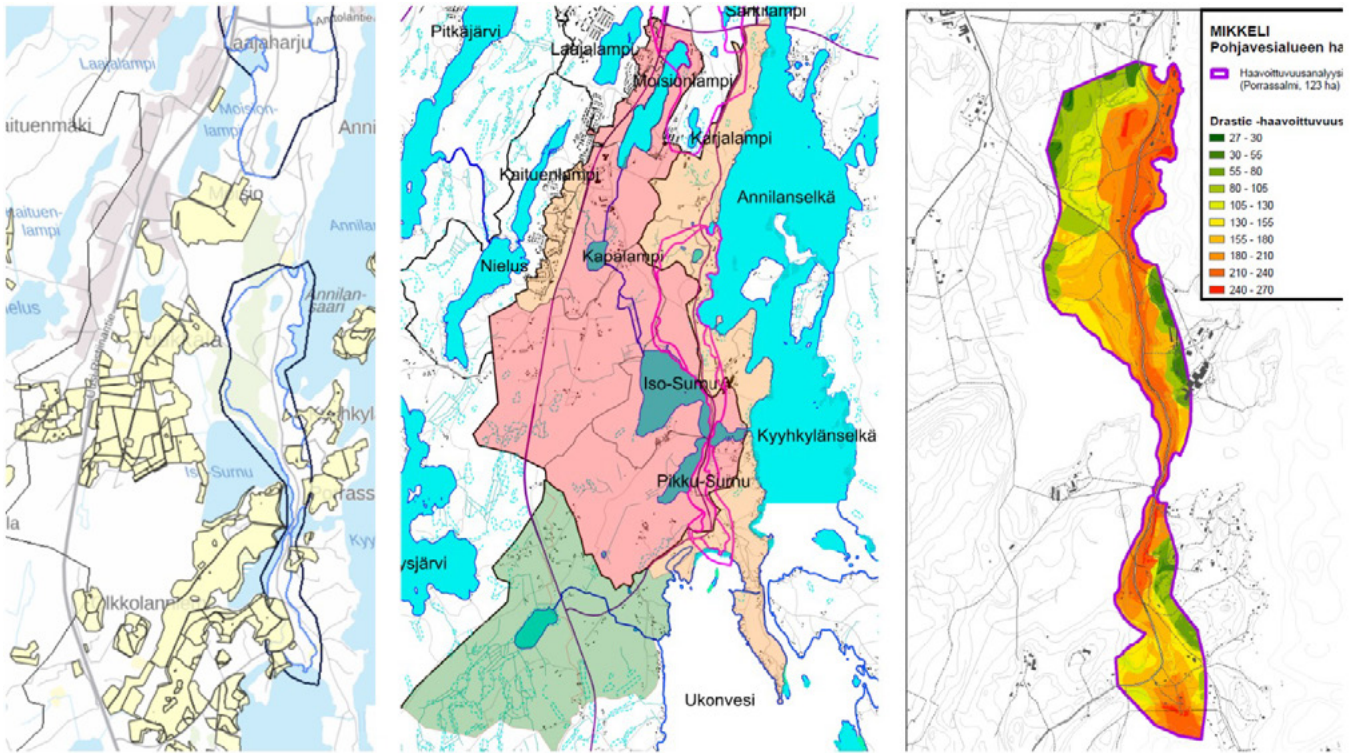
Peltoalueita sijaitsee korkean-kohonneen riskin alueilla sekä pohjavesialueella että rantaimetyymisalueiden valuma-alueilla (ks. kuva 49).



Kuva 47.
Pikku-Surnun
valuma-alueella
sijaitsevia pelloja
(Mikkonen, 2023).



Kuva 48.
Pikku-Surnun
valuma-alueella
sijaitsevia pelloja
(Mikkonen, 2023).



Kuva 49. Porrasalmen pohjavesialueella ja rantaimeytymisalueiden valuma-alueilla sijaitsevat peltolohkot vasemmalla (Maanmittauslaitos, paikkatietoikkuna, 2023) ja rantaimeytymisalueille laadittu haavoittuvuusanalyysikartta keskellä ja DRASTIC -haavoittuvuusanalyysi oikealla (Hyvönen & Luoma, 2019).

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pohjavesialueella sijaitsevilta pelloilta tulevan kuorman (lannoitteet ja mahdollisesti torjunta-aineet) aiheuttama riski Porrasalmen pohjavesialueelle on kohdalainen (todennäköisyys 1, seuraus 4). Pikku-Surnun rantaimeytymisalueille peltujen torjunta-aineiden ja lannoitteiden käytöstä aiheutuva riski on merkittävä (todennäköisyys 3, seuraus 4).

Ilmastonmuutos voi lisätä tautipainetta ja torjunta-aineiden käytön tarvetta. Ilmastonmuutoksen tuomat leudot talvet puolestaan lisäävät ravinteiden kulkeutumista vesistöihin.

Pikku-Surnun valuma-alueella käytetään pohjavesialueelle sopimattomia torjunta-aineita, koska niiden käyttö on sallittua pohjavesialueen ulkopuolella. Torjunta-aineiden kulkeutuminen valuma-alueelta rantaimeytymisalueelle muodostaa kuitenkin riskin muodostuvan pohjaveden laadulle.

Toimenpidesuosituks

Käytettyjen torjunta-aineiden tehoaineita tulisi mitata Surnunlammista ja Porrasalmen pohjavedestä. Entuudestaan tiedetään, että torjunta-aineita on jouduttu poistamaan käytöstä, kun on havaittu niiden haitalliset vaikutukset ympäristölle ja ihmisten terveydelle. Tämän – ja varovaisuusperiaatteen – vuoksi torjunta-aineiden päätyminen Porrasalmen pohjaveteen tulisi estää. Mikäli toimenpidesuosituksen mukaisessa mitauksessa havaittaisiin, että torjunta-aineita päätyy viljelyn vuoksi pohjaveteen, tulisi selvittää torjunta-aineiden käytön vähentämismahdollisuudet. Harkittavaksi tulisi mm. se, voidaanko esimerkiksi ympäristötukien mukaisilla toimenpiteillä (laaja-alaistaminen ja erityistuet) vähentää torjunta-aineiden käyttöä alueilla, joilta niiden todetaan kulkeutuvan vedenottamolle.

Peltujen kuivatusvesien laskeutusaltaiden toimivuus tulisi myös varmistaa ja niiden toimitaa tulisi tehostaa mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi helmimäisellä laskeutusallasrakenteella.

A blue-tinted photograph of a forest scene. In the foreground, a large tree trunk is on the left. In the background, a utility pole with a transformer is visible among bare trees. The ground is covered with dry grass and some snow.

10

INFRARAKENTEIDEN RISKIT

Infrarakenteilla, kuten jätevesi- ja hulevesiviemäreillä, sähkömuuntajilla ja kaukolämpöjohdoilla, mahdollistetaan kaupungin elintärkeät toiminnot. Niiden sisällään pitämät ja kuljettamat aineet voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia, mikäli niitä pääsee vuotamaan maaperän tai vesistöjen kautta pohjaveteen. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi infrarakenteiden pohjavedelle ja vedenotolle aiheuttamat riskit.

Porrassalmen pohjavesialueella ei ole tiedossa olevia maalämpökaivoja, eikä uusia lämpökaivoja tulisi myöskään asentaa alueelle. Maalämpöjärjestelmän rakentaminen pohjavesialueelle vaatii Aluehallintoviraston (jäljempänä AVI) myöntämän vesitalouslupan. Käytännössä AVI ei enää nykyään myönnä vesitalouslupia maalämpöjärjestelmien rakentamiseksi pohjavesialueille. Tämä olisi hyvä kertoa pohjavesialueelle maalämpöä suunnitteleville rakentajille, etteivät he tee turhaan suunnitelmia, joihin ei tulla saamaan lupaa.

Porrassalmen pohjavesialueella ei ole hulevesiviemäriä. Hulevesien vaikutus rantaimeytymisalueiden vedenlaatuun on käsitelty osana Iso-Surnun ja Pikku-Surnun rehevöitymisen riskiä.

10.1 Muuntamot

Pohjavesialue:
Vähäinen nopea riski
Rantaimeytymisalueiden
valuma-alueet:
Vähäinen hidas riski



Riskin kuvaus

Sähkömuuntajat voivat olla riski pohjavesialueelle, mikäli niiden sisältämä muuntamoöljy pääsee jostakin syystä valumaan maaperään tai vesistöön. Porrassalmen pohjavesialueella on ollut kaksi pylväsmuunta-moa, jotka on poistettu vuonna 2022 ja korvattu suo-ja-altaallisilla puistomuuntamoilla. Muuntajien öljyn pohjavedelle aiheuttama riski on siis pienentynyt merkittävästi. Uudet puistomuuntamot sisältävät yhteensä noin 340 kg öljyä. (Romo, 2023.)

Rantaimeytymisalueiden valuma-alueella sijaitsevat muuntamotiedot eivät olleet käytettävissä tässä riskin

arvioinnissa. Valuma-alueella, mutta pohjavesialueen ulkopuolella sijaitsevien muuntamoiden pohjavedelle ja vedenotolle aiheuttama riski arvioidaan tässä suojelusuunnitelmassa vähäiseksi. Pintavesien läheisyydessä sijaitsevat suoja-altaattomat muuntamot voivat kuitenkin aiheuttaa öljyn päätyminen pintaveteen. Tiedossa ei ole öljyvuototapauksia Porrassalmen pohjavesialueella eikä Pikku-Surnun valuma-alueella (Romo, 2023).

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Porrassalmen pohjavesialueella muuntamoita sijoituu myös korkean - kohonneen haavoittuvuusluokan alueille (DRASTIC -kartta). Sijaintikarttaa ei esitetä turvallisuussyistä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pohjavesialueella sijaitsevien sähkömuuntajien aiheuttama riski Porrassalmen pohjavesialueelle on vähäinen (todennäköisyys 3, seuraus 2). Pikku-Surnun valuma-alueilla sijaitsevien sähkömuuntajien Porrassalmen pohjavesialueelle aiheuttama riski on vähäinen (todennäköisyys 3, seuraus 2).

Sähköverkoston suojauksen ansiosta sähkölaitos saa nopeasti ilmoituksen mahdollisesta muuntajarikon aiheuttamasta suuremmasta vuodosta, minkä ansiosta pelastusviranomaisen on mahdollista saada nopeasti paikalle suorittamaan ensitorjuntatoimenpiteitä. Mahdolliset pienemmät tihkuvuodot paljastuvat muuntajien säännöllisillä tarkastuskierroksilla. Vuotojen aiheuttamaa riskiä on pienennetty öljynkeräyskaukoloilla, joihin vuotava muuntajaöljy kerätään.

Toimenpidesuosituks

Öljynkeräyskaukaloiden asentaminen Pikku-Surnun valuma-alueella vesistöjen läheisyydessä sijaitseville muuntajille.

10.2 Kaukolämpö

**Pohjavesialue:
Kohtalainen hidas riski
Rantaimeytymisalueiden
valuma-alueet:
Matala hidas riski**



Riskin kuvaus

Kaukolämpöputken vuoto voi olla riski pohjavesialueelle kaukolämpöputkissa kulkevaan veteen lisättyjen kemikaalien, korroosionestoaineen ja väriaineen, vuoksi. Riski voi muodostua Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsevien kaukolämpöputkien vuodon kautta tai pohjavesialueen läheisyydessä olevien kaukolämpöjohtojen vuodon kautta.

Kaukolämpöputkistojen ja -laitteiden suojaamiseen korroosiolta käytetään kaukolämpökemikaalia Amertrol AT3550. Kyseinen kemikaali poistaa kaukolämpöverkoston vedestä hapen tehokkaasti matalissakin lämpötiloissa, nostaa veden pH:ta, eliminoi vapaan hiilidioksidin ja suojaa kupari- ja messinkiosia. Aine on vesiliukoinen. Amertrol AT3550 -seos koostuu kolmesta eri aineisosasta (diethylhydroxylamine, 2-Amino-2-metyylipropanoli, hydrokinoni), jotka kaikki ovat myrkyllisiä ihmiselle ja ympäristölle. Amertrol AT3550 -seoksen ainesosista diethylhydroxylamine (DEHA) on vaikeasti biologisesti hajoava. DEHA:lle ilmoitettu PNEC-arvo (arvioitu haitaton pitoisuus) maaperässä on 6,4 mg/kg. Kaukolämpövedestä mitataan säännöllisesti DEHA-pitoisuutta, joka on tyypillisesti <0,3 mg/l, joten vuotavan veden pitoisuus jää PNEC-arvoa selkeästi pienemmäksi. Kaukolämpökemikaalin sisältämä hydrokinoni on helposti biologisesti hajoava (hajoaa lähes täysin yhdessä vuorokaudessa) eikä sen siten oleteta päätyvän pohjaveteen. 2-Amino-2-metyylipropanoli biologisesta hajoavuudesta ei ole käyttöturvallisuustiedotteessa mainintaa. (Akkanen, 2021; Pekansaari, 2023; Amertrol AT3550 saostumisen estoaineen käyttöturvallisuustiedote, 2019.)

Kaukolämpövedeen lisätään vuotojen havaitsemisen helpottamiseksi myös PyraGreen -väriainetta. Ainetta ei luokitella vaaraa aiheuttavaksi kemikaaliksi. Käyttöturvallisuustiedotteen mukaan PyraGreen -jauhe on kuitenkin vaikeasti biologisesti hajoava aine. (Pekan-

saari, 2023; PyraGreen -jauheen käyttöturvallisuustiedote, 2019.)

Kaukolämpöjohdot voidaan jakaa rakenteiden osalta kiinnivaahdotettuihin (nykyisin rakennettava johtorakenne) sekä tuulettuviin kaukolämpöjohtoihin (vanha johtorakenne). Kiinnivaahdotetut johdot ovat tyypiltään Mpuk/2Mpuk -johtoja. Tuulettuvat johdot ovat tyypiltään Emv, Amv, puuhka sekä Mpul -johtoja. Vanhat tuulettuvat johtolinjat ovat herkempiä vuodolle. (Akkanen, 2021)

Porrassalmen pohjavesialueella on pelkästään kiinnivaahdotettuja kaukolämpöjohtoja, yhteensä 855 m. Porrassalmen pohjavesialueella ei ole havaittu vuotoja 10 vuoden sisällä. (Pekansaari, 2023.)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Kaukolämpöjohtoja sijaitsee kaikkien haavoittuvuusluokkien alueella Porrassalmen pohjavesialueella ja korkean haavoittuvuusluokan alueella valuma-alueella. Sijaintikarttaa ei esitetä turvallisuussyistä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Kaukolämmön aiheuttama riski on kohtalainen (todennäköisyys 3, seuraus 3) pohjavesialueella ja matala Pikku-Surnun valuma-alueella (todennäköisyys 3, seuraus 1). Kaukolämpöverkoston vuototilanteessa Amertrol AT3550 -kemikaalia voi kulkeutua vuotoveden mukana vesiliukoisena maakerrosten läpi pohjaveteen ja olla siellä osittain hitaasti hajoava. Amertrol AT3550 ainesosat ovat myrkyllisiä ympäristölle ja ihmisten terveydelle. Toisaalta ko. kaukolämpökemikaali reagoi hapensitojen osalta pääosin jo verkostovedessä, eikä hapensitojen siten oleteta päätyvän pohjaveteen. Muut kemikaalin sisältämät komponentit alittavat PNEC -arvon (arvioitu haitaton pitoisuus) kaukolämpövedessä (Pekansaari, 2023).

Uusittu johtorakenne pienentää kaukolämpölinjojen vuotoriskiä. Tällä hetkellä Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsevalla kaukolämpölinjalla ei ole erillistä vuodonvalvontaa, mutta suunnitelmissa on lisätä myös Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsevan kaukolämpölinjan valvontaa osana muuta valvonta-alue-

ta. Lisäksi lisäveden tarvetta tarkkaillaan jatkuvasti Pursialan voimalaitoksella. (Pekansaari, 2023.)

Toimenpidesuosituks

Tehostetaan kaukolämpöjohtojen vuodonvalvontaa erityyppisillä valvontaratkaisilla pohjavesialueilla ja erityisesti haavoittuvimmilla alueilla. Uusiin kaukolämpölinjoihin tulisi asentaa mahdollisuuksien mukaan vuodonilmaisujärjestelmät haavoittuvimmilla pohjavesialueen osilla.

Kaukolämpöveden ainesosia tulee mitata pohjavedestä pohjavesialueen haavoittuvimmilla osilla. Seuranta tulisi olla säännöllistä, esimerkiksi 1–2 kertaa vuodessa. Seuranta voidaan tehdä olemassa olevia pohjavesiputkia hyödyntäen. Seurantaohjelma suunnitellaan yhdessä Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden ja Etelä-Savon ELY-keskuksen kanssa. Lisäksi suurempien vuotojen yhteydessä, joissa kaukolämpövedä todetaan päätyneen maaperään, tulee mitata kaukolämpöveden kemikaalien pitoisuuksia vuodon läheisyydessä olevista pohjavesiputkista.

10.3 Jätevesiviemärit

Pohjavesialue:
Kohtalainen, hidas riski
Pikku-Surnun valuma-alue:
Vähäinen, hidas riski



Riskin kuvaus

Jätevesiviemäreiden vuotojen seurauksena jätevesi voi kulkeutua maaperän tai vesistön kautta pohjaveteen ja aiheuttaa siten riskin Porrassalmen pohjavesialueelle. Vuoto voi tapahtua jätevesiviemäriin tukkeutumisen seurauksena tulvivan jätevesiviemärikaivon kautta, vioittuneen jätevesiviemäriputken tai jätevesikaivon kautta tai paineviemäriissä olevan pituussuuntaisen halkeaman vuoksi. Riski muodostuu jäteveden sisältämistä mahdollisista taudinaiheuttajabakteereista ja viruksista ja haitta-aineista. Viemäriin vuoto voi olla vaikeasti havaittavissa ja jatkua sen vuoksi pitkään. Jätevesiviemäriin haavoittuvuus lisääntyy teknisen käyttöiän loppupuolella. Erityisesti vanhat PVC -putket saattavat olla hauraita.

Betonisten jätevesiviemäreiden tekninen käyttöikä on noin 50–100 vuotta. Käyttöikä riippuu kaivu- ja asentamistyön laadusta, täyttötöistä, maaperän olosuhteista ja sen kuormittamisesta sekä putkesta johdettavan veden laadusta, saumojen tiivisteiden käyttöiästä sekä betonin ja raudoitteiden kestävyyydestä. (Petrow et al., 2017, 50, 115).

Muovisten jätevesiviemäreiden tekninen käyttöikä on noin 50 vuotta. Käyttöikä riippuu kaivu- ja asentamistyön laadusta, täyttötöistä, maaperän olosuhteista ja sen kuormittamisesta sekä putkesta johdettavan veden laadusta sekä muovin kestävyyydestä. Normaalien asumajätevesien aiheuttama kuluma muoviputkille on pientä. Vanhojen PVC -putkien materiaalin iskunkestävyys on heikompi kuin nykyisillä muoviputkilla. Uusiin putkiin verrattuna vanhat PVC-putket ovat materiaaltaan helpommin lohkeavia ja lasimaisia. (Löppönen, 2021.)

Porrassalmen pohjavesialueella on:

- Viettoviemäreitä noin 1,8 km, joista 0,5 km on teknisen käyttöiän päässä (rakennettu 1975 ja 1976). Viettoviemäreistä 0,9 km osalta ei tiedetä rakennusvuotta, mutta ne ovat todennäköisesti vanhoja. Loput putket ovat uudempia. Kaikki viemärit ovat muovisia.
- Paineviemäreitä noin 4,7 km, joista 1,4 km on 29 vuotta vanhoja ja muut uudempia. (Häkkinen, 2022.)
- Porrassalmen pohjavesialueella on noin kahdeksan jätevesiviemäriin liittymätöntä kiinteistöä. Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden tiedossa ei ole yhtään kiinteistöä, jossa jätevesiä imeytettäisiin maaperään.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueella

Jätevesiviemäreitä sijaitsee myös korkean haavoittuvuusluokan alueilla Porrassalmen pohjavesialueella ja Pikku-Surnun valuma-alueella. Sijaintikarttaa ei esitetä turvallisuussyistä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Pohjavesialueella sijaitsevien jätevesiviemäreiden aiheuttama riski Porrassalmen pohjavesialueelle on

kohtalainen (todennäköisyys 3 ja seuraus 3). Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevien jätevesiviemäreiden aiheuttama riski on vähäinen (todennäköisyys 3 ja seuraus 2).

Mikkelin vesilaitos saneeraa järjestelmällisesti vanhoja jätevesiviemäreitä pohjavesialueilta, mikä pienentää jätevesivuotojen riskiä.

Toimenpidesuosituks

Pohjavesialueella sijaitsevien, teknisen käyttöiän loppupuolella olevien jätevesiviemäreiden kunto tulisi kartoittaa ja mahdollinen saneeraus toteuttaa hyvissä ajoin ennen vuoto-ongelmien syntyä. Paineviemäreiden kunto tulisi kartoittaa painekokein niiltä osin, kun se on mahdollista. Järjestelmällistä kuntotarkkailua ja saneerausta varten tulisi tehdä verkostonhallintasuunnitelma. Myös yksityisten paineviemäreiden kunto tulisi selvittää.

Jätevesivuotojen merkkejä tulisi seurata pohjavedestä pohjavesialueen haavoittuvimmilla osilla. Seuranta tulisi olla säännöllistä, esimerkiksi pari kertaa vuodessa. Seuranta voidaan tehdä olemassa olevia pohjavesiputkia hyödyntäen. Seurantaohjelma suunnitellaan yhdessä Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden ja Etelä-Savon ELY-keskuksen kanssa.

Viemäriverkostoa tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä laajentamaan koko pohjavesialueelle. Mikäli kiinteistöä ei voida kytkeä viemäriverkostoon, tulisi jätelainsäädännön nojalla annettuja lietteiden käsittelyä koskevia säännöksiä ja määräyksiä valvoa tehostetusti.

10.4 Jätevesipumppaamot

Pohjavesialue:
Kohtalainen nopea riski
Pikku-Surnun valuma-alue:
Vähäinen hidas riski



Riskin kuvaus

Jätevesipumppaamoiden ylivuodon aiheuttama riski voi tulla Porrassalmen pohjavesialueelta, sen läheisyydestä

sekä Pikku-Surnun valuma-alueelta. Jätevesi voi jätevesipumppaamoiden ylivuotojen seurauksena kulkeutua maaperän tai vesistön kautta pohjaveteen ja aiheuttaa riskin Porrassalmen pohjavesialueelle. Riski muodostuu jäteveden sisältämisestä mahdollisista taudinaiheuttajabakteereista, viruksista ja haitta-aineista.

Porrassalmen pohjavesialueella on kolme kiinteistöpumppaamoa pohjavesialueen eteläosassa. Myös Porrassalmen pohjavesialueen pohjoisosassa on kiinteistöltä lähteviä paineviemäreitä, joten sielläkin on mahdollisesti kolme kiinteistöpumppaamoa (ei selviä verkostokarttatarkastelussa). Kiinteistöpumppaamoiden jätevesimäärät ovat kuitenkin pieniä verrattuna vesilaitoksen pumppaamoihin. Kiinteistöpumppaamoiden ylivuodoista tulisi raportoida Mikkelin seudun ympäristöpalveluille. Käytännössä raportointi on kuitenkin aika harvinaista eikä todellista kuvaa ylivuotojen määrästä ole olemassa.

Porrassalmen pohjavesialueella ei ole yhtään Mikkelin vesilaitoksen omistamaa jätevedenpumppaamoa. Lähimpänä pohjavesialuetta ovat Kyyhkylän JVP, josta on ylivuoto Saimaaseen ja Siikasalmen JVP, josta on ylivuoto pumppaamon vierelle. Pikku-Surnun valuma-alueella on Kapalammen jätevedenpumppaamo, jonka ylivuoto on Kapalampeen. Kaikki jätevesipumppaamot ovat etävalvonnassa ja varustettu varapumpuilla ja automaattisella ylivuotohälytyksillä. Tiedossa ei ole häiriötilanteita, joissa alueen jätevesipumppamoista olisi päässyt jätettä luontoon. (Kaipainen, 2023.)

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Porrassalmen pohjavesialueella sijaitsevat kiinteistöpumppaamot sijaitsevat korkean-kohoneen ja keskinkertaisen haavoittuvuusluokan alueilla. Pohjavesialueen läheisyydessä Saimaan puolella sijaitsevat pumppaamot sijaitsevat kohonneen haavoittuvuusluokan alueella. Pikku-Surnun valuma-alueella oleva Kapalammen jätevesipumppaamo sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella. Sijaintikarttaa ei esitetä turvallisuussyistä.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Kiinteistöpumppaamoiden ja jätevesipumppaamoiden pohjavesialueelle aiheuttama riski on kohtalainen

Porrassalmen pohjavesialueella (todennäköisyys 2 ja seuraus 3) ja Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevien jätevesipumppaamoiden osalta riski on vähäinen (todennäköisyys 2 ja seuraus 2).

Mikkelin Vesilaitoksen jätevesipumppaamoita tarkkailaan 24/7 etävalvonnalla ja pumppaamoissa on vuotohälytykset, joten vuodot havaitaan ja niihin pystytään reagoimaan nopeasti. Jätevesipumppaamoiden toimintahäiriöiden ja ylivuotojen riskejä on pienennetty myös jätevesipumppaamoissa olevilla varapumpuilla. Pumput ovat jatkuvassa kunnossapidossa. Mahdollisessa ylivuototilanteessa vesilaitos saa järjestettyä kantakaupungin alueella nopeasti säiliöautot paikalle. Hälytysjärjestelmien ansiosta jätevesipumppaamoiden vuodot ovat harvinaisia ja usein lyhytkestoisia.

Toimenpidesuosituks

Siikasalmen JVP:n ylivuoto tulisi ohjata kauemmas pohjavesialueesta. Kiinteistöpumppamoiden toimivuutta tulisi seurata. Siikasalmen vesiosuuskunnan kanssa tulisi sopia pumppaamoiden ylivuotojen raportoinnista Mikkelin seudun ympäristöpalveluille, vesilaitokselle ja Etelä-Savon ELY-keskukselle. Jäteveden vaikutusten seuranta tulisi järjestää pohjavedestä kuten jätevesiviemärit -kappaleessa kuvataan.

10.5 Öljysäiliöt

Pohjavesialue: Ei säiliöitä
Porrassalmen pohjavesialueella
Pikku-Surnun valuma-alue:
Vähäinen nopea ja hidas riski



Riskin kuvaus

Porrassalmen pohjavesialueella ei sijaitse pelastuslaitoksen rekisterin mukaan öljysäiliöitä. Pohjavesialueen rajauksen ulkopuolella, mutta kuitenkin sen välittömässä läheisyydessä, ovat öljysäiliöt voivat aiheuttaa kuitenkin riskin pohjavedelle ja vedenotolle. Pohjavesialueiden rajaukset eivät välttämättä perustu koko rajan pituudelta tarkkoihin maaperätutkimuksiin. Tämän vuoksi pohjavesialueiden rajojen ulkopuolisilla alueilla voi olla pohjavesiyhteyksiä varsinaiselle pohjavesialueelle, vaikka rajauksen perusteella voitaisiin

olettaa, että öljysäiliöt sijaitsevat pohjavesirajauksen ulkopuolella. Kemikaalionnettomuusriskien kannalta huomionarvoista on, että öljykuljetuksia kulkee myös Porrassalmentielle.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Porrassalmen pohjavesialueen ulkopuolella ja Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevat öljysäiliöt ovat korkean ja kohonneen haavoittuvuusluokan alueilla (ks. kuva 50).

Pelastuslaitoksen rekisteriä ei pidetä aktiivisesti ajan tasalla, joten Porrassalmen pohjavesialueella ja Pikku-Surnun valuma-alueella sijaitsevien öljysäiliöiden rekisterin mukaiset tarkistukset eivät välttämättä kerro todellista tilannetta tarkistusten tilanteesta. Säiliöiden poistamisesta ei välttämättä ole tehty kirjausta pelastuslaitoksen järjestelmään, mistä syystä osa tarkastamatta jätetyistä säiliöistä voi olla jo poistettu. (Haapiainen, 2022.) Mikkelin seudun ympäristöpalvelujen ympäristönsuojelumääräysten (hyväksytty Mikkelin kaupunginvaltuustossa 26.4.2021 § 53) 32.5 §:n mukaisesti käytöstä poistetuista maanalaisista öljysäiliöistä tulee ilmoittaa kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle ja pelastusviranomaiselle.

Riskin arvottaminen ja perustelut

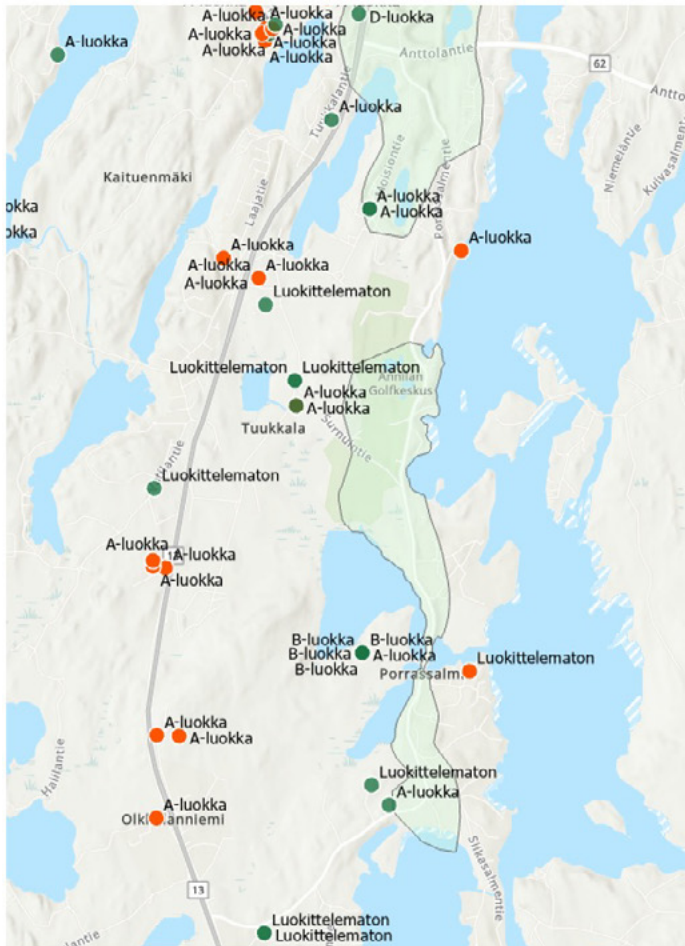
Rantaimeytymisalueiden valuma-alueille sijoittuvat öljysäiliöt muodostavat vähäisen nopean ja hitaan riskin pohjavedelle ja vedenotolle (tod. 2 ja seuraus 2).

Toimenpidesuosituks

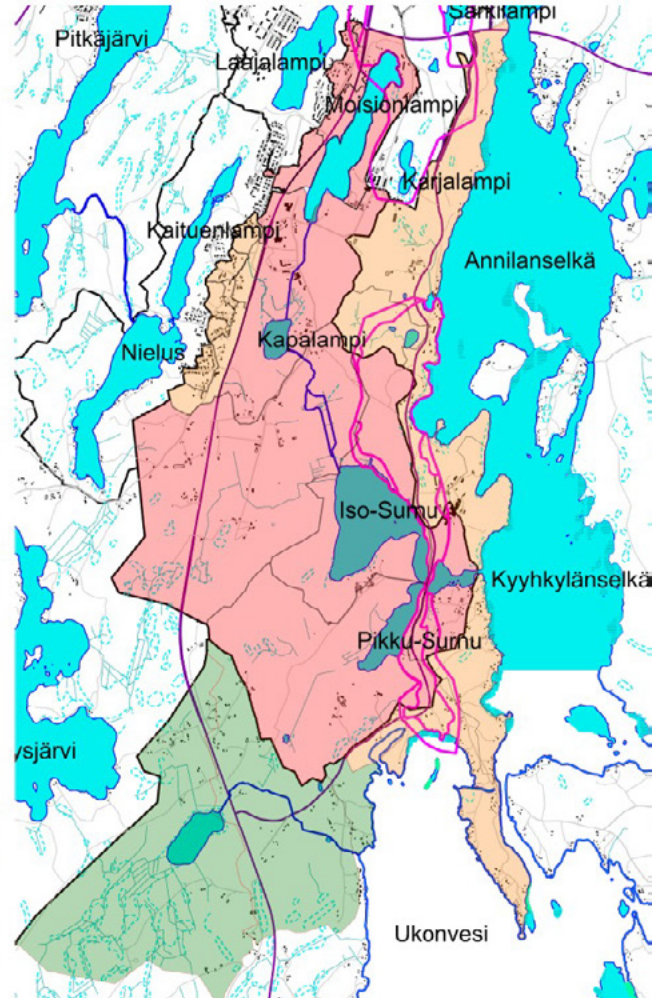
Porrassalmen pohjavesialueen ulkopuolisten säiliöiden osalta tulisi huolehtia erityisesti pohjavesialueen rajojen läheisyydessä riittävistä öljysäiliöiden kunnan tarkistuksista.

Öljysäiliöiden kunnan tarkistuttamisesta tulisi järjestää kampanja lähitulevaisuudessa rekistereiden ajantasaiseksi saamiseksi ja tarkistamattomien huonokuntoisten säiliöiden kartoittamiseksi. Mikkelin seudun ympäristöpalveluiden ympäristönsuojelumääräysten 32.2 §:n mukaan kaikki tilavuudeltaan yli 1,5 m³ polttoaine- ja kemikaalisäiliöt suositellaan tarkastettavaksi

Tukesin valtuuttamalla tarkastajalla vähintään kerran kymmenessä vuodessa sijainnista riippumatta, ellei lainsäädäntö edellytä lyhyempää tarkastusväliä.



Ulkona maan-alla ●



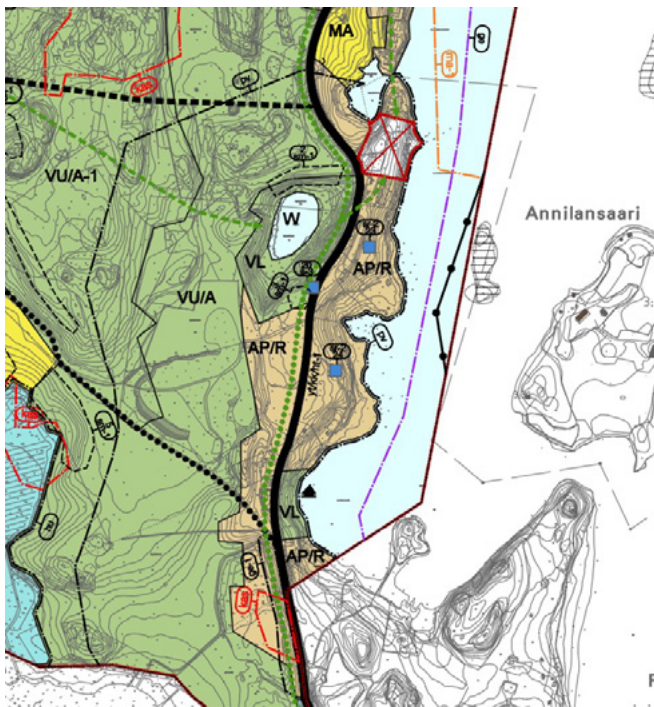
Kuva 50. Rantaimeytymisalueiden valuma-alueilla sijaitsevat öljysäiliöt. Punaisella merkityt säiliöt ovat ulkona maan alla. Öljysäiliötiedot on saatu pelastuslaitoksen rekisteristä (Haapiainen, 2022).



11

MAANKÄYTÖSTÄ
AIHEUTUVAT
RISKIT

Hietalahden vedenottamolla on suoja-alue, joka suojelee vedenoton kannalta kriittisintä aluetta maankäytön riskeiltä (ks. kappale 4.3). Toistaalta Porrassalmentie kulkee jo ydinharjun päällä, DRASTIC -haavoittuvuusanalyysin mukaisella korkeimman haavoittuvuusluokan alueella, lähes koko pohjavesialueen matkalla. Maankäyttöriski on siinä mielessä jo toteutunut pohjavesialueella ja se tulisi huomioida Porrassalmentien pohjavesisuojauksissa (ks. kappale 8.1). Porrassalmen pohjavesialueen harjuytimen haavoittuvuus tulisi huomioida tulevaisuudessa erityisesti pohjavesialueen pohjoisosan rakentamisessa (ks. kuva 51). Maankäyttöriskeistä käydään tässä läpi tarkemmin metsät ja metsätalous. Porrassalmen pohjavesialueella ei ole maa-ainestenottoa kuten ei myöskään Pikku-Surnun valuma-alueella (Maa-aineslupien tietojärjestelmä, ns. NOTTO-rekisteri, 2023).



Kuva 51. Ote Porrassalmen pohjavesialueen osa-yleiskaavasta. Kuvassa AP/R kaavamerkinnot sijoittuvat korkean-kohonneen haavoittuvuusluokkien alueille ja mahdollistavat pientalo- ja lomarakentamisen kaavamerkinnot alueille.

11.1 Metsätalous

Pohjavesialue:

Vähäinen hidas riski

Pikku-Surnun valuma-alue:

Vähäinen hidas riski



Riskin kuvaus

Metsätalouden toimenpiteistä pohjavesialueen hydrogeologiaan vaikuttavat selvimmin ojitus, maan muokkaus ja hakkuut. Ojitus voi alentaa pohjaveden pintaa, nopeuttaa veden virtausta ja muuttaa alueen hydraulisia ominaisuuksia. (Ylönen, 2010, 58–59.) Porrassalmen pohjavesialueen pinta-alasta noin 30 % on metsäpeitteistä (Kotaniemi, 2021).

Valuma-alueella metsänhoitotoimenpiteet voivat puolestaan lisätä Pikku-Surnuun tulevaa ravinne- ja kiintoainekuormaa. Pikku-Surnun valuma-alueen pinta-alasta noin 42 % on metsäpeitteistä (SYKE WSFS-VEMALA, 2023).

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

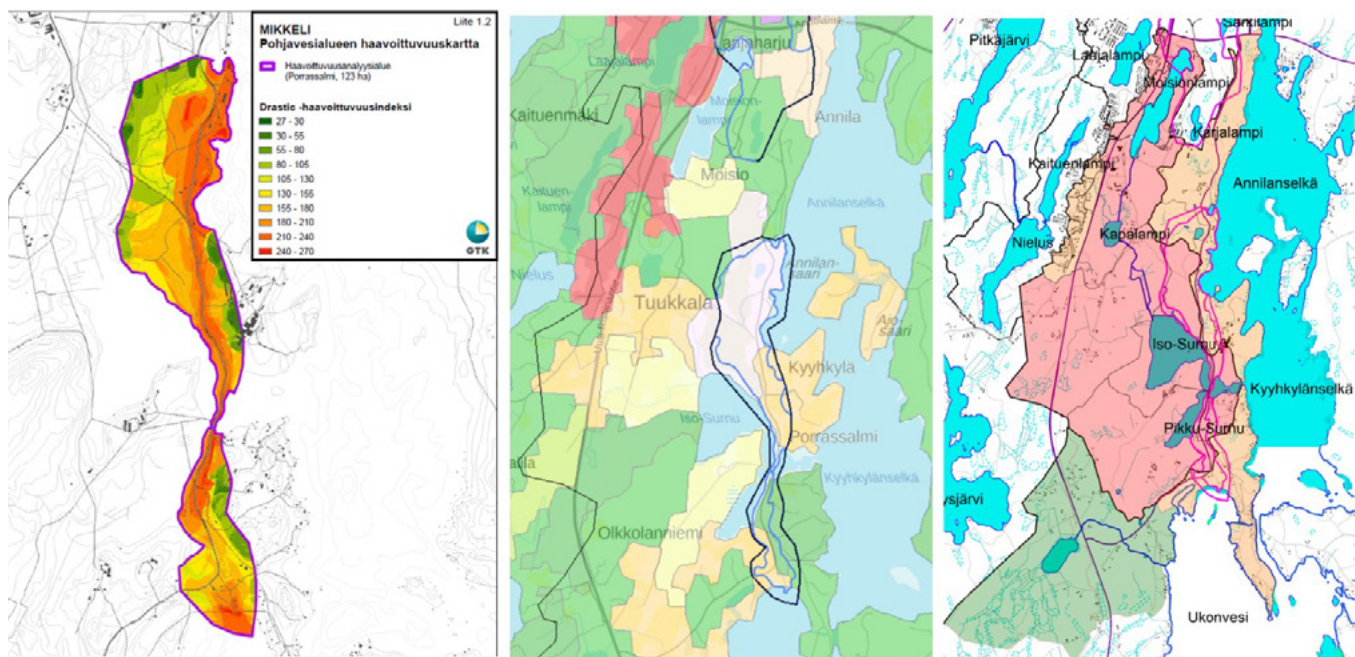
Metsiä sijaitsee korkean ja kohonneen haavoittuvuusluokkien alueilla sekä Porrassalmen pohjavesialueella että Pikku-Surnun valuma-alueella (ks. kuva 52).

Riskin arvottaminen ja perustelut

Porrassalmen pohjavesialueella toteutettavat metsätaloustoimet aiheuttavat pohjavesialueelle vähäisen riskin (todennäköisyys 3, seuraus 2). Pikku-Surnun valuma-alueella toteutettavat metsätaloustoimet aiheuttavat vähäisen riskin (todennäköisyys 3, seuraus 2) Porrassalmen pohjavesialueelle. Ilmastomuutos lisää ravinteiden ja kiintoaineksen kulkeutumisen riskiä talvivalunnan lisääntymisen seurauksena.

Porrassalmen pohjavesialueen metsistä iso osa sijoittuu vedenottamon suoja-alueelle ja osa kaavan mukaisille luonnonsuojelualueille. Tästä syystä metsien hoidosta aiheutuva riski on pohjavesialueelle pieni.

Metsistä luonnonhuuhtoutumana Pikku-Surnuun tuleva fosforikuormitus on vain noin 4 % Pikku-Surnuun tu-



Kuva 52. Keskellä Corine maankäyttöluokat, jossa vihreät alueet ovat metsää. Vasemmalla DRASTIC-haavoittuvuusanalyysi ja oikealla rantaimetyymisaluiden haavoittuvuusanalyysi. (Hyvönen & Luoma, 2019; Maanmittauslaitos, paikkatietoikkuna, 2023.)

levasta kokonaiskuormasta. Ilmastonmuutos ei VEMALA:n mukaan kasvata metsien luonnonhuuhtoumaa Pikku-Surnun valuma-alueella suhteessa peltoviljelyn aiheuttamaan fosforikuormaan. (VEMALA, 2023).

Toimenpidesuosituks

Porrassalmen pohjavesialueella (suojavyöhykkeen ulkopuolella) tulisi välttää raskasta maanmuokkausta ja avohakkuuta. Pohjavesialueella metsän säilyttäminen on tärkeää pohjaveden muodostumisen ja hyvän laadun turvaamisen kannalta, koska metsämaa tarjoaa ihanteelliset olosuhteet pohjaveden muodostumiselle.

Lannoitteiden, erityisesti typpilannoitteiden, käyttöä pohjavesialueen metsien hoidossa tulisi välttää, koska haitallinen nitraatti voi huuhtoutua pohjaveteen. Metsäkoneissa tulisi myös käyttää biologisesti hajoavia öljyjä mahdollisten öljyvuotojen aiheuttamien riskien pienentämiseksi.

Erityisesti Pikku-Surnun valuma-alueella suoritettavissa uudishakkuissa tulisi ottaa huomioon puuston poistamisen aiheuttama eroosioriski. Eroosioriski tulisi minimoida, jotta Pikku-Surnuun päätyvä kuormitus olisi mahdollisimman vähäistä. Pikku-Surnun valuma-alueella tulisi turvemaiden metsien kunnostusohjelmassa käyttää laskeutusaltaita, kaivukatkoja ja muita mahdollisia vesiensuojeluratkaisuja, joilla voidaan mahdollisimman tehokkaasti vähentää turvemailta tulevaa kiintoaines- ja ravinnekuormaa. Kunnonsuon metsienhoidossa käytettävien lannoitteiden määrää tulisi selvittää.



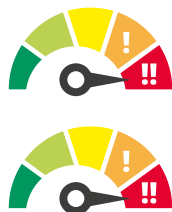
12

ILMASTON-
MUUTOKSEN
AIHEUTTAMAT
RISKIT

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat muutokset ilman lämpötilaan, pohjaveden lämpötilaan, pohjaveden muodostumiseen sadannan ja rantaimeytymisen kautta, muutokset pintaveden virtausolosuhteisiin ja pintaveden viipymiin sekä pinta- ja pohjaveden laatuun voivat vaarantaa pohjaveden laadun sekä riittävyyden. Ilmastonmuutos myös kasvattaa monen riskitekijän vaarallisuutta pohjaveden kannalta. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi ilmastonmuutoksen aiheuttamat riskit Surnunlampien rehevöitymisen ja pohjaveden muodostumisen vähenemisen näkökulmista.

12.1 Iso-Surnun ja Pikku-Surnun rehevöityminen

Pohjavesialue:
Kriittinen hidas riski
Pikku-Surnun ja Iso-Surnun valuma-alue:
Kriittinen hidas riski
Ilmastonmuutos lisää riskiä



Riskin kuvaus

Rantaimeytyvän pintaveden laadun heikkeneminen voi johtaa myös kaivoveden laadun heikkenemiseen ja ongelmiin puhdistusprosessissa. Pikku-Surnu ja Iso-Surnu -lampien vedenlaatu raakavetenä on heikkoa johtuen niihin kohdistuvasta voimakkaasta ulkoisesta ravinnekuormituksesta ja ulkoisen kuormituksen ylläpitämästä sisäkuormituksesta. Ilmastonmuutos tulee todennäköisesti lisäämään talvihuuhtoutumaa ja Surnunlampiin päätyvää ravinne- ja kiintoainekuormaa. Lisääntyvä ulkoinen kuormitus voi johtaa sisäkuormituksen pahenemiseen ja vedenlaadun heikkenemiseen entisestään. Tästä voi seurata esimerkiksi sinileväkukintoja. Toistaiseksi sinileväkukintoja ei ole havaittu Surnunlampien korkeista ravinnepitoisuuksista huolimatta. Tällä hetkellä Surnunlampien vedenlaadussa on havaittavissa kehitystä parempaan suuntaan ja sitä suuntaa tulee edelleenkin tukea.

Moisionlammen rantojen laajamittainen rakentaminen voi lisätä merkittävästi Moisionlampeen tulevaa hulevesikuormitusta ja heikentää Moisionlammen vedenlaatua. Moisionlammen vedenlaadun mahdollinen heikkeneminen voi heikentää myös Pikku-Surnun ja

Iso-Surnun vedenlaatua, sillä suurin osa Surnunlampiin päätyvästä vedestä on peräisin Moisionlammesta.

Riskin sijainti

Riski sijaitsee korkean haavoittuvuusluokan alueella rantaimeytymisalueiden valuma-alueilla.

Riskin arvottaminen ja perustelut

Iso-Surnun ja Pikku-Surnun vedenlaadun heikkenemisen aiheuttama riski pohjavesialueelle on kriittinen sekä pohjavesialueen rajauksen sisällä että rantaimeytymisalueiden valuma-alueilla. (todennäköisyys 4, seuraus 4).

Ilmastonmuutos on väistämätön ja sen seurauksiin tulee varautua. Mikäli Pikku-Surnun ja Iso-Surnun kuormitustilanne päästetään ilmastonmuutoksen seurauksena heikkenemään, lampien kunnostaminen voi olla todella vaikeaa.

Toimenpidesuosituks

Pikku-Surnun ja Iso-Surnun rannoilla olevien pelto-alueiden osalta tulisi varmistaa peltojen kuivatusvesien laskeutusaltaiden toimivuus ja pyrkiä tehostamaan niitä esimerkiksi helmimäisellä laskeutusallasrakenteella.

Valuma-alueella tehtävien ravinne- ja kiintoainekuorman hallintatoimenpiteiden lisäksi Pikku-Surnun ja Iso-Surnun lammilla tulisi tehdä vesistöihin kohdistuvia kunnostushankkeita osana vesiensuojelutyötä. Iso-Surnuun tulevaa ravinnekuormaa voi olla mahdollista pienentää ainakin osittain Kapalampea kunnostamalla. Iso-Surnun yläpuolella oleva pitkälle rehevöitynyt Kapalampi muistuttaa tällä hetkellä enemmänkin kosteikkoa kuin vesistöä. Mikäli Kapalampea muutettaisiin vielä kosteikkomaisemmaksi vahvistaen Moisionlammen ja Iso-Surnun välistä oikovirtausta ruoppaamalla ja tekemällä viivytysrakenteita peltoalueilta tuleville valumavesille ja Silvastin alueelta tuleville hulevesille, voitaisiin tällä vesienhoidollisella toimenpiteellä vahvistaa Kapalammen kykyä sitoa pelloilta ja huleveden mukana tulevia ravinteita ja kiintoainesta. Hankkeeseen voisi olla mahdollista saada rahoitus osana kaupungin tekemää JFT -hankehakemusta. Hu-

levesienhallintaan tulee kiinnittää erityistä huomiota, mikäli Moisionlammen rantoja aiotaan rakentaa.

Mikkelin alapuolisen Saimaan sekä valuma-alueen hoidon yleissuunnitelman mukaan maatalouden vesien suojeleluun on kiinnitettävä erityistä huomiota Surnunlampien valuma-alueilla. Yleissuunnitelmassa on esitetty happikadoista johtuvien kalakuolemien mahdollisten pohjaveden laatuun kohdistuvien haitallisten vaikutusten ehkäisemiseksi riittävän tehokasta poistokalastusta Surnunlammilla. (Palomäki et al, 2014, 30, 54.) Tämän lisäksi Iso-Surnussa ja Pikku-Surnussa voitaisiin tehdä erilaisia kokeiluluontoisia hankkeita vesistön kuntoon saattamiseksi.

Pikku-Surnun vedenlaadun heikkenemiseen tulisi myös varautua varautumissuunnitelman avulla.

12.2. Muodostuvan pohjaveden määrän väheneminen

Pohjavesialue:
Kohtalainen hidas riski
Pikku-Surnun valuma-alue:
Kohtalainen hidas riski



Riskin kuvaus

Ilmastomuutoksen tuomat kuivat jaksot voivat vähentää pohjaveden muodostumista sekä sadannan että rantaimetytymisen vähenemisen kautta ja aiheuttaa näin ollen määrällisiä ongelmia vedenottamolle.

VEMALA:n mukaan ilmastomuutoksen vaikutukset realisoituvat pienimmälläkin päästöskenaariolla (RCP2.6) pintaveden viipymissä Pikku-Surnussa jo vuoteen 2050 mennessä (ks. kappale 2.4). Talviaikaiset viipymät lyhenevät ja kesäaikaiset viipymät aikaistuvat ja pidentyvät. Kesäaikainen virtaama siis pienenee ja kesän alivirtaamakausi pidentyy.

RAINMAN -projektissa GTK mallinsi ilmastomuutoksen vaikutuksia sadannan kautta imeytyvän pohjaveden määrään ja ajankohtaan Hanhikankaan pohjavesialueella. Mallinnuksessa käytettiin globaalimallia MPI-M-MPI-ESM-LR ja SMHI:n alueellista RCA4 -ilmastomallia ja IPCC:n RCP8.5 -päästöskenaariota. Mallinnuksen

perusteella keväinen pohjaveden muodostumispiikki häviää, minkä seurauksena erityisesti kuivina kesinä pohjavesivarastot pienenevät (ks. kuva 53). (Hyvönen et.al 2021.) Tuloksia voidaan soveltaa myös Porrassalmen pohjavesialueen osalta.

Virtausmallinnuksen perusteella merkittävä osa Hietalahden vedenottamon vedestä on peräisin Pikku-Surnusta (Hyvönen, 2017). Mikäli pohjavesimuodostuman antoisuus riippuu tasaisesti imeytyvästä Pikku-Surnun pintavedestä, voi pitkittyvä kesän kuiva jakso vähentää vedenottamon antoisuutta, jos rantaimetytymisalue on kapeasektorinen ja veden korkeus laskee pitkäksi aikaa hyvin johtavia kerroksia alemmas. Porrassalmen pohjavesialueen varastointikyky on melko pieni johtuen harjun kapeudesta, minkä vuoksi ilmastomuutoksen lisäämä talvivalunta/sadanta ei todennäköisesti riitä kattamaan pitkän kuivan kesän aikana tarvittavaa vesimäärää.

Pohjaveden muodostumisen vähentyminen sekä rantaimetytymisen että sadannan vähenemisen kautta voi johtaa määrällisiin ongelmiin vedenottamalla. Pohjaveden muodostumisen tyrehtymisen jälkeen voi tapahtua muutoksia pohjaveden virtausolosuhteissa ja vedenottamolle tulevan pohjaveden laadussa.

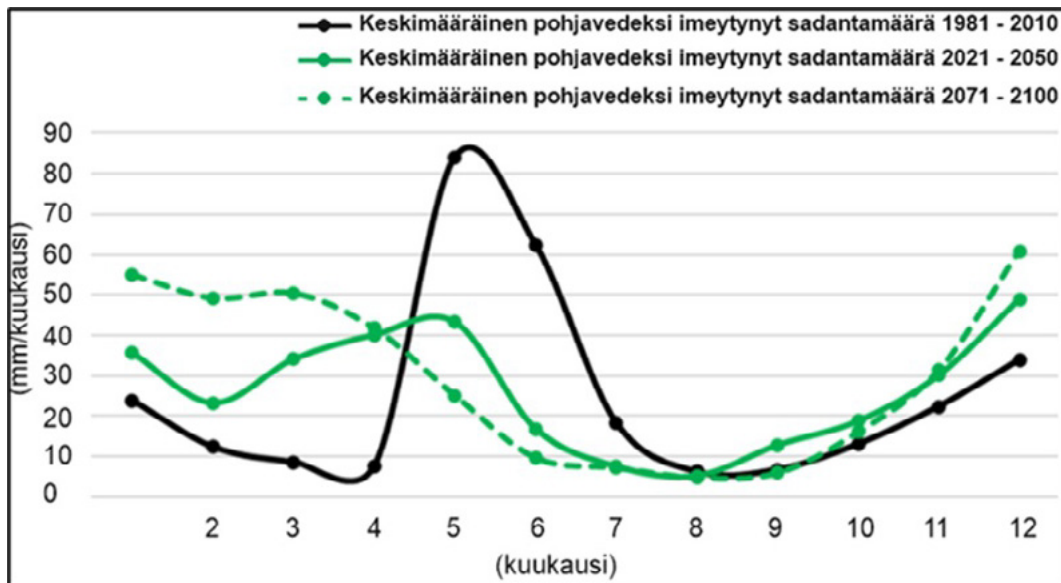
Riskin arvottaminen ja perustelut

Ilmastomuutoksen veden riittävyydelle aiheuttama riski on kohtalainen sekä pohjavesialueella että Pikku-Surnun valuma-alueella (Todennäköisyys molemmissa 5 ja seuraus 2).

Mallinnuksen perusteella ilmastomuutos on väistämätöntä ja siihen täytyy varautua. Hietalahden vedenottamon ottomäärät ovat kuitenkin toistaiseksi olleet melko pienet, noin 400 m³/d, joten ilmastomuutos ei välttämättä aiheuta vedenottamolle niin suurta veden riittävyyden riskiä kuin esimerkiksi Hanhikankaan vedenottamolle. Ottomäärien kasvaessa myös tämän riskin merkitys kasvaa.

Riskin sijainti haavoittuvuusalueilla

Riski kattaa kaikki haavoittuvuusalueet niin Porrassalmen pohjavesialueella kuin Pikku-Surnun valuma-alueella.



Kuva 53. Keskimääräinen sadannasta pohjavedeksi imeytyvä vesimäärä ajanjaksoilla 1981–2010, 2021–2050 ja 2071–2100 Hanhikan-kaan pohjavesialueella (Hyvönen et.al 2021).

Toimenpidesuosituks

Pohjaveden rantaimeytymisaluetta tulisi tutkia paremmin. Mikäli selvityksen perusteella vaikuttaa siltä, että ilmastonmuutoksen mukanaan tuomat pitkät kuivat kesät voivat uhata rantaimeytyvän veden määrää ja sitä kautta pohjaveden määrää, tulee harkita tekopohjaveden muodostamisen mahdollisuuksia esimerkiksi sadettamalla Porrassalmen pohjavesialueella osan vuodesta. Tämä tosin voi osoittautua mahdottomak-

si, mikäli imeytettävä vesi ei ehdi puhdistumaan riittävästi matkalla vedenottamolle. Tällöin tulisi pohtia myös sitä, mistä muodostettava tekopohjavesi johdetaan. Ukonveden ja Pähkeenselän vesi on huomattavasti parempilaatuista raakavedeksi kuin Pikku-Surnun vesi. Tosin tässäkin tulisi selvittää mm. Ukonveden ja Pähkeenselän veden sisältämien mikromuovien ja PFAS-yhdisteiden määrät. Tekopohjaveden muodostaminen vaatisi myös uuden vesitalousluvan vedenottamolle.



13

RISKIMATRIISIN TULOKSET

Riskimatriisin tulostaulukossa (ks. taulukko 14) on esitetty Porrassalmen pohjavesialueelle ja Pikku-Surnun valuma-alueelle sijoittuvat riskit. Taulukosta voidaan huomata, että myös Pikku-Surnun valuma-alueelta löytyy vedenoton kannalta kriittisiä ja merkittäviä riskejä. Pohjaveden suojele tulee siis ulottaa myös rantaimetyymisalueiden valuma-alueille. Riskimatriisin avulla

tunnistettut kriittiset ja merkittävät riskit tulisi saada alenemaan vähintään kohtalaisiksi riskeiksi toimenpiteillä ja varautumissuunnitelmilla. Riskienhallinnan toimenpidesuosituksen taulukko on esitetty liitteessä 7. Vastuutahon kohdalla on mainittu toimenpiteet toteuttavat tahot.

Taulukko 14. Riskimatriisin tulostaulukko.

Riskitoiminto	Nopeus	Porrassalmen pohjavesialue			Valuma-alue		
		Tod.	Seuraus	Riskiluokka	Tod.	Seuraus	Riskiluokka
Surnunlampien rehevöityminen	Hidas	4	4	Kriittinen riski	4	4	Kriittinen riski
Vaaralliset kuljetukset VT13:lla ja Porrassalmentiellä	Nopea	1	5	Kriittinen riski	2	4	Merkittävä riski
MATTI -kohteet	Hidas	3	4	Merkittävä riski	3	1	Matala riski/ ei riskiä
Maatalous	Hidas	1	4	Kohtalainen riski	3	4	Merkittävä riski
Muodostuvan pohjaveden määrän väheneminen	Hidas	5	2	Kohtalainen riski	5	2	Kohtalainen riski
Liukkaudentorjunta ja pölynsidonta valtion teillä	Hidas			ei suolausta	5	2	Kohtalainen riski
Golfkenttä	Hidas	3	3	Kohtalainen riski	3	2	Vähäinen riski
Kaukolämpö	Hidas	3	3	Kohtalainen riski	3	2	Vähäinen riski
Jätevesiviemärit	Hidas	3	3	Kohtalainen riski	3	2	Vähäinen riski
Jätevesipumppaamot	Nopea	2	3	Kohtalainen riski	2	2	Vähäinen riski
Muuntamot	Nopea ja hidas	3	2	Vähäinen riski	3	2	Vähäinen riski
Metsätalous	Hidas	3	2	Vähäinen riski	3	2	Vähäinen riski
Öljysäiliöt	Hidas ja nopea			ei säiliöitä	2	2	Vähäinen riski
Liukkaudentorjunta ja pölynsidonta kaupungin kaduilla	Hidas			ei suolausta	3	1	Matala riski/ ei riskiä



14

YHTEENVETO

Porrassalmen pohjavesialueella sijaitseva Hietalahden vedenottamo on sen vähäisestä talousvedentuotanto-osuudesta (noin 5–6 % kaupungin talousvedentarpeesta) huolimatta tärkeä tekijä kaupungin vedenhankinnassa ja joustovaran varmistamisessa. Sen ottomääriä voidaan ottoluvan mukaisesti kasvattaa yli kolmenkertaiseksi nykyisestä, jolloin se voi tuottaa ainakin hetkellisesti 1 500 m³/d. Tämä voi olla mahdollisen vesikriisin keskellä tärkeä pelivara.

Porrassalmen pohjavesialue on muita Mikkelin kaupungin pohjavesialueita paremmassa asemassa siinä suhteessa, että sille on asetettu suoja-alueet jo vuonna 1980. Suoja-alueet pienentävät pohjaveden pilaantumisriskiä. Suoja-alueet eivät kuitenkaan riitä suojelemaan pohjavesialuetta Porrassalmentiellä tai Uudella Ristiinantiellä tapahtuvalta kemikaalionnettomuudelta tai Pikku-Surnun vedenlaadun heikkenemiseltä. Porrassalmen pohjavesialueella ja sen valuma-alueella tarvitaan aktiivisia toimenpiteitä riskien minimoimiseksi ja pohjaveden laadun turvaamiseksi tulevaisuudessa.

Kemikaalionnettomuuksia voidaan tehokkaasti torjua mm. rakenteellisilla ratkaisuilla (kuten kaiteilla), tiealueen valumavesien hallinnalla sekä nopeusrajoitusten alentamisella. Haastavampi ongelma Porrassalmen pohjaveden kannalta lienee kuitenkin Pikku-Surnun ja Iso-Surnun vedenlaadun kehitys tulevaisuudessa ilmastomuutoksen myötä. Tällä hetkellä vaikuttaisi siltä, että Surnunlampien vedenlaadun kehitys on menossa parempaan suuntaan. Jotta lampien veden laadun kehitys jatkuisi myös tulevaisuudessa parempaan suuntaan, Pikku-Surnun ja Iso-Surnun valuma-alueilla tulisi tehdä ennakoivia ratkaisuja Surnuinlampiin tulevan kiintoaines- ja ravinnekuorman pienentämiseksi. Tällaisia voivat olla esimerkiksi helmimäiset laskeutusaltaat peltujen kuivatusojille ja niiden toimivuudesta huolehtiminen sekä Kapalammen entistä parempi hyödyntäminen kosteikkomaisena alueena. Osana vesienhoidon suunnittelua Pikku-Surnun ja Iso-Surnun lammille tulisi harkita myös vesistössä tehtäviä hankkeita.





LÄHTEET

Akkanen, Lauri. 2021. ESE Energia OY. [Sähköpostiviesti 5.2.2021 ja 1.3.2021]

Amertrol AT3550 saostumisen estoaineen käyttöturvallisuustiedote_10.9.2019

Ehrnrooth. Yrjö. 2022. Viljelijä. [puhelinhaastattelu 25.11.2022]

Google maps. 2022. [internet-sivu] [viitattu 2022]. Saatavissa: <https://www.google.com/maps>

Haapiainen, Hanne. 2022. Paloinsinööri. Etelä-Savon Pelastuslaitos. [Sähköpostiviesti 7.9.2022 ja haastattelut 2022]

Hyvönen, Arto. 2017. Mikkelin Porrassalmen pohjavesialueen geologinen rakennetutkimus ja pohjaveden virtausmallinnus sekä Mikkelin pohjavesialueiden (Hanhikangas, Pursiala, Porrassalmi) rakenne- ja virtausmalliaineistojen yhdistäminen. Geologian tutkimuskeskus. Kuopio. 56 s.

Hyvönen, A. & Luoma, S. 2019. DRASTIC-haavoittuvuusanalyysi Mikkelin hanhikankaan, Pursialan ja Porrassalmen pohjavesialueet. Etelä-Savon ELY-keskus. 20 s., 20 liites. (RAJOITETTU KÄYTTÖ (EI JULKILAINEN): Julkisuuslaki 24.1 § 17. kohta)

Hyvönen, A., Klein, J. & Okkonen, J. 2021. Mikkelin Hanhikankaan pohjavesialueen virtausmalli ja ilmastomuutoksen vaikutusten mallintaminen alueen pohjavedenpintoihin aikaväleillä 2021–2050 ja 2072–2100. Geologian tutkimuskeskus. Työraportti 48/2021.

Häkkinen, Salme. 2022. Suunnitteluavustaja. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 5.9.2022]

Itä-Suomen vesioikeuden päätös N:o 34/Va/76, 1976.

Itä-Suomen vesioikeuden päätös N:o 9/Ym III/80, 1980

Kaikkonen, Anneli. 2022. Toimitusjohtaja. Annilan Golfkeskus. [sähköpostiviesti 21.12.2022]

Kaikkonen, Anneli. 2023. Toimitusjohtaja. Annilan Golfkeskus. [puhelinhaastattelu 15.2.2023]

Kalin, Juha. 2021. Design Engineer. KAR-Lehtonen Oy. [sähköpostiviesti 8.6.2021]

Kiukas, Iiro; Hagman, Anne-Marie. 2021. Ramboll Finland Oy Pohjavesialueiden pintavesitarkkailun vuosiraportti 2020. 13 s.

Kiukas, Iiro; Hakala, Anna. 2020. Ramboll Finland Oy. Pohjavesialueiden pintavesitarkkailun vuosiraportti 2019. 12 s.

Kotanen, Juho. 2023. Etelä-Savon ELY-keskus. [sähköpostiviesti 3.1.2022 ja 20.2.2023]

Kotanen, Juho. 2021. Etelä-Savon ELY-keskus [sähköpostiviesti 20.12.2021]

Kovanen, Marko. 2023. Viherpalvelut Hyvönen. [puhelinhaastattelu 16.2.2023]

Kumpulainen, Anna; Ryyänen, Erkki; Oja, Laura; Sorasahi, Heikki; Raivio, Tuomas; Gilbert, Ylva. 2013. Vaarallisten aineiden kuljetukset 2012. Trafin julkaisu ja 20/2013. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. ISSN 1799-0157 (verkkopainos). 66s.

Löppönen, Jyrki. 2021. Tuotepäällikkö. Uponor. [haastattelut 2021]

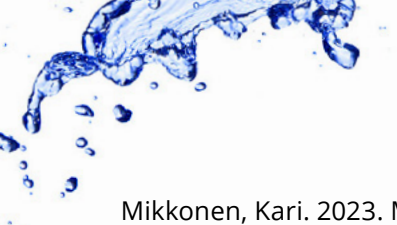
Maa-aineslupien tietojärjestelmä, ns. NOTTO-rekisteri. 2023. [Internet-sivu]. [Viitattu 24.2.2023] Saatavissa: <https://notto.ahp.fi/Etusivu>

Maanmittauslaitos, paikkatietokanta. 2023. Corine land cover 2018, 25 ha. [Internet -sivut] [Viitattu 31.1.2023]. Saatavissa: <https://kartta.paikkatietokanta.fi/>

Matilainen, Ari. 2015. Reilers Oy. Hanhilammen, Kattilanlahden ja Surnulampien veden laadun seuranta vuonna 2014, Yhteenvetoraportti 2014. 17 s.

Mikkelin vesilaitos. 2023. [Internet-sivut]. Saatavissa: https://mikkelinvesi.fi/veden_laatu

Mikkelin vesilaitos. 2021b. Mikkelin vesilaitoksen käyttösuunnitelma 2021. 14 s.



Mikkonen, Kari. 2023. Maaseutujohtaja, Maaseututoimi, Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviestit helmikuu 2023]

Mouhu, Ulla, 2023. Suunnitteluavustaja. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 13.2.2023]

Nyyssönen, Marko. 2023. Terveystarkastaja. Mikkelin seudun ympäristöpalvelut. [puhelinhaastattelu 20.2.2023]

Paikkatietoikkuna. 2022. [internet -sivu] [viitattu 2022]. Saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

Palomäki, Arja; Hänninen, Jonna. 2019. Eurofins Ahma Oy. Hanhilammen, Kattilanlahden ja Surnunlampien veden laadun seuranta vuonna 2018. 14 s.

Palomäki, Arja, 2018. Eurofins Nab Labs Oy. Hanhilammen, Kattilanlahden ja Surnunlampien veden laadun seuranta vuonna 2017. 15 s.

Palomäki, Arja; Toivanen, Henna. 2017. Nab Labs Oy. Hanhilammen, Kattilanlahden ja Surnunlampien veden laadun seuranta vuonna 2016. 17 s.

Palomäki, Arja. 2017. Nab Labs Oy. Hanhilammen, Kattilanlahden ja Surnunlampien veden laadun seuranta vuonna 2015. 17 s.

Palomäki, Arja; Alaja, Heikki; Kuhmonen, Irene; Sundell, Pekka. 2014. Mikkelin alapuolisen Saimaan sekä valuma-alueen hoidon yleissuunnitelma. Tutkimusraportti 83/2014. Nab Labs Oy- Ympäristöntutkimuskeskus Ambiotica. 75 s.

Pekansaari, Ville-Veikko. 2022. Kaukolämpöinsinööri. Etelä-Savon Energia Oy. [sähköpostiviesti 14.9.2022]
Pekansaari, Ville-Veikko. 2023. Kaukolämpöinsinööri. Etelä-Savon Energia Oy. [sähköpostiviesti 8.2.2023]

Pekonen, Petri. 2022. Viljelijä. [puhelinhaastattelu 25.11.2022]

Petrow, Seppo; Heikkinen, Matti; Forsman, Juha; Pirinen, Matti. 2017. Betoniset viemäri- ja hulevesijärjestelmät, suunnittelu ja toteutus. Betoniteollisuus ry. Helsinki. ISBN 978-952-5351-21-7. 158 s. Saatavissa: https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/Betoniset_viemari_ja_hulevesijarjestelmat.pdf

Pitkonen, Paula. 2023. Mikkelin vesilaitos. [Puhelinhaastattelu 23.1.2023]

PyraGreen jauheen käyttöturvallisuustiedote_21.1.2019

Rajamäki, Riikka. 2019a. Vaarallisten aineiden tiekuljetusonnettomuudet Suomessa vuosina 2013-2018. Traficomin julkaisu 3/2019. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Helsinki 2019. ISSN 1799-0157 (verkojulkaisu). 14 s.

Rajamäki, Riikka. 2019b. Vaarallisten aineiden tiekuljetusten onnettomuuksia 2013-2018. Esityskalvot. VAK-päivä 7.2.2019

Ranta, Panu. 2022. Pohjavesiasiantuntija. Etelä-Savon ELY-keskus. [sähköpostiviestit 2.1 ja 5.1.2023]

Romo, Mikko. 2022. Verkkopalveluinsinööri. ESE Verkko Oy. Mikkeli. [sähköpostiviesti 3.11.2022]

Romo, Mikko. 2023. Verkkopalveluinsinööri. Etelä-Savon Energia Oy. [puhelinkeskustelu 8.2.2023]

Rouvinen, Esa. 2023. Ympäristöinsinööri. Etelä-Savon ELY-keskus. [sähköpostiviesti 21.2.2023]

Räinä, Kalle. 2023. Kaavoituspäällikkö. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 21.2.2023]

SYKE, Hertta, Ympäristötiedon hallintajärjestelmä. 2022. [Viitattu 2022 ja 2023] Saatavissa: <https://www.p2.ymparisto.fi/scripts/kirjaudu.asp>

SYKE WSFS-VEMALA. 2022. [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_mallinnus_ja_arviointijarjestelma_VEMALA/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_malli\(31769\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Vesi/Mallit_ja_tyokalut/Vesienhoidon_mallit/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_mallinnus_ja_arviointijarjestelma_VEMALA/Vedenlaadun_ja_ravinnekuormituksen_malli(31769))

Turkki, Keijo. 2022. Pohjois-Savon ELY-keskus. [sähköpostiviesti 7.11.2022]

Turkki, Keijo. 2023. Pohjois-Savon ELY-keskus. [puhelinhaastattelu 9.2.2023]

Valvira ohje 16/2018. 2018. Talousvesiasetuksen soveltamisohje, osa III, Enimmäisarvojen perusteet. 44 s.

Vanhala, Risto. 1967. Oy Suunnittelukeskus -MKR. Silvasti- tuukkala alueen vedenhankinta. Pohjavesitutkimus n:o 4680. 14 s.

Vesi.fi. 2022. [Internet-sivut] [viitattu 26.1.2023]. Saatavissa: <https://www.vesi.fi/karttapalvelu/>

Vuorinen, Marko. 2021. Kaupunginpuutarhuri. Asumisen ja toimintaympäristöpalvelualue. Mikkelin kaupunki. [sähköpostiviesti 14.12.2021]

Ylönen, Kirsi. 2010. Mikkelin Pursialan, Hanhikankaan ja Porrassalmen pohjavesialueiden suojelusuunnitelmien päivitys. Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY). ESAELY/42/07.00/2010. 86 s.

PORRASSALMEN POHJAVESIALUEEN suojelusuunnitelma 2023



MIKKELIN SEUDUN
YMPÄRISTÖPALVELUT



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus