



## TUUSULAN KUNTA

Tuusulan yleiskaavaehdotuksen pohjavesivaikutukset

Copyright © Pöyry Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöyry Finland Oy

**Sisältö**

<b>1</b>	<b>TAUSTAA</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>KAAVAEHDOTUKSESTA ANNETUT LAUSUNNOT</b>	<b>4</b>
2.1	Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä	4
2.2	Keski-Uudenmaan Vesi Kuntayhtymä	4
2.3	Keski-Uudenmaan ympäristökeskus	5
2.4	Uudenmaan ELY-keskus	5
<b>3</b>	<b>TARKASTELUMENETELMÄT</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>VAIKUTUSARVIOT JA SUOSITUKSET POHJAVESIALUEITTAIN</b>	<b>5</b>
4.1	Hyrylän pohjavesialue osa-alue A	5
4.2	Lahelan pohjavesialue	7
4.3	Mätäkiiven pohjavesialueen osa-alue B	9
4.4	Takoja	11
4.5	Päijänne-tunneli	11
4.6	Lentorata	11
<b>5</b>	<b>VAIKUTUSTENHALLINTAKEINOJA</b>	<b>11</b>
5.1	Hulevedet	11
5.2	Rakennusten ja rakenteiden paalutus	12

## **1 TAUSTAA**

Tuusulan kunta on laatimassa yleiskaavaa koko kunnan alueelle. Tuusulan yleiskaava on strateginen ja maankäyttö- ja rakennuslain mukainen oikeusvaikutteinen yleiskaava, jonka tavoitevuosi on 2040. Strategisella yleiskaavalla osoitetaan alueidenkäytön pääperiaatteet ja tavoitteet. Yleiskaava ohjaa asemakaavoitusta ja muuta tarkempaa suunnittelua.

Yleiskaavaa varten on laadittu vaikutustenarvio (Ramboll Finland Oy 3.3.2017) sekä muita selvityksiä.

## **2 KAAVAEHDOTUKSESTA ANNETUT LAUSUNNOT**

Kaavaehdotus on ollut nähtävillä 38.3.–17.5.2019 ja siihen on tullut useita muistutuksia ja lausuntoja.

Pohjavesivaikutuksiin liittyen lausuntoja ovat antaneet mm. HSY, Keski-Uudenmaan ympäristökeskus, Keski-Uudenmaan Vesi Kuntayhtymä ja Uudenmaan ELY-keskus.

### **2.1 Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä**

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä (HSY) on lausunnossaan muistuttanut huomioimaan kaavamääräyksissä Päijänne-tunnelin, joka on kriittinen pääkaupunkiseudun vedenhankinnan kannalta. HSY pitää tärkeänä, että Päijänne-tunneli esitetään kaavakartalla ja että sillä on oma kaavamääräyksensä. HSY toteaa lausunnossaan, että kaikki mahdollinen lisärakentaminen tulee toteuttaa Päijänne-tunnelin kannalta riskittömällä tavalla ja HSY:n näkemyksen mukaan lisärakentamista Päijänne-tunnelin läheisyydessä tulisi välttää.

HSY:n Kuninkaanlähteen pohjavedenottamo sijaitsee Mätäkiven pohjavesialueella Tuusulan eteläosissa. Alueelle on yleiskaavassa esitetty laajoja alueita työpaikka-alueiksi, jotka tulevat entisestään laajenemaan. Vedenhankintaan soveltuvan pohjavesialueen kaavamääräyksessä veloitetaan kiinnittämään erityistä huomiota pohjaveden suojelemiseen. Lisäksi veloitetaan asemakaavoitusvaiheessa selvittämään mahdollisuudet puhtaiden hulevesien imeyttämiseen pohjavedeksi. Ajatuksena HSY pitää tätä toimenpidettä pohjaveden muodostumisen turvaamiseksi kannatettavana. HSY kuitenkin edellyttää, että asemakaavoituksessa ja myöhemmin valvontatoimin varmistetaan vain puhtaiden hulevesien imeyttäminen.

### **2.2 Keski-Uudenmaan Vesi Kuntayhtymä**

Keski-Uudenmaan Vesi ja Kuntayhtymä on huomauttanut lausunnossaan, että tiivis pientalovaltainen asuinalue (AP-2) Lahelan vedenottamon välittömässä läheisyydessä sekä suunniteltu tieliikenteen yhteystarve vedenottamon pohjoispuolitse tulee poistaa yleiskaava 2040:sta. Lausunnossa huomautetaan, että mikäli alueella rakennetaan rakennuksia kaavan mukaisesti, saattaa paineellinen pohjavesi purkautua paalutuksessa pintaan ja rakennusten perustuksiin aiheuttaen merkittävän riskin talojen rakenteilla. Samalla se vähentää vedenottamon antoisuutta. Lisäksi tuodaan esiin, että tieyhteyden rakentaminen kalkkistabiloinnilla tulee aiemman kokemusten perusteella aiheuttamaan pohjaveden pilaantumisen siinä määrin, että Lahelan vedenottamo on otettava pois tuotantokäytöstä.

### **2.3 Keski-Uudenmaan ympäristökeskus**

Keski-Uudenmaan ympäristökeskus on huomauttanut lausunnossaan, että kaavan yhteydessä tulisi arvioida vaikutukset myös muodostuvan pohjaveden määrään. Lausunnossa on todettu, että Hyrylän pohjavesialueella rakentamattomia alueita on enää erittäin vähän ja pohjaveden muodostuminen alueella on jo huomattavasti heikentynyt tiiviin rakentamisen seurauksena. Lahelan pohjavesialueen osalta tuodaan esiin, että uusi tielinjaus on esitetty aivan vedenottamon välittömään läheisyyteen. Takojan pohjavesialueelle sijoitettua asuinalueita esitetään siirrettäväksi pois pohjavesialueelta samoin kuin vähittäiskaupan yksikköä Mätäkiven pohjavesialueella. Lisäksi lausunnossa on esitetty tarkempaa arviota mahdollisen lentoradan vaikutuksista Hyrylän ja Mätäkiven pohjavesialueille.

### **2.4 Uudenmaan ELY-keskus**

Lahelan pohjavesialueelle on osoitettu Lahelan vedenottamon läheisyyteen uutta asuinrakentamista. Ohjeellisena vedenottamon suojavyöhykkeenä pidetään 500 metrin rajaa pohjaveden virtaussuuntaa vastaan ja 200–300 metrin rajaa pohjaveden virtaussuuntaan. Vedenottamon vedenlaadun turvaamiseksi tälle alueelle ei tule osoittaa uutta rakentamista vaan alue voidaan kaavoittaa esimerkiksi puistoalueeksi, mikä ei aiheuta pohjaveden pilaantumisen vaaraa. Lisäksi ohjeellinen tieliikenteen yhteystarve kulkee hyvin läheltä Lahelan vedenottamoita ja se aiheuttaa merkittävää pohjaveden pilaantumisen vaaraa pohjavedenottamon läheisyydessä. Tielinjausta tulee siirtää kauemmaksi vedenottamosta. Vedenottamon läheisyydessä maaperä on savea ja pohjaveden pinta saattaa olla paikoin paineellista.

Suunniteltu lentoradan linjaus kulkee Mätäkivi B, Lahelan ja Hyrylä A pohjavesialueilla. Lentorata kulkee alle 500 metrin päästä Lahelan vedenottamoita. Lentoradan rakentamisen yhteydessä tulee ottaa huomioon pohjaveden esiintyminen. Kallioperän ja maaperän pohjavedet ovat todennäköisesti yhteydessä toisiinsa ja kalliotunnelin louhiminen voi alentaa maaperässä olevan pohjaveden pintaa. Muutokset pohjaveden pinnankorkeudessa ja laadussa tulee olla mahdollisimman vähäisiä. Tähän tulee varautua huolellisella suunnittelulla.

## **3 TARKASTELEMENETELMÄT**

Yleiskaavan pohjavesivaikutusten arviointi tehtiin asiantuntija-arviona. Lähtötietoina on ollut käytössä kaavatyöhön liittyvät selvitykset sekä aiempiin asemakaavoihin liittyviä selvityksiä.

Muutoksia muodostuvan pohjaveden määrään on arvioitu Tuusulan kunnalta saadun pohjaveden muodostumisalueen nykyisen maankäytön sekä kaavan mukaisen tulevan maankäytön muutosten perusteella. Koska tulevan maankäytön tehokkuus ja tulevan pinnoitetun pinta-alan määrä ei vielä tässä suunnitteluvaiheessa ole tarkasti tiedossa, ovat muutokset muodostuvan pohjaveden määrään karkeita arvioita.

## **4 VAIKUTUSARVIOT JA SUOSITUKSET POHJAVESIALUEITTAIN**

### **4.1 Hyrylän pohjavesialue osa-alue A**

Hyrylän vedenhankintaa varten tärkeä (luokka 1) pohjavesimuodostuman osa-alue A on osa I Salpausselältä alkavaa luode-kaakkosuuntaista pitkäisharjujaksoa. Jakso koostuu

kapeista katkonaisista selänneistä ja laajemmista deltoista, joiden pintaosat ovat rantavoimien muokkaamia. Maaperä alueella on pääasiassa hiekkaa ja soraa. Karkeimmat kerrostumat sijaitsevat harjun ydinosaan, jossa maa-aines on karkeaa hiekkaa, soraa ja kivistä soraa. Muodostumassa tavataan välikerroksena silttiä ja savea.

Yleiskaavaehdotuksessa alueelle on esitetty sekä kerrostalovaltaisia (AK-2) että pientalovaltaisia asuinalueita (AP-2) ja työpaikka-alueita (TP). Alueet sijoittuvat urheilukeskuksen ympärille pohjaveden muodostumisalueelle. Lisäksi pohjavesialueen läpi kulkee lentoradan suunniteltu linjaus Hyrylän keskustaaajaman kohdalta.

Hyrylä B pohjavesi alue on Hyrylän keskustaaajaman osalta tiiviisti rakennettu ja rakentamisen seurauksena pohjavesialueen antoisuus on jo heikentynyt (Hyrylän pohjavesialueen antoisuusselvitys – selvitys vedenoton ja kaavoituksen yhteensovittamisesta, Pöyry Finland Oy 6.7.2018). Tulevat rakentamistoimet eivät siis enää saa heikentää pohjaveden muodostumista, mikäli Koskenmäen vedenottamon antoisuus halutaan turvata.

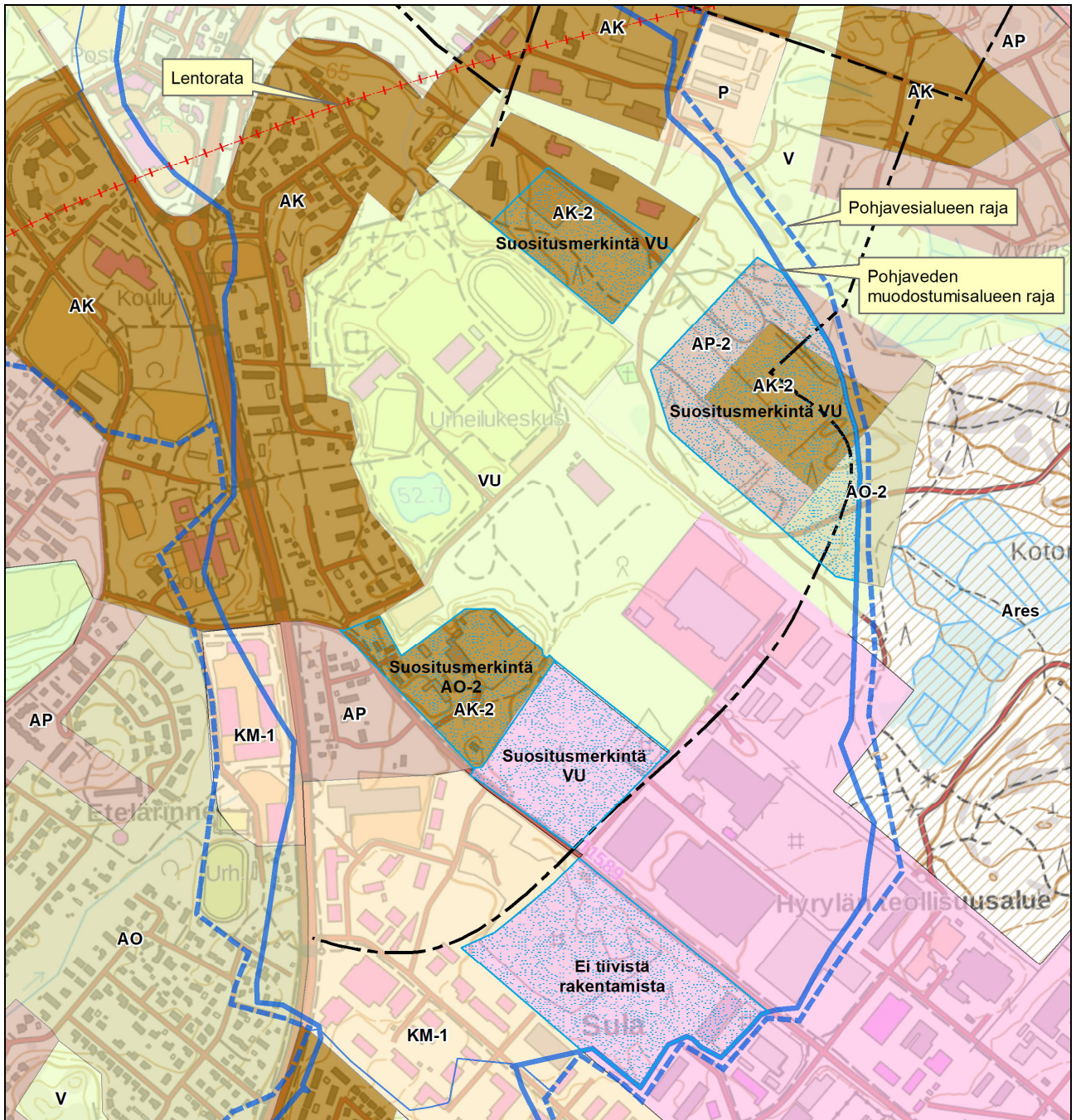
Urheilupuiston koillispuolelle sijoittuvat uudet asuinalueet ovat tällä hetkellä pääasiassa rakentamatonta aluetta. Alueiden pinta-ala on noin 22,5 ha ja tästä pohjaveden muodostumisalueelle sijoittuu noin 20 ha, mikä on noin 6 % koko muodostumisalasta. Nykyisellä maankäytöllä Hyrylän pohjavesialueesta on pinnoitettua aluetta noin 98 ha eli noin kolmannes. Hyrylän pohjavesialueen antoisuusselvitykseen perustuen alueille tulisi uudessa kaavassa osoittaa esim. virkistykseen ja urheiluun liittyvää toimintaa, jossa ei syntyisi uusia pinnoitettuja alueita.

Alueella on jo voimassa oleva osayleiskaava, johon yleiskaavassa esitetyt merkinnät perustuvat. Mikäli oikeusvaikutteista kaavaa ei haluta lähteä muuttamaan, tulisi asemakaavavaiheessa tutkia tarkemmin alueiden laajuutta ja rajautumista pohjavesialueen suhteen, sekä huomioida mahdollinen tilantarve alueen puhtaiden hulevesien imeyttämiseksi. Asemakaavoituksen tavoitteena tulee olla muodostuvan pohjaveden määrän ja laadun turvaaminen pitämällä alueen tehokkuus maltillisena ja sisällyttämällä asemakaavaan tähän velvoittavia määräyksiä.

Urheilupuiston lounaispuolelle sijoittuvalla kaavaehdotuksen asuinalueella on tällä hetkellä pientaloasutusta sekä pohjavesialueelle huonosti soveltuvaa teollisuus/varikkotoimintaa. Pohjavesivaikutusten kannalta varikkotoiminnan siirtyminen pois alueelta olisi hyvä asia. Korvaavana toimintana voisi olla harvaan rakennettu pientaloasutus. Pohjaveden muodostuminen alueella voitaisiin turvata puhtaiden hulevesien imeyttämällä. Huleveden imeytystä ei kuitenkaan voida tehdä alueella jossa maaperä on pilaantunut.

Asuinalueen eteläpuolella on työpaikka-alueita laajennettu vielä toistaiseksi rakentamattomille alueille. Työpaikka-alueen rakentamiseen liittyy usein laajoja pysäköintialueita ja rakennuksia ja viheralueet jäävät pieniksi. Tämä vähentää pohjaveden muodostumista alueella. Alueiden koko on noin 16,6 ha eli noin 5 % pohjaveden muodostumisalueesta. Jo edellä esitetyn perusteella tulisi Hyrylän pohjavesialueella välttää laajoja pinnoitettuja pintoja ilman, että alueen puhtaita hulevesiä imeytetään maaperään pohjaveden muodostumisen turvaamiseksi. Huleveden imeytystä ei kuitenkaan voida tehdä alueella jossa maaperä on pilaantunut.

Suunniteltu lentoradan linjaus kulkee tunnelissa Hyrylä pohjavesialueen halki. Linjalta on noin 1,4 km matka Koskenmäen vedenottamolle. Pohjavesialue tulee huomioida lentoradan suunnittelussa sekä tunnelin tiivistyksessä. Mikäli tunneli tiivistetään huolellisesti, vaikutukset pohjaveden pintaan jäävät todennäköisesti lyhytaikaisiksi.



**Kuva 4-1. Hyrylään pohjavesialueen suositukset yleiskaavan pohjavesivaikutusten vähentämiseksi.**

#### 4.2 Lahelan pohjavesialue

Lahelan vedenhankintaa varten tärkeällä (luokka 1) pohjavesialueella maaperä on pääosin lajittunutta, hyvin vettäläpäisevää hiekkaa Ristitienkankaan alueella. Vedenottamoalueella ja sen luoteispuolella Lahelanrinteen alueella maaperä on pintaosistaan hienorakeisista, heikosti vettä johtavaa silttiä ja savea. Näiden alla on hyvin vettä johtavia hiekka- ja sorakerroksia, joiden kautta vedenottamolla ja Ristitienkankaalla on hydraulinen yhteys. Lahelan vedenottamo sijaitsee kallioperän

murroslaaksossa, jonka pohjalla on moreenipatja ja sen päällä useita metrejä hiekkaa ja soraa. Päälimmäisenä olevan savikerroksen paksuus laakson keskiosassa vaihtelee 10 – 20 m välillä. Pohjavesi vedenottamon alueella on paineellista.

Yleiskaavaehdotuksessa Lahelan pohjavesialueelle on esitetty omakoti- ja pientalovaltaista asutusta (AO-1, AP-1, AP-2) sekä uusi tielinjaus. Toiminnot sijoittuisivat alle 500 m päähän vedenottamosta savikolle. Alue ei ole pohjaveden muodostumisaluetta. Lisäksi pohjavesialueen kaakkoiskulman läpi kulkee lentoradan suunniteltu linjaus.

Esitetyillä kaavamerkinnoilla ei ole suoraan vaikutusta pohjaveden muodostumiseen, koska ne sijoittuvat savikkoalueelle. Maaperästä ja pohjaveden paineellisuudesta johtuen alue ei sovellu hulevesien imeytykseen. Rakentamisen kannalta savikkoalueet eivät ole parhaita rakennuspaikkoja, sillä rakennukset joudutaan hyvin todennäköisesti paaluttamaan. Kuten lausunnoissa on tuotu esiin, paaluttamisen tai muun rakentamistyön yhteydessä alueella voi tapahtua paineellisen pohjaveden hallitsematonta purkautumista.

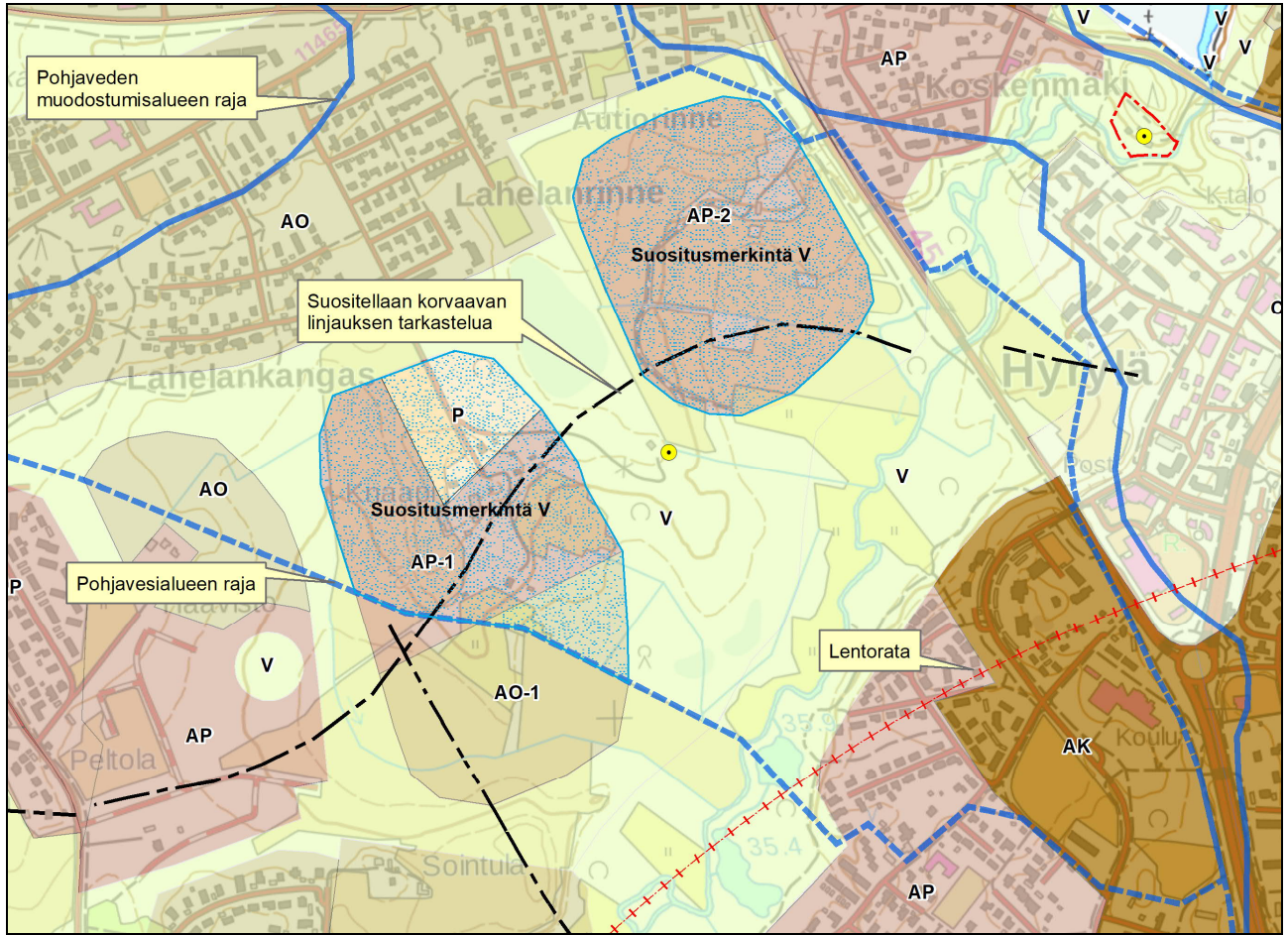
Keski-Uudenmaan Vesi Kuntayhtymä on tuonut lausunnossaan esiin, että mikäli uuden suunnitellun tielinjauksen pohjanvahvistuksessa joudutaan käyttämään stabilointia, Lahelan vedenottamo joudutaan ottamaan pois käytöstä veden laadun heikkenemisen myötä. Lahelanpelto II asemakaavan pohjavesiselvityksen (Ramboll Finland Oy 21.3.2014) mukaan vedenoton lopettaminen nostaa pohjaveden pintaa (paine korkeutta) alueella noin 1,5 – 2 m. Tämä nousu lisää pohjaveden hallitsemattoman purkautumisen riskiä sekä aiheuttaa lisähaastetta rakentamiselle.

Edellä esitettyjen ja erityisesti Keski-Uudenmaan Vesi Kuntayhtymän lausunnossa esiin tuotujen seikkojen perusteella rakentaminen Lahelan vedenottamon lähialueella aiheuttaa merkittävän riskin vedenhankinnalle. Tällä perusteella suosittelemme vedenottamon lähialueen jättämistä virkistysalueeksi (kaavamerkintä V). Myös esitetyille suunnitellulle tieyhteydelle suositellaan tutkittavaksi korvaavaa reittiä.

Mikäli alueella halutaan kaavoittaa rakentamista, tulisi sen sijoittua lähemmäs nykyisen alustuksen eteläreunaa. Vedenottamon läheisyyteen tulisi jättää riittävä alue rakentamattomaksi. Alueen määrittely tulisi tehdä asiantuntijatyönä.

Suunniteltu lentoradan linjaus kulkee tunnelissa Lahelan pohjavesialueen kaakkoisosassa Tuusulanjoen eteläpuolelta. Tunneli risteää merkittävän kallioperän ruhjeen kanssa. Samassa ruhjeessa sijaitsee Lahelan vedenottamo noin 570 m päässä suunnitellusta tunnelista pohjoiseen. Kuten Uudenmaan ELY-keskus on lausunnossaan tuonut esiin kallioperän ja maaperän pohjavedet saattavat ruhjeen kohdalla olla yhteydessä toisiinsa. Tämä tulee huomioida lentoradan suunnittelussa sekä tunnelin tiivistyksessä. Mikäli tunneli tiivistetään huolellisesti, vaikutukset pohjaveden pintaan jäävät todennäköisesti lyhytaikaisiksi.





**Kuva 4-2. Lahelan pohjavesialueen vedenottamon lähialue sekä suositukset yleiskaavan pohjavesivaikutusten vähentämiseksi.**

### 4.3 Mätäksen pohjavesialueen osa-alue B

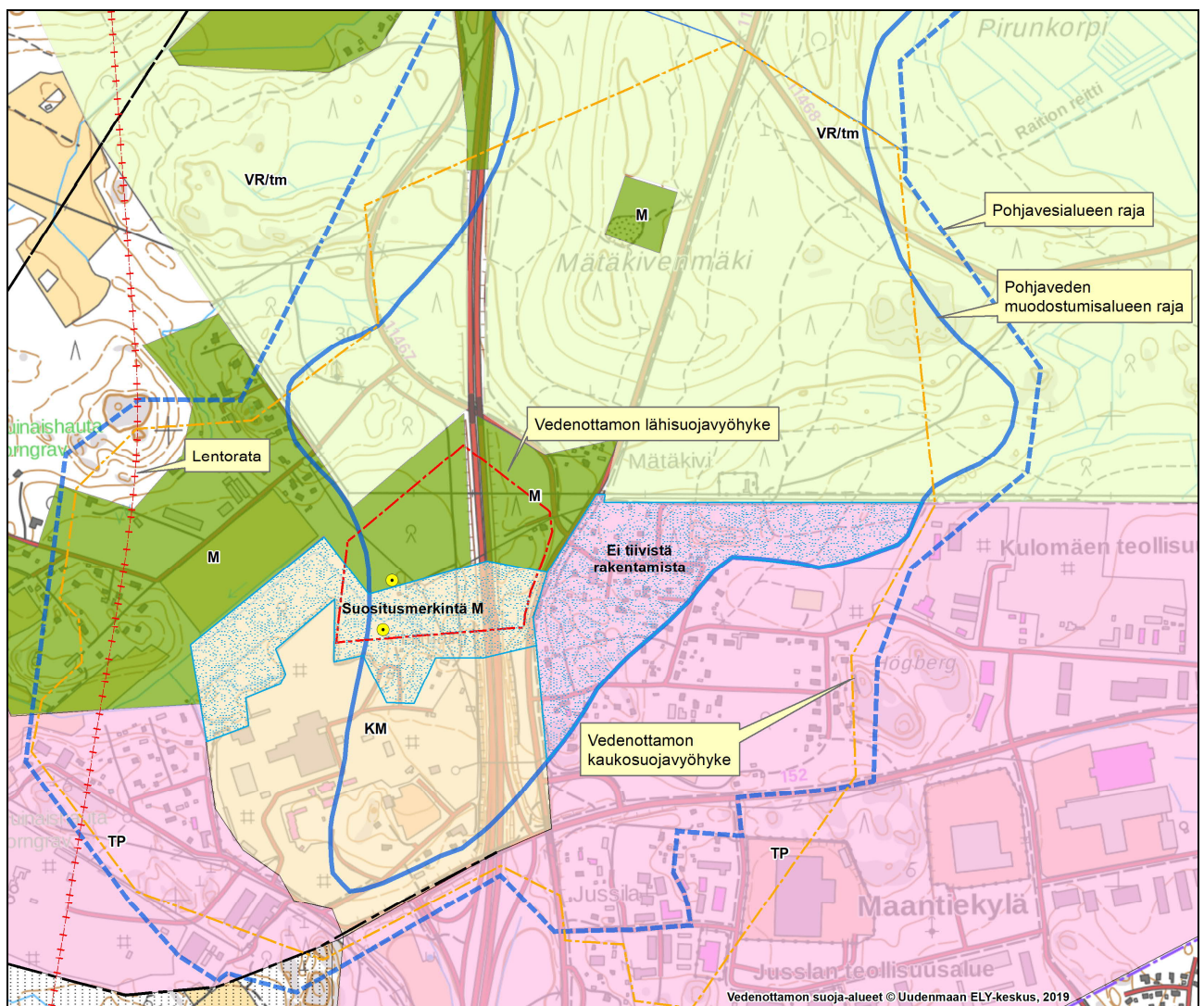
Mätäksen vedenhankintaa varten tärkeän (luokka 1) pohjavesialueen osa-alue B on osa pohjois-etelä-suuntaista harjuselännettä, johon liittyy delta Mätäksenmäen kohdalla. Mätäksenmäellä on soraa ja hiekkaa. Harjun itäosan maaperä on hienoa hiekkaa ja harjun itäpuolella lievehiekat jatkuvat turvekerrosten alla. Kuninkaanlähteen vedenottamon luona maaperä on turvetta ja osin savipeitteinen. Vedenottamolla on vesioikeuden ja korkeimman hallinto-oikeuden vahvistamat suoja-alueet. Alueen eteläosassa on todettu liuottimilla pilaantunutta pohjavettä.

Yleiskaavaehdotuksessa Mätäksen pohjavesialueen osa-alueelle B on esitetty seudullisen vähittäiskaupan suuryksikköä (KM) sekä työpaikka-alueen (TP) laajentumista osin nykyiselle pientalovaltaiselle alueelle. Alue on lentomelualue. Suunnitellut toiminnot sijoittuvat Kuninkaanlähteen vedenottamon kaukosuojavyöhykkeelle ja vähittäiskaupan suuryksikkö osin myös lähisuojavyöhykkeelle. Lisäksi pohjavesialueen länsiosan läpi kulkee lentoradan suunniteltu linjaus.

Työpaikka-alueen ja vähittäiskaupan suuryksikköjen rakentamiseen liittyy usein laajoja pysäköintialueita ja rakennuksia. Tämä tarkoittaa pinnoitetun pinta-alan kasvua alueella. Laajat pinnoitetut alueet vähentävät muodostuvan pohjaveden määrää. Tällä hetkellä Mätäksen pohjavesialueen osa-alueen B muodostumisalueesta pinnoitettua pinta-alaa on noin 20 ha eli noin 13 %. Kaavaesityksen perusteella muodostumisalueelle tulee noin

25 ha lisää aluetta, jolle voitaisiin rakentaa pinnoitettua aluetta. Ala on noin 16 % koko muodostumisalueen pinta-alasta. Yhdessä nykyisen maankäytön kanssa pinnoitettua alaa saattaisi yleiskaavan suunnitelman mukaan olla noin kolmasosa koko muodostumisalueesta. Pohjaveden muodostumista voidaan turvata imeyttämällä puhtaat hulevedet maaperään. Imeytystä ei saa tehdä alueilla, joilla maaperä on pilaantunut.

Pohjavesialueen eteläosassa on jo nyt sinne osin huonosti soveltuva maankäyttöä, minkä seurauksena pohjavesi on pilaantunutta. Tästä syystä suositellaan ainakin koko vedenottamon lähisuojavyöhykkeelle sekä alueen eteläpuolella olevalle vielä rakentamattomille alueille kaavamerkintää maa- ja metsätalousalue (M). Pohjaveden määrällisen tilan turvaamiseksi myöskään työpaikka-alueen laajennusta ei suositella ulotettavaksi pohjaveden muodostumisalueelle. Pohjaveden laadulliseen tilaan ei esityksissä olevilla toiminnoilla ole merkittävää vaikutusta, mikäli alueella muodostuvat liikennealueiden ja teollisuustonttien hulevedet johdetaan pois alueelta eikä alueella sallita toimintaa, johon liittyy pohjaveden laadulle riskiä aiheuttavia kemikaaleja.



**Kuva 4-3. Mätäkiivi B pohjavesialueen vedenottamot ja Kuninkaanlähteen vedenottamon suojavyöhykkeet sekä suositukset yleiskaavan pohjavesivaikutusten vähentämiseksi.**

#### **4.4 Takoja**

Takojan vedenhankintaan soveltuva (luokka 2) pohjavesialue on pieni moreenimuodostuma, joka rajautuu kallioihin. Vedenottamo sijaitsee alueen itäosassa, joka on savipeitteinen. Alueelle ei ole määritelty erillistä pohjaveden muodostumisaluetta mutta pohjavettä muodostuu alueen länsiosan hiekkamoreenialueella. Pohjavesialueen ali kulkee Päijänne-tunneli ja pohjavesialue sijoittuu kokonaisuudessaan Päijänne-tunnelin suojavyöhykkeelle.

Alueelle on yleiskaavassa esitetty uutta omakotivaltaista asuinalueita (AO-2). Alueen pinta-ala on noin 13 ha ja koko pohjavesialueen pinta-ala noin 37 ha. Mikäli asuinalue rakennetaan hyvin väljästi (tehokkuusluku esim. 0,2), rakentaminen ei vaikuta merkittävästi alueella muodostuvan pohjaveden määrään.

#### **4.5 Päijänne-tunneli**

Tuusulan kunnan rakennusjärjestyksessä on määritelty Päijänne-tunnelille suojavyöhyke, joka on 200 m tunnelista molempiin suuntiin.

Kaavaesityksessä Päijänne-tunneli on huomioitu määräyksellä: Päijänne-tunnelin suoja-alueelle (200 m) ei tule sijoittaa toimintoja tai laitoksia, jotka saattavat aiheuttaa pohjaveden muuttumis- ja pilaantumisriskiä. Poraaminen on kielletty 50 metriä tunnelilinjan molemmin puolin.

Kaavassa on esitetty työpaikka-alueita tunnelin päälle Jokelassa. Alueella on jo oikeusvaikutteiset asemakaavat. Kaavoissa alueella sallitaan ympäristöhäiriötä aiheuttamattomien teollisuus- ja varastorakennusten rakentaminen. Muilta osin kaavassa esitetyt Päijänne-tunnelin päälle sijoittuvat toiminnot eivät aiheuta pohjavesiriskiä.

#### **4.6 Lentorata**

Suunniteltu kaavassa esitetty Lentoradan linjaus kulkee sekä Hyrylä A, Lahelan että Mätäkiivi B pohjavesialueilla. Ratalinja kulkee 1,4 km päästä Koskenmäen vedenottamosta ja 570 m päästä Lahelan vedenottamosta. Lahelan pohjavesialueella tunneli risteää merkittävän kallioperän ruhjeen kanssa.

Sekä kallioperän ruhje että tunnelin kulkeminen pohjavesialueen alapuolella tulee huomioida tunnelin suunnittelussa ja tiivistyksessä. Erityisesti ruhjeen kohdalle tulee suunnitella esi-injektointia, jotta merkittävästä vesivuodoilta louhinnan yhteydessä vältytään. Myös jälki-injektointi on tehtävä huolella. Huolellisella tiivistyksellä vaikutukset pohjaveden pintaan jäävät todennäköisesti lyhytaikaisiksi.

Yleiskaavaehdotuksessa Lentorata on vain esitetty ohjeellisena varauksena eikä sille ole esitetty määräyksiä. Kaavaesityksessä olisi hyvä mainita, että Lentoradan kulkeminen pohjavesialueilla tulee huomioida radan suunnittelussa.

### **5 VAIKUTUSTENHALLINTAKEINOJA**

#### **5.1 Hulevedet**

Rakentamisen haitallisia vaikutuksia pohjaveden muodostumiselle voidaan ehkäistä puhtaiden hulevesien imeyttämisellä. Imeyttämisen mahdollisesti vaatima tilavaraus tulisi tehdä kaavoihin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tai kirjata yleiskaavan määräyksiin, että vaadittava tila tulee huomioida asemakaavavaiheessa. Puhtaina

hulevesinä voidaan yleisesti pitää kattovesiä sekä pihakansilta ja aukioilta ja kevyen liikenteen väyliltä valuvaa vettä. Puhtaiden hulevesien imeytystä tulisi edistää myös jo rakennetuilla alueilla.

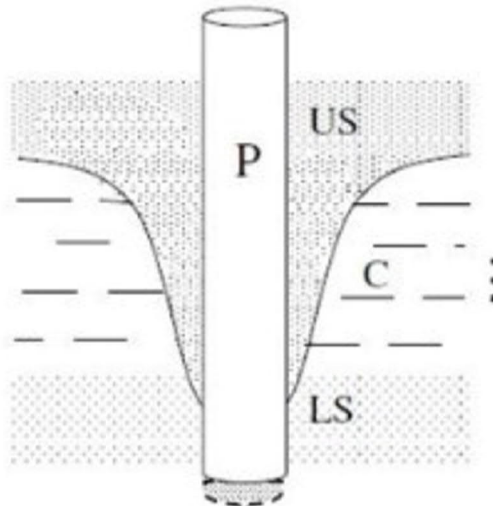
Hulevesiä ei tule imeyttää maaperään alueilla, joilla maaperä on pilaantunut. Teollisuustonttien piha-alueiden sekä vilkkaasti liikennöityjen teiden hulevedet tulee johtaa vähintään pois pohjaveden muodostumisalueelta, mieluummin koko alueelta.

## 5.2 Rakennusten ja rakenteiden paalutus

Rakennettaessa hienorakeisen maaperän alueilla, esim. savikoilla, rakennukset tulee usein perustaa paaluttamalla. Paalutus aiheuttaa maakerrosten häiriintymistä sekä nostaa saven huokosveden painetta. Paalutustavan valinta on aina kohdekohtaista ja se on suoritettava geotekniikan asiantuntijan toimesta.

Alueilla, joilla heikosti vettä läpäisevän savikerroksen alla on hyvin vettä johtavia kerroksia ja paineellista pohjavettä, on olemassa riski pohjaveden hallitsemattomaan purkautumiseen. Alueilla, joilla maaperä tai orsivesi on pilaantunut, tulee myös huomioida mahdollisen pilaantumisen kulkeutuminen pohjaveteen. Näillä alueilla paalutuksen suunnittelu on tehtävä erityisen huolellisesta ja paineellisen pohjaveden alueilla suunnitelmassa on esitettävä pohjaveden hallintasuunnitelma.

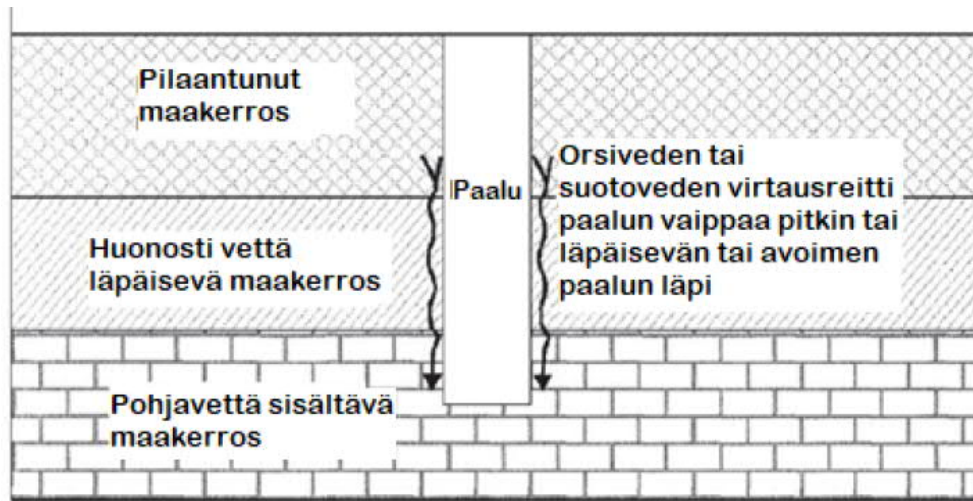
Paalutus saattaa maaperän häiriintymisen seurauksena avata pohjavedelle virtausreitit joko maanpintaan tai pilaantuneelle orsivedelle reitin varsinaiseen pohjavesikerrokseen (Kuva 5-1). Riskiä voidaan pienentää valitsemalla kohteeseen sopiva paalutusmenetelmä, paalun muoto sekä paalun halkaisija. Pääsääntöisesti paalun halkaisijan pitäisi olla alle puolet savikerroksen paksuudesta. Mikäli savikerros on useita metrejä paksu, virtausyhteyden muodostuminen maaperän häiriintymisen seurauksena on yleensä epätodennäköistä.



**Kuva 5-1. Periaatekuva siitä, miten savikerroksen vedenläpäisevyys voi kasvaa karkeamman maa-aineksen tunkeutuessa saven sekaan. (Raerinne 2017)**

Paineellista pohjavettä saattaa purkautua maanpinnalle myös paalun vaippaa pitkin (Kuva 5-2). Virtausreittiä ei yleensä synny jos savikerros on riittävän paksu suhteessa paalun halkaisijaan. Näissä tapauksissa savikerros muokkautuu sivupaineen alaisena, jolloin heti paalun asennuksen jälkeen savikerroksen ja paalun välille muodostui luja ja pitävä painekontakti, joka estää veden virtauksen. Parhaiten painekontakti syntyy kun

käytetään sylinterimäistä paalua. Virtausreitit mahdollinen syntyminen tulee selvittää tapauskohtaisesti.



**Kuva 5-2. Periaatekuva siitä, miten paalutus voi aiheuttaa virtausreitit synnyn huonosti vettä läpäisevän maakerroksen läpi. (Raerinne 2017)**

Paalujen materiaalit voivat vaikuttaa paikallisesti pohjaveden laatuun. Teräspaalujen osalta kyse on korroosion aiheuttamista muutoksista pohjaveden happipitoisuuteen ja redox-potentiaaliin. Korroosioriskin vaikuttaa merkittävästi alueen pohjaveden aggressiivisuus. Potentiaalisia aggressiivisia olosuhteita ovat esimerkiksi runsaasti orgaanista ainesta ja rikkiä sisältävät maakerrokset (esim. sulfidisavet) ja pilaantunut maaperä.

Tiiviisiin saviin ei pääse juurikaan happea, joten korroosionopeus on pieni ja korroosio jää sen vuoksi vähäiseksi. Merkittävää korroosiota tapahtuu tavallisesti vain pohjavedenpinnan yläpuolella, koska pohjavedenpinnan alapuolella maan huokokset ovat täyttyneet vedellä ja maa-aineksen happipitoisuus on pieni. Pohjavedenpinnan alapuolella korroosion kannalta merkittävää onkin pohjaveden kemiallinen laatu. Suomalaiset pohjavedet sisältävät usein paljon hiilidioksidia ja rautaa, ja paikoitellen myös kloridipitoisuus voi olla korkea teiden suolauksen takia. Etenkin korkean hiilidioksidipitoisuuden takia suomalaiset pohjavedet voivat olla melko syövyttäviä. (Raerinne, Laura. Paalutuksen vaikutukset pohjavedeen, kandidaatintyö TTY 2017)

Vantaalla 2.3.2020

Katriina Keskitalo  
Pohjavesigeologi