Siikakankaan pohjavesialueen soveltuminen vedenhankintaan ja maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelma

Maiju Nylund
Turun yliopisto
Maantieteen ja geologian laitos
Geologian osasto
2017

Ruovesi

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Turun yliopisto
University of Turku

Sisällys

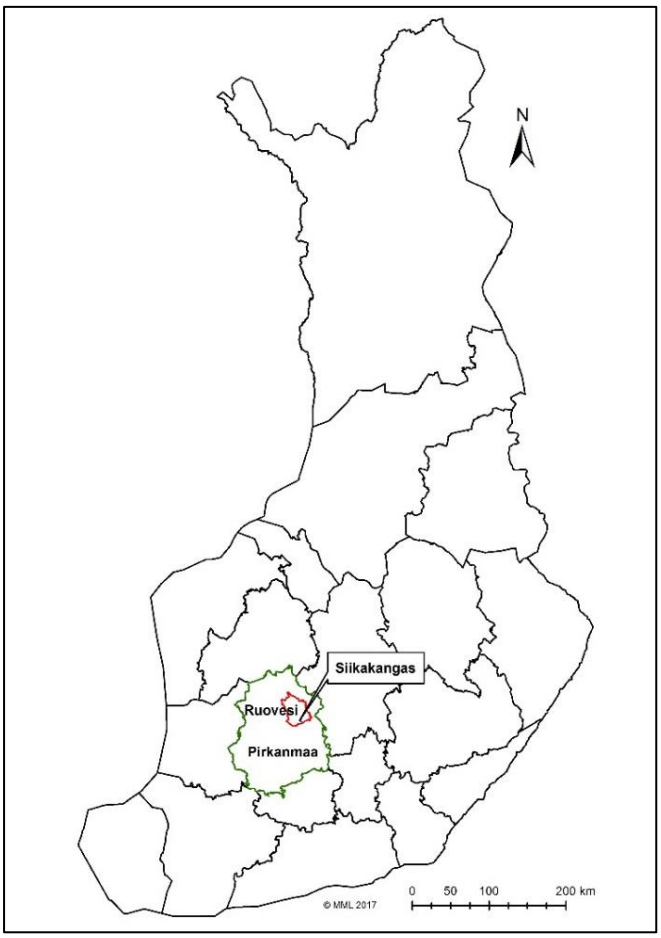
1. Johdanto....3
2. Siikakankaan pohjavesialue....4
2.1. Aikaisemmat tutkimukset Siikakankaan pohjavesialueella....6
2.1.1. Tämän selvitystyön yhteydessä suoritetut tutkimukset....8
2.2. Kallioperä....9
2.3. Maaperä ja morfologia....12
2.4. Kasvillisuus....16
2.5. Hydrologiset olosuhteet....17
2.6. Maankäyttö- ja kaavoitus....18
3. Pohjavesialueen soveltuminen vedenhankintaan....22
3.1. Maaperän ominaisuudet....22
3.1.1 Raekoko ja raekokojakauma....22
3.1.2. Sedimenttirakenteet....25
3.1.3. Huokoisuus....30
3.1.4. Vedenjohtavuus....30
3.1.5. Ominaisantoisuus....32
3.2. Pohjaveden pinnankorkeus....33
3.3. Pohjaveden virtausnopeus ja -suunta....36
3.4. Muodostuvan pohjaveden määrä....37
3.5. Pohjaveden purkautuminen....38
3.6. Pohjavedenottamon sijoittaminen....39
3.6.1. Pohjavedenottamon suoja-alueet....40
3.7. Vedenotosta mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset....41
3.7.1. Siikanevan suoalue....41
3.7.2. Lähdealueet....43
3.8. Pohjaveden laatu....44
3.8.1. Pohjavesialueen riskitekijät....47
3.9. Vedenhankinta Ruoveden ja lähikuntien alueella....48
4. Maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelma....50
4.1. Nykyinen maa-ainesten ottamistoiminta....50
4.2. Maa-ainesten laatu ja määrä....52
4.3. Uusien maa-ainesten ottamisalueiden sijoittaminen....53

4.4. Pohjaveden suojelu ja suojakerrospaksuudet 55
4.4.1. Pohjaveden tarkkailu 56
4.5. Muu maa-ainesten ottamiseen liittyvä toiminta 57
4.6. Maa-ainesten ottamista rajoittavat tekijät 59
4.7. Jälkihoito- ja jälkikäyttösuunnitelma 61
5. Yhteenveto ja johtopäätökset 68
Lähteet 71

Kannen kuva: Pärjänlähteet ja Mäkelän maa-ainesten ottamisalue, Siikakangas Ruovesi

1. Johdanto

Ruoveden kunnan alueella on yhteensä 14 luokiteltua pohjavesialuetta, joista kahdeksan aluetta on luokiteltu vedenhankintaa varten tärkeäksi pohjavesialueeksi ja kuusi aluetta vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi (SYKE 2017). Ruoveden kunnan luokitellut pohjavesialueet sijoittuvat Ruovedeltä Virroille kulkevalle harjujaksolle sekä Ruoveden kunnan eteläosassa sijaitseville Sisä-Suomen reunamuodostumaan kuuluville maa-ainesmuodostumille. Samoille alueille sijoittuvat myös Ruoveden kunnan alueen maa- ja kalliokiviaineksen ottamisalueet. Ruoveden alueen yhteenlasketut maa-ainesvarat ovat Pirkanmaan suurimmat (Appelqvist *et al.* 2015).



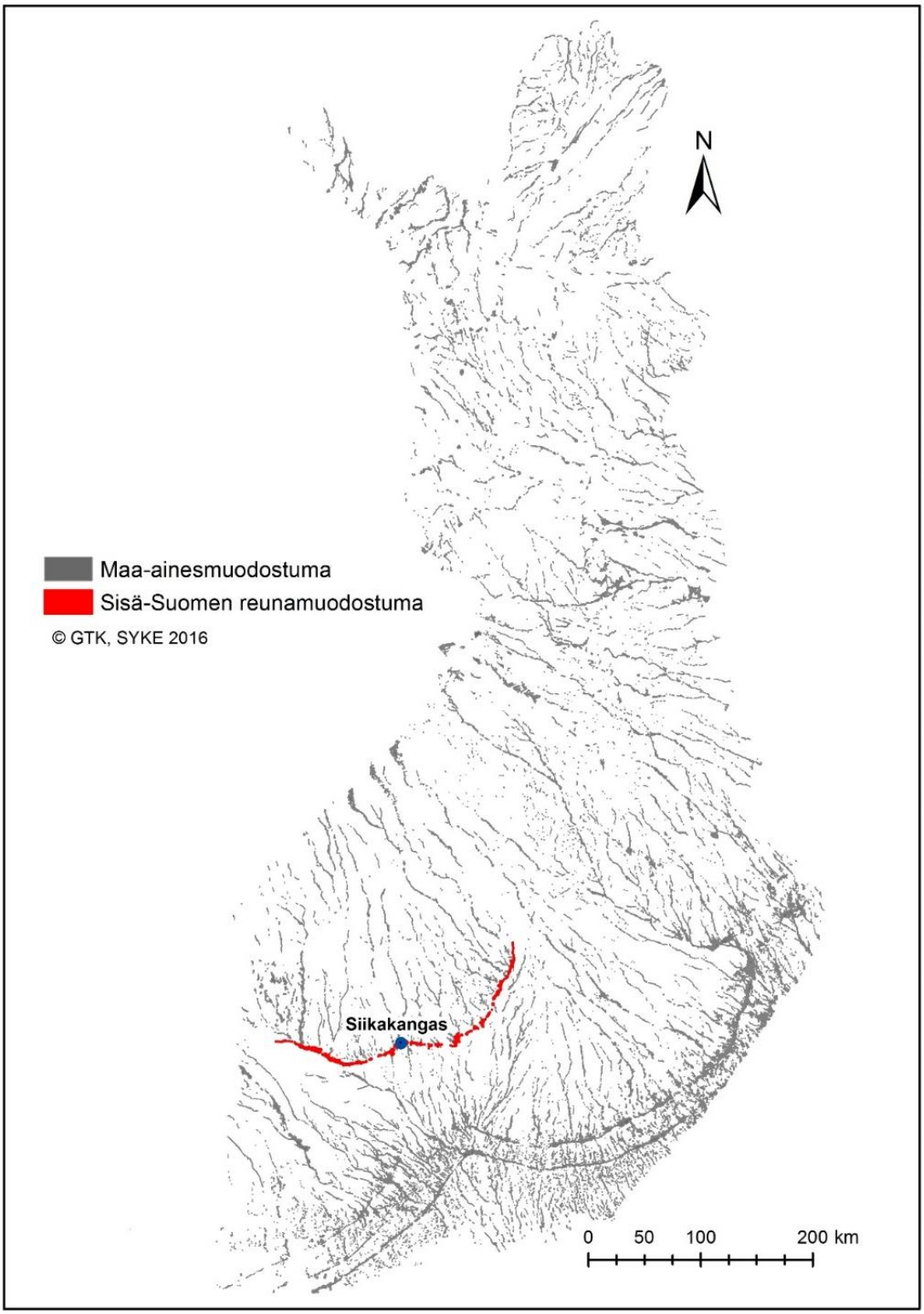
Kuva 1. Siikakangas sijaitsee Koillis-Pirkanmaalla Ruovedellä.

Siikakangas on Koillis-Pirkanmaalla Ruoveden kunnan eteläosassa (kuva 1) sijaitseva sandurdeltamuodostuma. Siikakankaan pohjavesialue on luokiteltu vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi. Vaikka Siikakankaan pohjavesialuetta ei tällä hetkellä hyödynnetä kunnallisessa vedenhankinnassa, on aluetta kuitenkin tutkittu mahdollisena seudullisena raakavesilähteenä. Vedenhankinnan lisäksi Siikakankaan pohjavesialueelle kohdistuu myös maa-ainesten ottamiseen liittyviä intressejä. Vuoden 2017 alussa Siikakankaan alueella oli yhteensä 11 voimassa olevaa maa-aineslupaa (Ruoveden kunta 2016).

Tässä selvitystyössä on tarkasteltu Siikakankaan pohjavesialueen hydrologisia ominaisuuksia ja soveltumista vedenhankintakäyttöön. Tämän lisäksi tässä selvitystyössä on laadittu maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelma Siikakankaan pohjavesialueelle. Yleissuunnitelmassa osoitetaan maa-ainesten ottamiseen parhaiten soveltuvat alueet pohjaveden suojelu, maa-ainesvarojen kestävä hyödyntäminen sekä muut maa-ainesten ottamista mahdollisesti rajoittavat tekijät huomioon ottaen. Selvitystyö on tehty yhteistyössä Ruoveden kunnan, Pirkanmaan ELY-keskuksen ja Turun yliopiston kanssa.

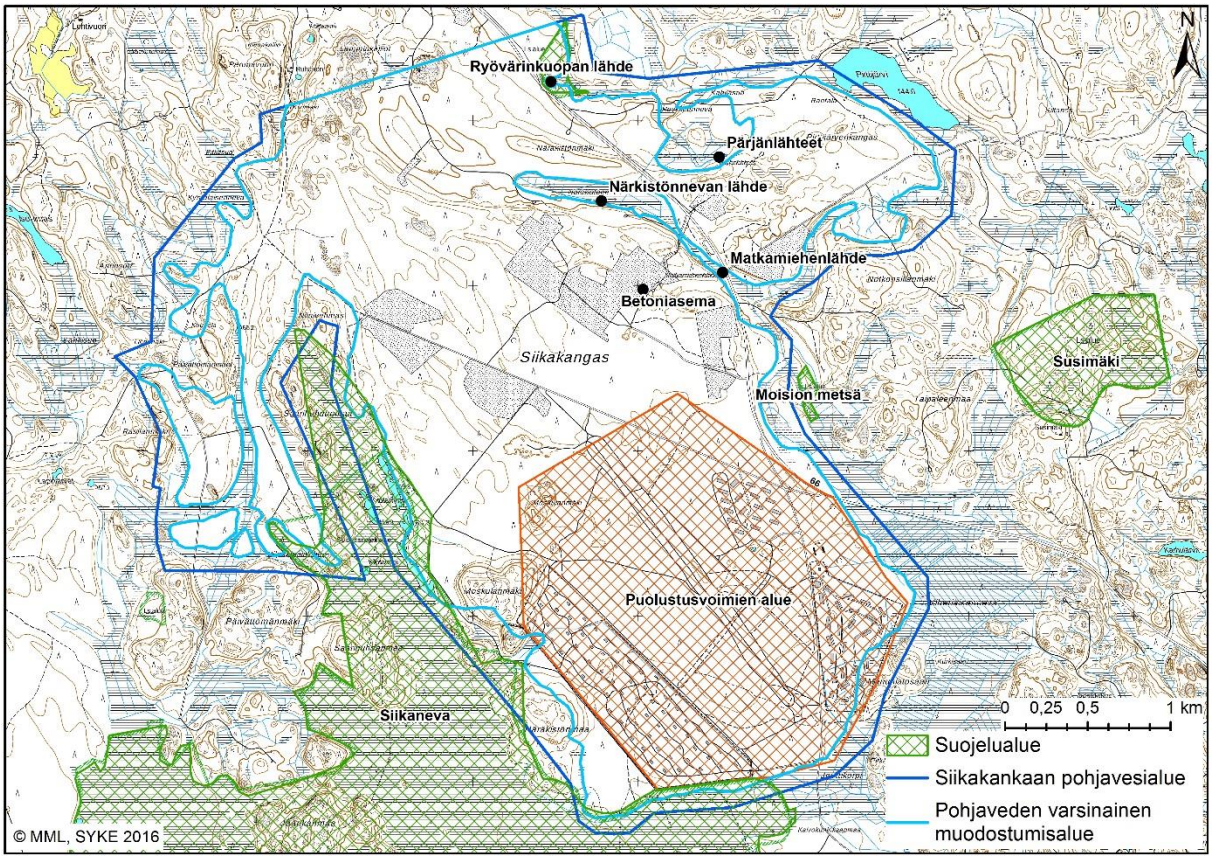
2. Siikakankaan pohjavesialue

Siikakankaan pohjavesialue (ID 0470211) on luokiteltu vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi (II luokka). Siikakankaan pohjavesialue sijoittuu Ruoveden kunnan alueella sijaitsevalle laajalle sandurdeltamuodostumalle, joka on osa Sisä-Suomen reunamuodostumaa (kuva 2).



Kuva 2. Siikakankaan sandurdelta on osa Sisä-Suomen reunamuodostumaa.

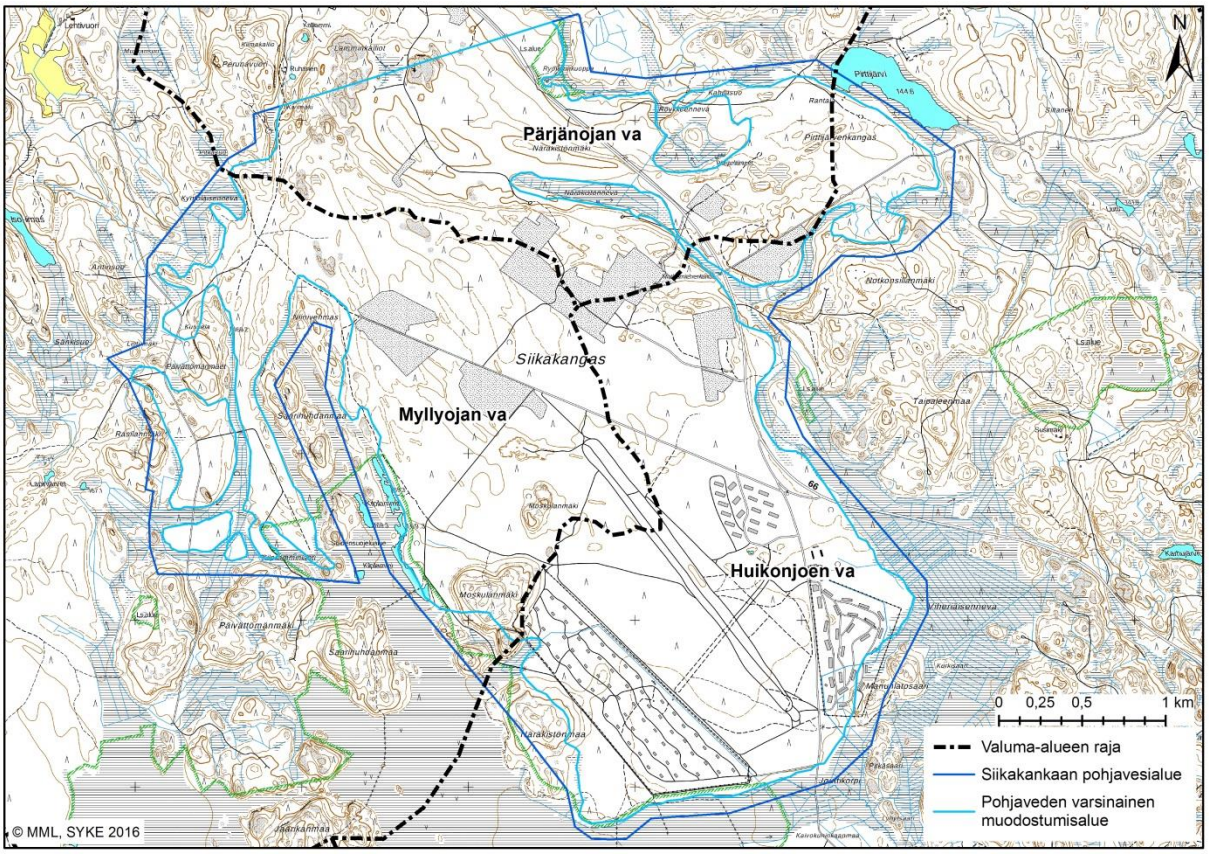
Siikakankaan pohjavesialueen eteläpuolella sijaitsee Siikanevan alue, joka on Natura 2000 -verkostoon kuuluva soidensuojelualue (kuva 3). Siikakankaan pohjavesialueen pohjoisosassa sijaitsee puolestaan Ryövärinkuopan luonnonsuojelualue (kuva 3). Siikakankaan pohjavesialueen itäisin osa, Pirttijärvenkangas, rajautuu idässä Pirttijärveen (kuva 3). Siikakankaan pohjavesialueen itäisen osan läpi kulkee kantatie 66 Orivedeltä Virroille.



Kuva 3. Siikakankaan pohjavesialueen rajaus.

Siikakankaan pohjavesialueen keskiosassa on ollut laaja-alaista maa-ainesten ottamista viimeisen kolmenkymmenen vuoden ajan. Maa-ainesten ottamiseen liittyen alueella toimii myös betoniasema (kuva 3). Pohjavesialueen eteläosasta noin 3,8 km^2 suuruinen alue on puolustusvoimien hallinnoimaa aluetta (kuva 3). Puolustusvoimien hallinnoimalla alueella sijaitsee myös 1930-luvulla käyttöön otettu Siikakankaan entinen lentokenttäalue.

Siikakankaan pohjavesialueen pohjois- ja itäosista löytyy muutamia merkittäviä lähdealueita, kuten esimerkiksi Ryövärinkuopan lähde ja Pärjänlähteet (kuva 3). Siikakankaan pohjavesialueella ei ole tällä hetkellä kunnallista vedenottamoa. Yksittäisiä kaivoja pohjavesialueella on tiettävästi ainakin betoniaseman sekä puolustusvoimien hallinnoimien kiinteistöjen yhteydessä. Siikakankaan pohjavesialueen pinta-ala on noin 15,7 km^2, ja josta pohjaveden varsinaista muodostumisaluetta on noin 12,3 km^2. Siikakankaan pohjavesialue kuuluu Myllyojan, Pärjänojan ja Huikonjoen osavalumaalueisiin (kuva 4).



Kuva 4. Siikakankaan pohjavesialue kuuluu kolmeen eri osavaluma-alueeseen.

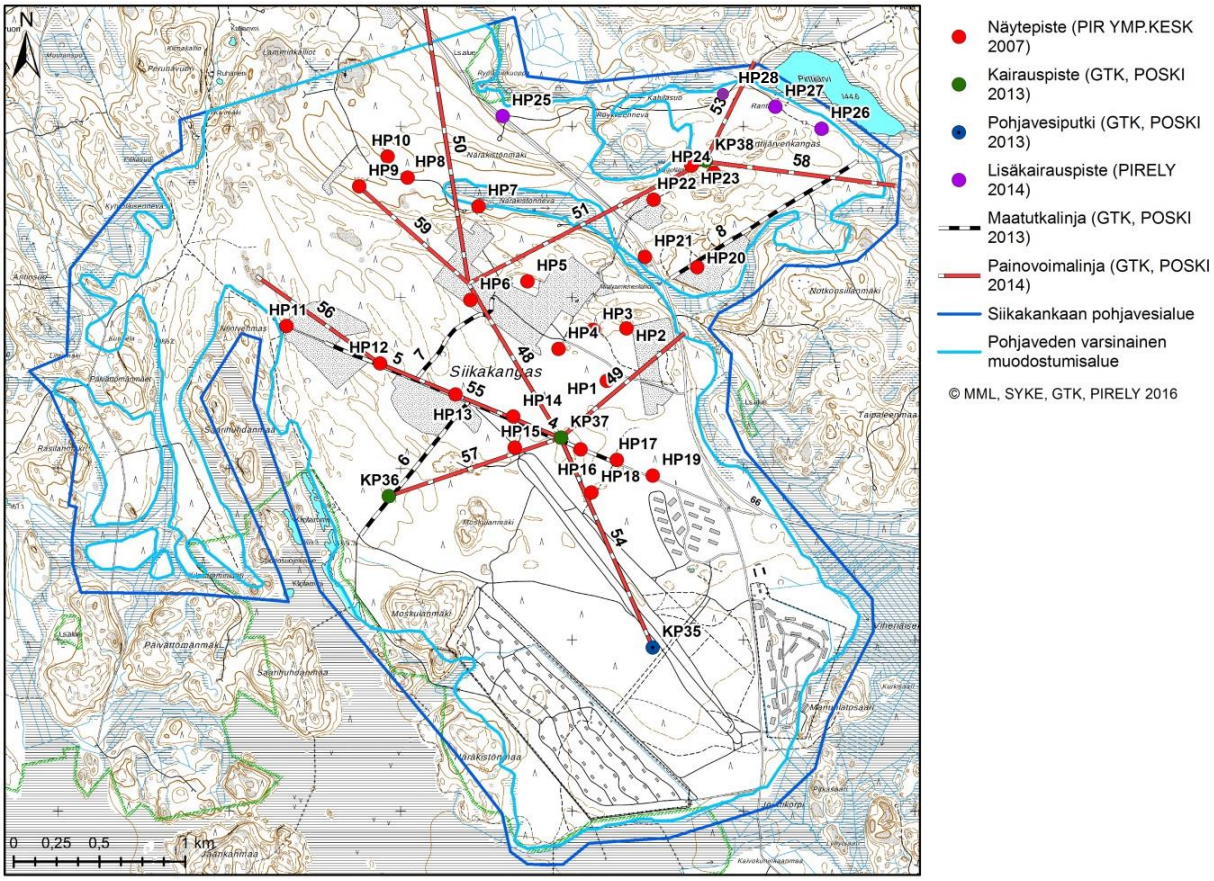
2.1. Aikaisemmat tutkimukset Siikakankaan pohjavesialueella

Vuonna 2008 Ruoveden kunta ja Pirkanmaan ympäristökeskus tekivät Siikakankaan alueella alustavan pohjavesiselvityksen. Selvitystyön tarkoituksena oli selvittää Siikakankaan pohjavesivarojen käyttökelpoisuutta Ruoveden, Juupajoen ja Oriveden lisävedenhankintaa varten. Selvitystyössä tutkittiin alueen maaperäolosuhteita porakonekairauksin yhteensä 24 tutkimuspisteessä (kuva 5), joista osaan asennettiin myös pohjaveden pinnankorkeuden havaintoputki. Myös maaperän vedenläpäisevyyttä tutkittiin kahdessa tutkimuspisteessä eri syvyyksillä lyhytaikaisilla antoisuuspumppauksilla. Pohjaveden laadun tutkimista varten selvitystyössä otettiin vesinäytteitä lyhytaikaisten antoisuuspumppausten yhteydessä sekä kolmesta eri lähteestä. Selvitystyön loppuraportissa todettiin, että vedenoton toteuttamisen järjestäminen vaatisi vielä runsaasti lisätutkimuksia Siikakankaan alueella. Myös pohjaveden ottamisesta mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset läheisille luonnonsuojelualueille vaatisivat lisäselvityksiä. (Vänskä 2008.)

Vuosina 2013–2014 Siikakankaalla tehtiin Pirkanmaan POSKI-hankkeen (Pohjaveden suojelun ja kiviaineshuollon yhteensovittaminen Pirkanmaalla 2012–2015) maastotutkimuksia. Geologian tutkimuskeskuksen maastotutkimuksissa Siikakankaan alueella kairattiin neljässä tutkimuspisteessä, joista yhteen asennettiin myös pohjaveden havaintoputki (kuva 5). Maatutkaluotauksia alueella tehtiin viisi linjaa, joista jokaisen linjan pituus oli noin 1,0 km (kuva 5). Painovoimamittauksia tehtiin puolestaan 11 lin-

jaa, joiden pituudet olivat noin 1,0–1,5 km (kuva 5). Siikakankaan maastotutkimuksista saadut tulokset on esitetty Pirkanmaan POSKI-hankkeen maa-ainestutkimusten työraportissa. Geologisten tutkimusten lisäksi POSKI-hankkeen alueilla tehtiin myös esimerkiksi luonto- ja maisemakartoituksia sekä arvokkaiden harjualueiden inventointeja. (Sallasmaa *et al.* 2014.)

Pirkanmaan ELY-keskus täydensi POSKI-hankkeessa saatuja tutkimustuloksia Siikakankaan osalta vuonna 2014 lisäkairauksilla. Lisäkairausten tarkoituksena oli selvittää Siikakankaan maaperä- ja pohjavesiolosuhteita alueen pohjois- ja itäosissa. Lisäkairaukset toteutettiin porakonekairauksin neljässä tutkimuspisteessä (kuva 5), joihin asennettiin myös pohjaveden havaintoputket. Selvitystyön loppuraportissa todettiin, että mahdollisen vedenottopaikan selvittäminen vaatisi vielä jatkotutkimuksia. Myös esimerkiksi Pärjänlähteiden luontoarvoja tulisi arvioida mahdollisissa jatkotutkimuksissa. (Vänskä 2014.)



Kuva 5. Siikakankaan pohjavesialueella aikaisemmin suoritetut tutkimukset.

Vuosien 2013–2015 aikana Pirkanmaalla toteutettiin pohjavesialueilla (luokat I ja II) sijaitsevien soranottoalueiden tilaa ja kunnostustarvetta kartoittanut SOKKA-hanke. Siikakankaan pohjavesialueelta kartoitettiin SOKKA-hankkeessa yhteensä 12 soranottoaluetta. Kartoitetuista alueista yksi alue luokiteltiin jälkihoidetuksi, kolme aluetta muotoilluksi ja kolme aluetta jälkihoitamattomaksi. Loput viisi kartoitettua aluetta olivat toiminnassa. Käytöstä poistuneiden ottamisalueiden kunnostustarpeen arvioitiin olevan vähäinen tai tarvetta kunnostukselle ei ollut ollenkaan. (Lindholm 2016.)

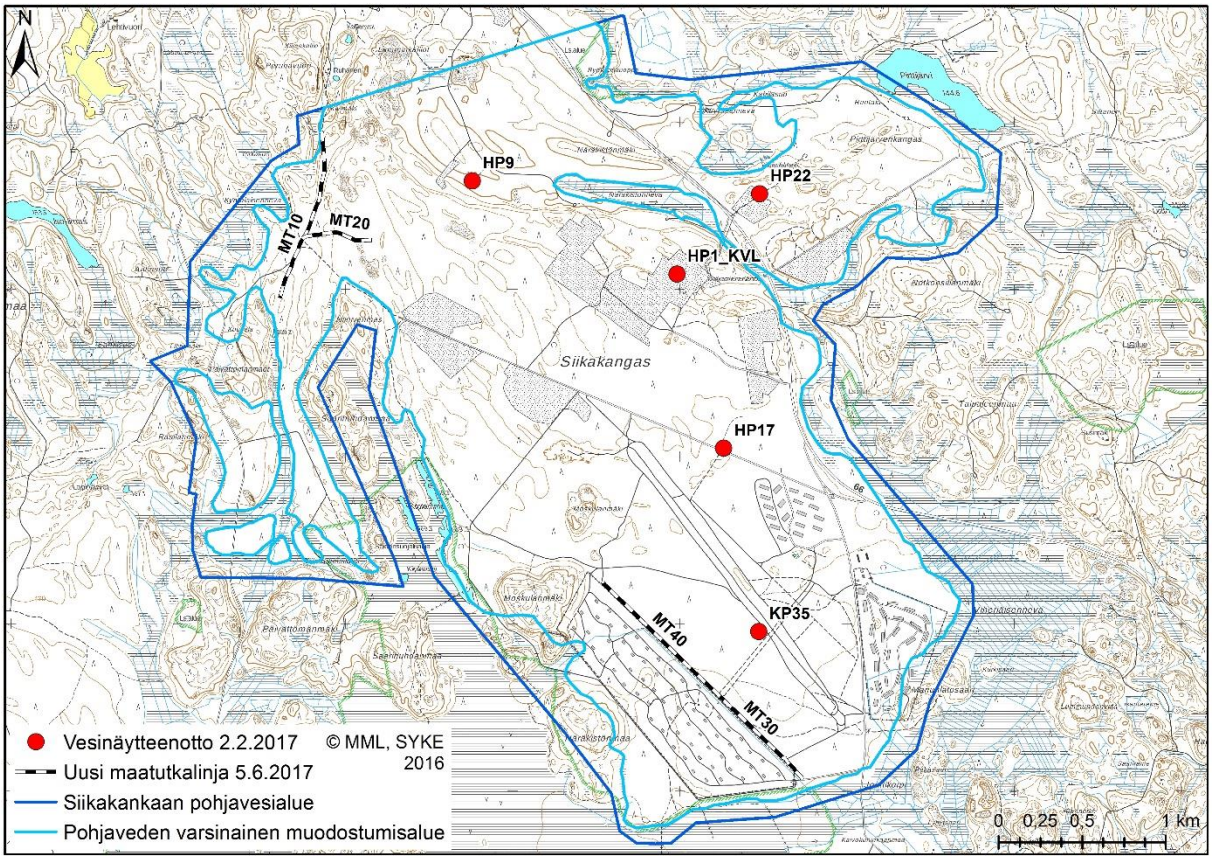
Edellä mainittuja selvitystöitä ja maastotutkimuksia on käytetty tässä tutkimuksessa apuna Siikakankaan pohjavesialueen maa- ja kallioperän sekä pohjavesiolosuhteiden mallintamisessa. Soveltuvin osin aikaisempien selvitystöiden aineistoja on täydennetty Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämän ja ELY-keskusten tuottaman pohjavesitietojärjestelmän (POVET) tiedoilla. Tässä selvitystyössä on hyödynnetty myös Maanmittauslaitoksen 2 metrin laserkeilausaineistoa, jota on käytetty Siikakankaan alueen maaperän korkeussuhteiden mallintamisessa. Siikakankaan alueen laserkeilausaineisto on vuodelta 2014.

Siikakankaan pohjavesialueen maa- ja kallioperäolosuhteiden mallintamisessa on käytetty apuna myös Geologian tutkimuskeskuksen paikkatietoaineistoja sekä Maanmittauslaitoksen topografiakarttoja ja ilmakuvia. Pohjavesialueen geomorfologisten ominaisuuksien tulkinnassa käytettiin apuna Maanmittauslaitoksen tuottamaa LiDAR-aineistoa (Light Detection and Ranging), joka kuvaa maanpinnan korkeussuhteita vinovalovarjorasterilla. Paikkatietoaineistojen käsittelyssä käytettiin ArcMAP-ohjelmistoa.

2.1.1. Tämän selvitystyön yhteydessä suoritetut tutkimukset

Siikakankaan alueella suoritettiin maastokatselmus 28.10.–30.10.2016. Maastokatselmuksessa tutustuttiin Siikakankaan pohjavesialueen vallitseviin luonnonoloihin sekä maa-ainesten ottamisalueisiin. Maastossa tehtiin havaintoja muun muassa maaperäolosuhteista, alueen korkeussuhteista, kasvillisuudesta ja pohjaveden mahdollisista purkautumisalueista. Tutkimusalueelle suoritettiin toinen maastokäynti 2.2.2017, jolloin alueella tehtiin pohjaveden pinnankorkeuden mittauksia sekä otettiin vesinäytteitä pohjaveden laatututkimuksia varten (kuva 6). Näytteenotossa hyödynnettiin tutkimusalueella olevia pohjaveden havaintoputkia, jotka soveltuivat näytteenottoon. Pohjaveden pinnankorkeuden mittaukset ja pohjavesinäytteenoton suoritti Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, joka vastasi myös näytteiden laboratorioanalyyseistä.

Tutkimusalueella suoritettiin tämän selvitystyön yhteydessä 5.6.2017 maatutkaluotauksia Geo-Work Oy:n toimesta. Uusia maatutkaluotauslinjoja tehtiin yhteensä neljä (kuva 6), joiden yhteispituus oli noin 3 km. Maatutkaluotauslinjat sijaitsivat joko valmiilla tieurilla tai poluilla (kuva 6). Uusien maatutkalinjojen avulla oli tarkoituksena selvittää maaperän laatua, pohjaveden esiintymistä sekä kallioperän korkoa niillä alueilla, joilta ei ollut olemassa aikasempaa tutkimustietoa. Maatutkaluotaukset toteutettiin SIR-3000 maatutkalaitteistolla käyttäen 100 MHz:n taajuista antennia. Metrin mittaiselle matkalle otettiin 20 mittausta ja aikamittakaavana käytettiin 500 ns, jolloin luotauksen syvyysulottuvuus oli noin 20–30 m.

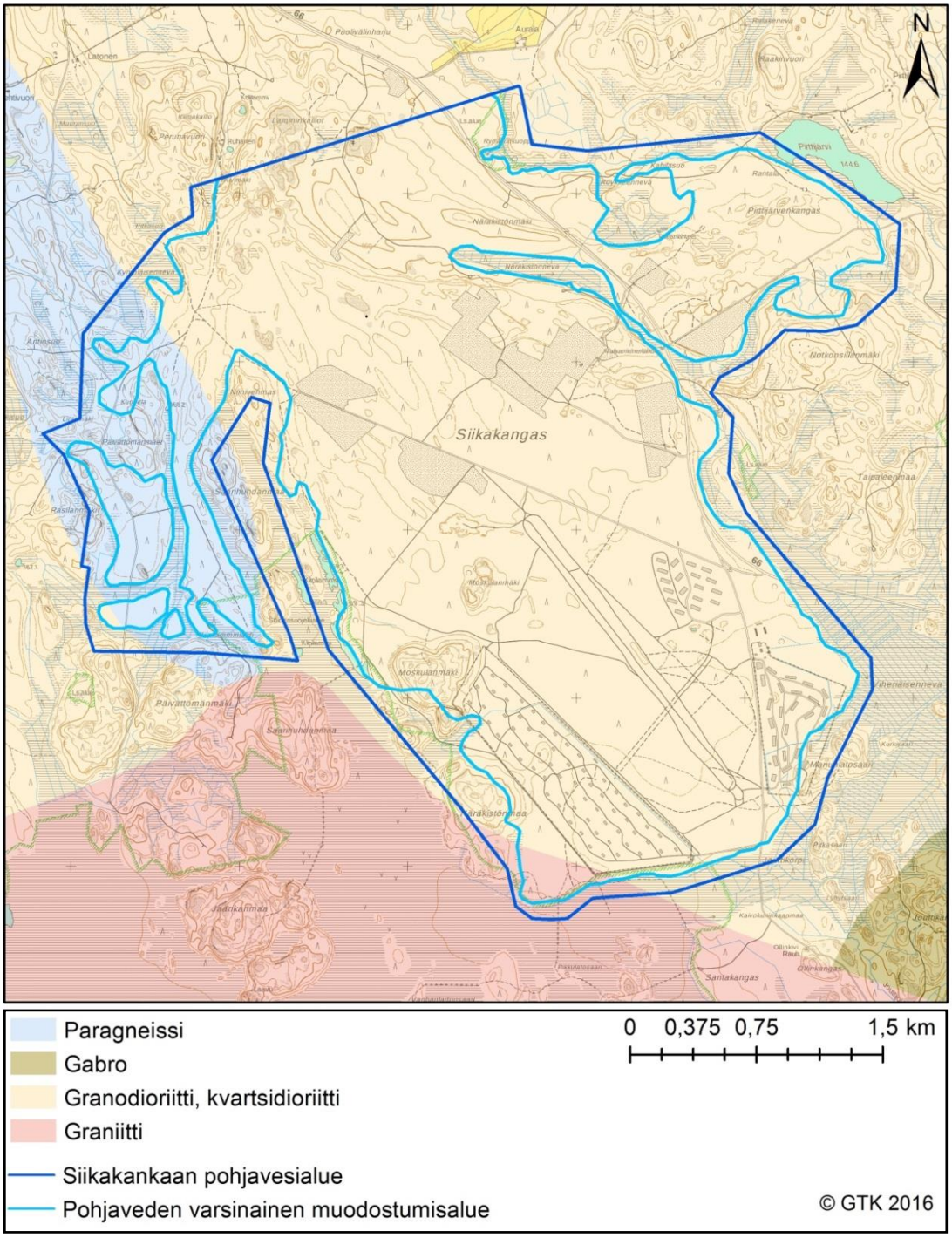


Kuva 6. Siikakankaalla 2.2.2017 suoritetun pohjavesinäytteenoton näytepisteiden sijainnit ja 5.6.2017 luodattujen maatutkalinjojen reitit.

2.2. Kallioperä

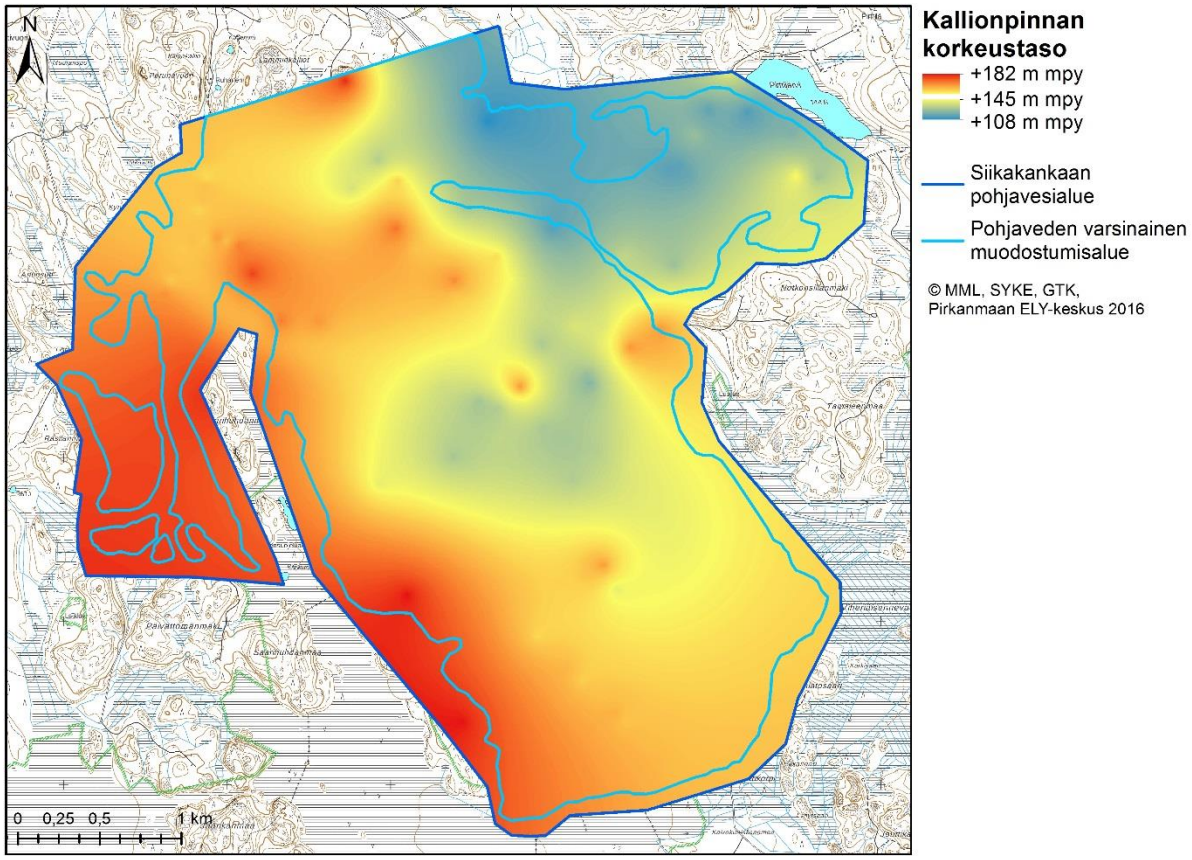
Tampereen liuskealueen pohjoispuolelle sijoittuvan Siikakankaan alueen kallioperä koostuu pääasiassa granodioriitista ja kvartsidioriitista (kuva 7) (GTK 2016). Granodioriitti on graniitin sukuinen syväkivi, jossa on tyypillisesti hieman vähemmän kalimaasälpää kuin graniitissa (Nurmi *et al.* 1998). Kvartsidioriitti on puolestaan syväkivi, jossa on graniittia enemmän kvartsia eikä lainkaan kalimaasälpää (Nurmi *et al.* 1998). Sekä granodioriitissa että kvartsidioriitissa maasälpä on pääasiassa plagioklaasia (Nurmi *et al.* 1998). Tummina mineraaleina granodioriitissa ja kvartsidioriitissa on tyypillisesti biotiittia, sarvivälkettä ja pyrokseeneja (Nurmi *et al.* 1998). Ruoveden alueen granitoidit ovat osa Keski-Suomen granitoidikompleksia ja niiden syntymä liittyy svekofennisessä orogeniassa tapahtuneeseen saarikaarten törmäykseen noin 1920–1870 miljoonaa vuotta sitten (Nurmi *et al.* 1998).

Granodioriitin ja kvartsidioriitin lisäksi Siikakankaan pohjavesialueen länsiosan kallioperästä löytyy myös paragneissivyöhyke (kuva 7) (GTK 2016). Ruoveden paragneissit ovat merenpohjaan noin 1900 miljoonaa vuotta sitten kerrostuneita savia ja hiekkoja, jotka ovat korkeassa lämpötilassa ja paineessa metamorfoituneet gneissiksi (Nurmi *et al.* 1998). Paragneissit sisältävät runsaasti biotiittia, mihin viittaa myös paragneisseistä aiemmin käytetty nimitys kiillegneissi (GTK 2016).



Kuva 7. Siikakankaan pohjavesialueen kallioperän pääkivilajit.

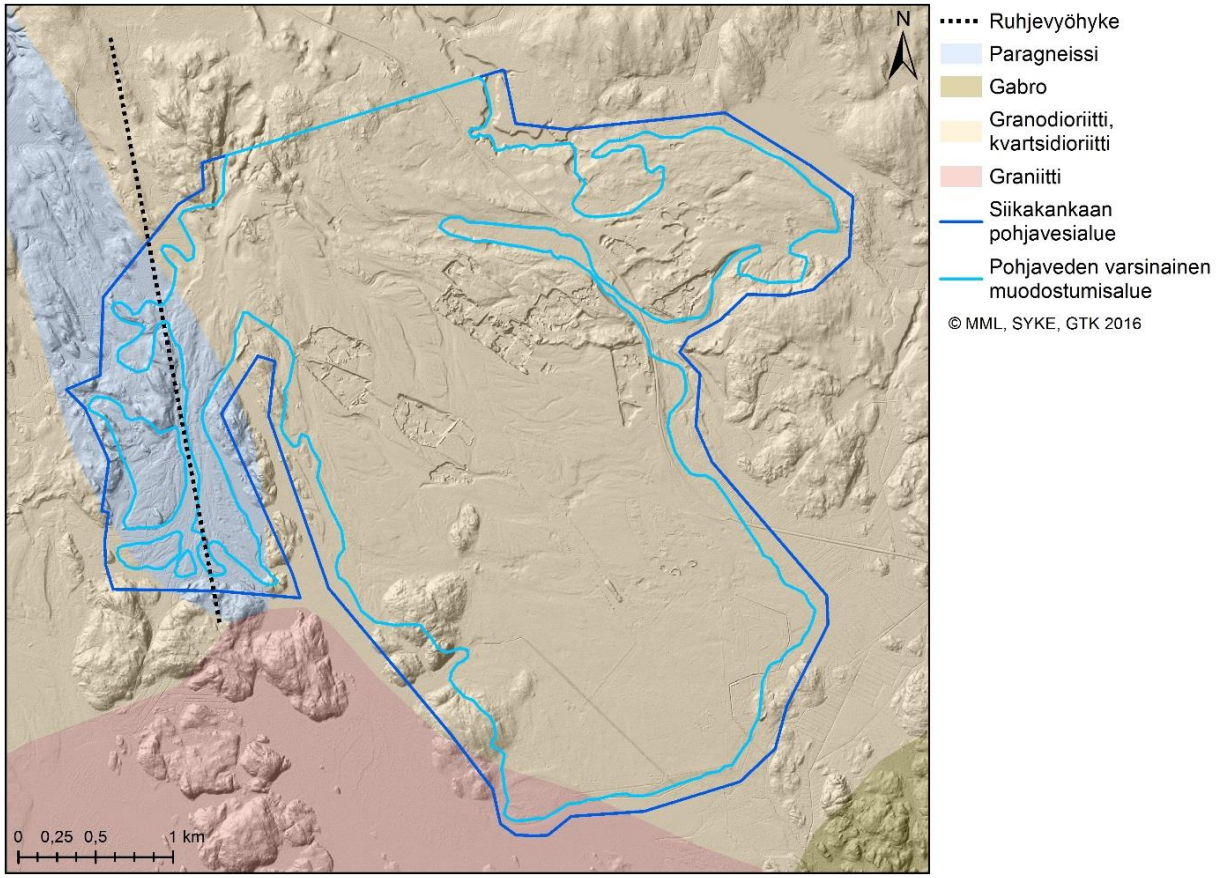
Siikakankaan pohjavesialueella kallioperän korkeustaso vaihtelee noin tasosta +100 m mpy (pohjoisosa) tasoon +180 m mpy (länsiosa) (kuva 8). Pohjavesialueen länsiosassa, missä alueen kallioperä on korkeimmillaan, löytyy useita kalliopaljastumia. Tarkasteltaessa Siikakankaan alueen kallionpinnan korkeustason vaihtelua, voidaan havaita kaksi syvempää pohjavettä keräävää painannetta alueen pohjois- ja keskiosassa (kuva 8). Siikakankaan pohjavesialueen interpoloitu kallioperän korkeustaso kuvassa 8 sisältää epävarmuuksia puutteellisesta havaintoaineistosta johtuen etenkin alueen läntisessä osassa. Pistemäisestä havaintoverkostosta on interpoloitu 10 m solukoolla korkeusmalli ArcMap-ohjelmiston Topo to raster -toiminolla.



Kuva 8. Kallionpinnan interpoloitu korkeustaso, jonka lähtöaineistona on käytetty kuvissa 5 ja 6 esitettyjä painovoimamittaus-, maatutkaluotaus- ja kairaustutkimuksien havaintoja sekä kalliopaljastumien korkeustasoa.

Ruoveden alueen kallioperälle on luonteenomaista useat luode-kaakko-suuntaiset murroslaaksot ja ruhjevyöhykkeet, kuten esimerkiksi Jäminkipohja-Vaskivesi ruhjelaakso (Ruoveden kunta *et al.* 2002). Näiden lisäksi Kaakkois-Ruoveden alueella on myös useita koillinen-lounas-suuntaisia ruhjevyöhykkeitä (Ruoveden kunta *et al.* 2002). Kallioperän ruhjevyöhykkeitä syntyy, kun maankuoren liikunnot ja rapautuminen aiheuttavat kallioperään rikkonaisuutta (Airaksinen 1978). Etenkin happamat, graniittiset kivilajit, joita on runsaasti Ruoveden alueella, ovat alttiita tällaiselle rikkoutumiselle (Airaksinen 1978).

Ruoveden alueen aeromagneettisen aineiston, kallioperäkarttojen ja laserkeilausaineiston perusteella Siikakankaan pohjavesialueella havaittiin yksi paikallinen magneettinen lineamentti (kuva 9), joka todennäköisesti indikoi kallioperän rikkonaisuusvyöhykettä, ja jolla voi olla vaikutusta Siikakankaan pohjavesialueen hydrogeologisiin olosuhteisiin. Tämä mahdollinen ruhjevyöhyke sijaitsee Siikakankaan pohjavesialueen läntisessä osassa (kuva 9). Ruhjevyöhyke on suuntautunut Ruoveden alueelle tyypillisesti lähes luode-kaakko-suuntaisesti. Ruhjevyöhykettä ei havaittu Siikakankaan alueen kallioperän korkeustasoa kuvaavissa havaintoaineistoissa, sillä pohjavesialueen länsiosasta saatavilla oleva havaintoaineisto on osin puutteellinen.



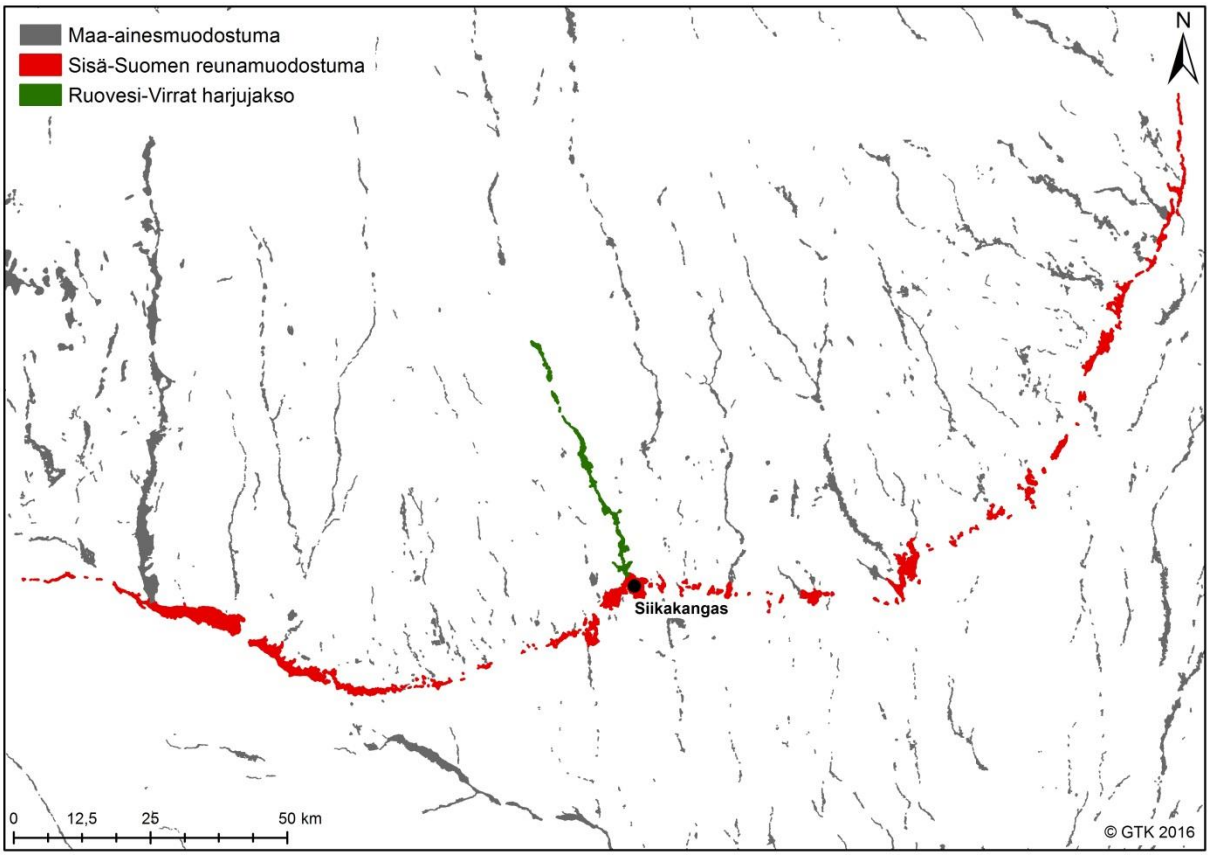
Kartta 9. Siikakankaan kallioperän todennäköinen ruhjevyöhyke, jolla voi olla vaikutuksia Siikakankaan pohjavesialueen hydrogeologisiin olosuhteisiin.

2.3. Maaperä ja morfologia

Siikakangas on tulkittu glasifluviaaliseksi eli jäätikköjokisyntyiseksi sandurdeltamuodostumaksi (Sallasmaa *et al.* 2014). Glasifluviaaliset sandurdeltat näkyvät nykytopografiassa laajoina ja tasaisina hiekkakenttinä, jotka ovat muinaisen vedenpinnan tasoon kerrostuneita jäätikön sulamisvesien kasaamia suistoja (Bennet & Glasser 2010). Vedenpinnan yläpuolelle tai aivan vesirajaan kerrostunutta muodostumaa kutsutaan sanduriksi ja vedenpinnan alapuolella kerrostunutta osaa deltaksi (Bennet & Glasser 2010). Siikakankaan sandurdelta syntyi noin 10 900–11 000 vuotta sitten jäätikön sulamisen eli deglasiaation seurauksena (Ehlers & Gibbard 2004).

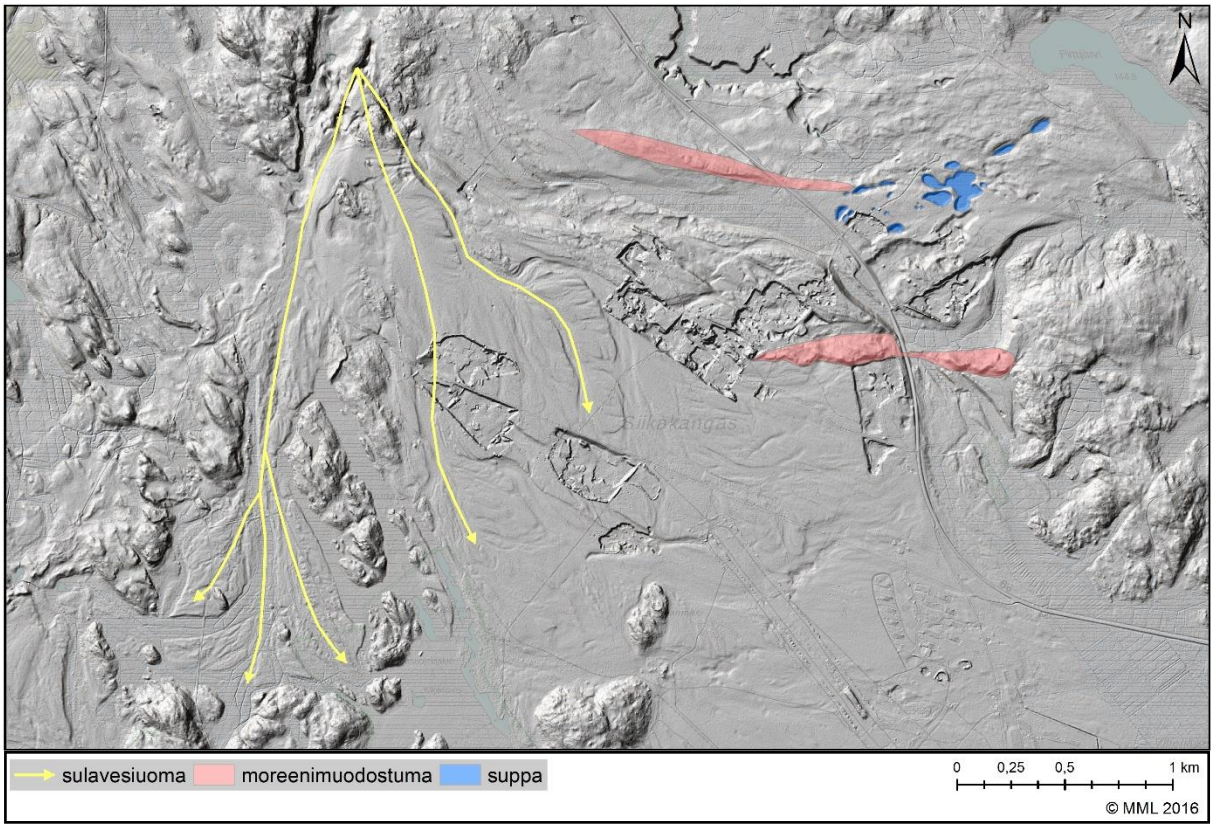
Deglasiaation aikaan Ruoveden alueella vaikutti jäätikön kielekevirta, jonka reuna ulottui Hämeenkyröstä Ruoveden kautta Keski-Suomeen (Sallasmaa *et al.* 2014). Kyseinen Näsijärvi–Jyväskylä-kielekevirta kerrosti salpausselkämäisen Sisä-Suomen reunamuodostuman, jolla on pituutta noin 250 km (Ehlers & Gibbard 2004). Reunamuodostumat ovat jäätikön reunan eteen päättyvän sulavesiuoman kuljettamasta aineksesta kerrostuneita glasifluviaalisia muodostumia (Bennet & Glasser 2010). Sekä reunamuodostumien että glasifluviaalisten sandurdeltojen rakenne riippuu kerrostumisen aikaisesta veden syvyydestä (Bennet & Glasser 2010). Sandurdeltat ovat tyypillisiä matalaan veteen kerrostuneissa reunamuodostumissa (Bennett & Glasser 2010).

Siikakankaan sandurdelta on Pirkanmaan suurin sandurdelta ja se sijoittuu Sisä-Suomen reunamuodostuman läntisen ja itäisen kaaren yhtymäkohtaan (kuva 10) (Sallasmaa *et al.* 2014). Siikakankaan sandurdeltan läheisyydessä, muodostuman länsipuolella sijaitsee vastaavanlainen, mutta kooltaan pienempi Särkikankaan sandurdeltamuodostuma. Siikakankaan pohjoispuolella sijaitsee Jäminkipohjan harju, joka on toiminut syöttöharjuna Siikakankaan sandurdeltan ainekselle (Sallasmaa *et al.* 2014).



Kuva 10. Siikakangas sijoittuu Sisä-Suomen reunamuodostuman läntisen ja itäisen kaaren yhtymäkohtaan.

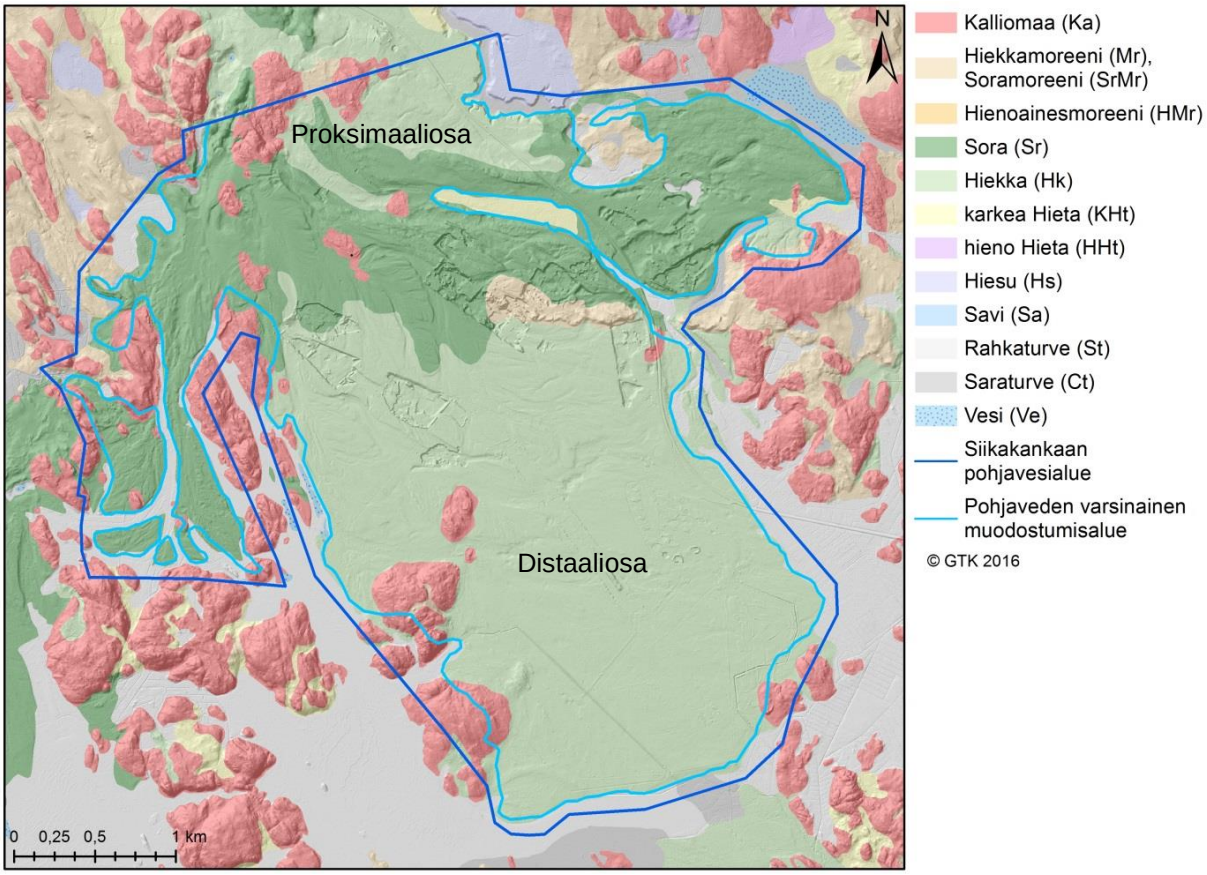
Siikakankaan sandurdeltan proksimaaliosa pohjoisessa on ulottunut silloisen Yoldiameren vedenpinnan yläpuolelle noin tasoon +170 m mpy (Sallasmaa *et al.* 2014). Proksimaaliosassa muodostuman nykymorfologiaa hallitsee kumpareinen maasto, jossa on nähtävissä joitakin pienipiirteisempiä muotoja, kuten esimerkiksi sulavesiuomia (kuva 11). Proksimaaliosan vallimaiset moreenimuodostumat (kuva 11) ovat syntyneet puolestaan jäätikön uudelleen etenemisen yhteydessä. Siikakankaan sandurdeltan proksimaaliosasta löytyy myös useita suppia (kuva 11), mikä osoittaa, että maa-ainesten kerrostumista on tapahtunut osittain myös jäätiköstä irronneiden lohkareiden päälle. Tällaista suppien vallitsemaa maastoa voidaan kutsua kuolleen jään topografiaksi (Bennet & Glasser 2010). Muodostuman distaaliosa on topografialtaan tasainen hiekkakenttä, jossa ei juurikaan ole enää nähtävillä muodostuman kerrostumisen aikaisia muotoja.



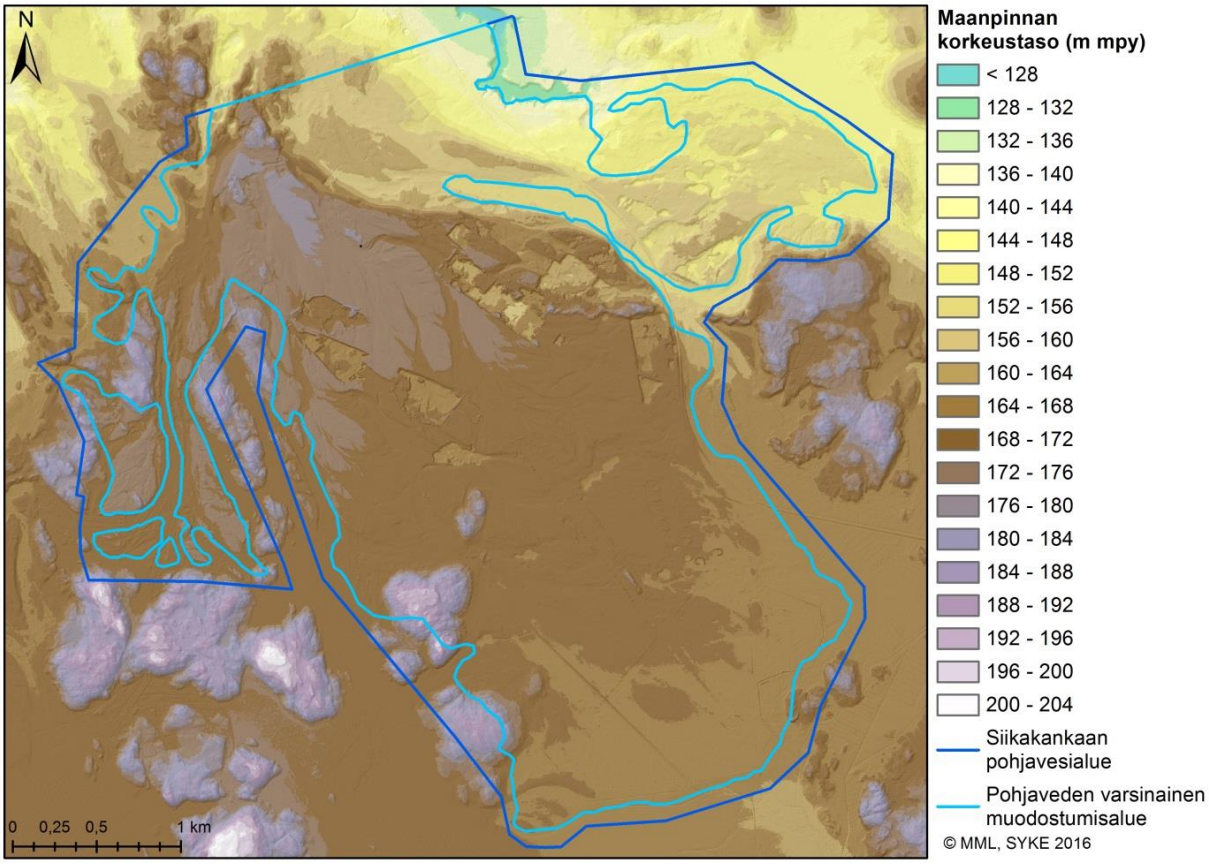
Kuva 11. Siikakankaan proksimaaliosan morfologiaa.

Siikakankaan proksimaaliosan maa-ainekset ovat pääasiassa karkeaa hiekkaa ja soraa (kuva 12). Myös muodostuman itäinen osa eli Pirttijärvenkangas on aineksel-taan soraa ja karkeaa hiekkaa (kuva 12). Siikakankaan keski- ja eteläosan maa-aines on puolestaan pääasiassa glasifluviaalista hiekkaa, joka hienonee kohti kaak-koa eli sandurdeltan distaaliosaa (kuva 12). Siikakankaan maa-ainesten ottamisalu-eet sijoittuvat pohjavesialueen keskiosaan, missä aines on pääosin hyvälaatuista hiekkaa ja soraa. Maanpeitteen paksuus Siikakankaan pohjavesialueen keskiosassa on suurimmillaan noin 40 m (Sallasmaa *et al.* 2014).

Siikakankaan pohjavesialueella maanpinnan korkeustaso vaihtelee noin tasosta +127 m mpy (pohjoisosa) tasoon +185 m mpy (länsiosa) (kuva 13). Kalliopaljastumil-la maaperän korkeustaso voi nousta yli +200 m mpy (kuva 13). Korkeimmillaan maanpinta on Siikakankaan länsiosissa, kun taas matalimmat alueet löytyvät pohja-vesialueen pohjois- ja koillisosista (kuva 13). Siikakankaan pohjois- ja koillisosassa onkin useita lähdealueita, missä pohjaveden pinta leikkaa maanpintaa.



Kuva 12. Siikakankaan sandurdelta koostuu pääasiassa hiekka- ja soravaltaisesta aineksesta.



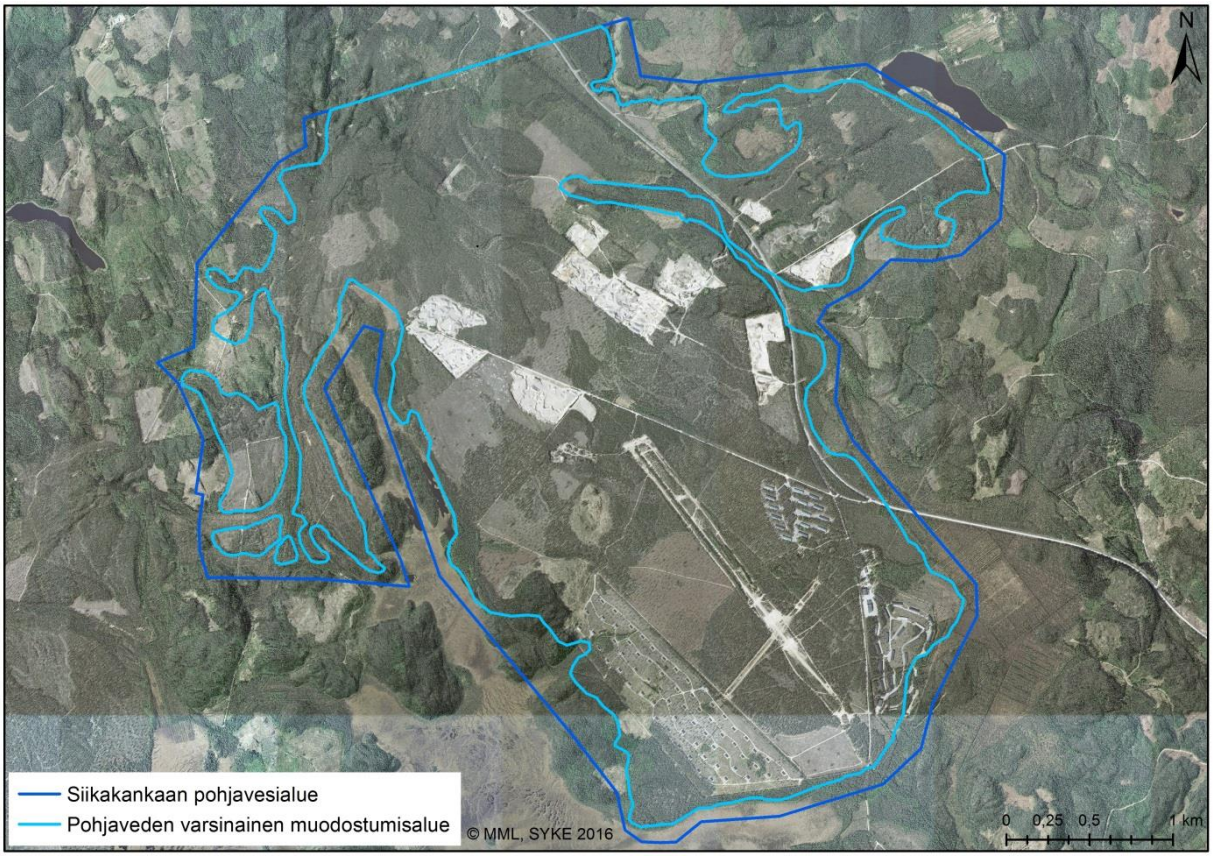
Kuva 13. Maanpinnan korkeustaso Siikakankaan pohjavesialueella.

2.4. Kasvillisuus

Siikakankaan pohjavesialueen maaperä on pääosin huonosti vettä ja ravinteita pidättävää hiekka- ja soramaata, mistä johtuen alueen kasvuolosuhteet ovat karut. Siikakankaan pohjavesialueen luontainen kasvillisuus on pääosin kuivaa mäntykangasta (kuva 14), jossa saattaa paikoin esiintyä myös kuusia alikasvoksena (Lindholm 2014). Kenttäkerroksessa kasvaa puolestaan puolukkaa ja kanervaa sekä pohjakerroksessa sammalta ja paikoin myös jäkälää (kuva 14) (Lindholm 2014). Siikakankaan pohjavesialueen metsät ovat osin luonnontilaisia, mutta pääasiassa kasvatettua metsätalousmetsää. Koska mänty on yleisin viljelyssä käytetty puulaji, ovat mäntyvaltaiset metsiköt hyvin yleisiä myös Siikakankaan alueella (Lahti 1981). Alueen metsien ikä vaihtelee nuorista taimikkoalueista vanhoihin luonnontilaisiin metsiin. Vaikka Siikakankaan alue on pääasiassa asumatonta, on ihmistoiminnan vaikutus selvästi nähtävillä alueen kasvillisuudessa esimerkiksi metsätaloustoiminnasta ja maa-ainesten ottamisesta johtuen.

Kuva 14. Siikakankaan kasvillisuus on pääasiassa kuivaa mäntykangasta.

Metsäalueiden lisäksi Siikakankaalla on myös kasvillisuudesta paljaita alueita. Kasvillisuudesta paljaat alueet liittyvät Siikakankaalla pääasiassa maa-ainesten ottamiseen (kuva 15), joskin vähäpuustoisia alueita löytyy myös puolustusvoimien hallinnoimalta alueelta (kuva 15). Siikakankaan vähäpuustoisilla tai kasvillisuudesta kokonaan paljailla alueilla uuden kasvipeitteen muodostuminen on hyvin hidasta johtuen maaperän kuivuudesta ja ravinteiden huuhtoutumisesta syvemmälle maaperään.

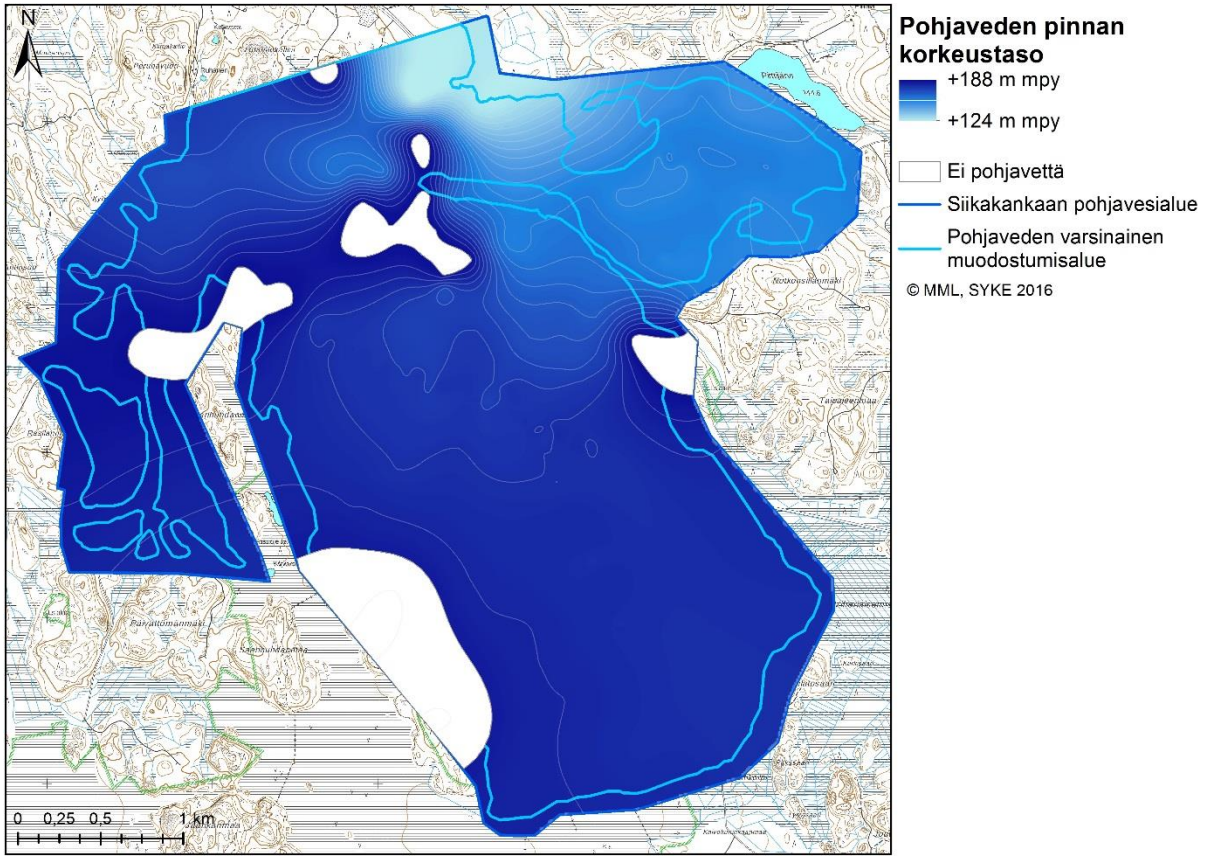


Kuva 15. Soranottoalueet ja muut kasvillisuudesta paljaat alueet erottuvat ympäristöstään selvästi.

Suomen ympäristökeskuksen tuottama CORINE Land Cover (CLC) 2012 -paikkatietoaineisto on maankäyttöä ja maanpeitteiden laatua Suomessa vuonna 2012 kuvaava aineisto. CLC-luokituksen mukaisten maanpeiteluokkien tarkastelu osoittaa, että Siikakankaan pohjavesialueesta on havu- ja sekametsää noin 67 %, harvapuustoista aluetta noin 24 %, maa-ainesten ottamisalueita noin 8 % ja avosuota noin 1 %.

2.5. Hydrologiset olosuhteet

Hydrologisilta ominaisuuksiltaan Siikakangas on antikliininen sandurdelta, eli vettä ympäristöönsä purkava pohjavesimuodostuma (SYKE 2017). Siikakankaan pohjavesialueella pohjaveden pinta tavataan noin 4–12 m syvyydellä maanpinnasta. Paksuimmat maapeitteet löytyvät Siikakankaan keskiosasta, missä pohjaveden pinta on luonnontilaisilla alueilla keskimäärin noin 10–12 m syvyydellä maanpinnasta. Pohjaveden pinnan korkeustaso on korkeimmillaan Siikakankaan etelä- ja länsiosissa, missä se on keskimäärin noin tasolla +170 m mpy (kuva 16). Matalimmillaan pohjaveden korkeustaso on Siikakankaan pohjoisosassa, missä pohjaveden korkeustaso on noin tasolla +126 m mpy (kuva 16). Pohjaveden luontainen virtaussuunta on etelästä kohti pohjoista, missä pohjaveden purkautumistaso on Ryövärinkuopan alueella noin +129 m mpy. Pohjaveden pinnan interpoloitu korkeustaso kuvassa 16 sisältää epävarmuuksia puutteellisesta havaintoaineistosta johtuen etenkin alueen länsiosan osalta. Pohjaveden korkeustaso on interpoloitu pistemäisestä havaintoverkostosta 10 m solukoolla korkeusmalli ArcMap-ohjelmiston Topo to raster -toiminolla.

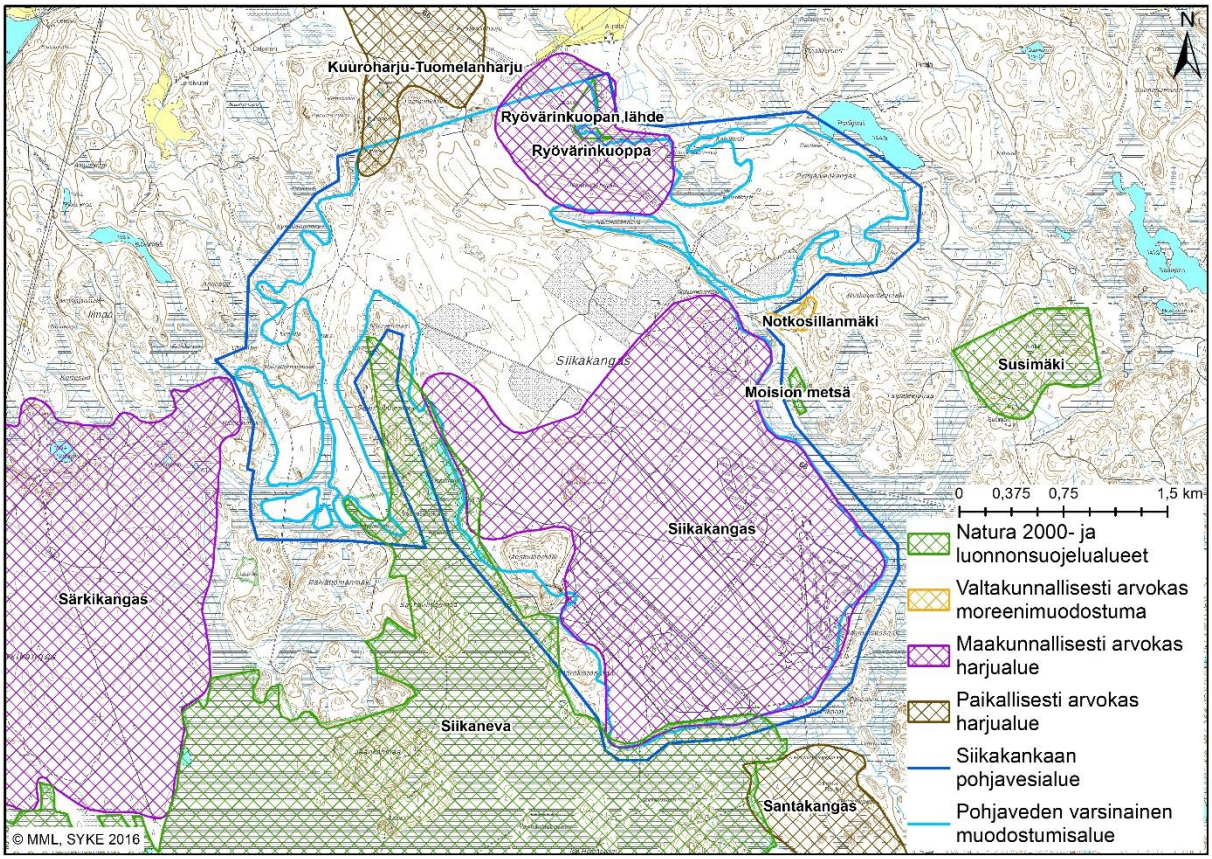


Kuva 16. Siikakankaan pohjavesialueen interpoloitu pohjaveden korkeustaso. Lähtöaineistona on käytetty kuvissa 5 ja 6 esitettyjä painovoima-, maatutkaluotaus- ja kairaustutkimuksien havaintoja sekä POVET-tietokannan tietoja.

2.6. Maankäyttö- ja kaavoitus

Siikakankaan alue on ollut aikaisemmin laajalti valtion omistuksessa. Tällä hetkellä alueella on myös useita yksityisiä maanomistajia. Siikakangas on suurelta osin metsätalouskäytössä, eikä alueella tiettävästi ole pysyvää asutusta tai vapaa-ajan asuntoja. Siikakankaan pohjavesialueen keskiosa on laaja-alaisesti maa-ainesten ottamistoiminnan käytössä. Pohjavesialueen eteläosa on puolestaan suurelta osin puolustusvoimien käytössä. Puolustusvoimien hallinnoimalla alueella on rajoitteita liikkumisen ja maankäytön suhteen.

Siikakankaan pohjavesialueella sijaitsee kaksi luokiteltua maakunnallisesti arvokasta harjualuetta (kuva 17). Näistä toinen on pohjavesialueen pohjoisreunassa sijaitseva Ryövärinkuopan harjualue, jonka rajaus on tehty ensimmäisen kerran jo vuonna 1990 Pirkanmaan harjuluonto -luokituksen yhteydessä (Lindholm 2014). Pohjavesialueen eteläosassa sijaitseva Siikakankaan maakunnallisesti arvokas harjualue on rajattu ensimmäisen kerran vuonna 2014 Pirkanmaan arvokkaiden harjualueiden inventoinnin tarkistuksen yhteydessä (kuva 17) (Lindholm 2014). Maakunnallisesti arvokkaiden harjualueiden rajaukset eivät ole oikeusvaikutteisia, mutta alueilla voi kuitenkin olla maa-aineslain 3 §:n tarkoittamaa kaunista maisemankuvaa, luonnon merkittäviä kauneusarvoja ja/tai erikoisia luonnonesiintymiä, jotka tulee ottaa huomioon maa-aineslupa-asiaa ratkaistaessa (Lindholm 2014).



Kuva 17. Siikakankaan ja sen lähialueiden arvokkaat harjualueet sekä suojelualueet.

Pirkanmaalle hyväksyttiin 29.5.2017 uusi maakuntakaava vuodelle 2040. Maakuntakaavassa on osoitettu Siikakankaan alueelta muun muassa tärkeä vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue, yhdysvesijohdon yhteystarve ja arvokas geologinen muodostuma (kuva 18). Pirkanmaan maakuntakaavassa vuodelle 2040 tärkeimmät Siikakankaan aluetta koskevat kaavamerkinnät ja suunnittelumääräykset ovat (Pirkanmaan liitto 2017a):

- **Yhdysvesijohdon yhteystarve:** Merkinnällä osoitetaan vesihuollon kehittämisen kannalta tärkeimmät uudet yhdysvesijohdot, joiden sijaintiin ja toteuttamiseen liittyy epävarmuutta.

- **Tärkeä vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue:** Merkinnällä osoitetaan vedenhankintaa varten tärkeät ja vedenhankintaan soveltuvat luokitellut pohjavesialueet. Aluetta koskevat toimenpiteet on suunniteltava siten, etteivät ne vaaranna pohjaveden laatua, määrää tai vedenhankintakäyttöä.

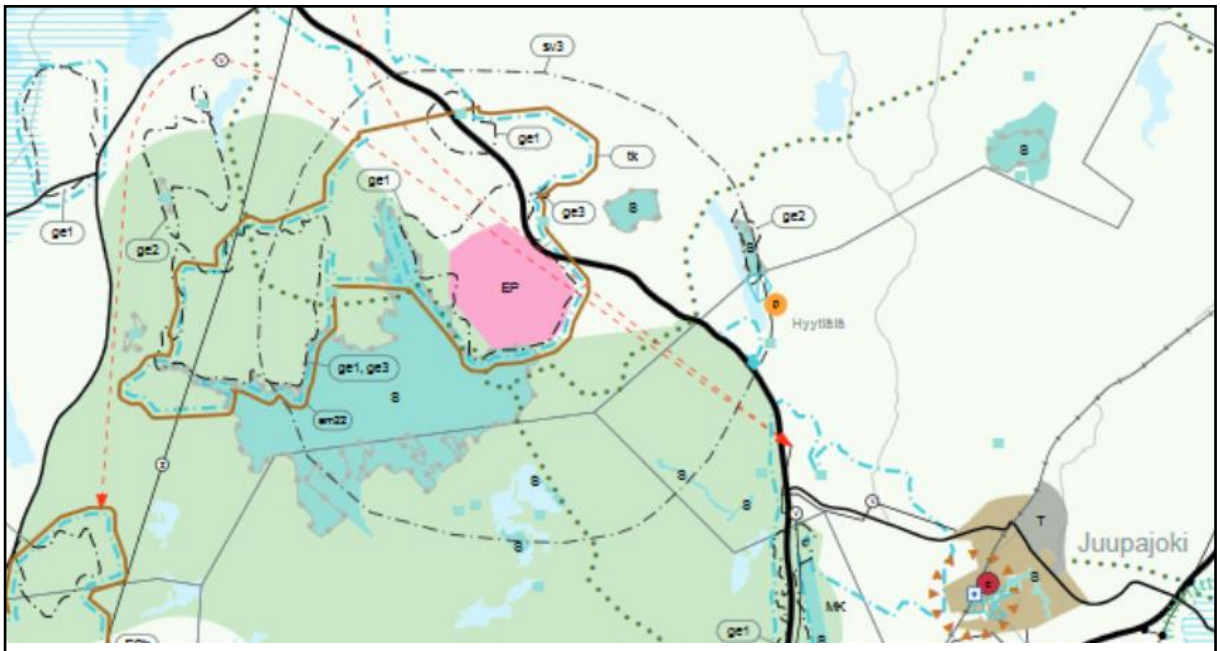
- **Teknisen huollon kehittämisen kohdealue, pohjavesialue:** Merkinnällä osoitetaan pohjavesialueet, joilla tulee varautua seudulliseen vedenhankintaan. Merkintään liittyy Ruovedellä Siikanevan Natura-alueen läheisyydessä erityismääräys *em22*. Alueelle ei saa sijoittaa sellaista maankäyttöä, joka voi vaarantaa vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia vedenhankintaan.

- **Erityismääräys 22:** Erityismääräys koskee merkintää *Teknisen huollon kehittämisen kohdealue, pohjavesialue (tk): Ruovesi Siikakankaan pohjavesialue.* Yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on varmistuttava siitä, etteivät Siikanevan Natura-alueen (FI03410008) läheisyydessä suoritettavat toimenpiteet yksin tai yhdessä muiden hankkeiden ja suunnitelmien kanssa merkittävästi heikennä niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi alue on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon. Erityistä huomiota tulee kiinnittää vesitalouteen kohdistuvien haitallisten vaikutusten vähentämiseen.

- **Puolustusvoimien alue:** Merkinnällä osoitetaan puolustusvoimien käytössä olevat alueet, joille yleisö pääsy on kielletty tai rajoitettu. Alueen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa on turvattavat puolustusvoimien toimintaedellytykset sekä kiinnitettävä erityistä huomiota ympäristöarvoihin ja yleiseen turvallisuuteen.

- **Suojavyöhyke 3:** Merkinnällä osoitetaan alueita, joiden käyttöä on lähellä sijaitsevan vaaraa tai huomattavaa häiriötä aiheuttavan puolustusvoimien toiminnan vuoksi mahdollisesti rajoitettava. Suunniteltaessa alueen käyttöä on Puolustusvoimille varattava mahdollisuus lausunnon antamiseen.

- **Arvokas geologinen muodostuma:** Merkinnällä osoitetaan valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaat harjualueet (ge1), valtakunnallisesti arvokkaat kallioalueet (ge2) sekä valtakunnallisesti arvokkaat moreenimuodostumat ja tuuli- ja rantakerrostumat (ge3). Merkinnällä osoitetut geologiset muodostumat sisältävät merkittäviä, maa-aineslain tarkoittamia geologisia, maisemallisia ja luonnontieteellisiä arvoja. Merkintä ei rajoita alueen maa- ja metsätalouskäyttöä. Aluetta koskevat toimenpiteet on suunniteltava siten, että geologisten muodostumien sisältämien arvojen säilyminen turvataan. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon mahdollisten maisemavaurioiden korjaustarve. ***Suojelumääräys****:* Alueen erityispiirteitä haitallisesti muuttavat toimenpiteet ovat kiellettyjä. Alueella saa kuitenkin ottaa kiviaineksia maisemavaurioiden korjaamiseksi.



Yhdysvesijohdon yhteystarve.

Yhteystarvemerkinnällä osoitetaan vesihuollon kehittämisen kannalta tärkeät uudet yhdysvesijohdot, joiden sijaintiin ja toteuttamiseen liittyy epävarmuutta.

Tärkeä vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue.

Merkinnällä osoitetaan vedenhankintaa varten tärkeitä ja vedenhankintaan soveltuviksi luokiteltuja pohjavesialueita.

tk

Teknisen huollon kehittämisen kohdealue, pohjavesialue.

Merkinnällä osoitetaan pohjavesialueet, joilla tulee varautua seudulliseen vedenhankintaan.

em22 **Erityismääräys 22.**

Erityismääräys koskee merkintää:

Teknisen huollon kehittämisen kohdealue, pohjavesialue (tk): Ruovesi / Jäminkipohjan, Raisinkankaan, Siikakankaan ja Särkikangas-Välikankaan pohjavesialueet.

EP **Puolustusvoimien alue.**

sv3 **Suojavyöhyke.**

Merkinnällä osoitetaan alueita, joiden käyttöä on lähellä sijaitsevan vaaraa tai huomattavaa häiriötä aiheuttavan puolustusvoimien toiminnan vuoksi mahdollisesti rajoitettava.

S **Suojelualue.**

Arvokas geologinen muodostuma.

ge1 Harjualue.

ge2 Kallioalue.

ge3 Moreenimuodostuma, tuuli- ja rantakerrostuma.

Natura 2000 -verkostoon kuuluva alue.

Ulkoilureitti.

Kuva 18. Otos Pirkanmaan maakuntakaavasta vuodelle 2040 (Pirkanmaan liitto 2017b).

3. Pohjavesialueen soveltuminen vedenhankintaan

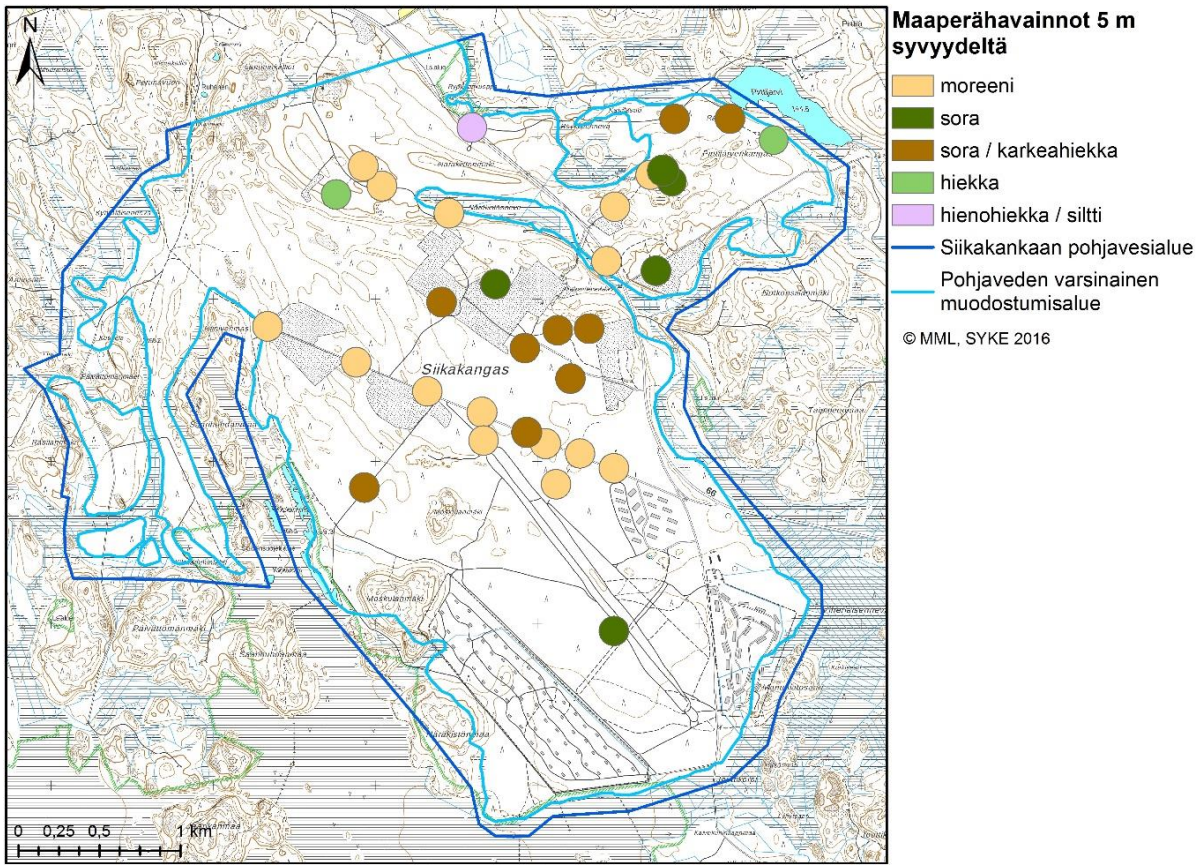
Siikakankaan pohjavesialue on luokiteltu vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi. Siikakankaan alueelle ei toistaiseksi ole osoitettu käyttöä esimerkiksi kunnalliseen tai haja-asutuksen vedenhankintaan. Pirkanmaan maakuntakaavassa vuodelle 2040 Siikakankaan pohjavesialue on osoitettu tärkeäksi vedenhankintaan soveltuva pohjavesialueeksi, jolla tulee varautua seudulliseen vedenhankintaan.

3.1. Maaperän ominaisuudet

Vedenhankintaan soveltuvien pohjavesialueiden hyödyntäminen vaatii kohdekohtaisia ennakkotutkimuksia maaperän hydrogeologisista olosuhteista. Tärkeässä roolissa ovat myös pohjavesimuodostuman sedimentologiset ja rakennegeologiset tutkimukset, sillä maaperän hydrologisten ominaisuuksien ymmärtäminen edellyttää usein myös maaperäkerrostumien synty-ympäristön tuntemista (Kinnunen 2005).

3.1.1 Raekoko ja raekokojakauma

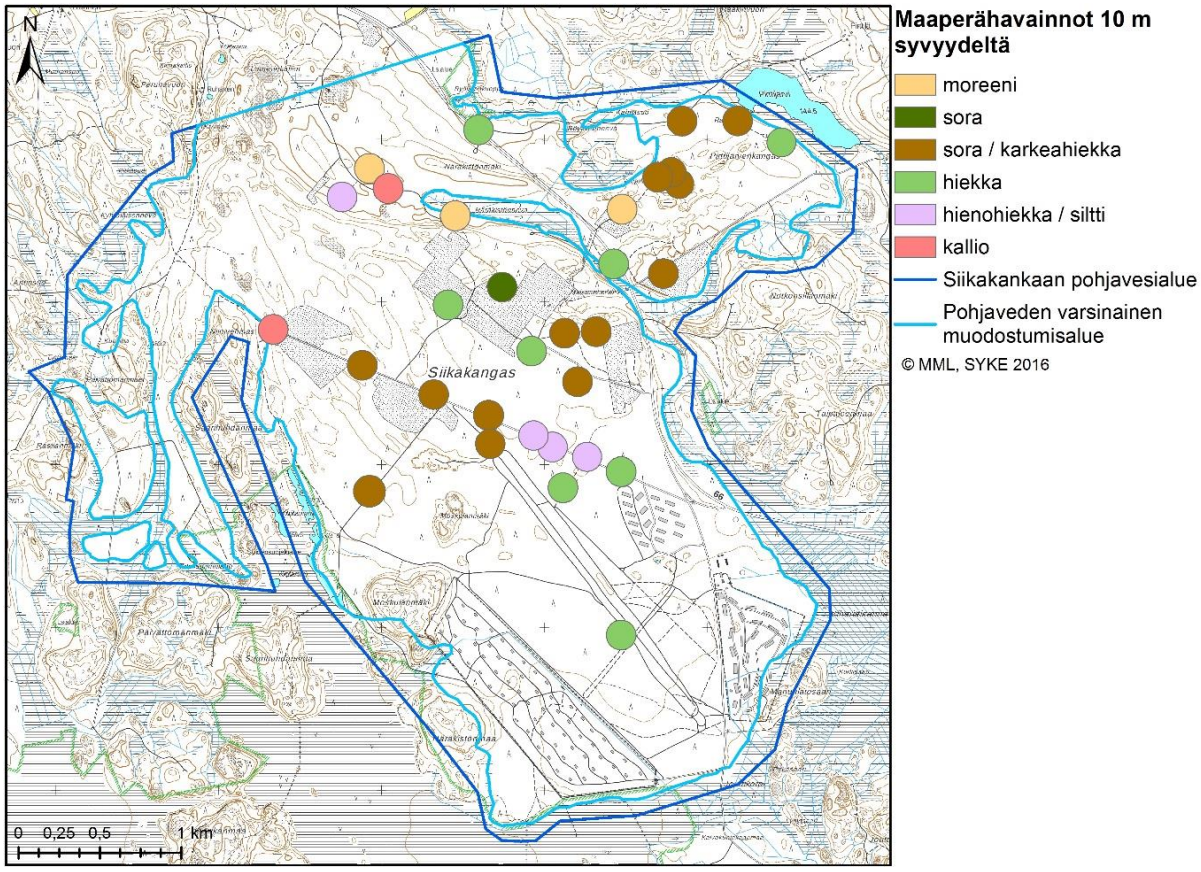
Maaperän ominaisuuksiin, kuten esimerkiksi vedenläpäisevyyteen, vaikuttava tärkein yksittäinen tekijä on maaperän eri maalajitteiden raekoko ja raekokojakauma (Rantamäki *et al.* 2006). Maanpinnalta viiden metrin syvyyteen asti vallitsevana maaaineksena Siikakankaan alueella on karkeahiekka, sora ja moreeni (kuva 19).



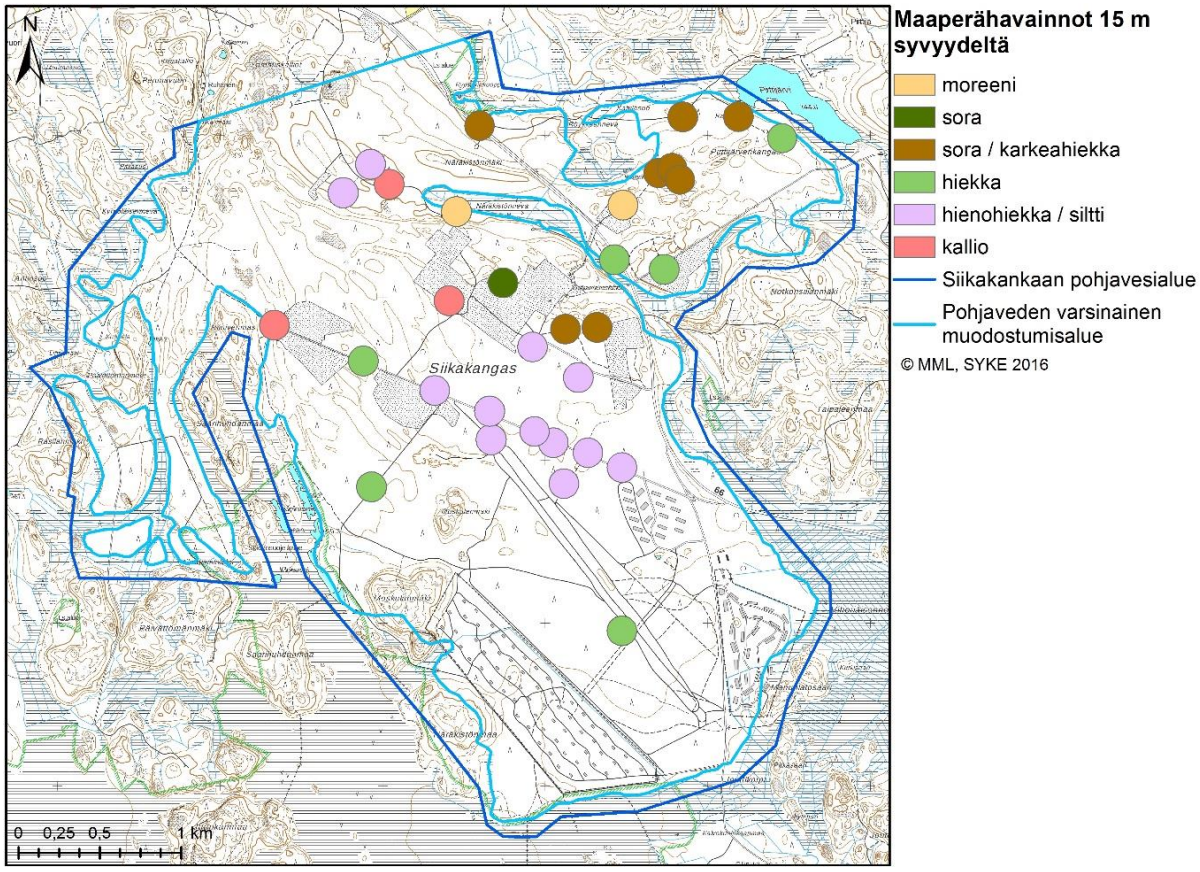
Kuva 19. Siikakankaan alueen maaperähavainnot 5 m syvyydeltä.

10 metrin syvyydellä Siikakankaan alueelliset erot maa-aineksen raekoossa ilmenevät jo selvemmin: pohjavesialueen keskiosan ja itäisen osan maa-aines on soraa ja karkehiekkaa, kun taas eteläisen osan vallitseva maalajite on hienorakeisempi hiekka (kuva 20). 15 metrin syvyydellä alueen keski- ja eteläosan vallitsevia maalajitteita ovat hienohiekka ja hiekka, kun taas idässä maa-aines on edelleen karkeampaa soraa ja karkeahiekkaa (kuva 21). 20 ja 25 metrin syvyydessä merkittävä osa pohjavesialueen maa-aineksesta on hienorakeista hienohiekkaa ja silttiä (kuvat 22 ja 23). Itäisessä osassa vallitsevana maalajitteena 20 ja 25 metrin syvyydellä on puolestaan hiekka (kuvat 22 ja 23).

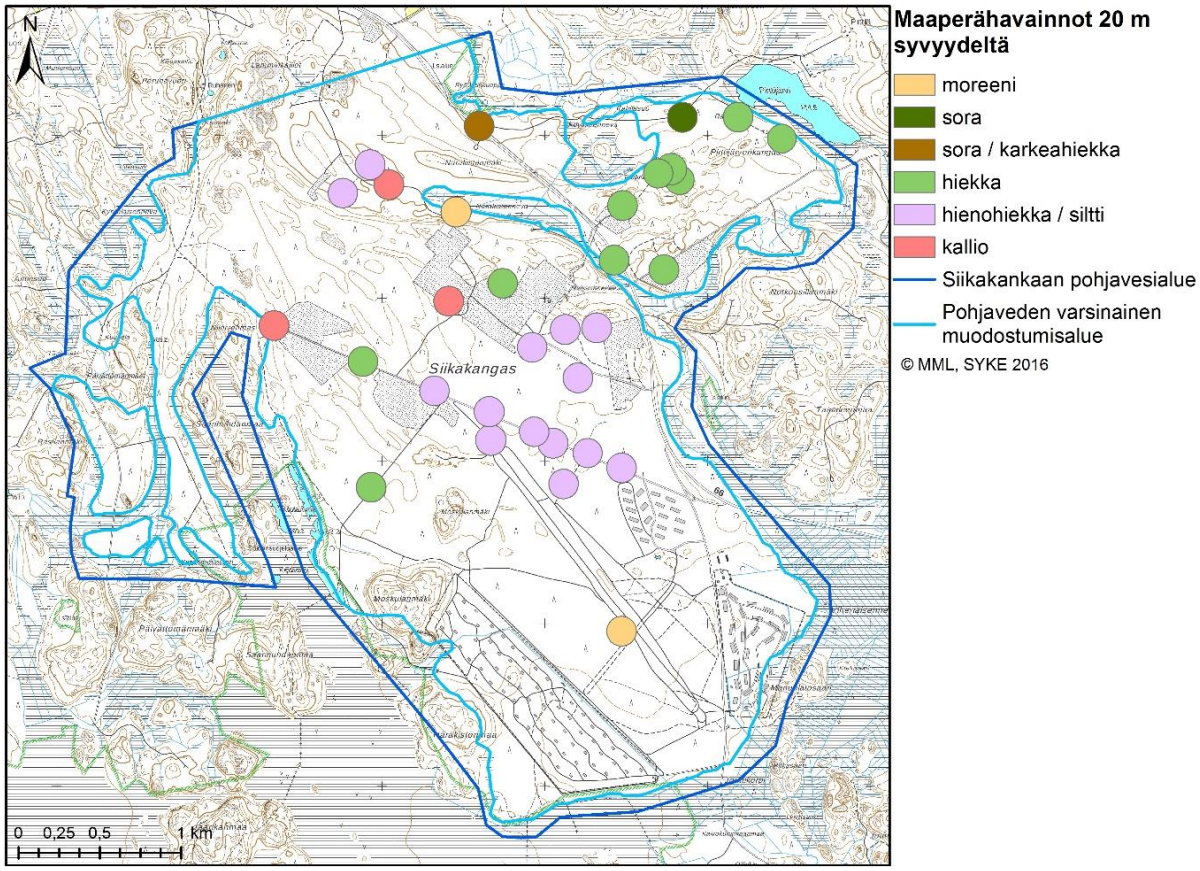
Kallionpinta tavoitetaan laajalti 25 metrin syvyydellä pohjavesialueen pohjois- ja eteläosissa (kuva 23). Paikoitellen kallionpinnan päällä tavataan hienoainesmoreenikerros, joka kerrostui, kun jäätikkö virtasi Siikakankaan alueen yli, mutta varsinainen sulaminen ei ollut vielä alkanut. Kuvaukset maa-aineksen laadusta perustuvat Siikakankaan alueella suoritettujen aikaisempien tutkimusten kairaushavaintoihin. Maalajitunnistukset on tehty pääasiassa aistinvaraisiin haivantoihin perustuen, mistä johtuen maalajitteiden ilmoitettu laatu saattaa poiketa joissain määrin maa-aineksen todellisesta laadusta.



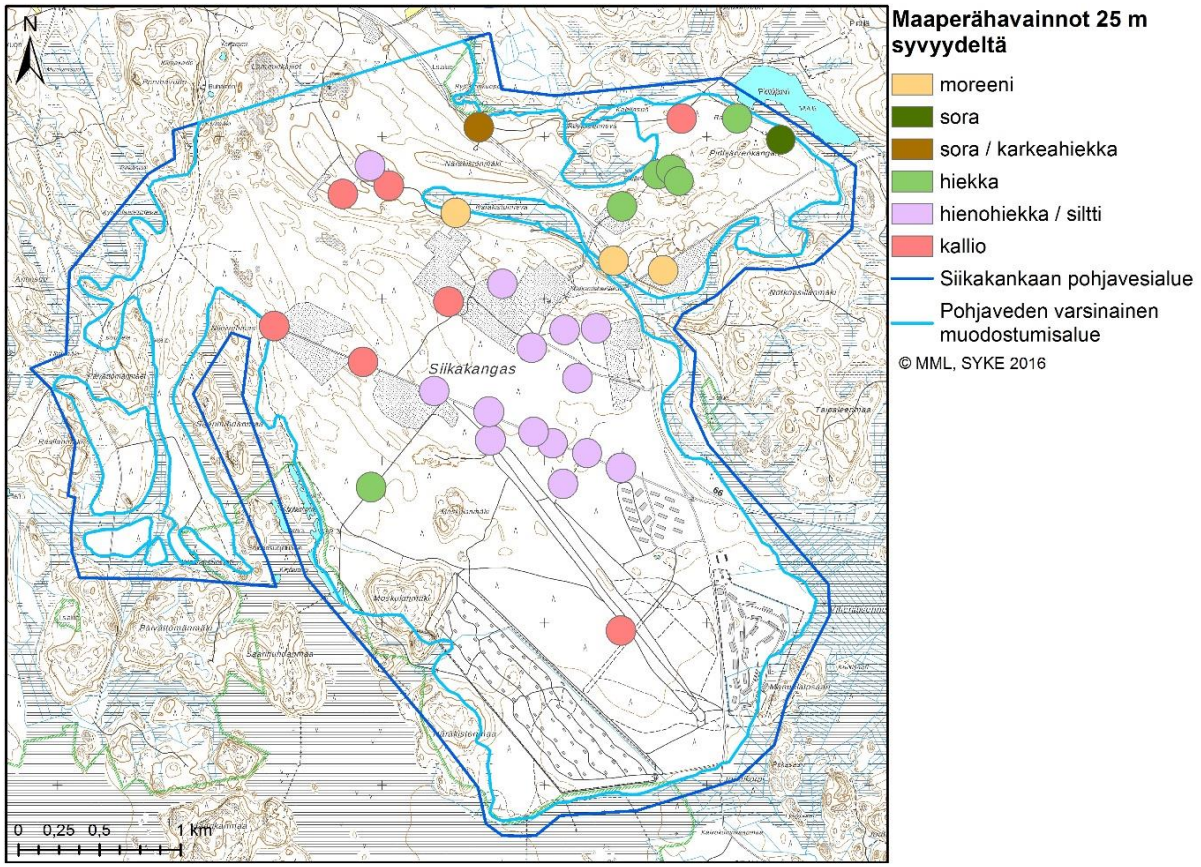
Kuva 20. Siikakankaan alueen maaperähavainnot 10 m syvyydeltä.



Kuva 21. Siikakankaan alueen maaperähavainnot 15 m syvyydeltä.



Kuva 22. Siikakankaan alueen maaperähavainnot 20 m syvyydeltä.

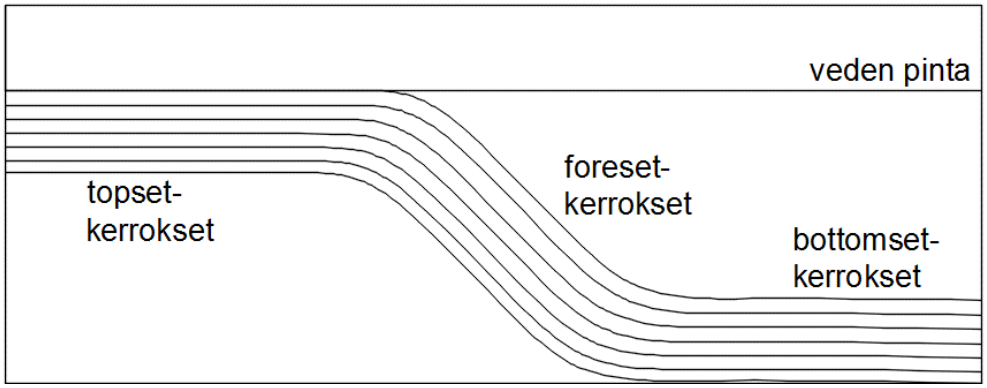


Kuva 23. Siikakankaan alueen maaperähavainnot 25 m syvyydeltä.

3.1.2. Sedimenttirakenteet

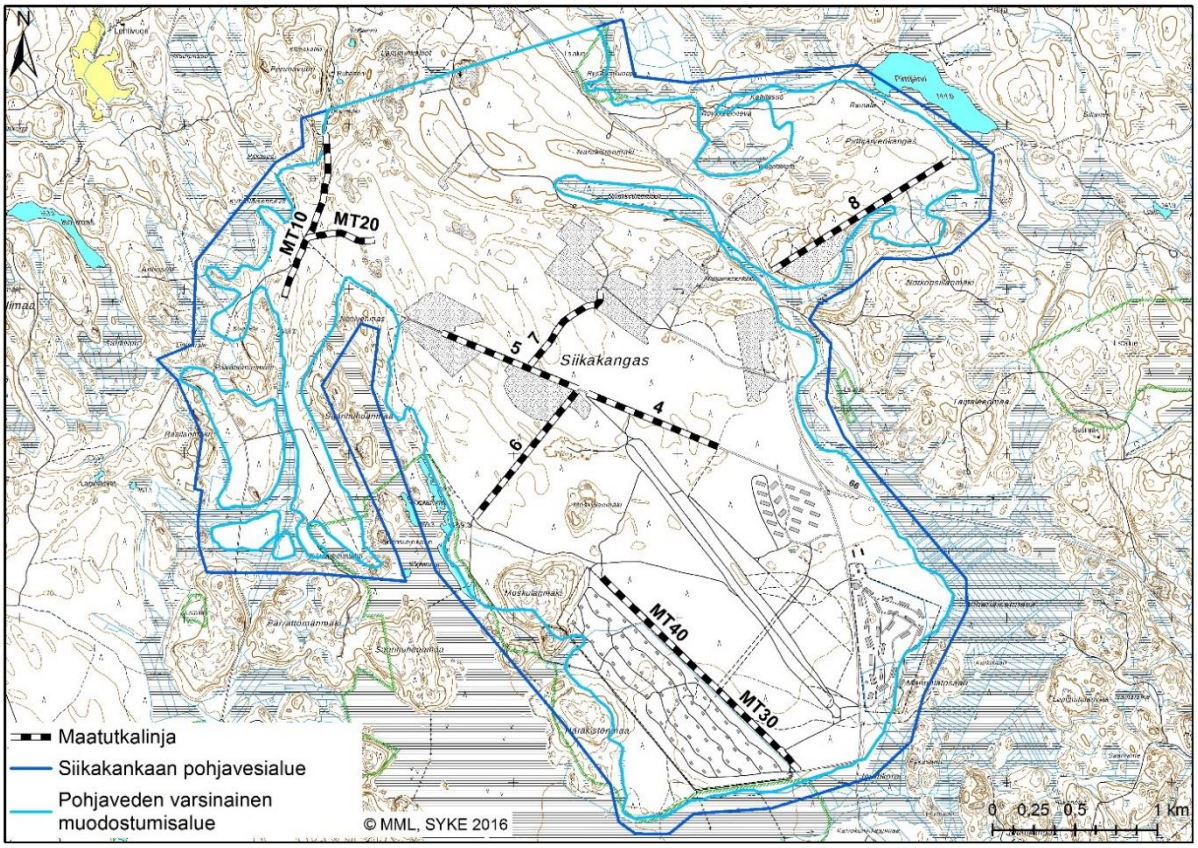
Sedimenttirakenteet antavat tietoa maa-ainesmuodostuman kerrostumisen aikaisista olosuhteista. Sandurdeltamuodostumissa sedimentaatio on tapahtunut pääasiassa sub- ja supraglasiaalisten sulavesikanavien kautta (Bennett & Glasser 2010). Tästä johtuen muodostuvan sandurdeltan rakenteeseen vaikuttaa etenkin sulavesikanavien määrä sekä kuljetettavan sedimenttiaineksen laatu ja määrä (Bennett & Glasser 2010). Deltan sedimentologisesta rakententeesta voidaan tunnistaa seuraavat pääyksiköt (Walker & James 1992):

- **Delta plain -yksikkö**, jossa vallitsevina sedimenttirakenteina ovat topset-kerrokset (kuva 24). Delta plain -yksikön kerrostumisympäristö on vedenpinnan yläpuolella. Sedimenttirakenteet ovat tyypillisesti kanavarakenteita, joissa karkeamman aineksen välissä voi olla hienoaineskerroksia.
- **Delta front ja slope -yksiköt**, joissa vallitsevina sedimenttirakenteina ovat foreset-rakenteet (kuva 24). Delta front ja slope -yksiköiden kerrostumisympäristö on vedenpinnan alapuolella. Nämä yksiköt muodostavat deltan kalteva osan, jossa kerrostuu karkeaa ainesta.
- **Prodelta-yksikkö**, jossa vallitsevina sedimenttirakenteina ovat bottomset-rakenteet (kuva 24). Prodelta-yksikön kerrostumisympäristö on vedenpinnan alapuolella ja sen sedimenttirakenteet koostuvat pääasiassa hienorakeisesta aineksesta.



Kuva 24. Deltan sedimentologisen rakenteen pääyksiköt (Menzies 2002 mukaillen).

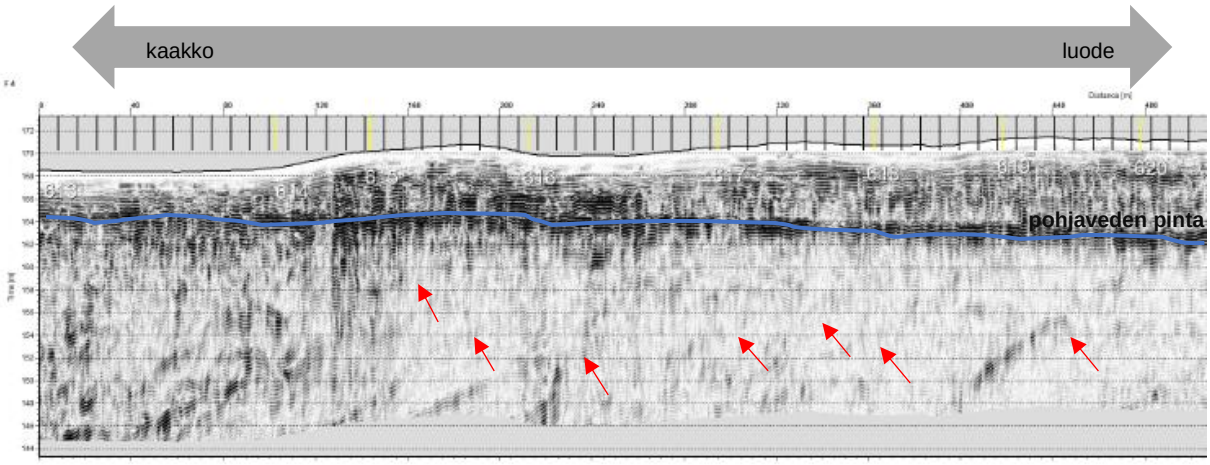
Siikakankaan maa-ainesmuodostuman sedimenttirakenteiden tulkinta suoritettiin alueen maatutkaprofiilien kuvista. Siikakankaan alueella suoritettujen maatutkaluotauslinjojen sijainnit on esitetty kuvassa 25. Jokaisessa maatutkaprofiilissa oli nähtävissä muodostuman kerrostumisolosuhteita kuvaavia sedimenttirakenteita. Sedimenttirakenteiden lisäksi Siikakankaan alueen maatutkaprofiileista oli selvästi nähtävissä myös pohjaveden pinnan korkeustaso.



Kuva 25. Siikakankaan alueella tehdyt maatutkaluotauslinjat.

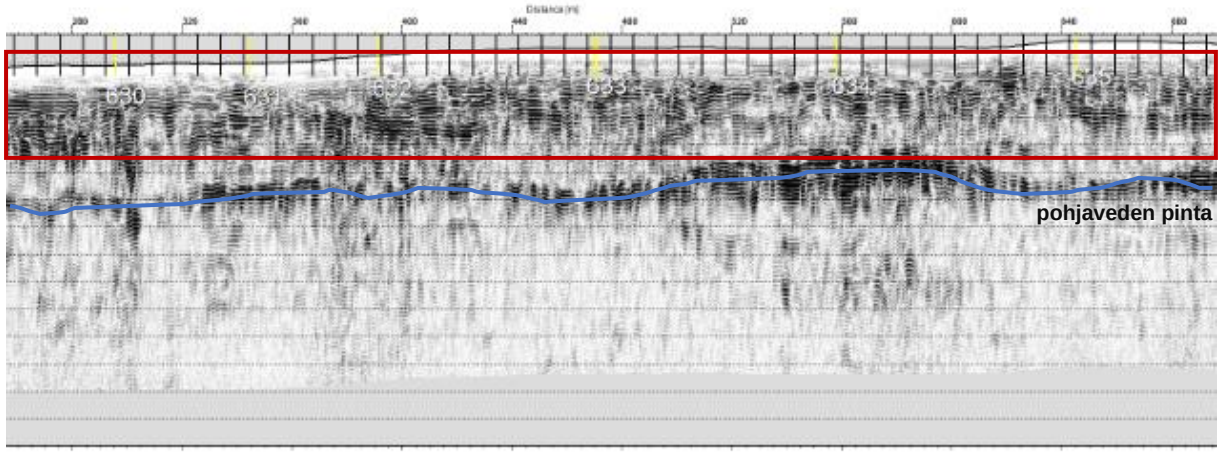
Tulkittujen sedimenttirakenteiden perusteella Siikakankaan sandurdeltan varsinainen deltaosa vaikuttaisi sijaitsevan muodostuman eteläosassa ja sandurosa muodostuman pohjoisosassa. Muodostuman deltalle ominaiset rakenteet ovat nähtävissä alueen maatutkaprofiileissa noin korkeudelta +165 m mpy alaspäin. Esimerkiksi linjassa F4 on havaittavissa deltalle tyypillisiä kaakkoon viistoja foreset-kerroksia (kuva 26).

Foreset-kerroksissa maa-aines vaihtelee karkeammasta aineksesta hienompaan, mikä voi vaikuttaa eri maakerrosten vedenjohtavuusominaisuuksiin



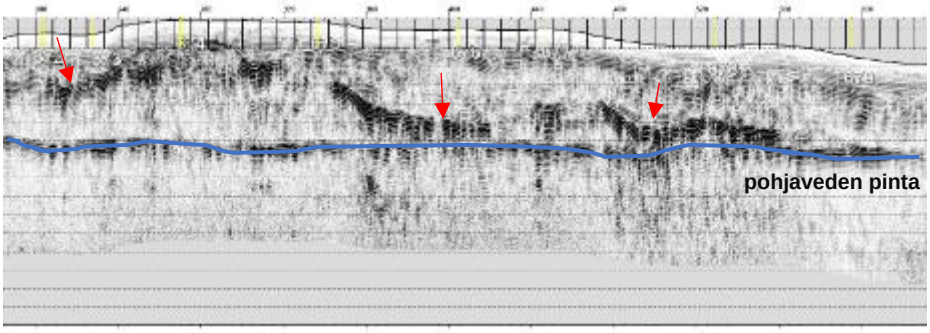
Kuva 26. Viistoja foreset-kerroksia maatutkaprofiilissa F4 (GTK 2013).

Foreset-kerrosten lisäksi osassa maatutkaprofiilileista oli nähtävissä myös lähes horisontaalisesti kerrostuneita, kivisiä topset-kerroksia maa-ainesmuodostuman ylimmissä kerroksissa (kuva 27).



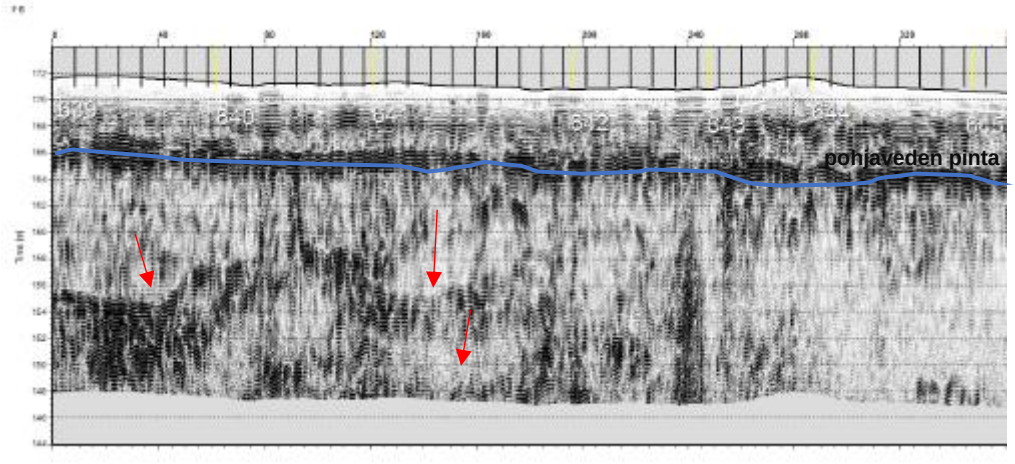
Kuva 27. Topset-kerroksia maatutkaprofiilissa F5 (GTK 2013).

Maatutkaprofiilien tarkastelun perusteella vaikuttaisi siltä, että voimakkaimmat sulavesivirtaukset ovat suuntautuneet Siikakankaan maa-ainesmuodostuman syntyessä Pirttijärvenkankaan alueelle. Tähän viittaavat esimerkiksi linjassa F8 havaittavat hyvin selväpiirteiset, karkeammasta aineksesta koostuvat kanavarakenteet, joiden pohjalla on hienompaa maa-ainesta (kuva 28). On todennäköistä, että Pirttijärvenkankaan alue on kerrostunut eri kerrostumisympäristössä kuin Siikakankaan maa-ainesmuodostuman muut osat. Kuvassa 28 näkyvät kanavarakenteet voivat heikentää maaperän vedenjohtavuutta Pirttijärvenkankaalla kanavarakenteiden pohjalle kerrostuneesta hienorakeisesta maa-aineksesta johtuen.



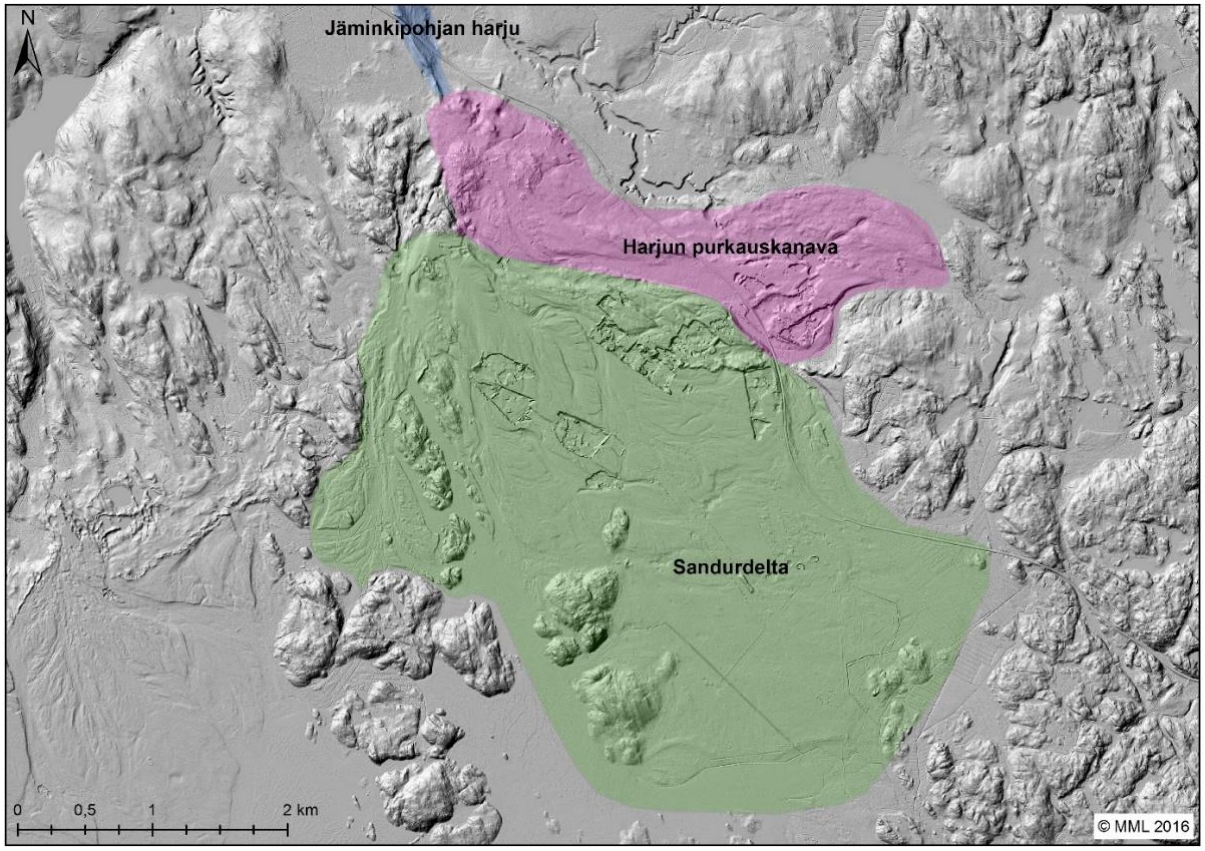
Kuva 28. Kanavarakenteita maatutkaprofiilissa F8 (GTK 2013).

Myös Siikakankaan maa-ainesmuodostuman läntisestä osasta näyttäisi maatutkaprofiilien perusteella puuttuvat deltalle tyypilliset rakenteet lähes kokonaan. Läntisen osan maatutkaprofiilissa F6 on havaittavissa deltarakenteiden sijaan fan-tyypin uomarakenteita (kuva 29). Myös maatutkalinjan MT30-40 luoteispään profiilissa on nähtävissä isompia uomia, mikä viittaa muodostuman läntisen osan mahdollisesti kerrostuneen eri aikaan tai eri kerrostumisprosessissa kuin Siikakankaan maa-ainesmuodostuman muut osat.



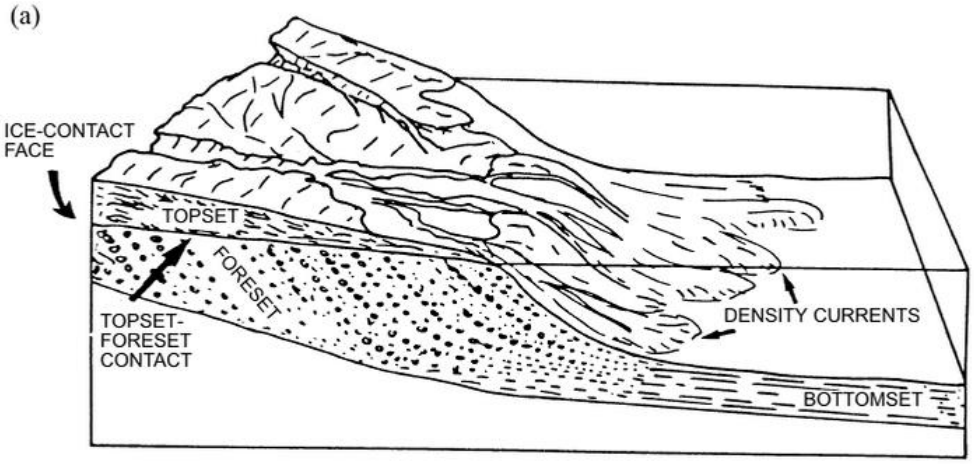
Kuva 29. Fan-tyypin uomia maatutkaprofiilissa F6 (GTK 2013).

Maatutkaprofiilien kuvissa näkyvien sedimenttirakenteiden tulkinnan sekä maastossa tehtyjen havaintojen perusteella vaikuttaisi siltä, että Siikakankaan pohjavesialueen itäinen osa sekä osa muodostuman pohjoisosasta ei kuulu varsinaiseen sandurdeltamuodostumaan. Muodostuman pohjoinen ja itäinen osa on syntynyt todennäköisesti myöhemmin jäätikön reunan vetäydyttyä Siikakangasta rajaavasta reunamoreeniasemasta. Tuolloin reunamoreeni-sandurdelta-kompleksin ja vetäytyneen jään väliin on jäänyt kapea korkeaenerginen ympäristö, johon muodostuman pohjoispuolella oleva harju on kasannut voimakkaiden virtausten toimesta pääosin karkeaa ainesta. Alueen LiDAR-kuvissa Pirttijärvenkankaan alueella voidaan havaita iso purkauskanava (kuva 30). Jossain vaiheessa ennen jäätikön vetäytymista pois alueelta Pirttijärvenkankaalle on suuntautunut huomattava sulamisvesipurkaus esimerkiksi jäätikköjoen hetkittäisen patoutumisen seurauksena.

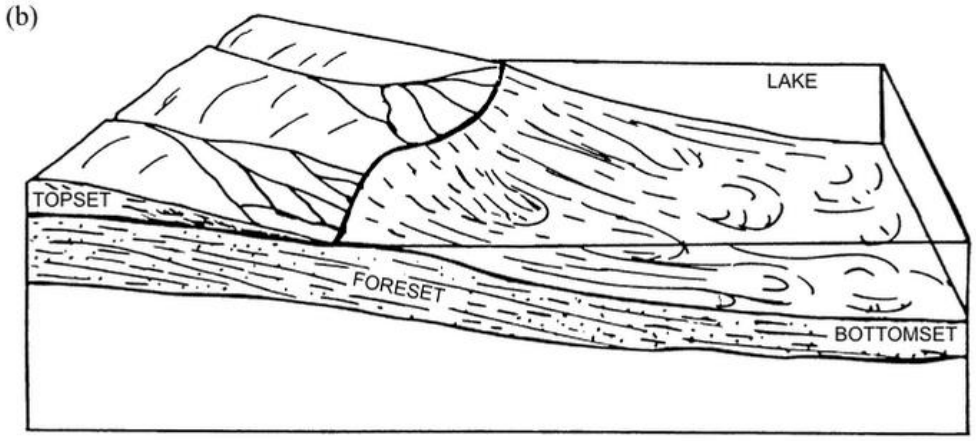


Kuva 30. Siikakankaan muodostuman pohjoinen osa on syntynyt eri sedimentaatioympäristössä.

Glasiaaliympäristössä syntyneet deltat ovat tyypillisesti joko Gilbert- tai Hjulström-tyypin deltoja (kuvat 31 ja 32) (Menzies 2002). Siikakankaan maa-ainesmuodostuma ei ole syvään veteen kerrostunut Gilbert-tyypin delta, sillä muodostuman sedimentti-kerroksista puuttuu Gilbert-tyypin deltalle ominaiset jyrkät ja kiviset foreset kerrokset (kuva 31) (Bennet & Glasser 2010). Hjulsrtöm-tyypin deltalle ominaisia piirteitä Siikakankaan sandurdeltassa on puolestaan nähtävissä. Esimerkiksi Siikakankaan muodostuman foreset-kerrokset ovat matalaan veteen kerrostuneen Hjulström-tyypin deltalle ominaisesti lähes samassa gradientissa deltan topset-kerroksien kanssa (kuva 32) (Menzies 2002).



Kuva 31. Gilbert-tyypin delta kerrostuu syvään veteen (Menzies 2002).



Kuva 32. Hjulström-tyypin delta kerrostuu matalaan veteen (Menzies 2002).

3.1.3. Huokoisuus

Pohjaveden muodostumiseen eli veden imeytymiseen vaikuttaa merkittävästi maaperän huokoisuus, joka on riippuvainen ennen kaikkea maaperän raekoko-ominaisuuksista. Alhaisimmillaan maaperän vesipitoisuus on soravaltaisessa maa-aineksessa, jonka vesipitoisuus on tyypillisesti vain noin 5–15 % (taulukko 1).

Taulukko 1. Maaperän huokoisuus- ja vesipitoisuusarvoja eri maalajitteissa (Mälkki 1999).

	lihava savi	laiha savi	siltti	hiekka	sora	hiekka ja sora
huokoisuus	45–55 %		40–50 %	30–40 %	30–40 %	20–35%
vesipitoisuus	60–100 %	35–70 %	25–40 %	5–25 %	5–15 %	10–15 %

Siikakankaan pohjavesialueen ylimmät maakerrokset (0–5 m) ovat pääasiassa sora- ja hiekkavaltaista ainesta, mistä johtuen alueen ylimmät maakerrokset läpäisevät vettä hyvin. 5–10 metrin syvyydellä pohjavesialueen maa-aines muuttuu paikoitellen hienorakeisemmaksi hiekaksi, jolloin maakerrosten vedenläpäisevyysominaisuudet heikkenevät ja vedenpidätyskapasiteetti kasvaa. Siikakankaan alueella pohjavedenpinta tavataan keskimäärin noin 5–10 metrin syvyydellä. 15 metristä alaspäin Siikakankaan maa-aines muuttuu hienorakeisemmaksi hienohiekaksi ja siltiksi, joiden vedenläpäisevyysominaisuuksia voidaan kuvailla jo melko heikoiksi.

3.1.4. Vedenjohtavuus

Vedenjohtavuuskerroin K, joka tunnetaan myös vedenläpäisevyyskertoimena, kuvaa nesteen virtausvastusta huokoisessa väliaineessa (Mälkki 1999). Mitä hienorakeisemmasta maa-aineksesta on kyse, sitä pienempi vesimäärä virtaa aikayksikössä aineksen läpi (Mälkki 1999). Tällöin aineksen hydraulista johtavuutta kuvaava vedenjohtavuuskerroin K on pienimmillään (Mälkki 1999). Koska maaperän vedenläpäisevyysominaisuudet ovat suoraan verrannollisia maa-aineksen huokoisuuteen, voidaan vedenläpäisevyyskertoimen suuruutta arvioida maa-aineksen raekoko-ominaisuuksien perusteella käyttäen niin sanottua tehokkaan raekoon menetelmää eli Hazenin menetelmää (Airaksinen 1978).

Hazenin menetelmään perustuen maa-aineksen vedenjohtavuus riippuu tehokkaasta raekoosta alla olevan yhtälön mukaisesti (Airaksinen 1978):

$$K = 0{,}01157 \times (d_{10})^2, missä$$

$$\mathrm{K} = \text{vedenjohtavuuskerroin (m/s)}$$

$$\mathrm{d}_{10} = \text{läpäisyprosenttia 10 vastaava tehokas raekoko (mm)}$$

Ennen Hazenin lausekkeen käyttöönottoa tulee määrittää maa-aineksen d_{60}-arvo eli 60 %:n läpäisyä vastaava raekoko ja laskea tasaisuusluku, U = d_{60} / d_{10} (Airaksinen 1978). Kun tasaisuusluku on pienempi kuin 5, voidaan Hazenin lauseketta soveltaa maa-aineksen K-arvon määrittämiseen (Airaksinen 1978). Tasaisuusluvulle annetusta raja-arvosta johtuen Hazenin kaava ei ole käyttökelpoinen heikosti lajittuneen maa-aineksen vedenjohtavuuden arviointiin. Taulukossa 2 on laskettu vedenjohtavuuskertoimet POSKI-hankkeen maa-ainestutkimusten yhteydessä otetuille seulotuille maanäytteille.

Taulukko 2. GTK:n kairauspisteiltä otettujen maanäytteiden vedenjohtavuuskertoimet. Näytepisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 5.

näytepiste	näytteenottosyvyys	maalajite (GEO)	d_{10}-arvo	d_{60}-arvo	tasaisuusluku, U	vedenjohtavuuskerroin, K
KP36	2,5–3,5 m	hiekka	0,08	0,2	3	$7{,}5*10^{-5}$ m/s
	4,5–5,5 m	hiekkainen sora	0,4	8	20	ei voi soveltaa
KP37	1,0–2,0 m	hiekka	0,3	1,2	4	$1{,}0*10^{-3}$ m/s
	12,5–13,5 m	hiekka	0,08	0,2	3	$7{,}5*10^{-5}$ m/s
KP38	1,0–2,0 m	hiekkainen sora	0,3	6,3	21	ei voi soveltaa
	11,0–12,0 m	sorainen hiekka	0,3	2	7	ei voi soveltaa
	18,0–19,0 m	hiekka	0,2	1	5	$4{,}6*10^{-4}$ m/s
	30,0–31,0 m	sorainen hiekka	0,25	2	8	ei voi soveltaa

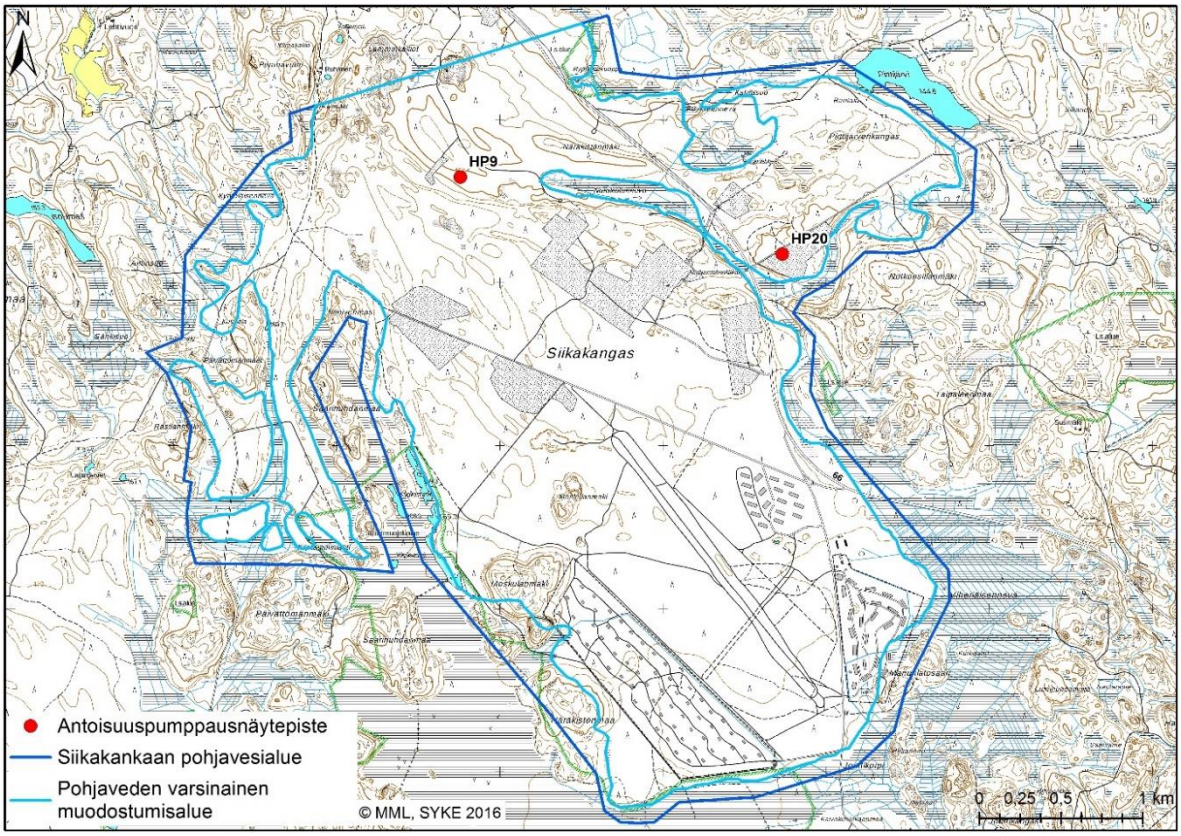
Hazenin menetelmä soveltuu kohtalaisesti Siikakankaan seulottujen maanäytteiden vedenjohtavuuskertoimen määrittämiseen, kun seulottu maa-aines on ollut melko hyvin lajittunutta hiekkaa. Hiekkaisesta sorasta koostuneiden näytteiden vedenjohtavuuskertoimen määrittämiseen Hazenin menetelmä ei sovellu, sillä tasaisuusluvun raja-arvo 5 ylittyy aineksen huonosta lajittuneisuudesta johtuen. Hiekkaiselle maa-ainekselle lasketut vedenjohtavuuskertoimet vastaavat hyvin hiekalle määritettyjä yleisiä vedenjohtavuuskertoimen arvoja 10^{-2}–10^{-5} m/s (Airaksinen 1978). Esimerkiksi näytepisteessä KP37 syvyydellä 1,0–2,0 m oleva hiekkakerros on hyvin vettä läpäisevää (K=$1{,}0*10^{-3}$ m/s), mutta pohjavedenpinnan alapuolella samassa näytepisteessä syvyydellä 12,5–13,5 m maa-aineksen vedenjohtavuusominaisuudet ovat jo melko heikot (K=$7{,}5*10^{-5}$ m/s). Arvioitaessa pohjavesimuodostuman soveltuvuutta vedenhankintakäyttöön voidaan maa-aineksen vedenjohtavuuden alarajana pitää hienon hiekan hydraulista johtavuutta, eli K ≈ 10^{-5} m/s (Mälkki 1999).

3.1.5. Ominaisantoisuus

Maaperästä saatavilla olevia pohjavesivaroja säätelee pohjavesimuodostuman ominaisantoisuus. Hiekka- ja soramaissa ominaisantoisuus on tyypillisesti suuri, mistä johtuen ne ovat vedenottoon parhaiten soveltuvia pohjavesimuodostumia (Mälkki 1999). Pohjavesimuodostuman ominaisantoisuutta voidaan mitata esimerkiksi pumppaamalla pohjavettä pohjavedenhavaintoputkesta (Mälkki 1999).

Siikakankaan alueella suoritettiin antoisuuspumppauksia vuonna 2007 Pirkanmaan ympäristökeskuksen tutkimusten yhteydessä tutkimuspisteissä HP9 ja HP20 (kuva 33). Vettä pumpattiin molemmista pohjavesiputkista eri syvyyksiltä yhden tunnin ajan kahden metrin välein. Tutkimuspisteessä HP9 suurin tuotto oli syvyydellä 5,5–7,5 m, missä vallitsevana maa-aineksena on hiekka. Tätä syvemmällä tutkimuspisteen HP9 maa-aines on pääasiassa hienohiekkaa ja silttiä, mistä johtuen veden mukana nousi runsaasti hienoa hiekkaa vettä pumpattaessa. Antoisuuspumppausten perusteella tutkimuspisteen HP9 alue soveltuu huonosti vedenottoon. (Vänskä 2008.)

Tutkimuspisteessä HP20 suurin tuotto oli syvyydellä 5,5–9,5 m, missä vallitsevana maa-aineksena on sora ja karkeahiekka. Yli 10 m syvyydessä pumppauksen tuotto väheni huomattavasti ja pohjaveden mukana nousi runsaasti hienoa hiekkaa puhallettaessa havaintoputkeen paineilmaa. Antoisuuspumppausten perusteella tutkimuspisteen HP20 alue soveltuu kohtalaisesti vedenottoon. Antoisuuspumppausten tulokset on esitetty kootusti taulukossa 3. (Vänskä 2008.)



Kuva 33. Antoisuuspumppaukset suoritettiin näytepisteille HP9 ja HP20.

Taulukko 3. Antoisuuspumppausten tulokset näytepisteistä HP9 ja HP 20 (Vänskä 2008).

putki	syvyys (m)	tuotto (l/min)	huomautukset
HP9	5,5–7,5	85	kirkastui 20 min.
	7,5–9,5	–	veden mukana nousi runsaasti hienoa hiekkaa
HP20	5,5–7,5	320	kirkastui 10 min.
	7,5–9,5	280	kirkastui 10 min
	9,5–11,0	–	hienoa hiekkaa nousi runsaasti puhallettaessa paineilmalla

Antoisuuspumppaukset soveltuvat esimerkiksi vedenjohtavuuden määrittämiseen eri maalajikerroksissa, eivätkä näin ollen kerro pohjavesivaraston uusiutumisesta (Airaksinen 1978). Antoisuuspumppausten lisäksi pohjavesialueella tulisikin tehdä myös pitkäaikaisia koepumppauksia, joiden avulla voidaan määrittää pohjavesiesiintymän vähimmäisantoisuus (Airaksinen 1978). Siikakankaan pohjavesialueella ei ole suoritettu pitkäaikaisia koepumppauksia.

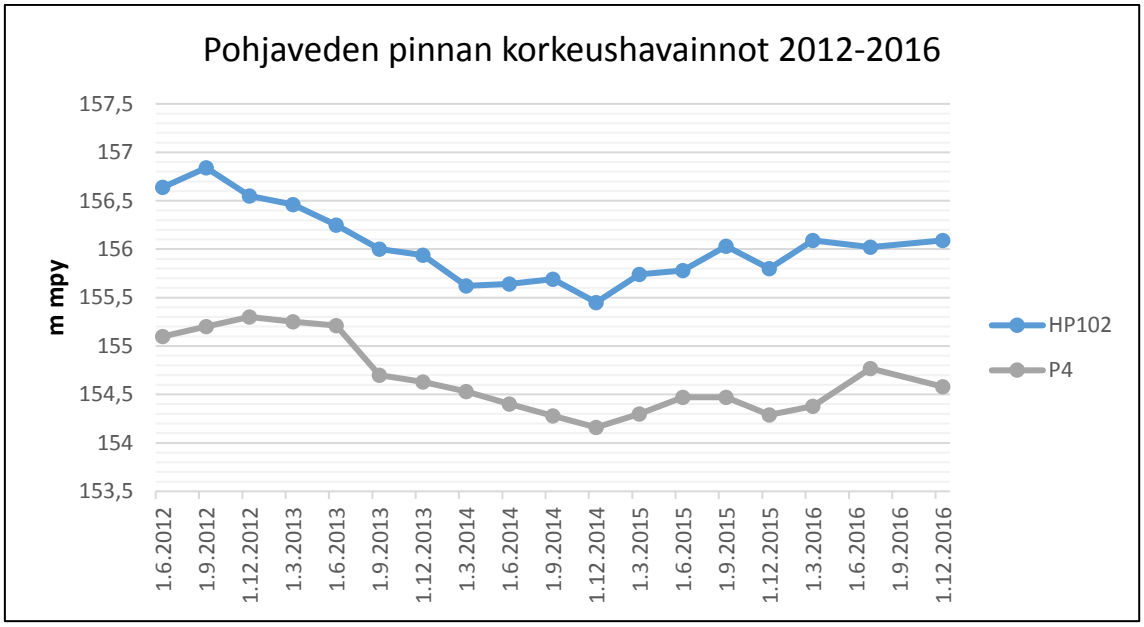
3.2. Pohjaveden pinnankorkeus

Suomen pohjavesissä vuotuiset korkeusvaihtelut ovat tyypillisesti melko vähäisiä: vain noin 0,1–1,0 metriä vuodessa (Mälkki 1999). Pohjaveden pinnankorkeuteen ja maaperään imeytyvän pohjaveden määrään vaikuttaa ennen kaikkea muutokset pohjavesialueen vuosittaisessa sadannassa ja haihdunnassa (Mälkki 1999). Taulukossa 4 on esitettynä vuosien 2012–2016 kuukausittainen sademäärä Siikakankaan alueella sekä sademäärän poikkeama vertailukauden 1981–2010 keskiarvosta. Vihreällä värillä korostetut arvot poikkeavat positiivisesti ja punaisella värillä korostetut arvot negatiivisesti vertailukauden arvoista. Esitetyt arvot perustuvat aineistoon, jossa säähavainnot on interpoloitu 10 x 10 km ruudukkoon (Ilmatieteen laitos 2017). Vertailukauden 1981–2010 sademäärän keskiarvo oli Siikakankaan alueella noin 650–700 mm vuodessa (Ilmatieteen laitos 2017).

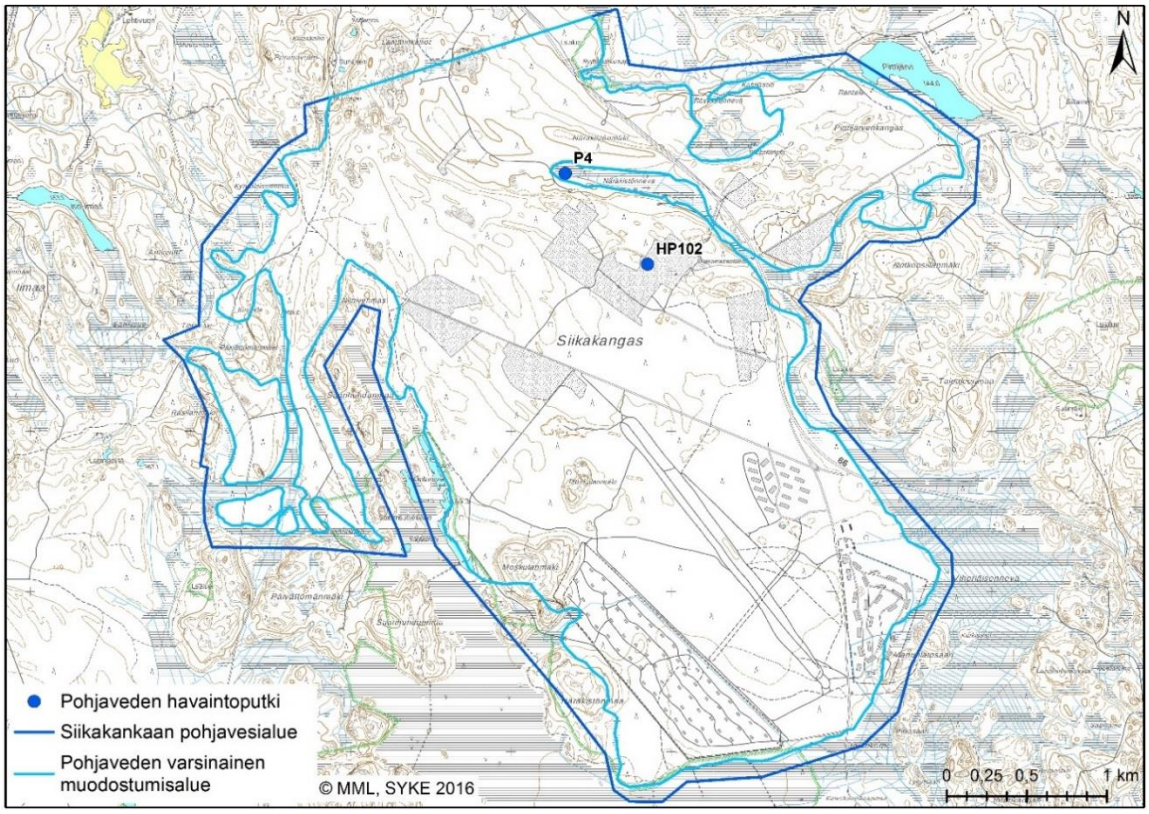
Taulukko 4. Siikakankaan sademäärät vuosien 2012–2016 aikana (Ilmatieteen laitos 2017).

kk	2016 (mm)	poik-keama (%)	2015 (mm)	poik-keama (%)	2014 (mm)	poik-keama (%)	2013 (mm)	poik-keama (%)	2012 (mm)	poik-keama (%)
1	42	82	82	165	24	50	31	60	65	125
2	63	190	26	78	22	70	22	70	50	145
3	13	35	48	125	23	71	16	40	48	140
4	65	212	40	118	13	40	42	125	58	178
5	45	110	48	110	60	150	18	40	54	140
6	79	120	75	112	90	130	95	130	82	120
7	90	112	92	108	45	58	50	42	130	156
8	88	110	14	25	104	125	90	120	50	60
9	49	86	40	78	25	40	40	75	90	175
10	13	20	20	32	50	80	65	90	118	175
11	61	112	80	145	40	68	78	140	42	80
12	21	45	78	150	53	95	70	140	60	125
yht.	**629**	**97**	**643**	**100**	**549**	**85**	**617**	**95**	**847**	**130**

Taulukossa 4 on nähtävillä, kuinka havaintojaksolla 2012–2016 runsassateisin vuosi on ollut vuosi 2012. Vuotta 2012 on seurannut kaksi kuivempaa vuotta (vuodet 2013–2014), kunnes taas vuonna 2015 sademäärät ovat olleet runsaampia etenkin kevät- ja kesäkuukausien aikana. Tämä vuosittainen sademäärän vaihtelu on havaittavissa myös Siikakankaan pohjaveden pinnankorkeuksissa (kuva 34). Kuvassa 34 on esitetty pohjaveden pinnankorkeuden havainnot vuosien 2012–2016 ajalta pohjaveden havaintoputkista HP102 ja P4 Siikakankaan alueelta (kuva 35).



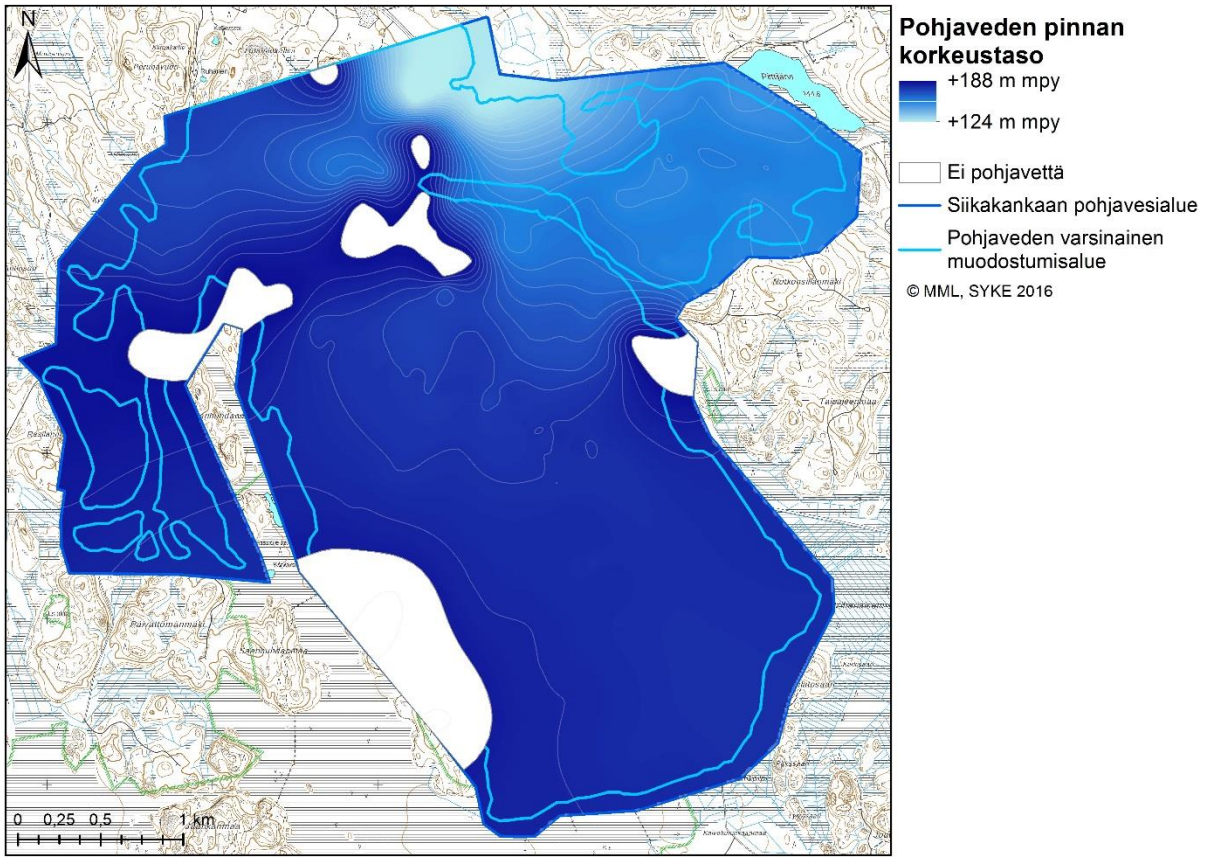
Kuva 34. Pohjaveden korkeustaso vuosina 2012–2016 havaintoputkissa HP102 ja P4 (SYKE 2017).



Kuva 35. Pohjaveden havaintoputkien HP102 ja P4 sijainnit Siikakankaan alueella.

Maa-ainesten ottamisalueilla pohjaveden pinnankorkeuden luontainen vaihteluväli voi olla jopa noin 1,0–1,5 m vuodessa (Hatva *et al.* 1993). Kuvan 35 havaintopisteistä HP102 sijaitsee maa-ainesten ottamisalueella ja havaintopiste P4 maa-ainesten ottamisalueen läheisyydessä. Havaintopisteessä HP102 pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluväli on vuosien 2012–2016 aikana noin 1,5 m ja havaintopisteessä P4 noin 1,1 m (taulukko 4). Maa-ainesten ottamistoiminnalla näyttäisi täten olevan vaikutusta Siikakankaan pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluvälin suuruuteen vuositasolla. Jotta pohjaveden pinnankorkeuden luontaisen vaihteluvälin suuruudesta voitaisiin varmistua, tulisi Siikakankaan alueella tehdä pitkäaikaista pohjaveden pinnan korkeuden tarkkailua myös luonnontilaisilla alueilla. Tällä hetkellä Siikakankaan pohjaveden pinnan korkeuden tarkkailu keskittyy maa-ainesten ottamisalueille.

Siikakankaan alueella pohjaveden pinta on korkeimmillaan pohjavesialueen länsi- ja eteläosissa, missä pohjavesi on keskimäärin noin tasolla + 170 m mpy (kuva 36). Matalimmillaan pohjaveden korkeustaso on Siikakankaan pohjoisosassa, missä pohjaveden pinta on noin tasolla +126 m mpy (kuva 36). Pohjaveden pinnan korkeustason laskennassa on käytetty Siikakankaan alueen pohjaveden pinnankorkeustietoja POVET-tietokannasta sekä maatutkaluotausten ja painivoimamittausten havaintoaineistoja. Pistemäisestä havaintoverkostosta on interpoloitu 10 m solukoolla korkeusmalli ArcMap-ohjelmiston Topo to raster -toiminolla. Pohjaveden pinnan interpoloitu korkeustaso kuvassa 36 sisältää epävarmuuksia puutteellisesta havaintoaineistosta johtuen etenkin alueen länsiosan osalta.



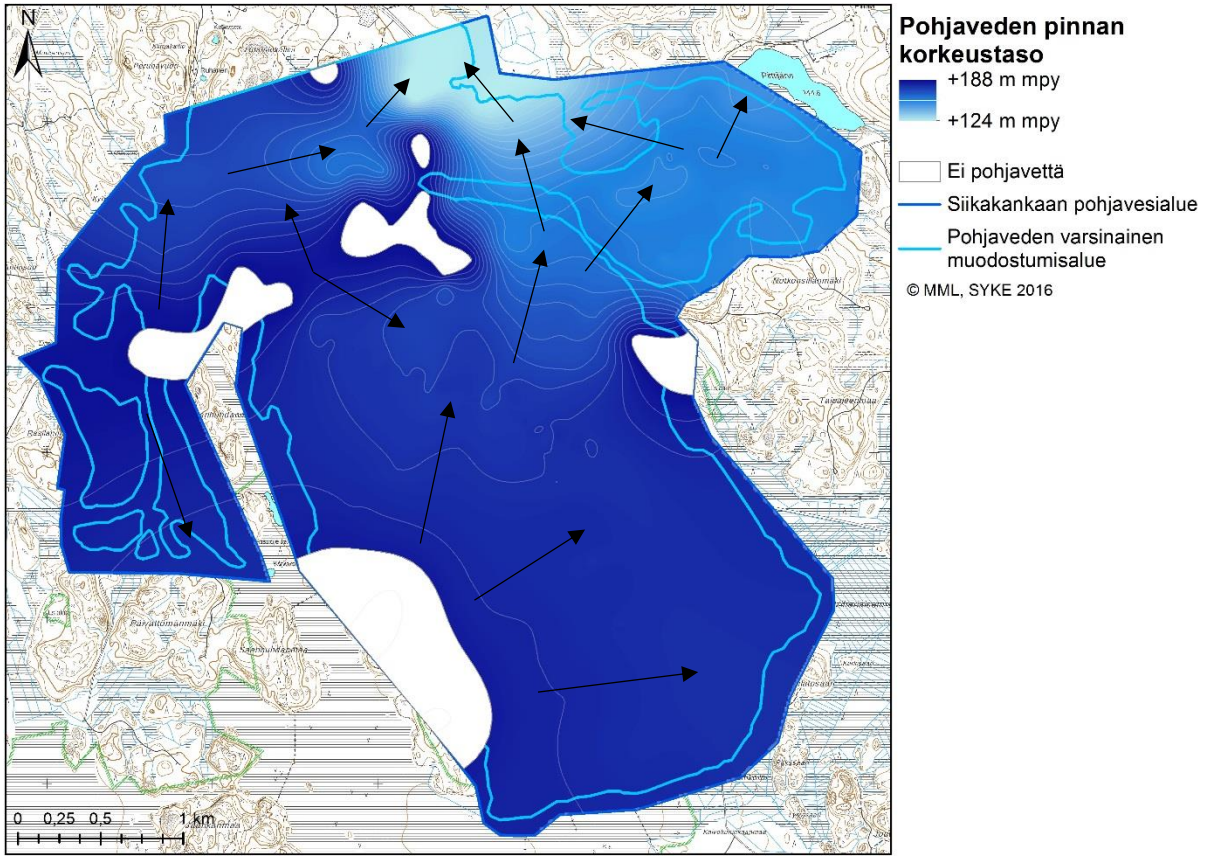
Kuva 36. Siikakankaan pohjavesialueen interpoloitu pohjaveden korkeustaso.

3.3. Pohjaveden virtausnopeus ja -suunta

Pohjaveden virtausnopeus voi vaihdella huomattavasti pohjavesimuodostuman eri osissa maa-aineksen laadusta riippuen. Luonnonolosuhteissa siltti- ja hienohiekkakerroksissa pohjaveden virtausnopeudet ovat suurimmillaan yleensä vain muutaman senttimetrin vuorokaudessa, kun taas hiekassa pohjaveden virtausnopeus voi olla jopa 0,5–5 m/vrk ja soramaissa 2–15 m/vrk (Mälkki 1999). Raekoon ohella pohjaveden virtausnopeuteen vaikuttaa myös aineksen hyvä lajittuneisuus (Mälkki 1999).

Siikakankaan pohjavesialueella pohjavedenpinta on keskimäärin noin 5–10 m syvyydellä maanpinnasta. Pohjaveden pinnan tasolla Siikakankaan maa-aines on pääasiassa karkearakeista soraa, soramoreenia tai karkeahiekkaa. Näin ollen pohjaveden virtausnopeus on suurimmillaan pohjaveden pinnan tasolla sekä tästä noin 5 metriä maaperässä alaspäin mentäessä. Noin 15–20 m syvyydellä maa-aines muuttuu vähitellen hiekaksi ja lopulta hienohiekaksi ja siltiksi, jolloin myös pohjaveden virtausnopeus heikkenee.

Pohjaveden virtaussuuntia voidaan tutkia pohjaveden vapaan pinnankorkeuden perusteella; pohjavesi virtaa ympäristössään siihen suuntaan, missä pohjaveden pinnankorkeus laskee (Mälkki 1999). Siikakankaan pohjavesialueella pohjaveden pinnankorkeus laskee yleisesti etelästä pohjoiseen. Sama etelä-pohjoinen-suuntaus on myös pohjaveden päävirtaussuunta Siikakankaan pohjavesialueella (kuva 37).



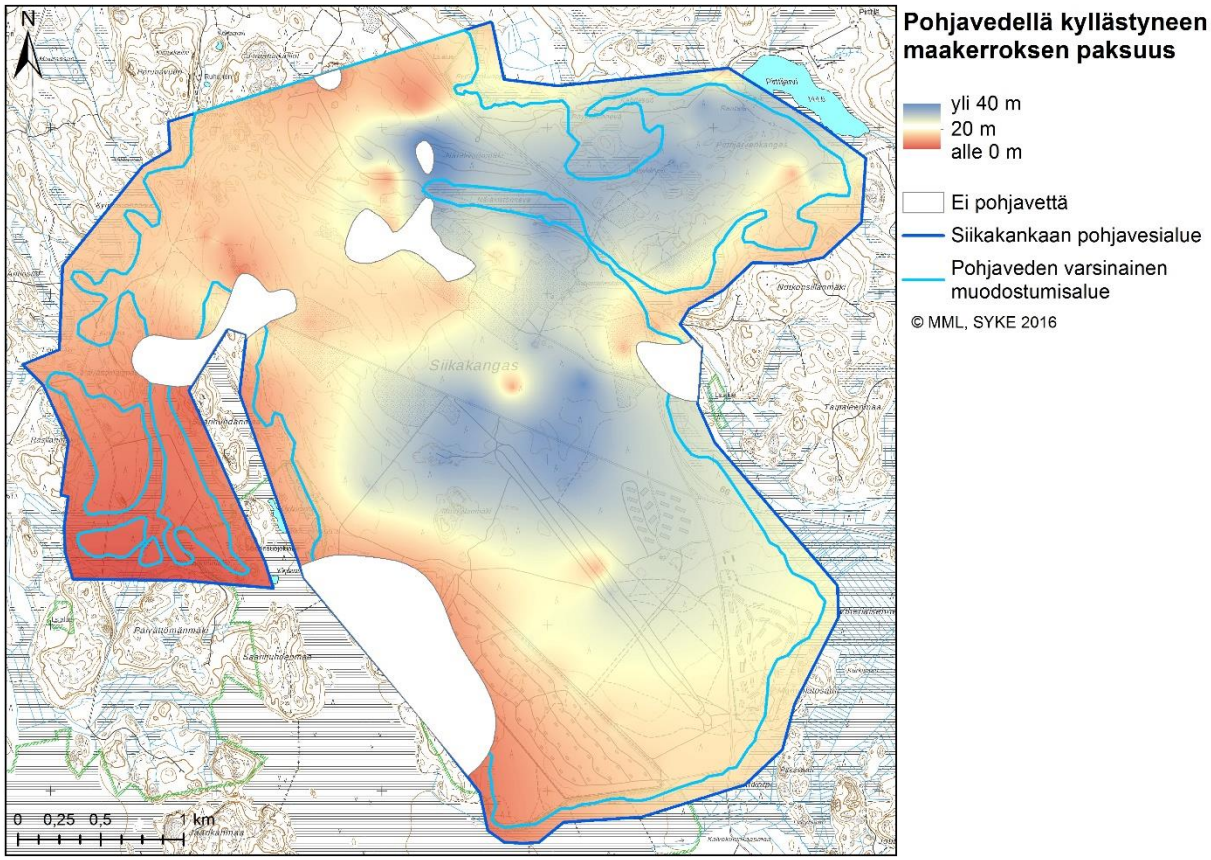
Kuva 37. Pohjaveden tulkitut viitteelliset päävirtaussuunnat Siikakankaan pohjavesialueella.

3.4. Muodostuvan pohjaveden määrä

Siikakankaan pohjavesialueelle kohdistuvan sadannan vuosikeskiarvon on arvioitu olevan noin 640 mm (SYKE 2017). Tästä koko vuoden sademäärästä imeytyy pohjavesialueen maaperään arviolta noin puolet eli 320 mm (SYKE 2017). Siikakankaan pohjavesialueen pohjaveden varsinaisen muodostumisalueen pinta-ala on noin 12 km^2, jolloin Siikakankaan pohjavesialueella muodostuvan pohjaveden määrän voidaan arvioida olevan:

$$0{,}5 \times 0{,}64\,m \times 12\,000\,000\,m^2 = 3\,840\,000\,m^3/v\,ja\,10\,520\,m^3\,/vrk.$$

Koska arvio Siikakankaan pohjavesialueella muodostuvasta pohjaveden määrästä on yli 10 000 m^3/vrk, voidaan Siikakankaan pohjavesimuodostumaa pitää muodostuvan pohjaveden määrän perusteella hyvänä vedenhankintaa ajatellen. Paksuimmat pohjavedellä kyllästyneen maakerrokset löytyvät Siikakankaan pohjavesialueen keski- ja itäosista (kuva 38). Arvio pohjavedellä kyllästyneen maakerroksen paksuudesta sisältää epävarmuuksia puutteellisesta havaintoaineistosta johtuen etenkin alueen läntisen osan osalta.



Kuva 38. Pohjavedellä kyllästyneen maakerroksen paksuus Siikakankaan pohjavesialueella.

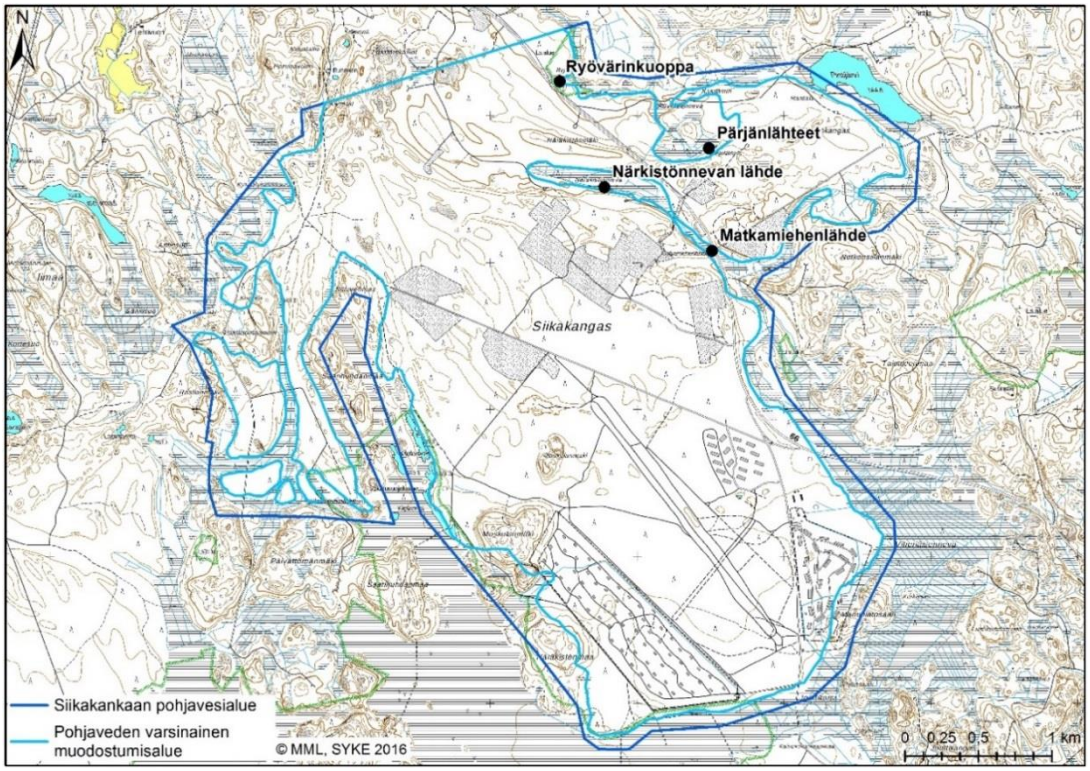
3.5. Pohjaveden purkautuminen

Maaperässä pohjavesi virtaa luonnonolosuhteissa aina kohti alempaa painetasoa ja purkautumiskohtaa (Rantamäki *et al.* 2006). Suomessa tämä virtaussuunta on tavallisesti kohti vesistöjä (Mälkki 1999). Toisinaan pohjavettä voi purkautua maan pinnalle myös tihkumalla, lähteessä tai suoalueella pohjavedenpinnan ja maanpinnan leikatessa toisiaan (Mälkki 1999). Vaikka pohjaveden muodostuminen on jaksottaista sadannan ja haihdunnan vuodenaikaisvaihteluista johtuen, on pohjaveden purkautuminen kuitenkin yleensä jatkuvaa (Mälkki 1999).

Siikakankaan pohjavesialueella pohjavettä purkautuu etenkin muodostuman itä- ja pohjoisosissa sijaitsevilla lähdealueilla. Tämän lisäksi Siikakankaan pohjavesiä purkautuu myös pohjavesialueen eteläpuolella sijaitseville suoalueille sekä koillisessa sijaitsevaan Pirttijärveen. Siikakankaan pohjavesialueelta on kartoitettu neljä merkittävää lähdealuetta (kuva 39, taulukko 5). Näistä tärkein on Siikakankaan pohjavesialueen pohjoisosassa sijaitseva Ryövärinkuopan lähdealue (kuva 39). Merkittävä osa Siikakankaan pohjavedestä virtaa kohti Ryövärikuopan lähdettä, missä purkautuvan pohjaveden määrän on arvioitu olevan noin 3 900 m^3/vrk (Vänskä 2008).

Taulukko 5. Siikakankaan pohjavesialueen lähdealueet (Vänskä 2008).

	pohjaveden purkautumistaso	purkautuvan veden määrä
Matkamiehen lähde	+155 m mpy	(150 m^3/vrk) kuiva syksyllä 2016
Närkistönnevan lähde	+150 m mpy	ei tietoa
Pärjänlähteet	+148 m mpy	2 600 m^3/vrk
Ryövärinkuoppa	+129 m mpy	3 900 m^3/vrk



Kuva 39. Siikakankaan pohjavesialueen merkittävimmät lähdealueet.

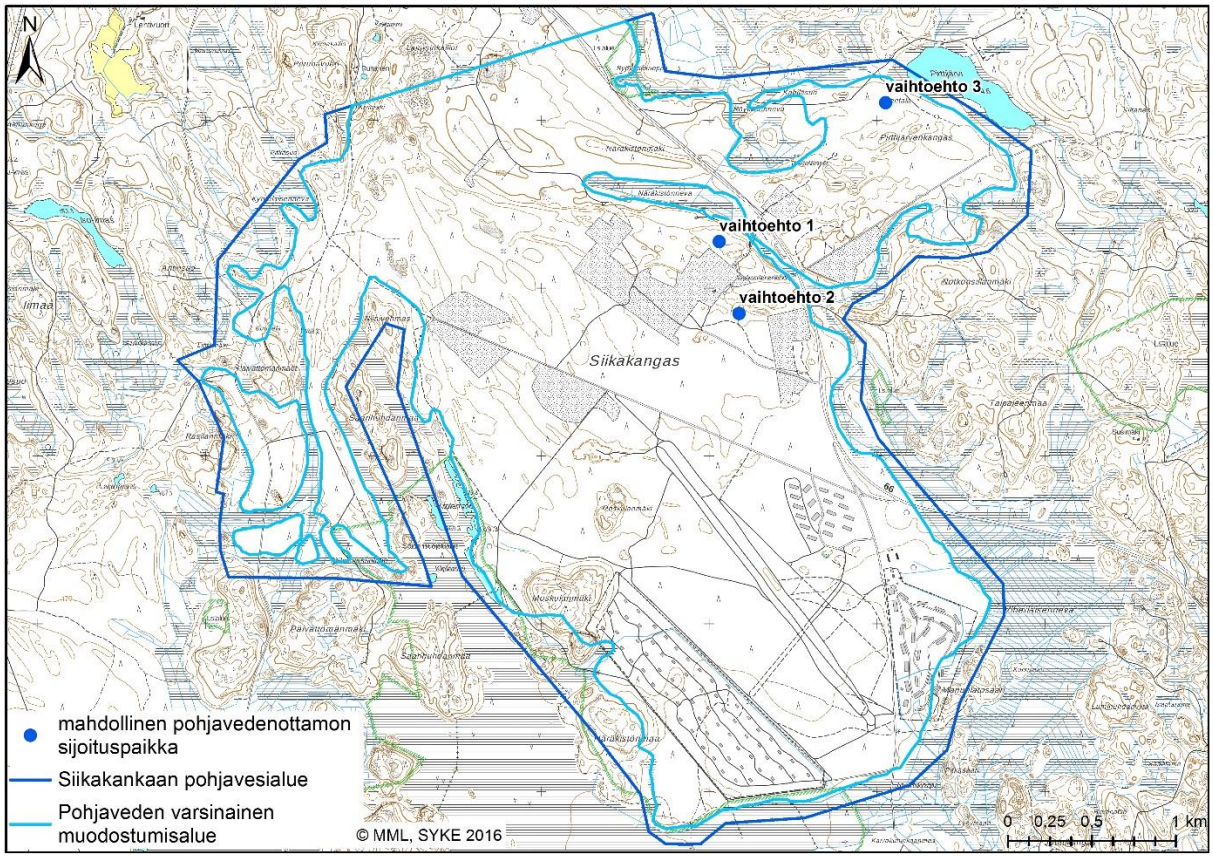
3.6. Pohjavedenottamon sijoittaminen

Pohjaveden ottaminen on suotuisinta alueilla, jotka ovat pohjaveden luonnollisia kerääntymisalueita, ja joiden vallitsevina maalajitteina ovat hyvin lajittunut sora ja hiekka, joiden vedenjohtavuusominaisuudet ovat hyviä (Mälkki 1999). Siikakankaan alueella luonnollisia pohjaveden kerääntymisalueita ovat painanteet pohjavesialueen keskiosassa sekä pohjois- ja itäosissa. Samoille alueille sijoittuvat pohjaveden ottamiseen parhaiten soveltuvat alueet myös maa-aineksen laadun puolesta.

Aikaisemmin pohjavedenottamoita perustettiin lähdealueille. Nykylainsäädännön mukaisesti luonnontilaisen lähteen luonnontilan vaarantaminen on kuitenkin kiellettyä (VL (587/2011) 2 luku 11 §). Tästä johtuen pohjavedenottamoa ei voida sijoittaa siten, että vedenottamisella voitaisiin esimerkiksi heikentää jonkin Siikakankaan luonnontilaisen lähteen antoisuutta. Luonnontilaisten lähdealueiden suojelua voidaan edesauttaa esimerkiksi jakamalla pohjaveden ottaminen pohjavesialueen eri osiin, jolloin muutokset pohjaveden pinnankorkeuteen eivät kohdistu vain yhdelle alueelle (Mälkki 1999).

Pohjavedenottamon sijoituspaikkaa määritettäessä tulee ottaa huomioon myös vedenottamon ja otettavan pohjaveden suojaamismahdollisuudet (Mälkki 1999). Siikakankaan pohjavesialueen keskiosassa on useita maa-ainesten ottamisalueita sekä betoniasema, jotka voivat vaikuttaa pohjaveden määrään ja laatuun. Näiden lisäksi Siikakankaan keskiosassa sijaitsee myös Näräkistönnevan suoalue, jonka suovedet voivat vaikuttaa paikallisesti pohjaveden laatuun. Myös Siikakankaan pohjavesialueen läpi kulkeva kantatie 66 ja sen pohjavedelle mahdollisesti aiheuttamat riskit tulee ottaa huomioon pohjavedenottamon sijoittamisessa. Ottettaessa huomioon nämä kaikki yllä mainitut pohjavedenottamon sijoittamiseen vaikuttavat tekijät, on Siikakankaan pohjavesialueen parhaiten vedenottamiseen soveltuvat alueet esitetty kuvassa 40.

Jotta pohjavedenottamolle voitaisiin löytää vedenottoa ajatellen soveltuvin sijoituspaikka, tulee pohjavesialueella suorittaa valituilla alueilla antoisuuden arviointia saatavilla olevan pohjaveden määrän selvittämiseksi (Mälkki 1999). Käytännössä antoisuuden arviointi tehdään lyhytaikaisilla ominaisantoisuuspumppauksilla sekä pitkäaikaisella koepumppauksella (Kinnunen 2005). Siikakankaan pohjavesialueella ei ole suoritettu ominaisantoisuuspumppauksia tai pitkäaikaisia koepumppauksia kuvassa 40 esitettyjen pohjavedenottamon mahdollisten sijoituspaikkojen alueella. Jotta tässä työssä esitettyjen mahdollisten pohjavedenottamon sijoituspaikkojen soveltumisesta vedenhankintaan voitaisiin varmistua, tulisi ehdotettujen sijoituspaikkojen alueella tehdä ominaisantoisuuspumppauksia sekä pitkäaikaisia koepumppauksia.

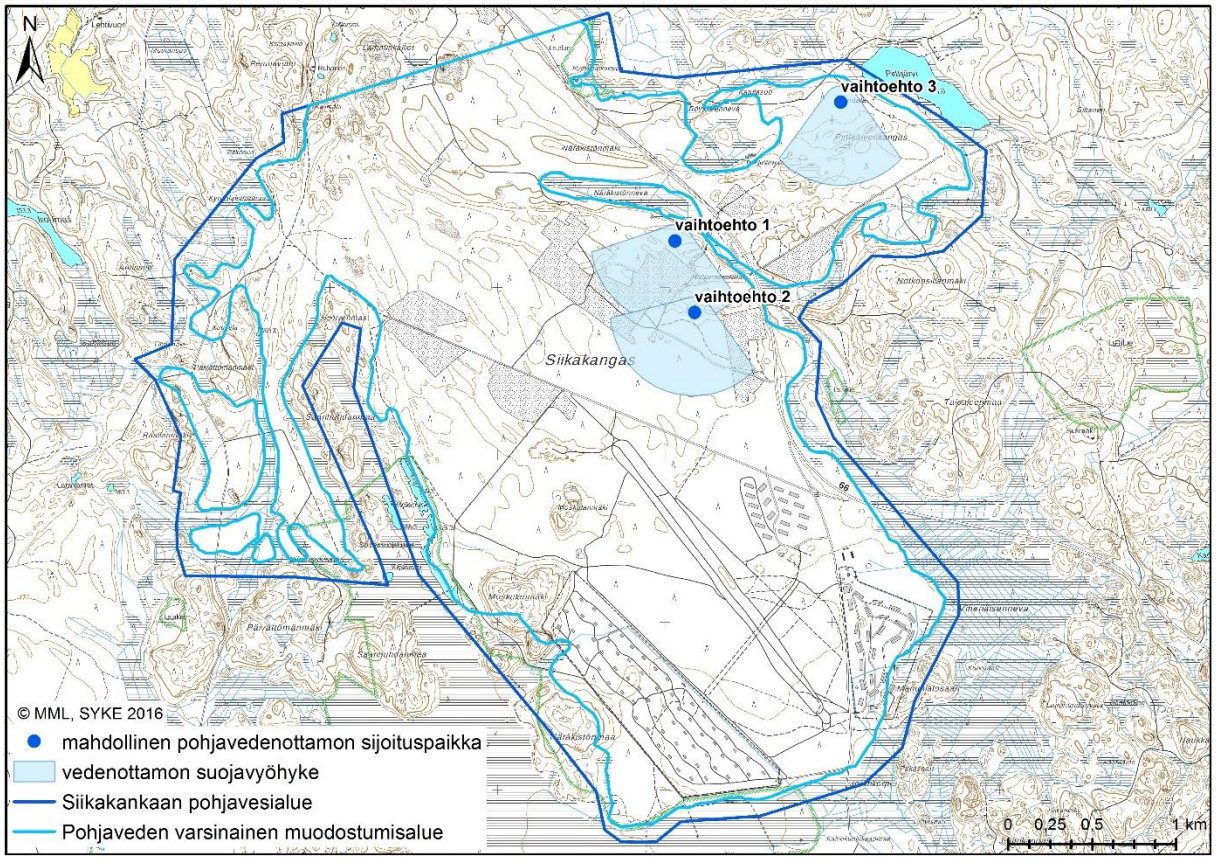


Kuva 40. Pohjavedenottamon mahdolliset sijoituspaikat.

3.6.1. Pohjavedenottamon suoja-alueet

Pohjavedenottamon suoja-alueesta säädetään vesilain (587/2011) 4 luvun 11 §:ssä. Vedenottamon suoja-alueen ensisijaisena tarkoituksena on turvata otettavan pohjaveden laatu (Britschgi *et. al* 2009). Pohjavedenottamon suoja-alueen vahvistamisesta vastaa aluehallintovirasto (VL 587/2011, 4 luku 11 §). Suoja-aluetta koskevassa päätöksessä annetaan oikeudellisesti sitovia määräyksiä vedenoton turvaamiseksi, suoja-alueen muun käytön rajoittamiseksi ja määräysten noudettamiseksi (Orvomaa 2008). Suoja-alueen määräyksillä voidaan myös asettaa luvanvaraiseksi sellainen toiminta, joka ei muuten olisi luvanvaraista pohjavesialueella (Orvomaa 2008). Määräykset voivat koskea esimerkiksi maa-ainesten ottamista, teiden kunnossapitoa tai jätevesien käsittelyä (Orvomaa 2008).

Kuvassa 41 on esitetty viitteelliset suoja-alueet (500 m pohjaveden virtaussuunnasta) tutkittujen pohjavedenottamoiden ympärille. Vaihtoehtojen 1 ja 2 tapauksessa vedenottamon suoja-alueelle sijoittuu nykyisiä ja vanhoja maa-ainesten ottamisalueita. Näiden lisäksi vaihtoehdon 1 suoja-alueelle sijoittuu myös betoniasema. Vaihtoehdossa 3 vedenottamon suoja-alueelle ei sijoitu merkittäviä pohjaveden laatua mahdollisesti heikentäviä toimintoja.



Kuva 41. Tutkittujen vedenottamoiden viitteelliset suoja-alueet (500 m pohjaveden virtaussuunnasta).

3.7. Vedenotosta mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset

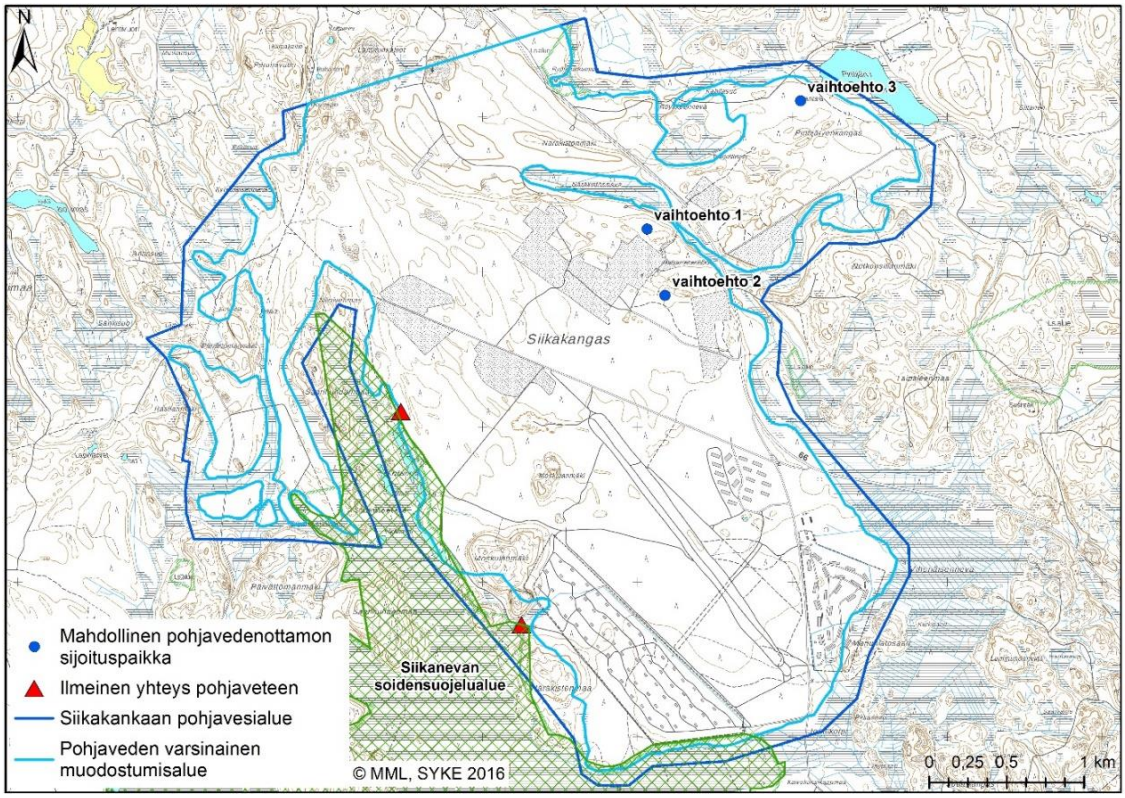
Pohjaveden ottaminen aiheuttaa vedenottamon ympärille käytännössä aina vedenpinnan alenemista, mistä puolestaan voi seurata ainakin osittaisia muutoksia pohjaveden virtaussuuntiin (Mälkki 1999). Pohjaveden muuttuneet virtaussuunnat ja korkeustasot voivat vaikuttaa haitallisesti etenkin pohjavedestä riippuvaisiin elinympäristöihin, kuten esimerkiksi lähdealueisiin (Mälkki 1999). Mikäli otettavan pohjaveden määrä lähenee pohjavesialueen keskiantoisuutta, eivätkä erot alueen pohjaveden pinnankorkeuksissa ole suuria, on vedenotolla todennäköisesti vaikutuksia koko pohjavesialueen laajuudessa (Mälkki 1999).

3.7.1. Siikanevan suoalue

Siikakankaan pohjavesialue rajautuu etelässä sekä osin myös lännessä Natura 2000 -verkostoon kuuluvaan Siikanevan soidensuojelualueeseen (kuva 42). Siikaneva on Pirkanmaan suurin yhtenäinen suo ja sen pinta-ala on noin 1 560 hehtaaria (Raikamo 1977). Siikanevan suoalue sijaitsee vedenjakaja-alueella ympäristöään korkeammalla noin tasossa +160–170 m mpy (Raikamo 1977). Siikanevan suoalue ei ole kokonaan luonnontilainen, vaan sen reunaosia ja laskuojia on osittain ojitettu etenkin alueen eteläosissa (Tolonen *et al.* 1979).

Kuva 42. Siikanevan Jaarikanmaalta aukeaa laaja näkymä suon läntiselle osalle, missä suoalue rajautuu Särkikankaan sandurdeltamuodostumaan.

Korkeusero Siikakankaan eteläisen osan ja Siikanevan suonpinnan välillä on noin 0,5–2,0 m (Raikamo 1977). Siikanevan suoalueen pohjoisimmat osat sijaitsevatkin osittain Siika- ja Särkikankaan sandurdeltamuodostumilla (Raikamo 1977). Siikanevan vesien on arveltu olevan ainakin kahden suolahdekkeen päästä yhteydessä Siikakankaan pohjavesiin. Nämä kyseiset lahdekkeet sijaitsevat Kilpilampien pohjoispuolella sekä Moskulanmäen eteläpuolella (kuva 43) (Raikamo 1977).



Kuva 43. Siikanevan ja Siikakankaan pohjavesien yhteysalueet (Raikamo 1977 mukaillen).

Koska Siikakankaan pohjavesialueen etelä- ja länsiosat soveltuvat huonosti pohjavedenottamiseen, ei Siikanevan suoalueen välittömään läheisyyteen todennäköisesti tulla perustamaan kunnallista pohjavedenottamoa. Esimerkiksi vedenottamon sijoitusvaihtoehto 2 sijaitsee noin 2 km etäisyydellä Siikanevan suoalueesta (kuva 43).

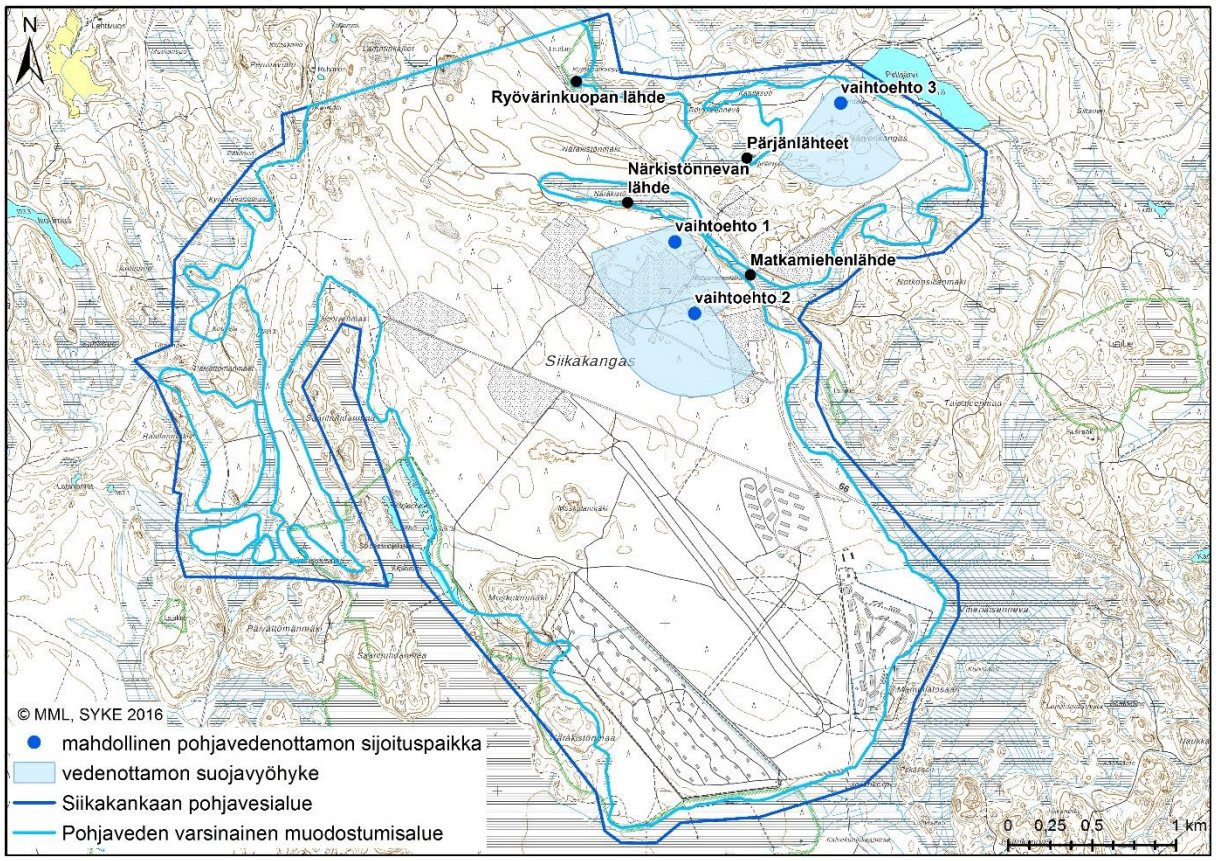
Vaikka pohjavedenottamoa ei sijoitettaisikaan Siikanevan soidensuojelualueen välittömään läheisyyteen, voi vedenottamisella tästä huolimatta olla haitallisia vaikutuksia Siikanevan soidensuojelualueeseen. Jotta vedenoton mahdollisista vaikutuksista Siikanevan suoalueeseen voitaisiin varmistua, tulisi pohjavedenottamon mahdollisilla sijoituspaikoilla suorittaa pitkäaikaisia koepumppauksia sekä seurata pohjaveden pinnankorkeuksia Siikanevan läheisyydessä pumppausten aikana. Siikanevan suoalueelle kohdistuvia haitallisia vaikutuksia arvioitaessa, on kuitenkin syytä pitää mielessä se, että Siikanevan suoalueelle tärkeämpiä ovat valuma-alueelta tulevat pintavedet kuin pohjavedet (Raikamo 1977).

3.7.2. Lähdealueet

Ruoveden kunnan alueella on useita lähdealueita, joista merkittävä osa sijaitsee Siikakankaan pohjavesien vaikutuspiirissä (Lahti 1981). Siikakankaan merkittävin lähdealue on pohjavesialueen pohjoisosassa sijaitseva Ryövärinkuopan alue. Ryövärinkuoppa on harjukuopassa sijaitseva lähde, jonka ympäristössä on Siikakankaan kuivasta kangasalueesta merkittävästi poikkeavaa rehevää lehtokasvillisuutta (kuva 44) (Lahti 1981). Vesilain (587/2011) mukaisesti luonnontilaisen lähteen luonnontilan vaarantaminen on kiellettyä.

Kuva 44. Ryövärinkuopan lähdealueella on rehevää lehtokasvillisuutta.

Kuvassa 45 esitetyt pohjavedenottamon mahdolliset sijoitusalueet sijoittuvat Siikakankaan lähdealueiden läheisyyteen. Siikakankaan merkittävin lähdealue, Ryövärinkuopan lähde, jää kuitenkin tutkittujen pohjavedenottamoiden välittömän vaikutusalueen ulkopuolelle. Jotta vedenoton mahdollisista vaikutuksista Siikakankaan lähdealueeseen voitaisiin varmistua, tulisi pohjavedenottamon mahdollisilla sijoituspaikoilla suorittaa pitkäaikaisia koepumppauksia sekä seurata pohjaveden pinnankorkeuksia lähteiden läheisyydessä koepumppauksen aikana. Mikäli pohjaveden ottamisella todetaan olevan haitallisia vaikutuksia Siikakankaan lähdealueisiin, voidaan pohjaveden pinnankorkeuden liiallista alenemista estää esimerkiksi hajauttamalla vedenotto pohjavesialueen eri osiin tai imeyttämällä vettä maaperään keinotekoisesti lähdealueen ympäristössä (Mälkki 1999).



Kuva 45. Vedenottamon mahdolliset sijoitusalueet sijoittuvat lähdealueiden läheisyyteen.

3.8. Pohjaveden laatu

Ruovedellä pohjavesien laatu on todettu yleisesti hyväksi. Tyypillinen ongelma Ruoveden alueen pohjavesissä on haja-asutusalueen kaivoissa havaitut korkeat rauta- ja mangaanipitoisuudet. Myös kohonneista arseeni-, fluoridi- ja radonpitoisuuksista on yksittäisiä havaintoja Ruovedellä. (Ruoveden kunta *et al.* 2002.)

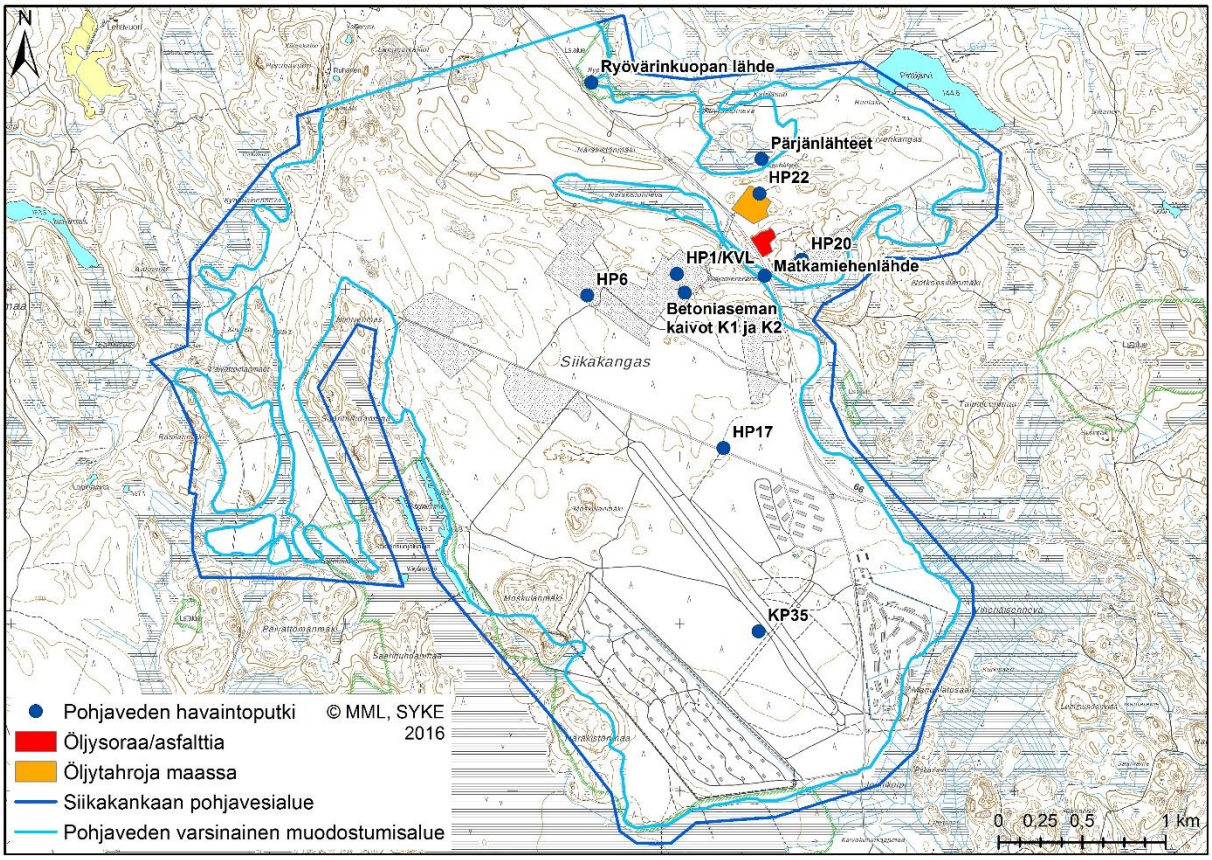
Pohjavedet ovat herkkiä pilaantumiselle, sillä pohjavesimuodostuman yläpuoliset maakerrokset ovat tyypillisesti hyvin vettä ja haitta-aineita läpäiseviä (Mälkki 1999). Esimerkiksi maa-ainesten ottaminen saattaa aiheuttaa pohjaveden haitta-ainepitoi-

suuksien kohoamista (Alapassi *et al.* 2001). Maa-ainesten ottamisen pitkäaikaisvaikutuksia pohjaveteen ovat muun muassa kohonneet kloridi-, sulfaatti-, alumiini- ja nitraattityppipitoisuudet (Rintala 2014).

Pohjavesimuodostuman laadullinen tila voidaan luokitella hyväksi, jos sen yhdessäkään havaintopisteessä ei todeta pohjaveden ympäristölaatunormien (2006/118/EY) ylityksiä (Antikainen *et al.* 2016). Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) asetuksessa talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (1352/2015) on puolestaan annettu viitearvot pohjaveden laatuvaatimuksista talousvesikäyttöön. Tässä selvitystyössä on arvioitu Siikakankaan pohjavesimuodostuman laadullista tilaa vertailemalla Siikakankaan pohjaveden havaintopisteiden alkuainepitoisuuksia pohjaveden ympäristölaatunormien (2006/118/EY) viitearvoihin sekä STM:n asettamiin talousveden laatuvaatimuksiin (1352/2015) (taulukko 6). Taulukossa 6 on esitetty niiden havaintopisteiden tulokset, joissa ylittyy annettu vertailuarvo jonkin parametrin osalta. Taulukossa 6 esitettyjen havaintopisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 46.

Taulukko 6. Siikakankaan pohjaveden laadun viitearvovertailu.

		Fe	Mn	pH	sameus	väriluku	mineraaliöljyt
		µg/l	µg/l		NTU		µg/l
pohjaveden ympäristölaatunormi		-	-	-	-	-	50
STM:n asetus 1352/2015; talousveden laatuvaatimukset		200	50	6,5-9,5	1	5	
näyte-piste	näytteenotto-päivämäärä	Fe µg/l	Mn µg/l	pH	sameus FNU	väriluku mg/l Pt	mineraaliöljyt µg/l
HP1_KVL	2.2.2017	16	2,4	6,1	0,86	<5	< 50
HP6	27.4.2016	2200	83	7,0	500	36	55
HP6	8.8.2016	1300	63	6,5	120	32	0,05
HP6	30.3.2017	1500	86	6,6	86	<5	< 50
HP17	8.9.2014	38	1,2	6,9			< 50
HP17	2.2.2017	17	< 1	6,5	0,48	<5	< 50
HP20	28.2.2007	36	< 10	6,1	0,4	5	
HP20	28.2.2007	32	< 10	6,1	< 0,4	5	
HP22	2.2.2017	6900	33	6,6	96	36	86
K1	8.12.2010			7,8	2,6		200
K1	9.8.2011			7,6	7,1		< 100
K1	11.3.2013			7,6	13		< 50
K1	16.4.2014			7,7	4,5		< 50
K1	16.6.2016			7,6	6,9	54	< 50
K2	9.8.2011			7,9	1,2		< 100
K2	11.3.2013			7,6	12		
K2	16.4.2014			7,7	4,3		
KP35	2.2.2017	37	< 1	6,6	2,3	<5	< 50
Ryövärinkuoppa	11.4.2007	< 10	< 10	6,4	< 0,4	<5	
Pärjänlähteet	16.4.2007	63	< 10	6,5	< 0,4	10	
Matkamiehenlähde	10.4.2007	< 10	< 10	6,7	< 0,4	<5	



Kuva 46. Taulukossa 6 esitettyjen näytepisteiden sijainnit.

Havaintoputkien HP6 ja HP22 kohonneet rauta- ja mangaanipitoisuudet johtuvat todennäköisesti pääosin siitä, että kyseisten pohjavesiputkien materiaali on ollut rautaa. Muissa havaintopisteissä ei todettu viitearvoja ylittäviä rauta tai mangaanipitoisuuksia.

Otetuista pohjavesinäytteistä sameutta esiintyi näytepisteiden HP6, HP22, K1, K2 ja KP35 näytteissä. Näytteiden HP6 ja HP22 osalta sameus johtuu pääasiassa rautaisesta pohjavedenhavaintoputkesta. Samoissa näytepisteissä on todettu myös STM:n talousveden laatuvaatimusten mukaisen väriluvun vertailuarvon ylityksiä.

Mineraaliöljyjen osalta Siikakankaan pohjavesialueella todettiin pohjaveden ympäristölaatunormin mukaisen viitearvon ylityksiä näytepisteissä HP6, HP22 ja K1. Havaintoputken HP22 läheisyydessä sijaitsee maa-ainesten ottamisalue, jonka maaperässä todettiin useita öljytahroja maastokäynnin yhteydessä (kuvat 46 ja 47). Tämän lisäksi havaintoputken HP22 läheisyydessä sijaitsee myös vanha maa-ainesten ottamisalue, jolta kartoitettiin laaja öljysoralla/asfaltilla päällystetty alue (kuvat 46 ja 48).

Yleisesti ottaen Siikakankaan pohjavesimuodostumaa voidaan kuitenkin pitää laadullisesti hyvänä. Jotta Siikakankaan pohjavesialueen laadullisesta tilasta voitaisiin muodostaa luotettava arvio, tulee pohjavesialueen pitkäaikaista laaduntarkkailua jatkaa maa-ainesten ottamisalueiden lisäksi myös luonnontilaisilla alueilla.

Kuva 47. Öljytahroja maa-ainesten ottamisalueella.

Kuva 48. Öljysoraa/asfalttia vanhalla maa-ainesten ottamisalueella.

3.8.1. Pohjavesialueen riskitekijät

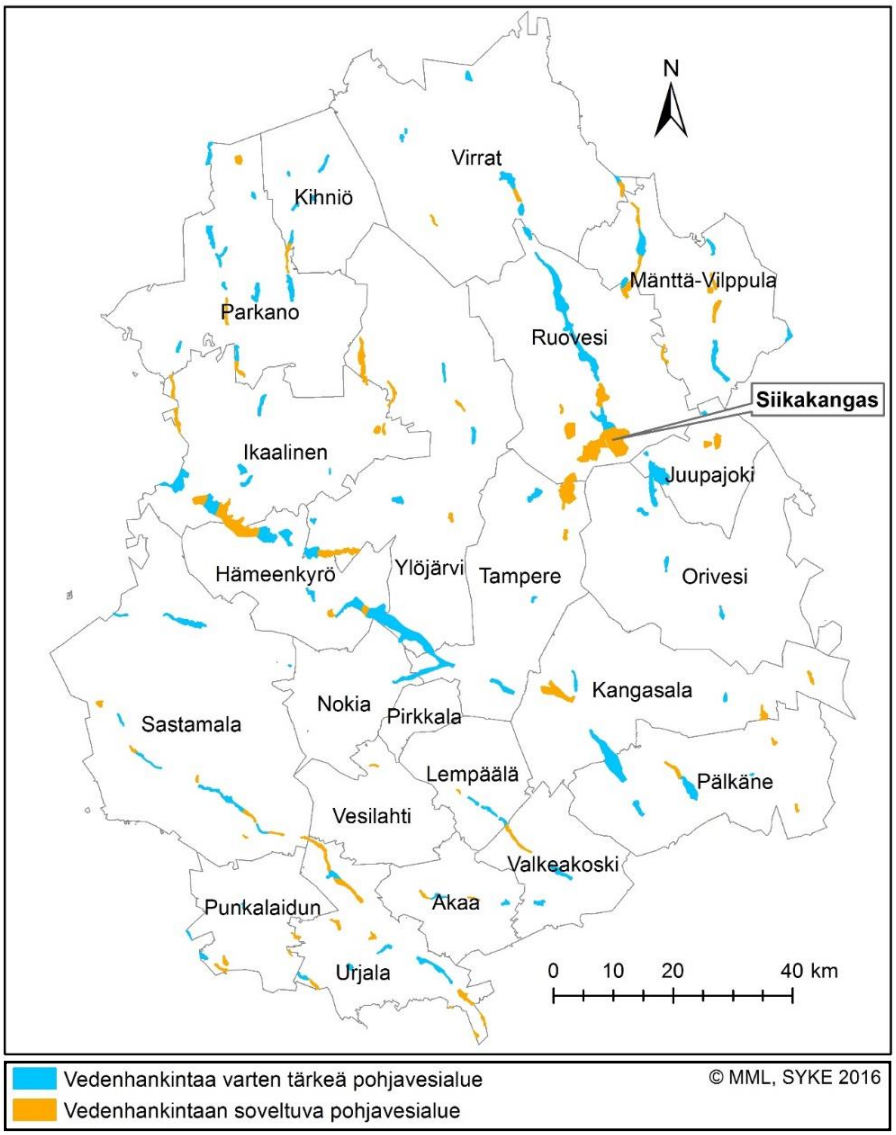
Pohjavesien likaantumisriskiä aiheuttavat etenkin teollisuus, vaarallisten aineiden käsittely, jätevedet, lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttö, kaatopaikat sekä teiden liukkauden torjunta talviaikaan (Orvomaa 2008). Siikakankaan alueella tai sen läheisyydessä ei ole teollisuutta tai muuta vastaavaa toimintaa, josta voisi tulla merkittäviä päästöjä pohjaveteen. Teollisuuden sijaan Siikakankaan pohjavesialueen merkittävimpiä riskitekijöitä ovat maa-ainesten ottaminen (ml. betoniasema), puolustusvoimien varikkoalueen toiminnot sekä maantieliikenne. Siikakankaan varikkoalueella tapahtui maanalaisen öljysäiliön vuoto vuonna 2001, jolloin maaperästä poistettiin polttoöljyllä pilaantunutta maata. Öljyvahinko ei aiheuttanut muutoksia Siikakankaan pohjaveden laadussa. Vuonna 2011 Siikakankaan maa-ainesmuodostuman keski-

osassa sijaitsevalla maa-ainesten ottamisalueella otettiin maa-aineksia maa-ainesluvan vastaisesti pohjaveden pintaan asti. Ylisyvän ottamisalueen kunnostus toteutettiin vuoden 2012 aikana.

Siikakankaan pohjavesialueelle laadittu suojelusuunnitelma on vuodelta 2002. Mikäli Siikakankaan pohjavesialue tullaan ottamaan tulevaisuudessa vedenhankintakäyttöön, voisi pohjaveden suojelusuunnitelman päivittäminen tulla kyseeseen.

3.9. Vedenhankinta Ruoveden ja lähikuntien alueella

Ruoveden kunnan alueella vedenhankinnasta vastaa tällä hetkellä Ruoveden kunnan vesihuoltolaitos sekä 10 vesiosuuskuntaa, joista suurin on Osuuskunta Vesijako (Pirkanmaan ELY-keskus 2015). Ruoveden vedenhankinta keskittyy tällä hetkellä Ruovedeltä Virroille kulkevalle harjujaksolle (kuva 49) (Ruoveden kunta *et al.* 2002). Ruoveden sekä sen lähikuntien hyödynnettävissä olevat pohjavesivarat (kuva 49) riittävät nykyisellään kuntien vedenhankintakäyttöön (Pirkanmaan ELY-keskus 2015).



Kuva 49. Merkittävä osa Pirkanmaan pohjavesialueista sijoittuu Koillis-Pirkanmaalle.

Normaalin vesihuollon lisäksi kunnallisten vesihuoltolaitosten tulee varautua myös erityistilanteisiin (Britschgi *et. al* 2009). Jokaisella kunnalla tulee siis olla olemassa varavesilähde, joka takaa vesihuollon toimivuuden myös poikkeustilanteissa. Vaikka Siikakankaan pohjavesialuetta ei ole tällä hetkellä tarpeen ottaa Ruoveden tai sen lähikuntien normaaliin vedenhankintakäyttöön, voitaisiin Siikakankaan pohjavesialueelle perustaa pohjavedenottamo, joka toimisi Ruoveden ja sen lähialueen kuntien varavesilähteenä.

Pirkanmaan vesihuollon kehittämissuunnitelmassa on esitetty, että koko Pirkanmaalla siirrytään tulevaisuudessa pohja- tai tekopohjaveden käyttöön. Koska Tampereen ja sen lähikuntien hyödynnettävissä olevat pohjavesivarannot ovat jo nykyisellään pääosin vedenhankintakäytössä (kuva 49), on Pirkanmaan vesihuollon kehittämissuunnitelmassa esitetty yhtenä vaihtoehtona Siikakankaan pohjavesialueen hyödyntämistä Tampereen ja sen kehyskuntien vedenhankinnassa (Pirkanmaan ELY-keskus 2015). Tämän selvitystyön perusteella Siikakankaan pohjavesialue voisi soveltua Tampereen ja sen lähikuntien vedenhankintaan.

4. Maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelma

Suomessa maa-ainesten ottamista ohjataan ensisijaisesti kaavoituksella, jonka avulla voidaan osoittaa maa-ainesten ottamista määrättyihin paikkoihin (Alapassi *et al.* 2009). Kaavoituksen lisäksi maa-ainesten ottamista voidaan ohjata myös alueellisten yleissuunnitelmien avulla (Rintala & Lonka 2013). Maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelman laatiminen voi tulla kyseeseen etenkin alueilla, joilla on runsaasti maa-ainesten ottamistoimintaa. Yleissuunnitelman avulla maa-ainesten ottamistoiminnalle voidaan osoittaa siihen parhaiten soveltuvat alueet pohjaveden suojelu ja maa-ainesvarojen kestävä hyödyntäminen sekä muut maa-ainesten ottamista mahdolliset rajoittavat tekijät huomioon ottaen (Alapassi *et al.* 2009).

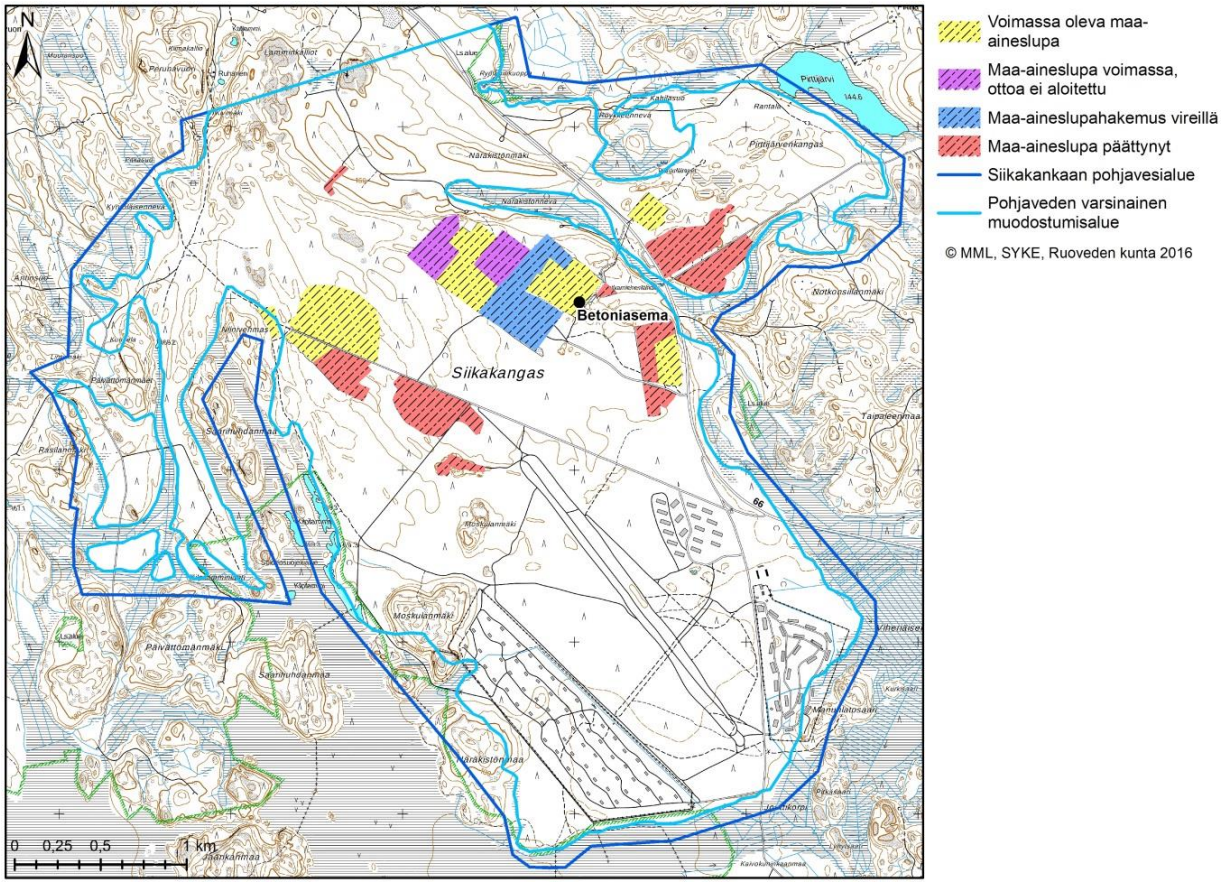
Siikakankaan pohjavesialueella maa-ainesten ottaminen on nykyisellään hyvin laaja-alaista. Jo vuoden 2002 Ruoveden pohjavesialueiden suojelusuunnitelmassa todettiin, että Siikakankaalla maa-ainesten ottamista tulisi miettiä laajempana kokonaisuutena siten, että alueella toimiville maa-ainesten ottajille laadittaisiin yhtenevät toimintaohjeet. Ruoveden pohjavesialueiden suojelusuunnitelman lisäksi Siikakankaan maa-ainesten ottamisen ohjaamistarve on huomioitu myös Pirkanmaan vesienhoidon toimenpideohjelmassa vuosille 2016–2021, jossa Siikakankaan alue on merkitty selvityskohteeksi maa-ainesten ottamisen takia sekä esitetty maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelman laatimista Siikakankaan pohjavesialueelle.

Tämän maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelman tarkoituksena on antaa ohjeita maa-ainesvarojen kestävään ottamiseen Siikakankaalla pohjaveden suojelu huomioiden. Yleissuunnitelmassa pyritään myös määrittelemään Siikakankaan parhaiten maa-ainesten ottamiseen soveltuvat alueet.

4.1. Nykyinen maa-ainesten ottamistoiminta

Siikakankaan pohjavesialueella on ollut maa-ainesten ottamistoimintaa jo 1980-luvun alusta alkaen. Vuoden 2017 alussa Siikakankaan alueella oli yhteensä 11 voimassa olevaa maa-aineslupaa (kuva 50). Näiden lisäsi alueelle oli vireillä yksi uusi lupahakemus (kuva 50). Vanhoja, käytöstä poistuneita maa-ainesten ottamisalueita Siikakankaan alueelta löytyi vuoden 2017 alussa yhteensä yhdeksän (kuva 50). Vanhoista ottamisalueista kolme aluetta oli sellaisia, joilla maa-ainesten ottaminen oli loppunut jo useampi vuosi sitten.

Siikakankaan alueen maa-ainesten ottaminen on pirstaloitunut useille erillisille ottamisalueille, joita on myyty vuosien saatossa useaan kertaan eri toimijoille. Tämä tekee maa-ainesten ottamisen nykytilanteesta Siikakankaalla melko sekavan. Kaikki Siikakankaan maa-ainesten ottamisalueet sijaitsevat pohjaveden varsinaisella muodostumisalueella pois lukien läntisin ottamisalue, joka sijaitsee osittain pohjaveden varsinaisen ottamisalueen ulkopuolella (kuva 50).



Kuva 50. Maa-ainesten ottamisalueet Siikakankaan pohjavesialueella.

Pirkanmaan SOKKA-hankkeessa Siikakankaan pohjavesialueelta kartoitettiin yhteensä 12 maa-ainesten ottamisaluetta. Kartoitetuista alueista yksi alue luokiteltiin jälkihoidetuksi, kolme aluetta muotoilluksi ja kolme aluetta jälkihoitamattomaksi. Loput viisi kartoitettua aluetta olivat SOKKA-hankkeen toteutuksen aikana (2013–2015) toiminnassa. SOKKA-hankkeessa kartoitettujen käytöstä poistuneiden jälkihoitamattomien ottamisalueiden kunnostustarpeen arvioitiin olevan vähäinen tai tarvetta kunnostukselle ei ollut ollenkaan. (Lindholm 2016.)

Maa-ainesten ottamisalueet, joilla oli vuoden 2017 aikana voimassa oleva maa-aineslupa, kattoivat Siikakankaan pohjavesialueen pinta-alasta noin 3 % (taulukko 7). Näiden lisäksi Siikakankaan pohjavesialueelle oli myönnetty kaksi maa-aineslupaa yhteensä noin 11,6 ha alueelle, jota ei ole vielä otettu käyttöön (taulukko 7). Vanhoja, käytöstä jo poistuneita soranottoalueita Siikakankaalta löytyi yhteensä noin 41,8 ha eli noin 3 % Siikakankaan pohjavesialueen pinta-alasta (taulukko 7). Vanhojen maa-ainesten ottamisalueiden sekä ottamisalueiden, joilla oli tämän selvitystyön toteuttamisen aikana voimassa oleva maa-aineslupa, yhteenlaskettu pinta-ala on noin 98,3 ha eli noin 6 % Siikakankaan pohjavesialueen pinta-alasta. Mikäli vireillä oleva maa-aineslupa hyväksyttäisiin ottamissuunnitelman mukaisena ja otettaisiin käyttöön, olisi Siikakankaan kaikkien maa-ainesten ottamisalueiden yhteenlaskettu pinta-ala noin 113,9 ha eli noin 7 % pohjavesialueen pinta-alasta (suositus vedenottamon kaukosuojavyöhykkeellä 10–20 % ja 20–30 % suojavyöhykkeiden ulkopuolella, Alapassi *et al.* 2009).

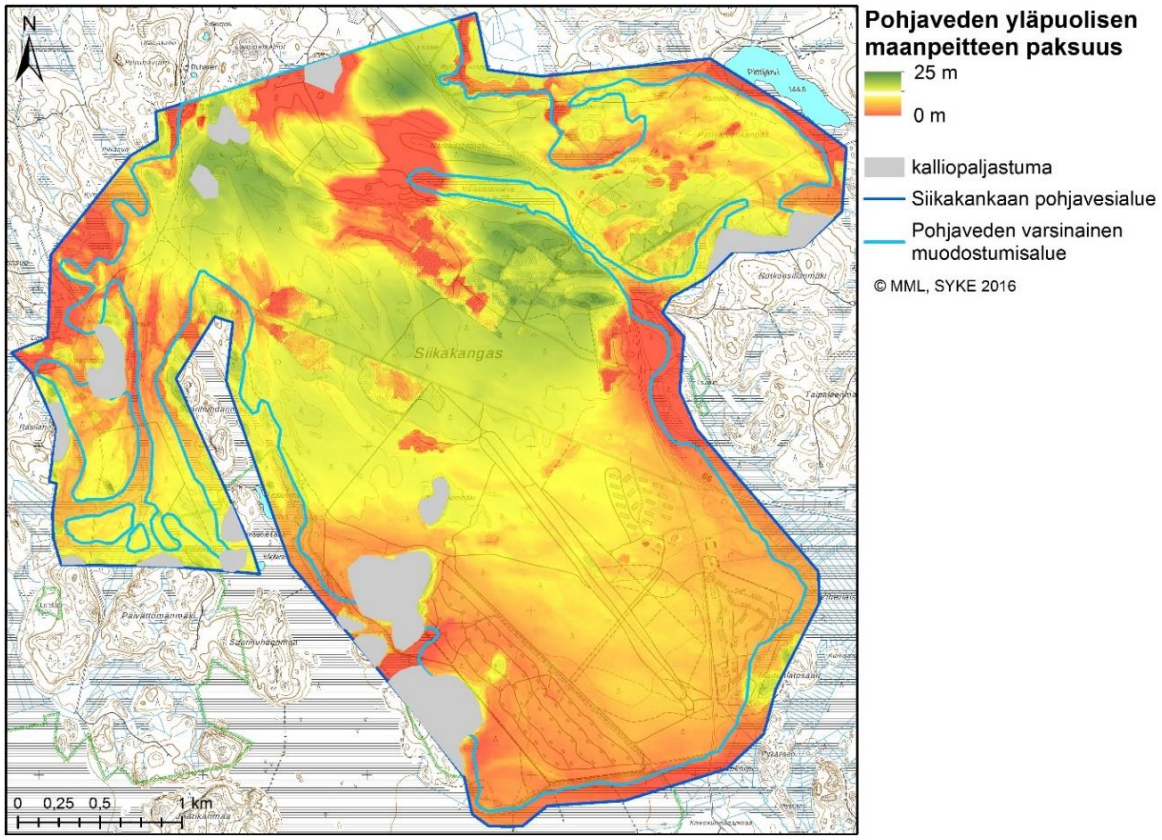
Taulukko 7. Siikakankaan maa-ainesten ottamisalueiden pinta-alat ja osuus pohjavesialueesta.

	Siikakankaan pohjavesialue	Maa-ainesten ottamisalueet, joilla voimassa oleva maa-aineslupa	Vanhat maa-ainesten ottamisalueet	Alueet, joilla on maa-aineslupa, mutta ottamista ei ole vielä aloitettu	Vireillä oleva maa-aines-lupahakemus
pinta-ala	1565,4 ha	44,9 ha	41,8 ha	11,6 ha	15,6 ha
%-osuus pinta-alasta	100 %	2,87 %	2,67 %	0,74 %	1,0 %

Siikakankaan pohjavesialueelta oli mahdollista ottaa vuoden 2017 aikana voimassa olevien lupien mukaisesti noin 1,9 miljoonaa k-m^3 maa-aineksia. Tästä määrästä oli otettu arviolta noin 1,2 miljoonaa k-m^3 maa-aineksia vuoden 2017 alkuun mennessä. Maa-ainesten määrää koskevat arviot perustuvat maa-ainesluvissa esitettyihin arvioihin suunnitellusta ottamisesta, eivätkä näin ollen vastaa täysin toteutuneita ottamismääriä.

4.2. Maa-ainesten laatu ja määrä

Suunnittelualueen pohjaveden pinnan yläpuoliset maalajitteet ovat pääasiassa hyvin lajittunutta soraa ja hiekkaa, jotka soveltuvat hyvin maa-ainesten ottamiseen. Pohjaveden pinnan yläpuoliset maakerrokset ovat paksuimmillaan Siikakankaan pohjavesialueen keskiosassa (kuva 51).



Kuva 51. Pohjaveden pinnan yläpuolisten maanpeitteiden paksuus.

Kuvassa 51 esitetty arvio pohjaveden pinnan yläpuolisten maanpeitteiden paksuudesta sisältää epävarmuuksia puutteellisesta havaintoaineistosta johtuen etenkin pohjavesialueen länsiosan osalta.

Geologian tutkimuskeskus on arvioinut Siikakankaan pohjavesialueen pohjaveden pinnan yläpuolisten maa-ainesvarojen suuruudeksi noin 42,8 miljoona k-m^3 (GTK 2017). Tästä määräarviosta on hiekkaa noin 33,6 miljoonaa k-m^3 ja soraa noin 9,2 miljoonaa k-m^3 (GTK 2017). Kun otetaan huomioon Siikakankaan pohjavesialueella maa-ainesten ottamista rajoittavat tekijät, kuten esimerkiksi puolustusvoimien hallinnoima alue sekä maakunnallisesti arvokkaiden harjualueiden rajaukset, voidaan hyödynnettävissä olevien maa-ainesvarojen suuruuden arvioida olevan noin puolet tästä määrästä, eli noin 22 miljoonaa k-m^3. Kun määräarviossa otetaan huomioon myös jo otettujen maa-ainesten määrä (noin 2 miljoonaa k-m^3), saadaan suunnittelualueen pohjaveden pinnan yläpuolella olevien maa-ainesvarojen suuruudeksi noin 20 miljoonaa k-m^3. Mikäli hyödynnettävissä olevien maa-ainesvarojen arvioinnissa otetaan huomioon vielä myös pohjaveden pinnan yläpuolelle jätettävä neljän metrin suojakerrospaksuus, voidaan hyödynnettävissä olevien maa-ainesten määrä arvioida olevan hieman yli puolet tästä määrästä, eli noin 12 miljoonaa k- m^3.

4.3. Uusien maa-ainesten ottamisalueiden sijoittaminen

Pirkanmaan POSKI-hankkeen yhteydessä kaikki valtakunnallisesti ja maakunnallisesti arvokkaat harjualueet luokiteltiin luokkaan E eli maa-ainesten ottamiseen soveltumattomiksi alueiksi (Appelqvist *et al.* 2015). Tähän kategoriaan kuuluvat myös Siikakankaan pohjavesialueella sijaitsevat Ryövärinkuopan ja Siikakankaan maakunnallisesti arvokkaat harjualueet. POSKI-hankkeen luokituksella ei kuitenkaan ole välitöntä oikeudellista merkitystä, vaan maa-ainesluvan myöntämisedellytyksiä on aina arvioitava tapauskohtaisesti.

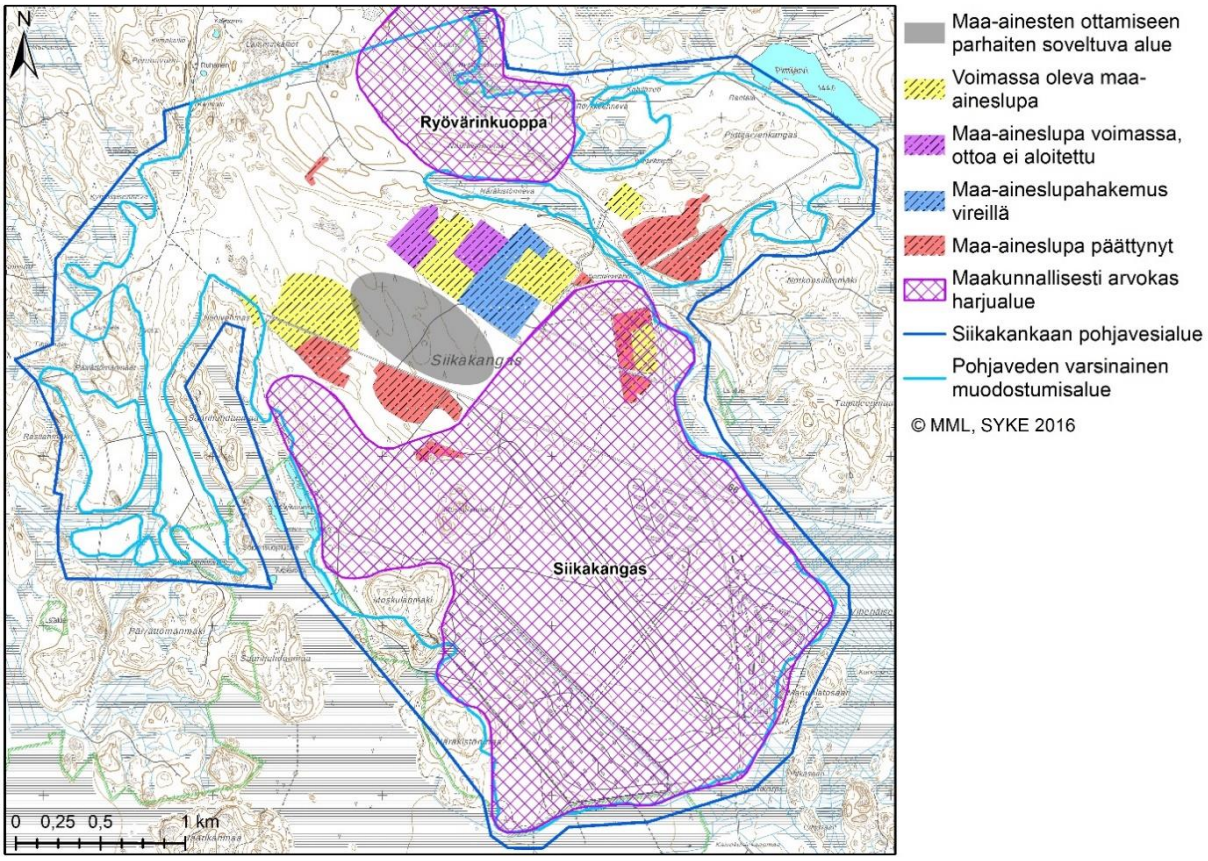
Pirkanmaan maakuntakaavassa 2040 Ryövärinkuopan ja Siikakankaan maakunnallisesti arvokkaille harjualueille on annettu *Arvokas geologinen muodostuma* -merkintä. Kaavamerkinnän yhteydessä on annettu suojelumääräys, jonka mukaisesti arvokkaiden harjualueiden alueilla ei saa suorittaa sellaisia toimenpiteitä, jotka muuttaisivat alueen erityispiirteitä haitallisesti. Suojelumääräyksen mukaisesti arvokkaalla harjualueella voidaan kuitenkin ottaa maa-aineksia maisemavaurioiden korjaamiseksi.

Edellä mainitun lisäksi uusien mahdollisten maa-ainesten ottamisalueiden sijoittamisessa on otettu huomioon myös mahdollisen kunnallisen vedenottamon sijoittaminen pohjavesialueelle. Uusien ottamisalueiden sijoittamista rajoittaa myös pohjaveden pinta, joka on Siikakankaalla paikoin lähellä maanpintaa. Etenkin Pirttijärvenkankaan alueella on useita suppia ja lähdealueita, joissa vedenpinta leikkaa paikoitellen maanpintaa. Pirttijärvenkankaalla maa-ainesten ottamista rajoittaa myös Ryövärinkuopan luonnonsuojelualue, jonka herkkään lähdeympäristöön maa-ainesten ottaminen voi aiheuttaa muutoksia.

Maa-ainesten ottamisalueiden sijoittamisessa tulee ottaa huomioon myös seuraavaat yleiset suositukset (Alapassi *et al.* 2001):

- etäisyys yleiselle tielle vähintään 50 m tien keskilinjasta
- etäisyys järven tai joen rantaan vähintään 100 m
- etäisyys asuttuun rakennukseen vähintään 100 m
- etäisyys rakentamattoma naapuritilan rajaan vähintään 10 m
- etäisyys luonnonsuojelualueeseen tai muuhun suojelualueeseen: tapauskohtaisesti siten, että ottaminen ei heikennä alueiden suojeluarvoa

Mikäli Siikakankaan pohjavesialueelle halutaan sijoittaa uusia maa-ainesten ottamisalueita, tulee maa-ainesten ottaminen keskittää jo luvitettujen ottamisalueiden läheisyyteen. Tämän lisäksi uudet ottamisalueet tulee sijoittaa sellaisille alueille, missä maa-aineksia pystytään ottamaan mahdollisimman tehokkaasti pohjaveden suojelu huomioon ottaen. Parhaiten maa-ainesten ottamiseen soveltuvat uudet alueet sijoittuvat Siikakankaan pohjavesialueen keskiosaan (kuva 52). Maa-ainesten ottamiseen soveltuvan alueen (kuva 52) pinta-ala on noin 35 ha. Uudelta ottamisalueelta voitaisiin ottaa maa-aineksia enintään noin 6 m syvyyteen asti. Otettava maa-ainesmäärä kyseisellä alueella on noin 1,5 milj. k-m^3, kun otetaan huomioon pohjaveden pinnan yläpuolelle jätettävä 4 m suojakerrospaksuus.



Kuva 52. Maa-ainesten ottamiseen soveltuva uusi alue.

Mikäli Siikakankaan alueelle tullaan vielä myöntämään uusia ottamislupia, tulee uudet luvat myöntää nykyistä pienemmille alueille ja koskemaan koko mahdollista ottosyvyyttä, jolloin maa-ainesten hyödyntäminen on mahdollisimman tehokasta. Myös nykyistä maa-ainesten ottamistoimintaa voidaan tehostaa laajentamalla ja muotoilemalla nykyisiä ottamisalueita sekä esimerkiksi poistamalla kannaksia eri ottamisalueiden välistä.

Pohjaveden suojelun kannalta on tärkeää säilyttää maanpinta luonnontilaisena mahdollisimman laajasti Siikakankaan alueella. Vaikka yksittäinen maa-ainesten ottamishanke olisikin laajuudeltaan ja vaikutuksiltaan vähäinen, voi usean erillisen hankkeen sijoittuminen samalle alueella aiheuttaa merkittäviä muutoksia pohjaveden muodostumisolosuhteisiin ja laatuun (Hatva *et al.* 1993). Uusien maa-ainesten ottamisalueiden sijoittamisessa tulee täten välttää erityisen suurien ottamisalueiden muodostumista.

Jotta maa-ainesten ottamisesta ei aiheutuisia haitallisia vaikutuksia pohjaveden laatuun tai määrään, tulee mahdollisten uusien alueiden käyttöönotto tapahtua vasta silloin, kun käytöstä poistuneet ottamisalueet on saatu jälkihoidettua siinä määrin, etteivät ne enää aiheuta merkittävää riskiä alueen pohjavedelle. Uusien ottamisalueiden käyttöönotossa tulee ottaa huomioon myös seuraavat ottamisalueiden määrää koskevat suositukset: vedenottamon (ml. tutkittu vedenottamo) kaukosuojavyöhykkeellä ottamisalueita saa olla 10–20 % pohjavesialueen pinta-alasta ja suojavyöhykkeiden ulkopuolella 20–30 % (Alapassi *et al.* 2009). Vedenottamon (ml. tutkittu vedenottamo) lähisuojavyöhykkeellä maa-ainesten ottamisalueita ei puolestaan saisi olla ollenkaan (Alapassi *et al.* 2009). Siikakankaan pohjavesialueella ei ole tällä hetkellä kunnallista pohjavedenottamoa.

4.4. Pohjaveden suojelu ja suojakerrospaksuudet

Tärkeillä ja muilla vedenhankintakäyttöön soveltuvilla pohjavesialueilla vaadittava suojakerrospaksuus on yleensä vähintään 4 m (Alapassi *et al.* 2009). Siikakankaan pohjavesialueelle myönnetyissä maa-ainesluvissa on ollut yhtenäinen linja suojakerrospaksuuksien suhteen. Tarkastelluissa maa-aineslupapäätöksissä suojakerrospaksuudeksi oli määritetty vähintään neljä metriä, pois lukien yksi lupapäätös vuodelta 2004, jossa suojakerrospaksuudeksi oli määritetty vähintään kolme metriä. Maa-aineslupa, jossa suojakerrospaksuudeksi oli määritetty vähintään kolme metriä ei ole enää voimassa.

Koska suunnittelualueella ei ole tällä hetkellä kunnallista vedenottamoa tai muita suojakerrospaksuuden määrittämiseen merkittävästi vaikuttavia seikkoja, voidaan vähintään neljän metrin suojakerrospaksuus todeta suunnittelualueella tällä hetkellä riittäväksi pohjaveden suojelua ajatellen. Mikäli suunnittelualueelle perustetaan vedenottamo tai alueelle tulee muuta tähän rinnastettavaa toimintaa, tulee suojakerrospaksuuden riittävyys arvioida uudelleen koko pohjavesialueella.

Siikakankaan pohjavesialueella suoritettiin tämän selvitystyön yhteydessä tarkastelu maa-ainesten ottamisalueiden suojakerrospaksuuksien tarkistamiseksi. Tarkastelussa käytettiin maanpinnan korkeustason määrittämiseen Maanmittauslaitoksen 2 m laserkeilausaineistoa sekä pohjaveden pinnan korkeustason määrittämiseen POVET-tietokannan aineistoja. Siikakankaan pohjavesialueella ei todettu ottamisalueita, joilla pohjaveden yläpuolelle jätettävän suojakerroksen paksuus olisi ollut alle 4 m.

4.4.1. Pohjaveden tarkkailu

Kaikissa Siikakankaan alueelle myönnetyissä maa-ainesluvissa on annettu lupamääräykset pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailusta neljännesvuosittain kolmen kuukauden välein. Yhtenäisen linjan luomiseksi pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailulle voitaisiin osoittaa tietyt kuukaudet, jolloin pohjaveden pinnankorkeudet tulisi mitata. Nämä kuukaudet voisivat olla esimerkiksi maalis-, kesä-, syys- ja joulukuu. Kun jokaiselta ottamisalueelta mitataan pohjaveden pinnankorkeus samana ajankohtana, voidaan saatuja tietoja vertailla paremmin keskenään sekä muodostaa tarkempi kuva alueen pohjaveden korkeusasemasta eri ajankohtina. Yhtenäiset käytänteet mahdollistavat paremmin myös pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailun toteuttamisen yhteistarkkailuna eri toimijoiden kesken.

Pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailun toteuttaminen yhteistarkkailuna on suotavaa, sillä pohjaveden pinnankorkeuden mittaaminen tulee tällöin tehtyä samalla mittausmenetelmällä jokaisessa tarkkailupisteessä, mikä lisää tulosten tarkkuutta ja tietojen vertailtavuutta keskenään. Mittaustulosten tarkkuutta ajatellen pohjaveden pinnankorkeuden havaintoputket tulee myös vaaittaa tietyin väliajoin, esimerkiksi kerran vuodessa ensimmäisen mittauskerran yhteydessä. Myös pohjavesiputkien vaaitus on kannattavaa toteuttaa osana yhteistarkkailua, jolloin pohjavesiputkien tiedot olisivat yhteneväisiä eri ottamisalueiden kesken.

Jotta pohjaveden pinnankorkeustiedot vastaisivat mahdollisimman hyvin todellisia pohjavesiolosuhteita, tulee myös pohjavesiputkien sijainteihin ja asentamiseen kiinnittää huomiota. Jotta tarkkailuputket tulee asennettua oikein, on suositeltavaa, että asennuksesta vastaa henkilö, jolla on riittävä kokemus ja ammattitaito pohjavesiputkien asentamisesta. Uusien pohjavesiputkien sijoittamisesta tulee sopia etukäteen kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen kanssa, jotta uusi pohjavesiputki vastaisi sijaintinsa ja ominaisuuksiensa puolesta sille asetettua tarkoitusta. Myös pohjavesiputken teknisiä ominaisuuksia tulee miettiä ennen putken asentamista, sillä esimerkiksi öljyvahingon sattuessa tarkkailuputken olisi hyvä olla ominaisuuksiltaan myös vesinäytteenottoon soveltuva. Jokaisella erillisellä maa-ainesten ottamisalueella tulee olla vähintään 1–2 pohjaveden tarkkailuputkea.

Vuodesta 2012 alkaen Siikakankaan pohjavesialueelle myönnetyissä maa-ainesluvissa on annettu määräys kerran vuodessa otettavasta pohjavesinäytteestä laaduntarkkailua varten. Koska kyseessä on vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue, tu-

lee pohjaveden laatua tarkkailla myös tulevaisuudessa maa-ainesten ottamisalueilla. Uusille ottamisalueille tulee näin ollen asentaa ainakin yksi putki, joka soveltuu pohjaveden pinnankorkeuden määrittämisen lisäksi myös vesinäytteenottoon. Pohjavesinäytteenottoa varten asennettavan putken tulee olla esimerkiksi muovinen PEH-putki, jonka asentamisesta laaditaan putkikortti. Kerran vuodessa otettava laatunäyte voidaan ottaa pohjaveden pinnankorkeuden mittaamisen yhteydessä esimerkiksi joko kesä- tai syyskuussa. Jotta otetun vesinäytteen edustavuudesta voidaan varmistua, tulee näytteenottajana toimia henkilö, jolla on tarvittava kokemus ja ammattitaito oikeaoppisen näytteenoton suorittamisesta. Pohjavesinäytteestä tulee analysoida ainakin seuraavat parametrit, joiden avulla voidaan arvioida soranotosta pohjaveden laatuun mahdollisesti aiheutuneita vaikutuksia: happi-, rauta- ja mangaanipitoisuudet, sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, kovuus, $KMnO_4$-kulutus, öljyhiilivedyt, ammonium-, nitraatti-, sulfaatti- ja kloridipitoisuudet sekä pH (Rintala 2014). Tarvittaessa vesinäytteestä voidaan analysoida myös esimerkiksi raskasmetalleja tai bakteereita ja mikrobeja, mikäli on aihetta epäillä, että niitä voisi löytyä alueen pohjavedestä.

4.5. Muu maa-ainesten ottamiseen liittyvä toiminta

Siikakankaan pohjavesialueella sijaitsee toiminnassa oleva betoniasema, jonka toiminnoissa tulee huolehtia, ettei pohjaveden laatua tai antoisuutta heikennetä. Betoniaseman maa-ainesluvassa on asetettu erityisiä määräyksiä esimerkiksi pohjaveden laaduntarkkailuun liittyen. Betoniteollisuuteen liittyviä yleisiä haitta-aineita ovat esimerkiksi valumuoteissa käytettävät öljyt sekä betonin valmistuksessa käytettävät erilaiset seoskemikaalit. Betoniaseman kaivossa on todettu kohonneita mineraaliöljypitoisuuksia vuonna 2010 (ks. kappale 3.8).

Maa-ainesten ottamistoimintaan liittyy merkittävästi maa- ja kiviaineksen varastointi. Maa-ainesten varastointi voidaan sallia, jos varastokasoista aiheudu haittaa esimerkiksi jälkihoitotoimenpiteiden suorittamiselle. Jotta tarvittavat jälkihoitotoimenpiteet voidaan toteuttaa välittömästi ottamistoiminnan päätyttyä, ei käytöstä poistuneille ottamisalueille tule sijoittaa varastokasoja. Jotta käytöstä poistuneista maa-ainesten ottamisalueista ei muodostuisi maa-aineksen varastoalueita, voitaisiin jälkihoitotoimenpiteiden suorittamista nopeuttaa esimerkiksi avattuun ottamisalaan sidotulla vakuudella. Tällöin vakuuden palauttaminen tapahtuisi asteittain ottamisalueen jälkihoitotoimenpiteiden vaiheittaisen toteuttamisen myötä.

Maa-ainesten ottamistoiminnasta aiheutuu yleensä irtaimen maa-aineksen pölyämistä, niin itse ottamistoiminnasta kuin esimerkiksi myös alueelle tapahtuvasta liikenteestä. Pölyämistä voidaan vähentää ja ennaltaehkäistä esimerkiksi kastelemalla ottamisalueiden pintamaakerroksia. Pölyn sidontaan tulee käyttää pohjavesialueella vain puhdasta vettä.

Maa-ainesten ottamistoiminnassa käytettävien koneiden ja laitteiden huollot tulee lähtökohtaisesti suorittaa pohjavesialueen ulkopuolella. Myös koneiden tankkaus on suositeltavaa toteuttaa pohjavesialueen ulkopuolella. Työkoneiden säilytystä ja tankkausta varten ottoalueelle tulee tähän tarkoitukseen varattu alue varustaa vettä läpäisemättömällä pinnalla (kuva 53), joka on reunoiltaan korotettu. Myös polttoaineiden, öljyjen ja muiden mahdollisten vaarallisten aineiden varastointi tulee suorittaa alueella, jolla on vaadittavat maaperäsuojaukset. Aineiden säiliöissä tulee olla ylitäytönesto- ja lukitusjärjestelmät.

Kuva 53. Työkoneiden säilytys vettä läpäisemättömällä asfalttialueella.

Siikakaan pohjavesialueella sijaitsevilla maa-ainesten ottamisalueilla havaittiin maastokäynnin yhteydessä muutamalla alueella polttoainesäiliöitä. Maastokäynnillä ei kuitenkaan voitu varmistua siitä, olivatko nämä säiliöt yhä käytössä. Myös säiliöiden mahdollinen sisältö oli epäselvä. Lähes jokaisella alueella, missä havaittiin polttoainesäiliö, oli myös havaittavissa huomattavia puutteita maaperäsuojauksissa (kuva 54). Kaikilla maa-ainesten ottamisalueilla, joilla varastoidaan polttoaineita tai muita vaarallisia aineita, tulee tehdä tarvittavat toimenpiteet vaadittavien maaperäsuojausten toteuttamiseksi.

Kuva 54. Polttoaineen varastointialue, josta puuttuu vaadittavat maaperäsuojaukset.

Maa-ainesten ottamistoiminnassa syntyvät jätteet tulee toimittaa viivyttelemättä vastaanottopisteeseen, jonka ympäristöluvassa sallitaan kyseisen jätteen vastaanotto. Ottamisalueille ei tule varastoida jätteitä pidempiä aikoja, sillä jätteiden laadusta riippuen ne voivat aiheuttaa riskin pohjaveden laadulle. Isot jätekasat saattavat myös houkutella ulkopuolisia kulkijoita tuomaan omia jätteitään alueelle. Mikäli jollakin ottamisalueelle on sosiaalitiloja, joissa syntyy jätevesiä, tulee myös syntyneet jätevedet käsitellä asianmukaisesti, jotta jätevesiä ei pääse imeytymään pohjaveteen.

4.6. Maa-ainesten ottamista rajoittavat tekijät

Maa-ainesesiintymät sijaitsevat usein vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla, jolloin alueelle kohdistuu kaksi keskenään ristiriidassa olevaa käyttötarkoitusta. Kaikki Siikakankaan maa-ainesten ottamisalueen sijaitsevat pohjavesialueella, joka on luokiteltu vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi, mutta jota ei tällä hetkellä käytetä kunnalliseen vedenhankintaan. Pohjavesialueella on kuitenkin tiettävästi ainakin kaksi kaivoa, joista toinen sijaitsee betoniaseman yhteydessä ja toinen puolustusvoimien hallinnoimalla alueella. Mikäli Siikakankaan pohjavesivarantoja hyödynnetään tulevaisuudessa suuremmassa mittakaavassa, tulee maa-ainesten ottamistoiminnassa ottaa huomioon esimerkiksi vedenottamon suojavyöhykkeiden asettamat rajoitukset.

Pohjaveden suojelun takia Siikakankaan pohjavesialueella ei tule harjoittaa kalliokiviaineksen ottamista. Pirkanmaalla on havaittu kohonneita typpipitoisuuksia osalla pohjavesialueista, joilla harjoitetaan kalliokiviaineksen ottamista. Kohonneet typpipitoisuudet liittyvät kalliokiviaineksen louhinnassa käytettyihin räjähdeaineisiin.

Maa-ainesesiintymät ovat usein harjuja tai muita geologisesti merkittäviä muodostumia, joilla voi olla maa-aineslain (555/1981) 3 §:n tarkoittamaa kaunista maisemankuvaa, luonnon merkittäviä kauneusarvoja ja/tai erikoisia luonnonesiintymiä tai muita maa-aineslain ulkopuolisia suojelullisia intressejä, jotka saattavat estää maa-ainesluvan myöntämisen. Myös Siikakankaan pohjavesialueella on kaksi maakunnallisesti arvokasta harjualuetta: Siikakankaan ja Ryövärinkuopan harjualueet. Pirkanmaan maakuntakaavassa 2040 kyseisille harjualueille on osoitettu *Arvokas geologinen muodostuma* -kaavamerkinnän yhteydessä suojelumääräys jonka mukaisesti arvokkaiden harjualueiden alueilla ei saa suorittaa sellaisia toimenpiteitä, jotka muuttaisivat alueen erityispiirteitä haitallisesti. Suojelumääräyksen mukaisesti arvokkaalla harjualueella voidaan kuitenkin ottaa maa-aineksia maisemavaurioiden korjaamiseksi.

Siikakankaan pohjavesialueen välittömässä läheisyydessä sijaitsevat Siikanevan soidensuojelualue ja Ryövärinkuopan luonnonsuojelualue. Mikäli Siikakankaan pohjavesialueelle suunnitellaan uusia maa-ainesten ottamisalueita kyseisten suojelualueiden lähettyville, tulee ennen luvan myöntämistä varmistua, ettei maa-ainesten ottamistoiminnasta aiheudu haittaa suojeltujen alueiden luonnonoloihin. Molempien suojelualueiden osalta tulee varmistua ennen kaikkea siitä, ettei maa-ainesten ottamistoiminta vaikuta haitallisesti kummankaan alueen hydrologisiin olosuhteisiin. Toisekseen Siikanevan suoalue on Pirkanmaan merkittävin lintusuo, jolla on arvokas pesimälinnusto (Lahti 1981). Tästä johtuen Siikakankaalla tapahtuvan maa-ainesten ottamisen tulee olla sellaista, ettei ottamistoiminnasta mahdollisesti aiheutuva melu häiritse Siikanevalla pesiviä lintuja. Tarvittaessa voimakasta melua aiheuttavien toimintojen toteuttamista tulee rajoittaa esimerkiksi lintujen pesimäkauden aikana.

Siikakankaan maa-ainesmuodostuman maalajitteet ovat osittain hienorakeista hienoahiekkaa ja silttiä, joiden käyttökelpoisuus on rajallinen. Muodostuman hienoaineskerrostumat sijaitsevat pääasiassa Siikakankaan maakunnallisesti arvokkaan harjualueella. Hienorakeisia maa-aineksia tavataan kuitenkin myös muualla Siikakankaan pohjavesialueella. Uusien maa-ainesten ottamisalueiden suunnittelussa tulee varmistua siitä, että suunnitellun ottamisalueen maa-aineksen soveltuvat ottamistoiminnan tarkoituksiin. Mikäli jollakin maa-ainesten ottamisalueella tästä huolimatta jää suuria määriä hienorakeisia maa-aineksia hyödyntämättä, tulee näiden uudeelleensijoittamisessa huomioida, ettei aineksia levitetä laajalle alueelle pohjavesialueella, sillä laajoina alueina hienorakeiset maa-ainekset voivat heikentää pohjaveden imeytymistä syvemmälle maaperään ja vähentää näin muodostuvan pohjaveden määrää. Hienorakeisia maa-aineksia voidaan käyttää esimerkiksi ottamisalueen muotoiluun rajoitetuilla alueilla.

Siikakankaan alueelle ei kohdistu tällä hetkellä merkittäviä virkistysintressejä marjastusta ja sienestystä lukuun ottamatta. Esimerkiksi Pirttijärvenkankaalla, jonka maisema lukuisine suppa-alueineen poikkeaa huomattavasti Siikakankaan muusta maisemasta, voisi kuitenkin olla tulevaisuudessa nykyistä suurempia virkistyskäyttöarvoja.

4.7. Jälkihoito- ja jälkikäyttösuunnitelma

Siikakankaan pohjavesialueella on muutamia ottamisalueita, joilla maa-ainesten ottamistoiminta on jo päättynyt. Osa näistä alueista on metsittynyt vuosien saatossa luontaisesti, vaikka varsinaisia jälkihoitotoimenpiteitä alueille ei ole tehty. Osalla alueista ottamistoiminta on päättynyt vastikään ja alueilla on tehty vasta muutamia jälkihoitotoimenpiteitä, kuten esimerkiksi jyrkkien luiskien loiventamista (kuva 55) sekä uuden kasvillisuuden istuttamista.

Kuva 55. Maa-ainesten ottamisalue, jonka jyrkkiä reunaluiskia on loivennettu.

Käytöstä poistuville maa-ainesten ottamisalueille suunniteltujen jälkihoitotoimenpiteiden ja tulevien jälkikäyttömuotojen tulee tukea pohjaveden suojelulle asetettuja tavoitteita. Siikakankaan pohjavesialueelle myönnettyjen maa-aineslupien tarkastelu osoitti, että jokaisen ottamisalueen jälkihoitosuunnitelmana oli esitetty jyrkkien luiskien loiventamista ja männyntaimien istuttamista. Ottamisalueiden jyrkkien reunaluiskien muotoilu ja loivennus kaltevuuteen 1:3 tai sitä loivemmaksi on tarpeen ennen kaikkea alueen turvallisuuden parantamiseksi sekä otollisempien kasvuolosuhteiden luomiseksi.

Siikakangas on luonnostaa tasainen hiekkakangas, mistä johtuen alueen maisemaa ei välttämättä tarvitse elävöittää luomalla topografialtaan vaihtelevia maisemia maa-ainesten ottamisalueille. Mikäli ottamisalueelle on jäänyt ottamistoiminnan päätyttyä erillisiä kannaksia, voidaan nämä jättää alueelle elävöittämään maisemaa.

Uuden metsän istuttaminen on suositeltavin jälkihoitotoimenpide Siikakankaan pohjavesialueella, sillä alueella on tällä hetkellä laajoja kasvillisuudesta paljaita alueita. Siikakankaan hiekka- ja soramaat ovat luonnostaan kuivia mäntykankaita, joiden luontainen metsittyminen on hyvin hidasta. Maaperän vähäravinteikkuudesta johtuen alueelle parhaiten soveltuva puulaji on mänty. Hehtaarin suuruiselle alueelle männyn taimia tulee istuttaa noin 2 500 kappaletta (Alapassi *et al* 2009). Metsän istutuksessa on suositeltavaa käyttää vapaata istutuskuviointia kaavamaisen istutuksen sijaan (Alapassi *et al.* 2009). Taimien paras istutusaika on keväällä roudan sulamisen jälkeen (Alapassi *et al.* 2009). Jotta myös kallioisille alueille voisi muodostua kasvillisuutta ottamistoiminnan päätyttyä, tulee kalliopaljastumien päälle jättää riittävän paksu irtomaalajikerros (kuva 56).

Kuva 56. Kalliopaljastuma maa-ainesten ottamisalueella Siikakankaalla.

Koska Siikakankaan pohjavesialueella on tällä hetkellä runsaasti avattuja maa-ainesten ottamisalueita, tulee jälkihoito toteuttaa vaiheittain ottamistoiminnan edetessä ennen uusien alueiden avaamista. Eri toimijoiden ottamisalueilla jälkihoito voidaan toteuttaa myös yhteistoimin, jolloin maisemallisesti toisiinsa liittyvät alueet voidaan saattaa yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Jotta jälkihoitotoimenpiteisiin voidaan ryhtyä heti ottamistoiminnan päätyttyä, ei käytöstä poistuneilla ottamisalueilla tule säilyttää varastokasoja lainkaan.

Siikakankaan pohjavesialueella kantatien 66 itäpuolella sijaitsevalla maa-ainesten ottamisalueella (kuva 64) havaittiin muutamassa seinämässä törmäpääskyn pesäkoloja (kuva 57) alueella tehdyn maastokäynnin yhteydessä. Kyseisellä alueella tulee ottaa huomioon törmäpääskyn pesintäpaikkojen säilyttäminen jälkihoitotoimenpiteitä tehtäessä, sillä törmäpääsky on uhanalainen laji. Mikäli törmäpääskyn pesiä havaitaan tulevaisuudessa myös muilla maa-ainesten ottamisalueilla, tulee myös näillä alueilla tehdä tarvittavat toimenpiteet törmäpääskyn pesintäpaikkojen säilyttämiseksi.

Erityisesti lintujen pesimäaikana tulisi kiinnittää huomiota törmäpääskyn pesimäpaikkojen säilymiseen.

Kuva 57. Törmäpääskyn pesäkoloja maa-ainesten ottamisalueella.

Siikakankaan maa-ainesten ottamisalueilta löytyy muutamia seinämiä, joissa on nähtävissä muodostuman kerrostumisen aikaisia geologisia rakenteita (kuva 58). Tällaisia seinämiä, voitaisiin säilyttää ottamistoiminnan päätyttyä geologisena nähtävyytenä. Ottamisalueelle jätettävä geologisesti kiinnostava seinämä ei kuitenkaan saa olla liian jyrkkä ja heikentää näin alueen turvallisuutta. Koska maa-ainesten ottamisalueet ja niiden seinämät muuttuvat jatkuvasti ottamistoiminnan edetessä, voidaan geologisesti kiinnostavien seinämien kartoitus tehdä vasta ottamistoiminnan päätyttyä.

Kuva 58. Seinämä, jossa on nähtävillä muodostuman synnyn aikaisia kerrosrakenteita (kivinen topset-kerros).

Maa-ainesten ottamisalueilla saattaa toisinaan ilmetä maaperän kovettumista etenkin vanhoilla tieurilla, mikä heikentää alueen kasvuolosuhteita sekä veden imeytymistä syvemmälle maaperään. Kovettuneet tienpinnat tulee tarvittaessa pehmentää ottamistoiminnan päätyttyä esimerkiksi jyrsimällä maanpintaa. Yhdellä Siikakankaan vanhalla maa-ainesten ottamisalueella (kuva 64) havaittiin maastokäynnin yhteydessä laaja öljysoralla/asfaltilla pinnoitettu alue (kuvat 59 ja 60). Kyseisellä alueella tulee tehdä tarkempia tutkimuksia öljysora/asfalttikerroksen paksuuden selvittämiseksi sekä mahdollisten haitta-aineiden kulkeutumisen kartoittamiseksi.

Kuva 59. Öljysoraa/asfalttia maa-ainesten ottamisalueella.

Kuva 60. Öljysoralla/asfaltilla pinnoitettu alue vanhalla maa-ainesten ottamisalueella.

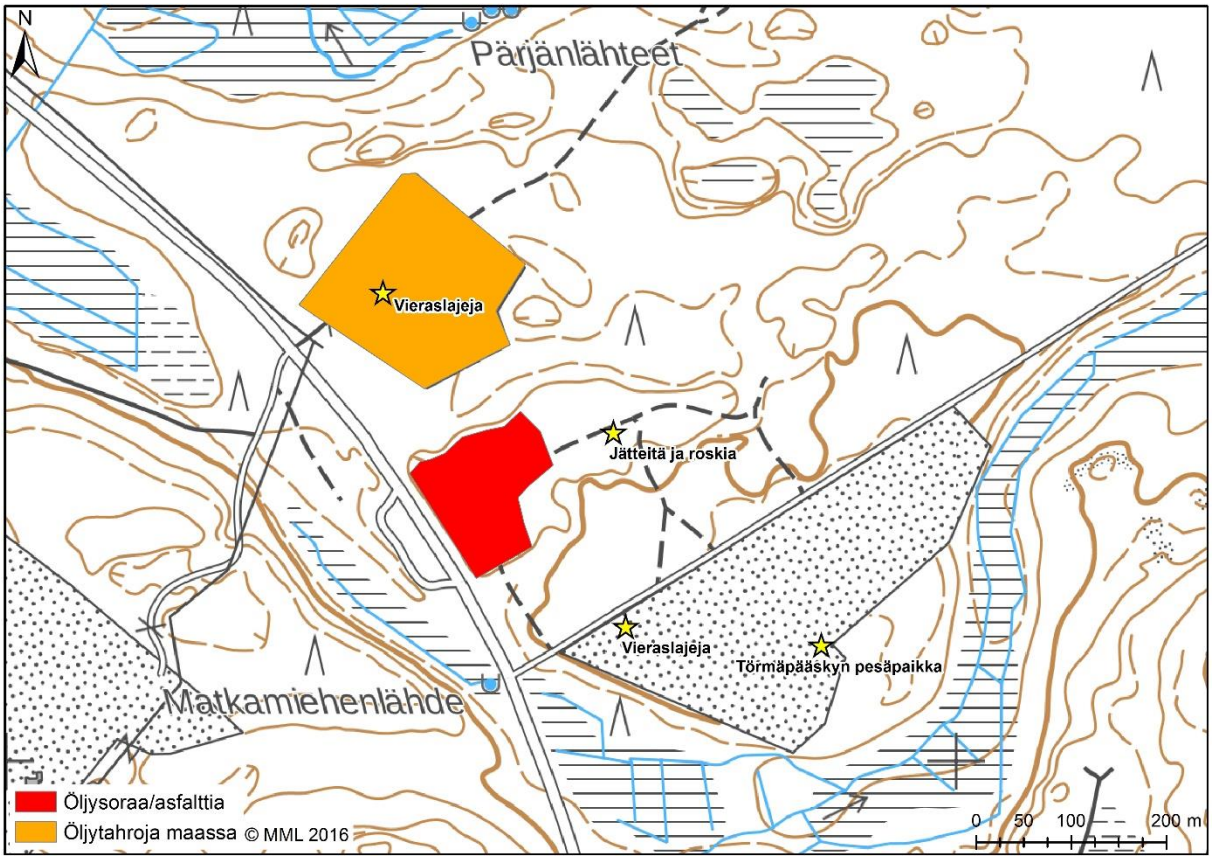
Maa-ainesten ottamisalueille saattaa toisinaan levitä vieraslajeja esimerkiksi alueella kulkevien työmaa-autojen tai alueelle muualta tuodun ylijäämämaan mukana. Myös muutamalla Siikakankaan alueella sijaitsevalla maa-ainesten ottamisalueella (kuva 64) havaittiin maastokäynnin yhteydessä vieraslajeja (kuva 61). Jotta vieraslajien leviämiseltä voidaan välttyä, tulee vieraslajien tuhoamiseen tarttua heti kun havainto mahdollisesta vieraslajista on tehty. Siikakankaalla havaitut vieraslajit tulee poistaa, jotta nämä alueelle ei-luontaiset kasvit eivät pääsisi leviämään myös luonnontilaisille metsäalueille ottamisalueiden ulkopuolelle. Vieraslajien tuhoamisessa tulee välttää torjunta-aineiden käyttöä pohjaveden pilaantumisriskin vuoksi.

Kuva 61. Komealupiineja maa-ainesten ottamisalueilla Siikakankaalla.

Vanhat maa-ainesten ottamisalueen houkuttelevat toisinaan niin motocrossharrastajia kuin esimerkiksi jätteiden tuojia. Esimerkiksi Siikakankaan pohjavesialueella kantatien 66 itäpuolella sijaitsevalle vanhalle ottamisalueelle (kuva 64) on kertynyt vuosien saatossa pieniä määriä sekalaisia jätteitä (kuva 62). Jotta maa-ainesten ottamisalueilla ei ilmene sinne kuulumatonta toimintaa, tulee kulkua ottamisalueelle rajoittaa esimerkiksi lukittavalla puomilla (kuva 63). Tämän lisäksi alueelle voidaan tuoda myös virallisia pohjavesialue-kylttejä.

Kuva 62. Siikakankaan vanhalle maa-ainesten ottamisalueelle on tuotu jätteitä.

Kuva 63. Kulkua maa-ainesten ottamisalueelle voidaan rajoittaa esimerkiksi puomein.

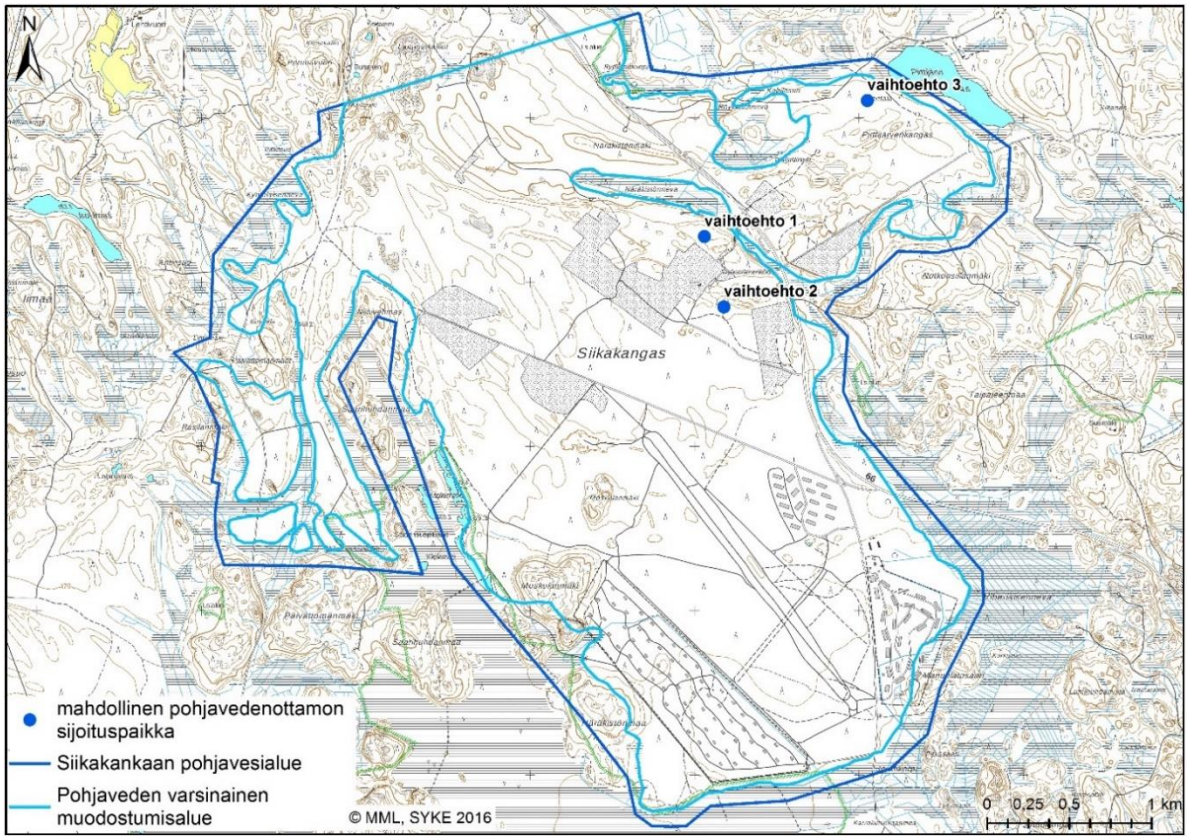


Kuva 64. Yhteenveto erityisiä toimenpiteitä vaativista ottamisalueista Siikakankaan alueella.

5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Siikakangas on Koillis-Pirkanmaalla Ruoveden kunnassa sijaitseva sandurdeltamuodostuma, joka kuuluu Sisä-Suomen reunamuodostumaan. Siikakankaan pohjavesialue on luokiteltu vedenhankintaan soveltuvaksi pohjavesialueeksi (II luokka). Vaikka Siikakankaan pohjavesialuetta ei tällä hetkellä hyödynnetä kunnalliseen vedenhankintaan, on aluetta kuitenkin tutkittu mahdollisena seudullisena raakavesilähteenä. Vedenhankinnan lisäksi Siikakankaan pohjavesialueelle kohdistuu myös maa-ainesten ottamiseen liittyviä intressejä. Tässä selvitystyössä tarkasteltiin Siikakankaan pohjavesialueen hydrologisia ominaisuuksia ja soveltumista vedenhankintaan. Tämän lisäksi tässä selvitystyössä laadittiin maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelma Siikakankaan pohjavesialueelle.

Selvitystyön lopputuloksena Siikakankaan pohjavesialueelta löydettiin kolme mahdollista pohjavedenottamon sijoituspaikkaa (kuva 65). Jotta vedenottamon sijoituspaikan soveltumisesta vedenhankintaan voitaisiin varmistua, tulee esitettyjen vaihtoehtojen alueella tehdä ominaisantoisuuspumppauksia sekä pitkäaikaisia koepumppauksia. Koepumppausten avulla voidaan arvioida otettavissa olevan pohjaveden määrää sekä vedenotosta mahdollisesti aiheutuvia vaikutuksia läheisille suojelu- ja lähdealueille.

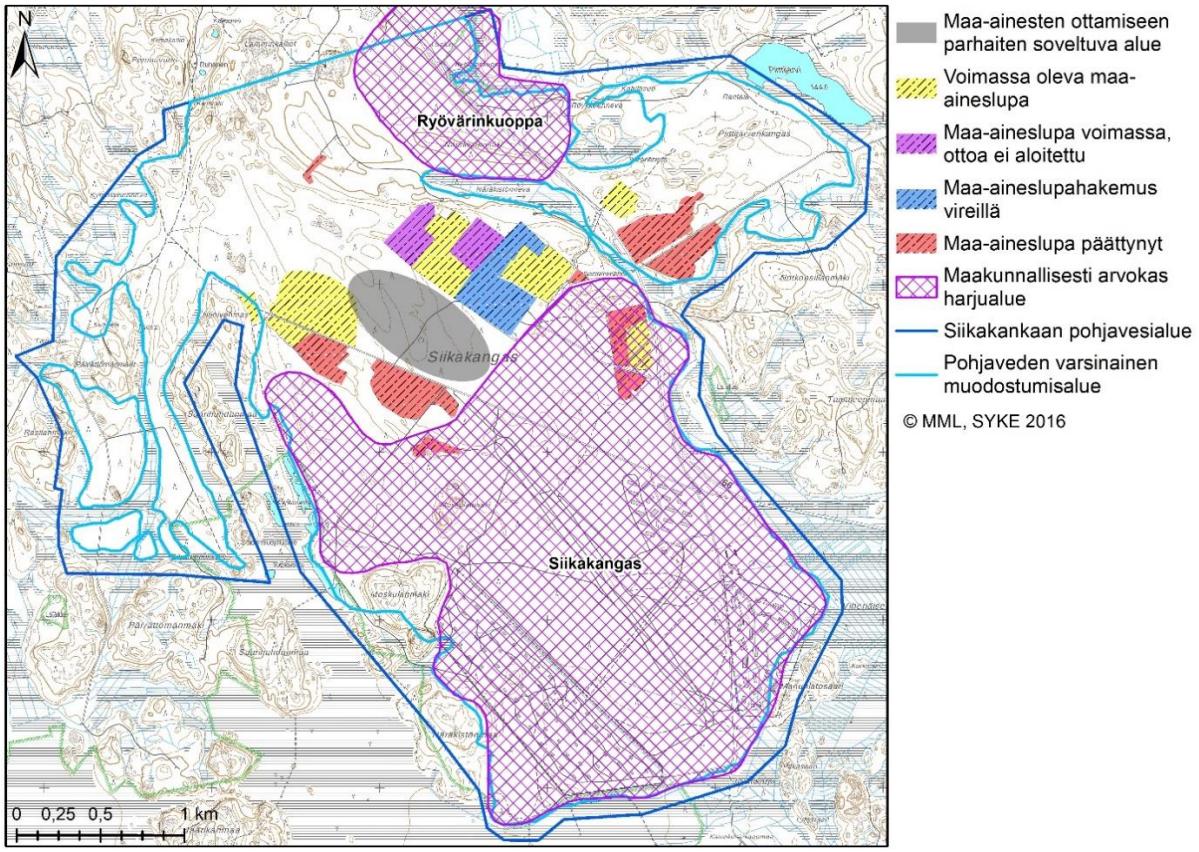


Kuva 65. Pohjavedenottamon mahdolliset sijoituspaikat.

Siikakankaan pohjavesimuodostumaa voidaan pitää laadullisesti hyvänä. Jotta Siikakankaan pohjavesialueen laadullisesta tilasta voitaisiin muodostaa luotettava arvio, tulee pohjavesialueen pitkäaikaista laaduntarkkailua jatkaa maa-ainesten ottamisalueiden lisäksi myös luonnontilaisilla alueilla.

Ruoveden ja muun koillisen Pirkanmaan alueella käytössä olevat pohjavesivarat ovat nykyisellään riittävät alueen vedentarpeeseen nähden. Normaalin raakavesilähteen sijaan Siikakankaan pohjavesialue voisi toimia Ruoveden ja sen lähikuntien varavesilähteenä. Tämän lisäksi Siikakankaan pohjavesialueessa on potentiaalia myös Tampereen ja sen kehyskuntien raakavesilähteeksi. Pirkanmaan maakuntakaavassa vuodelle 2040 Siikakankaan pohjavesialue on osoitettu tärkeäksi vedenhankintaan soveltuva pohjavesialueeksi, jolla tulee varautua seudulliseen vedenhankintaan.

Siikakankaan pohjavesialueella maa-ainesten ottaminen on nykyisellään hyvin laajaalaista. Merkittävä osa ottamisalueista sijaitsee Siikakankaan maa-ainesmuodostuman keskiosassa, missä maa-aines on pääasiassa hyvälaatuista hiekkaa ja soraa. Myös uudet, maa-ainesten ottamiseen parhaiten soveltuvat alueet sijoittuvat Siikakankaan pohjavesialueen keskiosaan (kuva 66). Maa-ainesten ottamiseen soveltuvan alueen (kuva 66) pinta-ala on noin 35 ha. Otettava maa-ainesmäärä uudella alueella on puolestaan noin 1,5 milj. k-m^3, kun otetaan huomioon pohjaveden pinnan yläpuolelle jätettävä 4 m suojakerrospaksuus.



Kuva 66. Maa-ainesten ottamiseen soveltuvat uudet alueet.

Jotta maa-ainesten ottamisesta ei aiheutuisia haitallisia vaikutuksia pohjaveden laatuun tai määrään, tulee uusien alueiden käyttöönotto tapahtua vasta silloin, kun käytöstä poistuneet ottamisalueet on saatu jälkihoidettua siinä määrin, etteivät ne enää aiheuta merkittävää riskiä alueen pohjavedelle. Uudet luvat tulee myöntää nykyistä pienemmille alueille ja koskemaan koko mahdollista ottosyvyyttä, jolloin maa-ainesten hyödyntäminen on mahdollisimman tehokasta. Myös nykyistä maa-ainesten ottamistoimintaa voidaan tehostaa laajentamalla ja muotoilemalla nykyisiä ottamisalueita sekä esimerkiksi poistamalla kannaksia eri ottamisalueiden välistä. Uusien maa-ainesten ottamisalueiden sijoittamisessa tulee välttää erityisen suurien ottamisalueiden muodostumista.

Siikakankaan alueelle kohdistuu sekä maa-ainesten että pohjaveden ottamisen intressejä, jotka ovat keskenään ristiriidassa. Koska Siikakankaan pohjavesialue on osoitettu Pirkanmaan maakuntakaavassa vuodelle 2040 tärkeäksi vedenhankintaan soveltuva pohjavesialueeksi, jolla tulee varautua seudulliseen vedenhankintaan, tulee Siikakankaan alueella tulevaisuudessa painottaa alueen vedenhankintaa tukevia intressejä. Tämä puolestaan tarkoittaa sitä, ettei Siikakankaan alueelle tulisi myöntää uusia maa-ainesten ottamislupia ainakaan niille alueille, jotka ovat otollisimpia alueita pohjavedenottamon sijoittamista ajatellen.

Siikakankaan kaltaisilla alueilla, joille kohdistuu huomattava paine maa-ainesten ottamiseen, tulisi ohjata maa-ainesten ottamistoimintaa yleissuunnitelman avulla. Jotta maa-ainesten ottamisen yleissuunnitelmasta saataisiin suurin hyöty ottamistoiminnan ohjaamiseen, tulisi yleissuunnitelma laatia jo hyvissä ajoin ennen kuin alueelle on perustettu merkittävissä määrin ottamisalueita.

Lähteet

Airaksinen, J. U. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Kirjapaino Osakeyhtiö Kaleva. Oulu. 248 s.

Alapassi, M., Rintala, J. ja Sipilä, P. 2001. Maa-ainesten ottaminen ja ottamisalueiden jälkihoito. Ympäristöopas 85. Ympäristöministeriö. 101 s.

Alapassi, M., Rintala, J., Kinnunen, T., Valpasvuo, V., Britschgi, R., Savola, A., Ryttäri, T., Tiainen, M. ja Lavia, M. 2009. Maa-ainesten kestävä käyttö – Opas maa-ainesten ottamisen sääntelyä ja järjestämistä varten. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2009. Ympäristöministeriö. Helsinki. 134 s.

Antikainen, M., Arrajoki-Alanen, M., Bilaletdin, Ä., Frisk, T., Heino, H., Isid, D., Joensuu, K., Lahti, J., Lehkonen, E., Lounsi, A., Moilanen, S., Peltonen, A., Salo, H. ja Vainonen, A. 2016. Vesien tila yhdessä hyväksi – Pirkanmaan vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2016–2021. Pirkanmaan ELY-keskuksen raportteja 29/2016. 232 s.

Appelqvist, S., Lindholm, A., Nenonen, N., Nurmi, H., Sallasmaa, O ja Vänskä, M. 2015. Pohjavesien suojelun ja kiviaineshuollon yhteensovittaminen Pirkanmaalla 2012–2015, Pirkanmaan POSKI-hanke. Pirkanmaan liitto. 254 s.

Bennet, M. R. ja Glasser N. F. 2010. Glacial Geology – Ice Sheets and Landforms. Second Edition. Wiley–Blackwell. 375 s.

Britschgi, R., Antikainen, M., Ekholm-Peltonen, M., Hyvärinen, V., Nylander, E., Siiro, P. ja Suomela, T. 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus. 75 s.

Ehlers, J. ja Gibbard, P.L. (toim.) 2004. Quaternary Glaciations – Extent and Chronology, Part I: Europe: Lunkka, J.P, Johansson, P., Saarnisto, M. ja Sallasmaa, O. Glaciation of Finland. Elsevier B.V. s. 93–100.

GTK – Geologian tutkimuskeskus. 2017. Maankamara-palvelu. http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/. (viitattu 4.1.2017).

GTK. 2013. Siikakankaan pohjavesialueen maatutkaprofiilit.

Hatva, T., Hyyppä, J., Penttinen, H., Ikäheimo, J. ja Sandborg, M. 1993. Soranoton vaikutus pohjaveteen, Raportti V: Soranotto ja pohjaveden suojelu. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja B 15. Vesi- ja ympäristöhallitus. 119 s.

Ilmatieteen laitos. 2017. Lämpötila- ja sadekarttoja vuodesta 1961. http://ilmatieteen laitos.fi/karttoja-vuodesta-1961. Viitattu 11.3.2017.

Kinnunen, T (toim.) 2005. Pohjavesitutkimusopas – Käytännön ohjeita. Suomen vesiyhdistys ry. Vammalan Kirjapaino Oy. 152 s.

Lahti, T. (toim.). 1981. Paha virsta – Luonto-opas kantatien 66 kulkijoille. Hämeen luontopiiri ry. 83 s.

Lindholm, A. 2016. Pohjavesialueilla sijaitsevien soranottamisalueiden tila ja kunnostustarve Pirkanmaalla, SOKKA-hanke. ELY-keskuksen raportteja 17/2016. 256 s.

Lindholm, A. 2014. Pirkanmaan arvokkaiden harjualueiden inventoinnin tarkistus 2014, Kohdekuvaukset osa I, Valtakunnallisesti arvokkaat kohteet ja maakunnallisesti arvokkaat kohteet. ELY-keskuksen raportteja 111/2014. 121 s.

Maa-aineslaki 888/1981

Menzies, J. 2002. Modern and Past Glacial Environments: Revised Student Edition. Elsevier Science. 567 s.

Mälkki, E. 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Helsinki. 256 s.

Nurmi, P., Hurstinen, J., Lehtinen, M., Nurmi, P. A., Rämö, T. ja Hurskainen, J. 1998. Suomen kallioperä: 3 000 vuosimiljoonaa. Suomen geologinen seura. Gummerus. Helsinki. 375 s.

Orvomaa, M. 2008. Pohjavedenottamoiden suoja-alueet. Suomen ympäristö 40/2008. 99 s.

Pirkanmaan ELY-keskus. 2015. Pirkanmaan vesihuollon kehittämissuunnitelman päivitys. Pirkanmaan ELY-keskuksen raportteja 58/2015. 221 s.

Pirkanmaan liitto. 2017a. Pirkanmaan maakuntakaava 2040. Kaavamerkinnät ja -määräykset. Maakuntahallitus 13.2.2017. Maakuntavaltuusto 27.3.2017. 47 s.

Pirkanmaan liitto. 2017b. Pirkanmaan maakuntakaavaehdotus 2040. Maakuntavaltuusto 27.3.2017.

Raikamo, E. 1977. Ruoveden Siikanevan myöhäiskvartäärisestä kehityksestä ja turvekerrostumien kemiallisista olosuhteista. Pro gradu -tutkielma Turun yliopisto, Maaperägeologian laitos. 91 s.

Rantamäki, M., Jääskeläinen, R. ja Tammirinne, M. 2006. Geotekniikka 464. 21. muuttumaton painos. Otatieto. Helsinki. 301 s.

Rintala, R. 2014. Pohjaveden laadun muutokset soranottoalueilla 1985–2013. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 20/2014. Helsinki. 155 s.

Ruoveden kunta, Osuuskunta Vesijako ja Pirkanmaan ympäristökeskus. 2002. Ruoveden pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. 84 s.

Ruoveden kunta. 2016. Siikakankaan pohjavesialueen maa-ainesluvat.

Sallasmaa, O., Friman, T. ja Kallio, H. 2014. Pirkanmaan POSKI-hanke, Maa-ainetutkimukset 2012–2014, Työraportti. Pirkanmaan liitto. Tampere. 67 s.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 1352/2015

SYKE. 2017. Pohjavesitietojärjestelmä POVET

Tolonen, K., Raikamo, E., Lahti, T. ja Vista, J. 1979. Siikaneva mire complex. Excursion guide, International Symposium on Classification of Peat and Peatlands, Hyytiälä. International Peat Society. 22 s.

Vesilaki 587/2011

Vänskä, M. 2008. Alustava pohjavesiselvitys Ruoveden Siikakankaalla v. 2007. Raportti. Pirkanmaan ympäristökeskus. Tampere. 2.6.2008. 4 s.

Vänskä, M. 2015. Lisäkairaukset Pirttijärvenkankaalla Ruovedellä v. 2014. Raportti. Pirkanmaan ELY-keskus. 3 s.

Walker, R.G ja James, N.P. 2008. Facies Models, Response to sea level change. 9th Printing. GEOTEXT 1. Geological Association of Canada. s. 157–177.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014