LÄNSIMETRO

VESILUPAHAKEMUS
Länsimetro Ruoholahti-Matinkylä

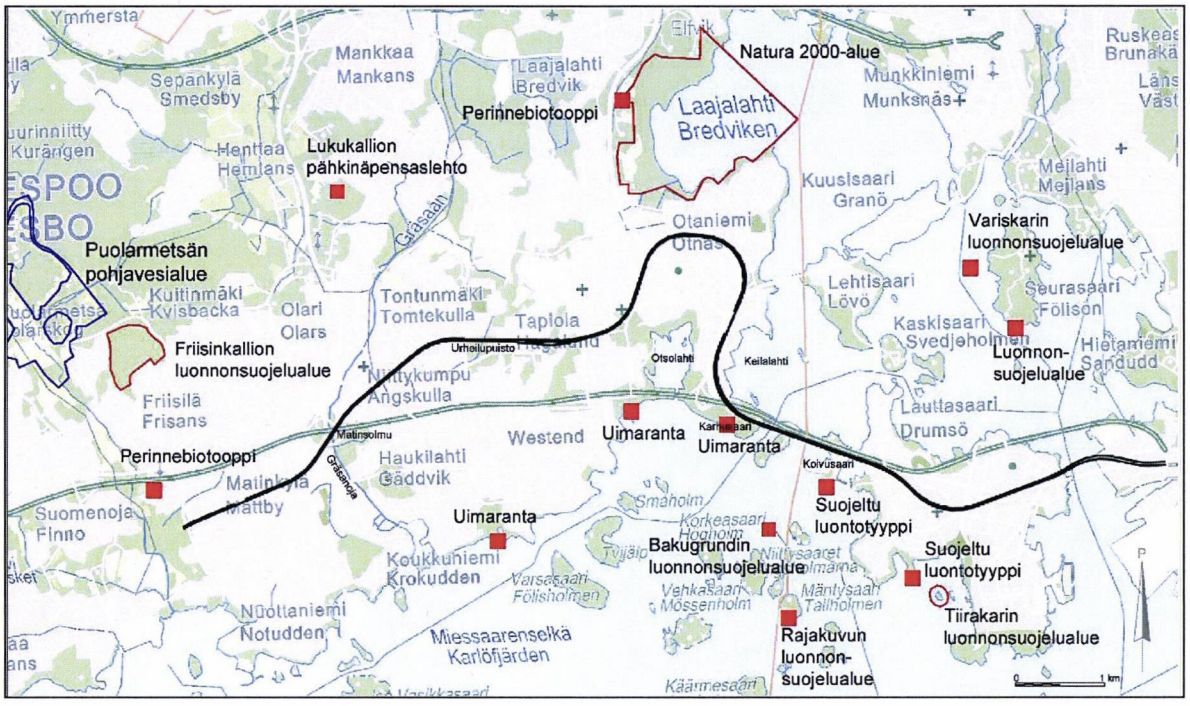
Etelä-Suomen aluehallintovirasto
Helsinki
17. 12. 2015
DNRO ESAVI/ 10472/2015

Länsimetro Oy hakee vesilain mukaista lupaa pohjavedelle aiheutuneista muutoksista. Hakemuksen kohteena on metrolinja välillä Ruoholahti (Helsinki) - Matinkylä (Espoo).

Metrotunneli sijoittuu kallioperässä keskimäärin noin 30 metrin syvyydelle merenpinnasta pohjavesitason alapuolelle. Tunnelit läpäisevät paikoin rikkonaisen kallioperän alueita, joissa esiintyy paikoin erittäin hyvin vettä johtavaa rakoilua. Esi- ja jälki-injektoinneista huolimatta kalliotilat jäivät paikoin vuotamaan siinä määrin, että pohjaveden taso alueella aleni. Pohjaveden taso laski työnaikaisesti myös joidenkin maakaivantojen läheisyydessä.

Pohjaveden alenemisesta aiheutui maaperän painumista mm. Tapiolassa, Urheilupuistossa, Niittykummussa sekä Matinsolmun alueella. Pohjavedenkorkeuden muutokset ovat paikoin aiheuttaneet pohjaveden virtaussuunnan muutoksia, joista on seurannut paikallisia muutoksia pohjaveden laatuun.

Pohjaveden taso on pääsääntöisesti vakiintunut eikä ole odotettavaa, että pohjaveden taso hankkeen vaikutuksesta enää laskisi tai että uusia painumia pääsisi syntymään. Tehtävissä olevat toimenpiteet kalliotilojen vuotovesimäärien minimoimiseksi on tehty. Metron käytön aikana sadevesiviemäreitä pitkin ojiin ja mereen pumpattavat vedet ovat merenalituksia lukuun ottamatta käytännössä puhtaita pohjavesiä, joten niiden johtamisesta ei aiheudu veden laadun heikkenemistä. Hankkeesta yleisille ja yksityisille eduille syntyvä hyöty on huomattava hankkeesta koituviin haittoihin nähden.



LÄNSIMETRO

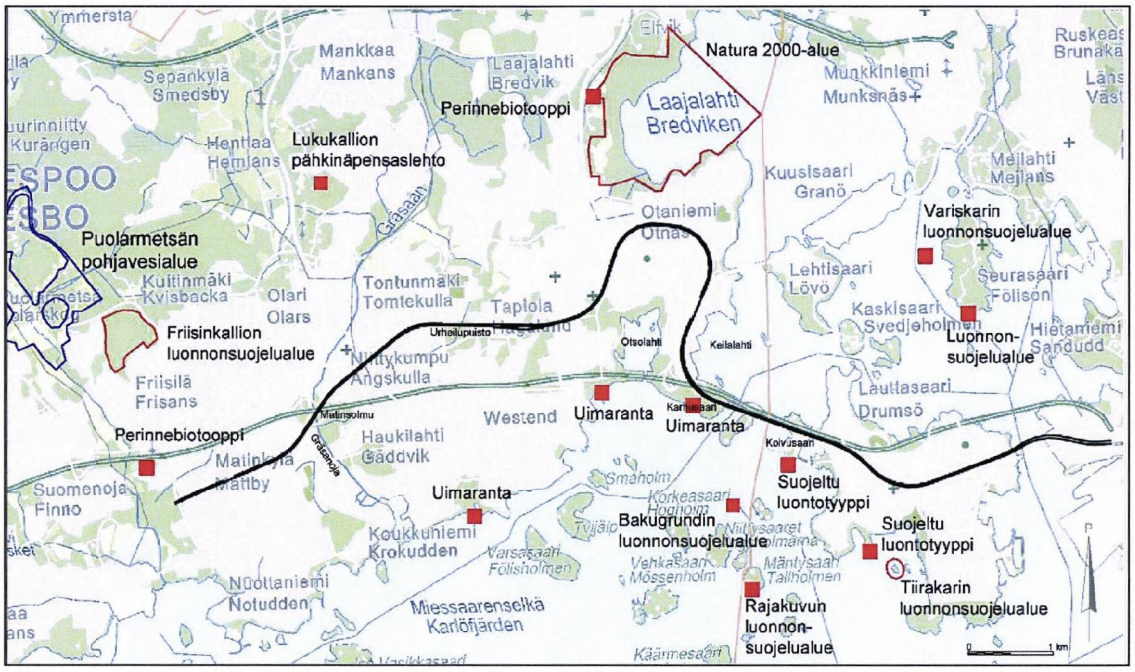
VESILUPAHAKEMUS
Länsimetro Ruoholahti-Matinkylä

Länsimetro Oy ansöker om tillstånd enligt vattenlagen för förändringar förorsakade till grundvattnet. Ansökningen avser metrolinjen mellan Gräsviken (Helsingfors) och Mattby (Esbo).

Metrotunneln ligger under grundvattenytan i berggrunden i genomsnitt på ca 30 meters djup under havsnivån. På vissa ställen drivs tunnlarna genom områden med trasigt berg där det ställvis förekommer sprickbildning med hög vattenledningsförmåga. Trots för- och efterinjekteringar läckte bergsutrymmena till den grad att grundvattennivån i området sänktes. Under arbetets gång minskade grundvattennivån även i närheten av vissa schaktgropar.

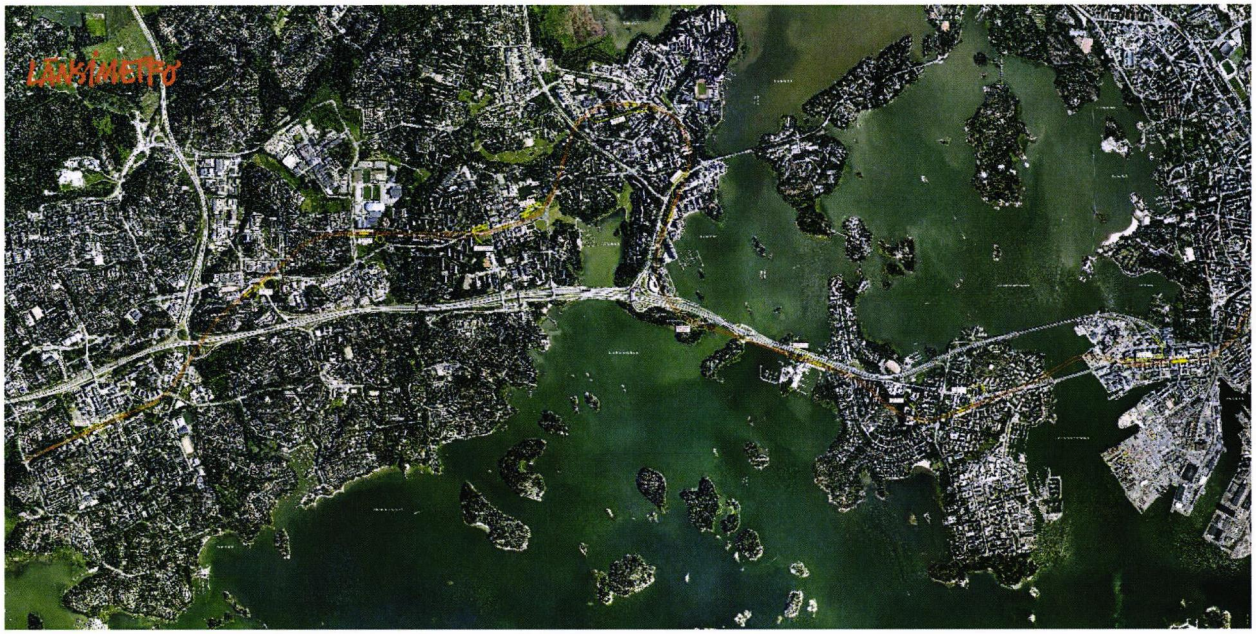
Sänkningen av grundvattnet orsakade marksättning i bl.a. Hagalund, Idrottsparken, Ängskulla och vid Mattknuten. Förändringarna av grundvattennivå har på vissa ställen lett till förändringar i grundvattnets flödesriktning som har orsakat lokala förändringar i grundvattenkvaliteten.

Grundvattennivån har i regel stabiliserat sig och det förväntas inte att grundvattennivån skulle sjunka ytterligare p.g.a. projektet eller att nya marksättningar skulle uppstå. De tillgängliga åtgärderna för minimering av läckagevattenmängderna i bergsanläggningarna har genomförts. När metron tas i bruk består läckvattnet i praktiken av rent grundvatten, förutom på de ställen där tunneln dras under havet. Läckvattnet orsakar därmed inte någon negativ inverkan på vattenkvaliteten. De fördelar som projektet innebär för allmänheten och privata aktörer är betydande jämfört med de nackdelar som projektet medför.



VESILUPAHAKEMUS

LÄNSIMETRO
RUOHOLAHTI-MATINKYLÄ



Dokumentin numero	Päiväys	Muutos pvm	Muutostunnus
1071-001	15.12.2015	-	-

SISÄLLYSLUETTELO

1 HANKKEEN YLEISTIEDOT 5
1.1 Hakemuksen kohde 5
1.2 Hankkeen sijainti, kuvaus ja tarkoitus 5
1.3 Maankäyttö- ja kaavatilanne 5
1.4 Toteutusaikataulu 5
2 VOIMASSA OLEVAT PÄÄTÖKSET 5
3 TEKNISET RATKAISUT 6
3.1 Tunnelien sijainti ja mitat 6
3.2 Vesialueiden alitukset 6
3.3 Tiivistys 6
3.3.1 Tunnelit ja kalliotilat 6
3.3.2 Kaivannot 6
3.4 Vesien pumppaaminen 6
3.5 Käytön aikaiset vesien purkupaikat 7
4 LUONNONYMPÄRISTÖ 8
4.1 Pintavedet 8
4.1.1 Vesialueiden tila 9
4.1.2 Kalastus ja kalasto 9
4.2 Suojelukohteet 10
4.2.1 Helsinki 10
4.2.2 Espoo 10
5 POHJAVESIOLOSUHTEET 11
5.1 Pohjavesiolosuhteet maa- ja kallioperässä 11
5.1.1 Tapiola 12
5.1.2 Urheilupuisto 12
5.1.3 Niittykumpu 13
5.1.4 Matinsolmu 13
5.2 Pohjaveden laatu ja pima-alueet 15
5.3 Pohjaveden käyttö 16
6 HANKKEEN VAIKUTUKSET 17
6.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 17
6.2 Käytön aikaiset vaikutukset 18
6.2.1 Arvioidut vaikutusalueet 18
6.2.2 Vaikutukset pohjavesiolosuhteisiin 18
6.2.2.1 Helsinki 18
6.2.2.2 Keilaniemi 18
6.2.2.3 Otaniemi 18
6.2.2.4 Tapiola 18
6.2.2.5 Urheilupuisto 21
6.2.2.6 Niittykumpu 23
6.2.2.7 Matinsolmu ja Matinkylä 25
6.2.3 Vaikutukset rakennuksiin ja rakenteisiin 27
6.2.4 Vaikutukset pintavesiin 29
6.3 Hankkeen vaikutusten vähentämismahdollisuudet 29
7 HANKKEEN OIKEUDELLISET EDELLYTYKSET 31
8 VAHINKOJEN, HAITTOJEN JA EDUNMENETYSTEN KORVAAMINEN 31
9 EHDOTUS TARKKAILUSUUNNITELMAKSI JA LUPAEHDOIKSI 32
9.1 Tarkkailusuunnitelma 32
9.2 Ehdotus lupaehdoiksi 32

LIITTEET

1. Yleiskartta
2. Asianosaiset (vaikutusalueilla sijaitsevien kiinteistöjen/maa- ja vesialueiden omistajatiedot)
3. Vaikutusaluekartat
4. Vesien purkupaikat
5. Pumppausvesimäärät purkukohteittain
6. Tarkkailusuunnitelma

ASIA

Ruoholahden ja Matinkylän välisen metrotunnelin rakentamista koskeva vesilain mukainen lupa-asia, Helsinki ja Espoo

LUVAN HAKIJA

Länsimetro Oy
PL 10491
02070 ESPOON KAUPUNKI

Yhteyshenkilöt:
Kati Vesikallio, 043 824 9098, kati.vesikallio@lansimetro.fi
Tero Palmu, 046 877 3423, tero.palmu@lansimetro.fi

TIIVISTELMÄ

Länsimetro Oy hakee vesilain mukaista lupaa pohjavedelle aiheutuneista muutoksista. Hakemuksen kohteena on 14 kilometriä pitkä metrolinja välillä Ruoholahti (Helsinki) - Matinkylä (Espoo). Tämä metrolinja otetaan käyttöön elokuussa 2016.

Kokonaisuutena tämän massiivisen tunnelijärjestelmän vaikutukset ympäristöön on saatu pysymään hyvin tavoitteissaan.

Metrotunneli sijoittuu kallioperässä keskimäärin noin 30 metrin syvyydelle merenpinnasta ollen kokonaisuudessaan pohjavedenpinnan alapuolella. Tunnelit läpäisevät paikoin rikkonaisen kallioperän alueita, joissa esiintyy vastaavasti erittäin hyvin vettä johtavaa rakoilua. Tämän vuoksi tunneleiden ulkokehä tiivistettiin ns. injektointiaineilla, minkä tuloksena kallion vettä johtavat raot täyttyivät noin 4–10 metrin säteellä tunnelin ympärillä. Esi- ja jälki-injektoinneista huolimatta kalliotilat jäivät paikoin vuotamaan siinä määrin, että pohjaveden taso alueella aleni. Pohjaveden taso laski myös joidenkin maakaivantojen läheisyydessä. Kaivantoihin maaperästä kulkeutuvan pohjaveden valumista ei saatu työnaikana kaikilta osin estettyä ja pohjavesi pääsi paikallisesti alenemaan, ennen kuin ko. kaivannot saatiin rakennettua vesitiiviiksi.

Pohjaveden alenemisesta aiheutui maaperän painumista mm. Tapiolassa, Urheilupuistossa, Niittykummussa sekä Matinsolmun alueella. Painumia tarkkailtiin painumaseurantapisteiden avulla, joita asennettiin ennen rakentamista ns. painumariskialueiden maanvaraisiin rakennuksiin ja rakenteisiin. Tapiolassa painumat kohdistuivat katualueille, joilla havaittiin 8–60 mm:n suuruisia painumia. Urheilupuistossa pohjavesi laski työnaikaisesta pohjaveden imeytyksestä huolimatta, minkä seurauksena Esport Centerin maanvaraisesti perustettujen lattioiden painuminen hankkeen vaikutuksesta todennäköisesti kiihtyi. Matinsolmun risteysalueella on havaittu 20–70 mm:n painumia vuoden 2010 lähtötasoon verrattuna. Pohjavedenkorkeuden muutokset ovat paikoin aiheuttaneet pohjaveden virtaussuunnan muutoksia, joista on seurannut paikallisia muutoksia pohjaveden laatuun.

Metrotunnelissa jokaisen asemavälin alimpaan kohtaan on rakennettu kuivatusvesipumppaamo, josta vuotovedet pumpataan pystykuilua pitkin maantasolle. Vedet johdetaan sadevesiviemäreitä pitkin ojiin tai suoraan mereen. Metron käytön aikana pumpattavat vesimäärät vaihtelevat arvion mukaan 2–430 m^3/vrk välillä. Vedet ovat merenalituksia lukuun ottamatta käytännössä puhtaita pohjavesiä, joten niiden johtamisesta ei aiheudu veden laadun heikkenemistä, jolla olisi vaikutusta suojelualueiden tilaan, kalakantoihin tai purkuvesistöjen ja rantojen virkistyskäyttöön.

Pohjaveden taso on pääsääntöisesti vakiintunut eikä ole odotettavaa, että pohjaveden taso hankkeen vaikutuksesta enää laskisi tai että uusia painumia pääsisi syntymään. Tehtävissä olevat toimenpiteet kalliotilojen vuotovesimäärien minimoimiseksi on tehty. Urheilupuistossa harkitaan pysyvän pohjaveden imeytysjärjestelmän rakentamista, jotta muutokset alueen pohjavesiolosuhteissa pysyisivät mahdollisimman pieninä. Hankkeesta yleisille ja yksityisille syntyvä hyöty on huomattava hankkeesta koituviin haittoihin nähden.

SAMMANFATTNING

Länsimetro Oy ansöker om tillstånd enligt vattenlagen för förändringar förorsakade till grundvattnet. Ansökningen avser den 14 kilometer långa metrolinjen mellan Gräsviken (Helsingfors) och Mattby (Esbo). Denna linje tas i bruk i augusti 2016.

Som helhet har man lyckats bra med målsättningarna att minimera miljöpåverkan av detta omfattande tunnelsystem.

Metrotunneln ligger i berggrunden i genomsnitt på ca 30 meters djup under havsnivån och hela tunneln ligger därmed under grundvattenytan. På vissa ställen drivs tunnlarna genom områden med trasigt berg där det förekommer sprickbildning med hög vattenledningsförmåga. På grund av detta tätades tunnlarnas omgivning med s.k. injekteringsmedel, och därmed tätades de vattenledande sprickorna i berget inom en radie på ca 4–10 meter runt tunneln. Trots för- och efterinjekteringar läckte bergsutrymmena till den grad att grundvattennivån i området sänktes. Grundvattennivån minskade även i närheten av vissa schaktgropar. Under arbetet lyckades man inte helt förhindra grundvatten från att rinna från jordmånen till schaktgropar och grundvattennivån sänktes på vissa ställen innan schaktgroparna kunde göras vattentäta.

Sänkningen av grundvattnet orsakade marksättning i bl.a. Hagalund, Idrottsparken, Ängskulla och vid Mattknuten. Marksättningarna observerades med hjälp av uppföljningspunkter som hade monterats före byggarbetets början i byggnader och konstrukturer på marken på områden med s.k. marksättningsrisker. I Hagalund skedde marksänkningar i gatuområden och marksättningar på 8–60 mm observerades. I Idrottsparken sjönk grundvattnet trots absorption av grundvatten, vilket sannolikt ledde till att sättningen av Esport Centers golv grundlagt på marken tilltog till föld av. projektet. På Mattknutens korsningsområde uppvisar marksättningar på 20–70 mm jämfört med startnivån från 2010. Förändringarna av grundvattennivå har på vissa ställen lett till förändringar i grundvattnets flödesriktning som har orsakat lokala förändringar i grundvattenkvaliteten.

I metrotunneln har det på den lägsta punkten mellan varje station byggts en dräneringspump så att läckagevattnet kan pumpas genom vertikalschaktet upp till markytan. Vattnet leds genom ytvattenledningar till diken eller direkt i havet. När metron är i bruk kommer läckagevattenmängden att variera uppskattningsvis mellan 2–430 m3/dygn. Förutom på de ställen där tunneln går under havet består läckagevattnet i praktiken av rent grundvatten. Läckagevattnet orsakar därmed inte någon sådan negativ inverkan på vattenkvaliteten som skulle påverka statuset av skyddade områden, fiskbestånd eller rekreationsbruk av recipienter och stränder.

Grundvattennivån har i regel stabiliserat sig och det förväntas inte att grundvattennivån skulle sjunka ytterligare p.g.a. projektet eller att nya marksättningar skulle uppstå. De tillgängliga åtgärderna för minimering av läckagevattenmängderna i bergsanläggningarna har genomförts. I Idrottsparken överväger man att bygga ett bestående absorptionssystem för grundvatten för att förändringarna i områdets grundvattenförhållanden hålls så små som möjligt. De fördelar som projektet innebär för allmänheten och privata aktörer är betydande jämfört med de nackdelar som projektet medför.

1 HANKKEEN YLEISTIEDOT

1.1 Hakemuksen kohde

Hakemus koskee metrolinjahanketta välillä Ruoholahti (Helsinki) - Matinkylä (Espoo). Lupahakemuksen kohteena ovat metrotunnelin pohjavesille aiheutuvat muutokset. Vesilain mukaiset luvat vesialueiden alitukselle on saatu vuonna 2008 ja Koivusaaren metroaseman vaatimille ruoppaus-, täyttö- ja läjitystöille 2011.

1.2 Hankkeen sijainti, kuvaus ja tarkoitus

Hankkeen tarkoituksena on parantaa Helsingin ja Espoon välistä joukkoliikennettä rakentamalla metro Helsingin Ruoholahdesta Espoon Matinkylään. Metrolinjaus jatkaa nykyisen metron linjausta Ruoholahdesta Lauttasaaren, Koivusaaren, Keilaniemen, Otaniemen, Tapiolan, Urheilupuiston, Niittykummun ja Matinkylän asemien kautta Espoon Matinkylään. Rakennettava tunneli on kokonaispituudeltaan noin 14 km ja se on louhittu kallioon kaksoistunnelina. Ainoastaan Urheilupuiston asema on toteutettu avolouhintana. Ajo- ja huoltotunnelit sijoittuvat pääosin asemien yhteyteen. Ajo- ja huoltotunneleita on yhteensä 12 kpl. Lisäksi ratatunneleiden ilmanvaihtoa, savunpoistoa, hätäpoistumista ja paineentasausta varten on 15 pystykuilua.

1.3 Maankäyttö- ja kaavatilanne

Metrotunnelin linjauksella on voimassa olevat maanalaiset asemakaavat. Helsingissä on asemakaava Länsimetro nro 11800, joka ulottuu Ruoholahdesta Helsingin ja Espoon rajalle. Espoossa metrotunnelin maanalaiset kaavat ovat Keilaniemen metrotunneli Ak. 9000:1 nro 920100, Otaniemen-Tapiolan metrotunneli Ak. 9000:2 nro 920200 ja Jousenpuiston-Matinkylän metrotunneli Ak. 9000:3 nro 920300.

1.4 Toteutusaikataulu

Metron rakentaminen aloitettiin tammikuussa 2010. Louhintatyöt saatiin päätökseen vuoden 2013 lopulla. Metro otetaan käyttöön elokuussa 2016.

2 VOIMASSA OLEVAT PÄÄTÖKSET

Länsimetro Oy:lle on annettu seuraavat vesiasioita koskevat viranomaispäätökset:

- Länsi Suomen ympäristölupaviraston 21.10.2008 antama päätös Nro 49/2008/1 metrotunnelin rakentamiseksi Karhusalmen ja Lauttasaarensalmen alitse
- Etelä-Suomen aluehallintoviraston 4.5.2011 antama päätös Nro 66/2011/4 Koivusaaren metroaseman sisäänkäynnin ja ilmanvaihtokuilun edustan merialueen ruoppaukseen ja täyttöön sekä ruoppausmassojen läjittämiseksi mereen
- Etelä-Suomen aluehallintoviraston 13.7.2011 antama päätös Nro 51/2011/1 Karhusaaren metrotunnelin poistovesien johtamiseksi mereen
- Etelä-Suomen aluehallintoviraston 20.12.2011 antama päätös Nro 169/2011/1 Keilaniemen metrotunnelin poistovesien johtamiseksi mereen
- Etelä-Suomen aluehallintoviraston 20.4.2012 antama päätös Nro 73/2012/1 metrotunnelin poistovesien johtamiseksi mereen Tapiolan Otsolahteen
- Helsingin kaupungin rakennusviraston päätös HEL 2015-012934 hulevesilinjan sijoittamisesta Sotkatien ja Vaskisalmenkuja 2:n rannan puoleiselle katualueelle ja hulevesien laskemisesta mereen

3 TEKNISET RATKAISUT

3.1 Tunnelien sijainti ja mitat

Metrotunneli sijoittuu kallioperässä keskimäärin noin 30 metrin syvyydelle merenpinnasta. Alin paikka on Lauttasaaren salmen alla, jossa tunnelin pohja on tasolla -56. Metrotunnelin leveys on 6 metriä ja korkeus noin 6,5 m. Eteläinen ja pohjoinen ratatunneli on yhdistetty toisiinsa noin 100–200 metrin välein olevin yhdystunnelein. Asemahallit ja raiteenvaihtohallit ovat hallimaisia kalliotiloja, joilla voi olla pituutta yli 200, leveyttä yli 20 ja korkeutta yli 15 metriä.

3.2 Vesialueiden alitukset

Linjaus alittaa meren Lauttasaaren salmessa, Vaskilahdessa, Koivusaaren ja Hanasaaren välisessä pengerretyssä salmessa sekä Karhusalmessa. Ratatunnelit alittavat Gräsanojan Matinsolmussa Länsiväylän ja Kehä II:n risteysalueella. Matinsolmun läpi virtaava Gräsanoja on lasku-uoma, joka valuma-alueen koon mukaan luokitellaan puroksi.

3.3 Tiivistys

3.3.1 Tunnelit ja kalliotilat

Louhitut tunnelit läpäisevät rakosysteemejä, joissa virtaa paikoin runsaastikin kalliopohjavettä. Merenalituksissa kallion rakosysteemien kautta tunneleihin virtaa käytännössä merivettä. Tunnelissa kyseistä vettä kutsutaan vuotovedeksi. Vuotovesien minimoimiseksi kallio tiivistetään injektointiaineilla. Alueilla, joilla tutkimusten mukaan mitattiin suuria vesimenekkejä tai jotka määriteltiin painumariskialueiksi, kallio tiivistettiin systemaattisesti esi-injektoimalla. Muilla alueilla tunnelien injektointitarve määritettiin työn aikana tunnusteltuporausten perusteella. Injektoinnit toteutettiin pääasiassa sementtipohjaisella injektointiaineella. Jälki-injektoinneissa käytettiin myös kemiallisia, usein polyuretaanipohjaisia aineita. Injektoinnin tuloksena kallion raot täyttyvät noin 4–10 metrin säteellä tunnelin ympärillä. Injektoinnin haasteena ovat paikoittain esiintyvät erittäin avoimet rakosysteemit, joiden injektointi vaatii massiivisia määriä sementtiä sekä useita injektointivaiheita. Vielä haastavampia ovat alueet, joilla raoissa esiintyy savitäytteitä. Kyseiset alueet ovat usein heikkousvyöhykkeiden yhteydessä, jolloin myös vedenjohtavuus on suurta. Tällaiset alueet jäävät usein vuotamaan, koska injektointimassaa ei saada tunkeutumaan täytteisiin rakoihin tarpeeksi laajalle.

Kallioseinät ja holvi on ruiskubetonoitu ja ruiskubetonipinnan alle on asennettu salaojia ohjaamaan kalliosta tulevia vuotovesiä tunnelin pohjalla kulkevaan salaojajärjestelmään.

3.3.2 Kaivannot

Kaivannot on pääsääntöisesti tuettu ponttiseinin, jotka on toteutettu vesitiiviinä rakenteena. Pontit on ulotettu kallion pintaan saakka. Ponttiseinän alapäähän kalliota vasten on valettu juuripalkki siten, että juuripalkin ja ponttien alapään väliin ei ole jäänyt rakoja. Urheilupuiston asemakaivannossa sekä Katajaharjun kuilulla Lauttasaaressa kaivannoissa porattiin kaivannon syvimmällä osalla ponttiseinän eteen porapaalut. Porapaalut ulotettiin 1 m kallioon ja täytettiin raudoitetulla betonilla.

3.4 Vesien pumppaaminen

Metrotunnelissa jokaisen asemavälin alimpaan kohtaan on rakennettu kuivatusvesipumppaamo, josta vuotovedet pumpataan kuivatusvesialtaan kautta pystykuilua pitkin maantasolle. Siitä vedet johdetaan joko sadevesiviemäreihin tai ojiin. Kuivatusvesialtaat varustetaan haitallisten aineiden varoitus- ja hälytysjärjestelmällä. Hälytysjärjestelmä reagoi ilman happi- ja hiilivetypitoisuuksiin sekä veden sähkönjohtokyvystä aiheutuviin muutoksiin. Mikäli tulevassa vedessä havaitaan normaalista poikkeava sähkönjohtokyvyn muutos, pumppaamosta lähtee hälytys ja poistopumppaus keskeytetään. Metrotunnelissa ei kuljeta tai varastoida ympäristölle vaarallisia aineita, jotka voisivat mahdollisessa

onnettomuustilanteessa päästä leviämään ympäristöön. Mahdolliset sammutus- ja pesuvedet ohjataan salaojajärjestelmän kautta pumppausaltaisiin, joista ne voidaan poistaa erikseen käsiteltäviksi.

Asemilla järjestelmä on samanlainen. Salaojavedet kerätään aseman alimmalla tasolla olevaan perusvesialtaaseen. Perusvesialtaan vieressä on pumppaamo, josta vesi pumpataan maantasolle perusvedenpurkukaivoon. Kaivosta vesi johdetaan viettoviemärillä sadevesiviemäriin.

Metron käytön aikana pumpattavat vesimäärät vaihtelevat arvion mukaan 2–430 m^3/vrk välillä (liite 5). Pienimmät vesimäärät pumpataan asemilta ja suurimmat asemien välisiltä pitkiltä ratatunneliosuuksilta. Koivusaaren ja Keilaniemen välisen ratatunneliosuuden vuotovesimäärä ylittää ainoana pisteenä vesilain mukaisen raja-arvon 250 m^3/vrk. Kyseisellä alueella vuotovesi koostuu enimmäkseen merivedestä. Käytettävien pumppujen maksimituotto on 5 l/s. Pumppausvesimääriä valvotaan virtausmittausten ja pumppujen käyntiaikojen mukaan.

3.5 Käytön aikaiset vesien purkupaikat

Metron käytön aikaiset poistovesien purkupaikat on esitetty karttaliitteessä 4. Asemilta poistettavat vedet muodostuvat asemahallien vuotovesistä sekä mahdollisista pesu- ja sammutusvesistä. Pystykuilujen kautta poistettavat vedet muodostuvat asemien välisiltä ratatunneliosuuksilta.

- Ruoholahden huoltotunnelin kautta johdetaan sadevesiviemäriverkostoon Ruoholahden huoltotunnelin vuotovedet. Hulevesiviemärin purkupaikka on Lapinlahdessa, Länsiväylän pohjoispuolella.

- Lauttasaaren kuilu (P3.2) sijaitsee Lauttasaaren itäosassa. Lauttasaaren kuilulta poistetaan tunneleihin Ruoholahden ja Lauttasaaren asemien väliseltä alueelta muodostuvat vuotovedet. Vedet ohjataan Lauttasaarentien suuntaisesti kulkevaa sadevesiviemäriä pitkin Lauttasaaren salmeen, Lauttasaarensillan pohjoispuolelle.

- Lauttasaaren aseman salaojavedet johdetaan läntiseltä kuilulta Tallbergin puistotien suuntaista sadevesiviemäriä pitkin Lohiapajanlahden venesatamaan, joka sijaitsee Lauttasaaren länsipuolella.

- Myllykallion ajotunnelin kautta poistettavat vedet muodostuvat Lauttasaaren ja Koivusaaren asemien väliseltä alueelta muodostuvista vuotovesistä. Vedet ohjataan sadevesiviemäriä pitkin Lahnalahdentien suuntaisesti Lauttasaaren pohjoispuolelle, Lemislahteen.

- Koivusaaren aseman poistovedet puretaan sekä itäisen että läntisen sisäänkäyntikuilun kautta Vaskilahteen, Länsiväylän eteläpuolelle.

- Karhusaaren kuilulta (P3.6) poistetaan vuotovedet, jotka muodostuvat Koivusaaren ja Keilaniemen asemien väliselle tunneliosuudelle. Vedet johdetaan Karhusaaren eteläpuolelle, lähelle Karhusaaren uimarantaa.

- Keilaniemen asemalta poistovedet puretaan sadevesiviemäriä pitkin Keilalahteen, Keilalahden venesataman läheisyyteen.

- Otarannan kuilulle (P2.1) kerääntyy vuotovesiä Keilaniemen ja Otaniemen asemien väliseltä tunneliosuudelta. Vedet pumpataan sadevesiviemäriin, joka laskee lahteen Karhusaarentien pohjoispuolella.

- Otaniemen asemalta vedet pumpataan ylös itäisestä kuilusta ja liitetään Biologinkujalla kaupungin hulevesiviemäriin. Hulevesiviemäri laskee Konemiehentien ja Puumiehenkujan risteysalueella Maarinlahteen, Laajalahden Natura-alueelle, vievään ojaan.

- Mäntyviidan kuilun (P2.3) kautta poistetaan vuotovedet, jotka kerääntyvät Otaniemen ja Tapiolan väliselle rataosuudelle. Vedet liitetään sadevesiviemäriin, joka kulkee pitkin Tapiolantietä ja purkaa vetensä Otsolahdenojan avo-osuudelle Leimuniityn puistoalueella. Samaan paikkaan puretaan myös Tapiolan aseman ja huoltotunneleiden poistovedet.

- Kelohongantien kuilun (P2.4) poistovedet muodostuvat Tapiolan ja Urheilupuiston välisen rataosuuden ja Tapiolan kääntöraiteen vuotovesistä. Vedet ohjataan sadevesiviemäriin, joka kulkee Kelohongantien suuntaisesti ja päättyy Etelätuulentien länsipuolelle Otsolahdenojan avo-osuudelle.

- Urheilupuiston asemalta poistovedet liitetään sadevesiviemäriin Koivu-Mankkaan tiellä, aseman länsipuolella. Sadevesiviemäri purkaa avo-ojaan Merituulentien pohjoispuolella ja jatkaa Merituulentien suuntaisesti Niittykumpuun. Kyseiseen avo-ojaan laskevat myös Tontunmäen kuilulta (P1.1) pumpattavat vedet. Oja yhtyy lopulta Gräsanojaan, joka laskee Haukilahteen.

- Niittykummun asemahallin, poistumisporraskuilujen ja raitisilmakammion salaojat johdetaan perusvesialtaaseen ja pumpataan poistumistieporraskuilun kautta maanpinnalle kunnalliseen sadevesilinjaan. Sadevesiviemäri kulkee Merituulentien suuntaisesti ja purkaa Gräsanojaan Kehä II:n (Kilonväylä) itäpuolella.

- Matinsolmun kuilulta (P1.2) pumpataan vuotovedet, jotka muodostuvat Niittykummun ja Matinkylän asemien väliseltä alueelta. Vedet ohjataan purkukaivon kautta Gräsanojaan Matinsolmun risteysalueella.

- Matinkylän asemalta pumpattavat vedet ohjataan sadevesiviemäriin, joka laskee Piispansilta 24:n kohdalla avo-ojaan (Matinkylänoja). Avo-oja yhtyy Hauenkalliontien pohjoispuolella Gräsanojaan.

- Tiistilän kuilulta (P1.4) johdetaan Matinkylän aseman ja Tiistilän kuilun väliset vuotovedet. Vedet liitetään Suomenlahdentien päässä kaupungin sadevesiviemäriin, joka purkaa Vapaaniemen metsäalueelle Kalastajantien länsipuolelle.

4 LUONNONYMPÄRISTÖ

4.1 Pintavedet

Linjaus alittaa meren kolmen salmen ja yhden pengerretyn salmen kohdalta. Linjauksen kohdalla Lauttasaaren salmi, Vaskilahti, Koivusaaren ja Hanasaaren välinen salmi sekä Karhusaaren salmi kuuluvat Suvisaaristo-Lauttasaari -nimiseen vesimuodostumaan. Seurasaaren vesimuodostumaan sisältyy Laajalahden ja Seurasaarenselän vesialueet. Vesimuodostumat kuuluvat tyypiltään Suomenlahden sisäsaaristoon.

Laajalahti on matala (keskisyvyys 2,4 m) merenlahti, jossa veden vaihtuvuus on heikko. Veden vaihtuvuus paranee kuitenkin Keilalahteen ja Vaskilahteen päin. Seurasaarenselkä on paremmin yhteydessä merelle Lauttasaarensalmen kautta. Seurasaarenselän keskisyvyys on 4,1 m ja yltää syvimmillään yli 10 metriin. Koivusaaren, Hanasaaren ja Lemislahden alueelta laaditun virtausmallitutkimuksen mukaan alueen salmien kapeudesta ja mataluudesta johtuen virtaussuunta on niissä pääsääntöisesti sama koko salmessa. Virtaukset kapeissa salmissa ovat tyypillisesti samanvaiheista edestakaista virtausta, jonka aiheuttavat ulkomereltä tulevat pinnankorkeusvaihtelut. Poikkeuksena on Lauttasaaren salmi, joka leveyden ja syvyyden johdosta on varsin merellinen. (Peltoniemi *et al.* 2001).

Otsolahden vesialueen vesipinta-ala on noin 5,1 ha ja vesitilavuus noin 335 000 m^3. Syvyys vaihtelee 1,0–2,6 m keskisyvyyden ollessa noin 1,5 m. Lahden ulkopuolella, heti Länsiväylän siltojen edustalla vesisyvyys on 4–5 m. Otsolahteen laskee Tapiolassa Otsolahdenoja, joka on uomaltaan vahvasti muutettu, osittain putkessa kulkeva oja. Oja on osa alueen hulevesijärjestelmää. Oja on pituudeltaan 2,3 km ja kulkee Itätuulentien alla putkitettuna 0,6 km.

Otsolahden eteläpuolella, Länsiväylän toisella puolella avautuu Linholmsfjärden. Bredvikenin rannalla Westendissä sekä Karhusaaren etelärannalla sijaitsee yleiset uimarannat. Karhusaaren uimaranta on pitkälti luonnontilainen ja avautuu lounaan suuntaan. Ranta syvenee loivasti. Merenpohja on hiekka/soramoreenia, joka muuttuu syvemmällä saveksi/liejusaveksi.

Merivedenkorkeus on vaihdellut Helsingissä Kaivopuiston mareografilla vuosien 1904–2010 havaintojen perusteella teoreettisen keskiveden (MW) suhteen +1,51 m (v. 2005) ja -0,93 m (vuosi 2010) välillä. Vuoden 2015 aikana vaihteluväli oli noin -0,45…+0,55 m. Vuoden 2015 teoreettisen keskiveden ja valtakunnallisen korkeusjärjestelmän N2000 välinen ero on Helsingissä +0,20 m. (Ilmatieteenlaitoksen verkkopalvelu)

Meren lisäksi linjaus alittaa Matinsolmussa Gräsanojan virtaveden. Gräsanoja on lasku-uoma, joka syntyy Gräsanojan vesistön kahden latvahaaran yhtyessä Lukupuron alueella. Gräsanojan vesistön valuma-alue on kooltaan noin 26 m^2 (Janatuinen 2009). Vesistö sijaitsee suurimmaksi osaksi Espoossa, mutta valuma-alueen latvat ulottuvat pieneltä osin myös Kauniaisten puolelle. Gräsanoja laskee mereen Haukilahdessa noin 3,5 km yhtymäkohdasta alavirtaan.

4.1.1 Vesialueiden tila

Seurasaaren vesimuodostuma on luokiteltu ekologiselta tilaltaan välttäväksi ja Suvisaaristo-Lauttasaari tyydyttäväksi (OIVA-paikkatietopalvelu). Laajalahti on matala ja rehevä merialue, jonne on johdettu vuoteen 1986 saakka yhdyskuntajätevesiä. Laajalahden pohja koostuu pääasiassa savesta ja sulfidiliejusta, jonka päälle on kerrostunut hapettunut liejukerros. Helsingin ympäristökeskuksen tutkimuksessa vuodelta 2005 arvioitiin Laajalahden ulkoisen kuormituksen suuruuden olevan 1 100 – 2 200 kg fosforia ja 30 000 – 46 200 kg typpeä vuodessa. Fosforin potentiaalinen sisäinen kuormitus oli 1 700 kg vuodessa ja typen osalta 2 900 kg vuodessa (Munne & Autio 2005). Laajalahti kärsii myös jatkuvasta huonosta veden hygieenisestä laadusta (Vahtera *et al.* 2014). Lähimmässä velvoitetarkkailupisteessä (Lehtisaarenselkä 140) veden kokonaisfosforipitoisuus oli vuonna 2013 keskimäärin 40 µg /l ja typpipitoisuus 600 µg /l. (Vahtera *et al.* 2014).

Myös Otsolahden vesialue on rehevöitynyt vesialue ja se on luokiteltu virkistyskäyttöluokkaan tyydyttävä. Levistä ja tuulen pohjaa sekoittavasta vaikutuksesta johtuen vesi on usein sameaa. Vuosien 2012–2014 näytteiden perusteella kokonaisfosforipitoisuus vedessä on keskimäärin 40 µg /l ja typpipitoisuus 740 µg/l. Hygieniatilanne vedessä on ollut hyvä. Otsolahteen ei laske jokia ja veden virtaus lahdessa on pientä.

Gräsanoja on pääkaupunkiseudun luonnonsuojelun tavoiteohjelmassa luokiteltu vedenlaadultaan huonoksi. Gräsanoja on sameavetinen ja sitä on ruopattu ja levennetty alajuoksultaan useaan otteeseen. Gräsanojan alueelta ei vuoden 2008 luontoselvityksessä löytynyt erityistä suojelua vaativia kasvi- tai lintulajeja eikä luontotyyppejä (Yrjölä *et al.* 2008).

4.1.2 Kalastus ja kalasto

Laajalahden–Haukilahden alueella kalalajisto koostuu tavanomaisista sisävesikaloista ja satunnaisesti merellisemmistä lajeista. Runsaina esiintyviä lajeja ovat ainakin ahven, kuha, monet särkikalat, kuore, salakka ja silakka. Satunnaisesti tavattavia ovat hauki, siika ja meritaimen. Taloudellisesti merkittävimmät lajit ovat kuha ja ahven. Alueen kalastus on pääosin virkistyskalastusta. Lähistöllä toimii myös muutamia ammattikalastajia.

Gräsanojassa on havaittu kutemassa sekä haukia että ilmeisesti suuria lahnoja tai suutareita. Ojan vesimäärä ja virtaus ovat kuivina aikoina niin pieniä, että alueella on todennäköisesti vain vähäistä kalataloudellista merkitystä. (Yrjölä *et al.* 2008).

4.2 Suojelukohteet

4.2.1 Helsinki

Metrolinjauksen läheisyydessä kasvillisuuden ja eläimistön elinympäristön ominaispiirteisiin kuuluvat rakennettu ympäristö ja voimakas kulttuurivaikutus. Helsingissä lähimmät luonnonsuojelualueet tai muut luonnonsuojelulailla rauhoitettavat kohteet sijoittuvat noin 1-2 kilomerin päähän linjauksesta (liite 1). Lähimmät kohteet ovat Seurasaaren eteläpuoliset luodot, Tiiraluoto (Tiirakari) ja Rajakupu. Näiden kohteiden suojelun perustana on etupäässä linnusto ja ne ovat varsin pienialaisia. Lähimmät suojellut luontotyypit ja arvokkaat luontokohteet keskittyvät Lapinlahden sekä Lauttasaaren ympäristöön ja Laajalahteen (Helsingin luontotietojärjestelmä).

Lähimmät huomattavan arvokkaiksi luokitellut kasvillisuus- ja kasvistokohteet sijaitsevat Koivusaaren eteläkärjessä sekä Riihilahden pohjoisrannassa Lauttasaaren länsiosassa. Riihilahden ranta koostuu niitty- ja hiekkarannoista sekä rehevistä tervaleppä- ja ruokoluhdista. Vaskiniemen keskiosia kohti kasvillisuus vaihettuu tervaleppälehdoksi ja lehtomaiseksi metsäksi. Koivusaaren eteläkärjessä on luonnontilassa säilyneet niitty- ja somerikkorannat sekä kivikkoinen tervalepikko. Arvoluokitusten perusteina ovat Helsingissä vaarantunut ja valtakunnallisesti silmälläpidettävä laji pikkurantasappi ja Koivusaaressa Helsingissä harvinainen ympäristötyyppi (kohteeseen sisältyy luonnonsuojelulain mukainen suojeltu luontotyyppi merenrantaniitty). (Helsingin luontotietojärjestelmä).

Alueen linnusto on monipuolinen. Linnustollisesti arvokkaimmat kohteet sijaitsevat puistoissa, rannoilla, merenlahdilla ja pienillä saarilla. Ne keskittyvät Lapinlahden sekä Lauttasaaren ympäristöön ja Laajalahteen. Linnustollisesti arvokkaita kohteita ovat mm. Porsta, Vaskiniemi, Nackanpuisto, Myllykallion metsä ja Kotkavuori. (Helsingin luontotietojärjestelmä)

Geologisesti arvokkaiksi luokiteltuja kohteita ovat Lauttasaaren länsiosassa oleva Katajaharjunniemen drumliini, maisemallisesti arvokkaat kallioalueet (Kotkavuori, Myllykallio), muinaiset Litorina-meren rantakivikot (Kotkavuori, Myllykallio), Länsiulapanniemen hiidenkirnu sekä siirtolohkareita (Koivusaari, Lauttasaaren kirkko). (Helsingin luontotietojärjestelmä)

Luontodirektiivin liitteen IV lajeista linjauksen läheisyydessä esiintyy lepakoita. Vuoden 2014 lepakkoselvityksen mukaan Lauttasaaren Vaskilahti, Länsiulapanniemi sekä Lemislahti ovat paikallisesti tärkeitä lepakkoalueita (Wermundsen *et al.* 2014).

4.2.2 Espoo

Espoon puolella lähin suojeltava kohde on Laajalahden lintuvesi -niminen Natura 2000 -alue (FI0100028). Laajalahti on kansainvälisesti arvokas lintuvesi, joka muodostaa varsin monipuolisen ekologisen kokonaisuuden merenlahden ja sen rannan biotooppeja. Laajalahti on eteläarannikon parhaita vesilintujen ja kahlaajien muutonaikaisia levähdysalueita. Alueen merkitys on kasvanut veden laadun paranemisen, pohjakasvillisuuden elpymisen sekä rantaniittyjen ja ruovikkoalueiden kunnostuksen myötä. Viime vuosina lahdella on pesinyt noin 300 paria vesilintuja, joista sinisorsa, haapana ja silkkiuikku ovat olleet runsaimpia. Pesimälajistoon kuuluvat lisäksi muun muassa ruisrääkkä, kalatiira ja lapintiira. Luontodirektiivin luontotyypeistä Laajalahdella ovat parhaiten edustettuina laajat matalat lahdet ja Itämeren boreaaliset rantaniityt. (Lammi & Routasuo 2013). Muita luonnonsuojelualueita tai luonnonsuojelulain mukaisia suojeltavia luontotyyppejä ovat noin 2 km:n etäisyydellä linjauksesta sijaitsevat kohteet Lukukallion pähkinäpensaslehto ja Friisinkallion sekä Bakugrundin luonnonsuojelualueet (OIVA-paikkatietopalvelu).

Espoossa vuonna 2002 tehdyn lepakkoselvityksen mukaan kesäisiä lepakoiden ruokailualueita esiintyy Otaniemen rantametsissä, Keilaniemen korkeiden toimistorakennusten tuntumasta sekä mm. Ot-

solahden länsirannalla sijaitsevan venesataman eteläpuolisesta niemestä ja venesataman rakennuksista. Talvihorrospaikkoja löytyi Otaniemen metsien lisäksi, Hagalundin puistosta, Otaniemen vesitornin koillispuolelta, Niittykummusta sekä Gräsanojalta. Kyseiset alueet eivät kuitenkaan sisältyneet Espoon ehdottomasti tärkeimmiksi lepakkopaikoiksi (Siivonen 2002).

Liito-oravia on viime vuosina havaittu useissa paikoissa tiheästi rakennetussa Etelä-Espoossa. Radioseurantapantatutkimuksissa liito-oravia on havaittu mm. Tapiolasta, Laajalahdesta sekä Matinkylästä (Espoon kaupungin verkkosivusto).

Espoon uhanalaisten ja silmälläpidettävien lajien listasta löytyy lepakoiden ja liito-oravien lisäksi joitain perhosia sekä niitty- ja luhtarantojen lintuja (Laajalahti), joita esiintyy metrolinjauksen läheisyydessä (Korri 2011). Luonnonmuistomerkkeinä rauhoitettuja kohteita hankkeen läheisyydessä ovat Espoossa Kontiontien lapinkuusi Tapiolassa sekä Suomenojan siirtolohkare Matinkylässä (Lammi & Routasuo 2013).

Paikallisesti merkittäviä perinnebiotooppeja on Frisansin kartanon mäki, jossa luontotyppinä esiintyy kansainvälisen luonnonsuojeluliiton uhanalaisluokituksen mukaan erittäin uhanalaiseksi luokiteltava karu kallioketo. Laajarannan alue Kehä I:n itäpuolella muistuttaa karua kallioketoa ja heinäketoa, mutta on umpeenkasvun ja rehevöitymisen vuoksi lähes täysin menetetty. (Lampinen & Annala 2014). Laajarannan metsässä, nuoren puuston puristuksessa kasvaa suurikokoinen, luonnonmuistomerkkinä rauhoitettu Sakkolantien tammi (Lammi & Routasuo 2013). Laajalahden länsirannalla Natura-alueella esiintyy myös kaksi laidunnettua merenrantaniittyä (Lampinen & Annala 2014).

5 POHJAVESIOLOSUHTEET

Pohjaveden tasot on ilmoitettu Helsingissä korkeusjärjestelmässä N43 ja Espoossa korkeusjärjestelmässä N60. Olosuhteiden kuvauksissa on käytetty Länsimetron rakentamista edeltäviä ja rakentamisen aikaisia tutkimusaineistoja sekä Helsingin ja Espoon maaperäkarttoja.

5.1 Pohjavesiolosuhteet maa- ja kallioperässä

Maa- ja kallioperässä esiintyvät tyypilliset eteläsuomalaisen rannikkoalueen geologiset piirteet. Helsingissä linjaus kulkee kallioisien, osin ohuen moreenin peittämien mäkien halki, joiden väliin jää kohtalaisen pieniä savesta ja/tai siltistä muodostuvia laaksopainanteita ja tasankoja. Espoossa tyypillisiä ovat laajemmat savikot, joita niin ikään reunustavat kallioiset mäkialueet. Kallioperän murroslaaksoihin kerrostuu usein hiekka- ja sorakerrostumia, jotka ovat yleensä saven peittämiä. Tiheään rakennetuilla alueilla mm. Ruoholahdessa ja paikoin Koivusaaressa pintamaa koostuu täyttömaista.

Laajoja savikkoalueita linjauksella esiintyy Helsingissä Lauttasaarensalmen rannalla sekä Lahnalahdenpuiston alueella. Espoossa laajimmat savikkoalueet sijoittuvat Otaniemen, Tapiolan, Urheilupuiston, Niittykummun sekä Gräsanlaakson alueille. Saven paksuus on suurimmillaan jopa 10 metriä ja maakerrosten kokonaispaksuus ylittää paikoin 20 metriä. Savikot ovat ylintä osaa lukuun ottamatta veden kyllästämiä. Pohjavettä imeytyy paksujen savikerrostumien läpi heikosti ja veden ominaisantoisuus on pientä. Savikoiden alla olevat karkeammat lajittuneet tai moreenikerrostumat johtavat sitä vastoin hyvinkin vettä. Pohjavesi voi liikkua nopeasti pitkiäkin matkoja.

Moreenimailla pohjaveden pinta myötäilee selkeästi maanpinnan muotoja ja pohjaveden taso vaihtelee suuresti vuodenaikojen ja sademäärän mukaan. Vedenjohtokyky on yleensä heikko. Lauttasaaressa moreeni on paikoin löyhää, huuhtoutunutta pintakerrosta lukuun ottamatta tiivistä paikoin jopa betonimaisen kovaa (Haavisto-Hyvärinen *et al.* 1996).

Lajittuneita hiekka- ja sorakerrostumia voidaan pitää varsinaisina pohjavesiesiintyminä, sillä niiden alueella noin 30–60 % sadannasta imeytyy pohjavedeksi, pohjaveden pinta on syvällä ja taso lähes

vaakasuora ilmentäen suurta vedenjohtavuutta. Lajittuneita maakerrostumia esiintyy linjauksen läheisyydessä laajemmin ainoastaan Tapiolan keskuksen koillisosassa.

Kalliopohjavettä esiintyy kallion rakosysteemeissä ja se voi usein olla yhteydessä maapohjaveteen. Kalliopohjavettä muodostuu runsaasti etenkin kallioperän heikkousvyöhykkeiden alueille. Merkittäviä heikkousvyöhykkeitä esiintyy erityisesti salmissa ja merenalitusten kohdalla, Lahnalahden puiston alueella Lauttasaaressa, Keilaniemen aseman eteläpuolella Keilalahdessa, Tapiolan aseman etelä- ja itäpuolella, Urheilupuiston aseman itäosassa sekä Gräsanlaaksossa. Kalliomäkien erityispiirteinä on usein voimakas vaaka- tai loiva-asentoinen avoin hyvin vettäjohtava rakoilu.

Meriveden hallitsemia pohjavesialueita esiintyy käytännössä Keilaniemen ranta-alueella, Karhusaaren ja Lauttasaaren länsirannan välisellä alueella sekä Lauttasaaren salmessa. Kyseisillä alueilla pohjavedenpinta seuraa käytännössä meriveden pinnankorkeutta.

Seuraavassa käsitellään tarkemmin Tapiolan, Urheilupuiston, Niittykummun ja Matinsolmun pohjavesiolosuhteita, sillä niiden osalta hankkeen vaikutukset ovat huomattavimmat.

5.1.1 Tapiola

Tapiolan keskuksen alue jakautuu tiheästi rakennettuun keskukseen, jota ympäröivät puistoalueet idässä ja lounaassa. Museovirasto on määritellyt Tapiolan puutarhakaupungin valtakunnallisesti merkittäväksi aluekokonaisuudeksi. Puistoalueet ja keskuksen alue Merituulentien kohdalla ovat savikkoa. Eteläisen huoltotunnelin alueella Etelätuulentien länsipuolella saven alapuolella on ohut kerros hiekkaa/löyhää soraa ennen kalliopintaa. Etelätuulentien alta kulkee putkitettu hulevesiä keräävä Otsolahdenoja.

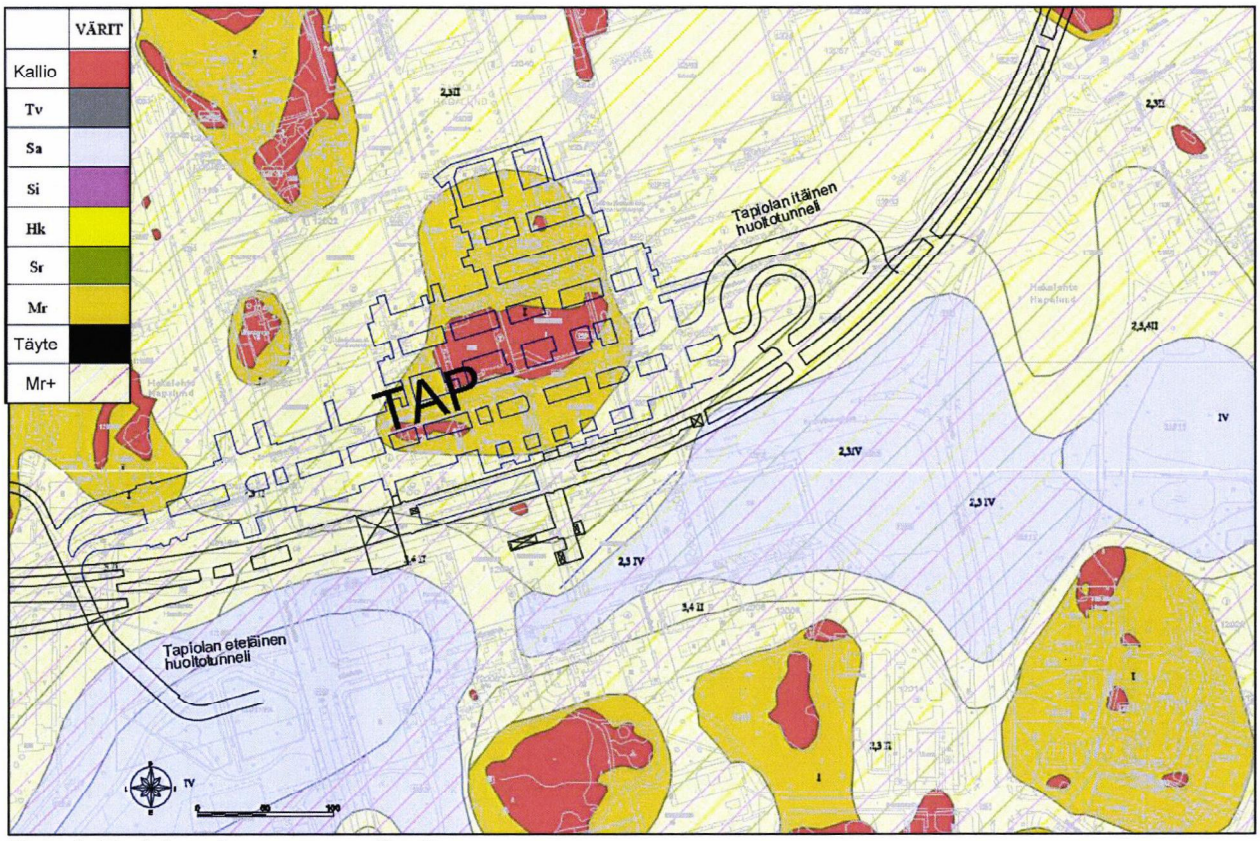
Tapiolan keskuksen koillisosassa maaperä koostuu ohuen humuskerroksen alapuolella pääosin lajittuneista karkearakeisista maalejeista (Kuva 1): hiekasta, silttisestä hiekasta (siHk) ja soraisesta hiekasta (srHk). Paikoin esiintyy myös hiekkamoreenia. Alueella on vanha pohjavedenottokaivo, jota on käytetty Tapiolan Keskusaltaan ja Vesiputousaltaan täyttöön.

Pohjaveden pinnan luonnollinen taso Tapiolan keskuksen alueella vaihtelee noin +1,5...+3,5 välillä (N60). Kalliopohjaveden taso ennen louhintoja vaihteli tasolla +1...+3. Pohjaveden päävirtaussuunta on laaksoaluetta reunustavilta kalliokumpareilta kohti keskiosan savikkoa. Painanteen kohdalla pohjaveden liike suuntautuu pääosin itään, kohti Otsolahtea.

5.1.2 Urheilupuisto

Urheilupuiston asema sijaitsee Mankkaalla Koivu-Mankkaan tien ja Merituulentien välisellä puistoalueella. Asema toteutettiin muista asemista poiketen avokaivantona. Kaivannon itäpuolella kulkee Näsown selkärrbäckenin avo-oja. Kaivanto sijaitsee noin 10 m paksun savikerrostuman alueella, jossa ns. kuivakuori on ohut. Kuivakuoren alla on erittäin pehmeää savista liejua, jonka kuivapainosta laboratoriossa mitattu suurin vesipitoisuus on 99 % (Tallsten *et al.* 2011). Liejun alla on lihavaa savea ja kitkamaakerrostuma, joka on pääosin suhteistunutta, heikosti vettä läpäisevää moreenia. Moreenikerroksen paksuus vaihtelee 1 ja 6 m välillä. Kitkamaakerroksessa havaittiin myös ohut kerros soraista hiekkaa. Kallion pintaosa oli paikoin erittäin rikkonaista.

Pohjavedenpinta kaivannon ympäristössä on melko vakaa, vaihteluväli ennen rakentamista oli noin +1,5 ... +2,5. Maanpinnan taso vaihteli välillä +2,3...3,4 ja kalliopinnan taso oli alimmillaan kaivannon koillisosassa tasolla -14.



Kuva 1. Tapiolan alueen maaperäkartta.

5.1.3 Niittykumpu

Niittykummun asema sijoittuu Merituulentien eteläpuolelle Niittykadun ja Haukilahdenkadun väliselle alueelle. Maanpinnan korkeusasema on välillä n. +2 …+6. Ylimpänä maakerrostumana on liikenneväylien päällysrakenteita ja alueelle tuotuja täytemaita, jotka pääosin sisältävät kitkamaa-aineksia. Täytekerrostumien alla on paikallisesti esiintyvä savimuodostuma, jonka paksuus on suurimmillaan rakennusalueen koillisosassa noin 4 m. Savikerrostuman alla on kallionpintaa peittävä, vaihtelevan paksuinen pohjamoreenimuodostuma. Kallionpinnan korkeusasema on kairauksissa havaittu alimmillaan tasolla noin -6.

Pohjavesi esiintyy sekä orsi- että pohjavetenä. Orsiveden pinta on keskimäärin noin 0,5 m korkeammalla. Pohjaveden taso vaihtelu on suurta. Pohjaveden taso alueella vaihtelee noin -1…+2 välillä. Kalliopohjavesi oli ennen rakentamista keskimäärin tasolla +0,5.

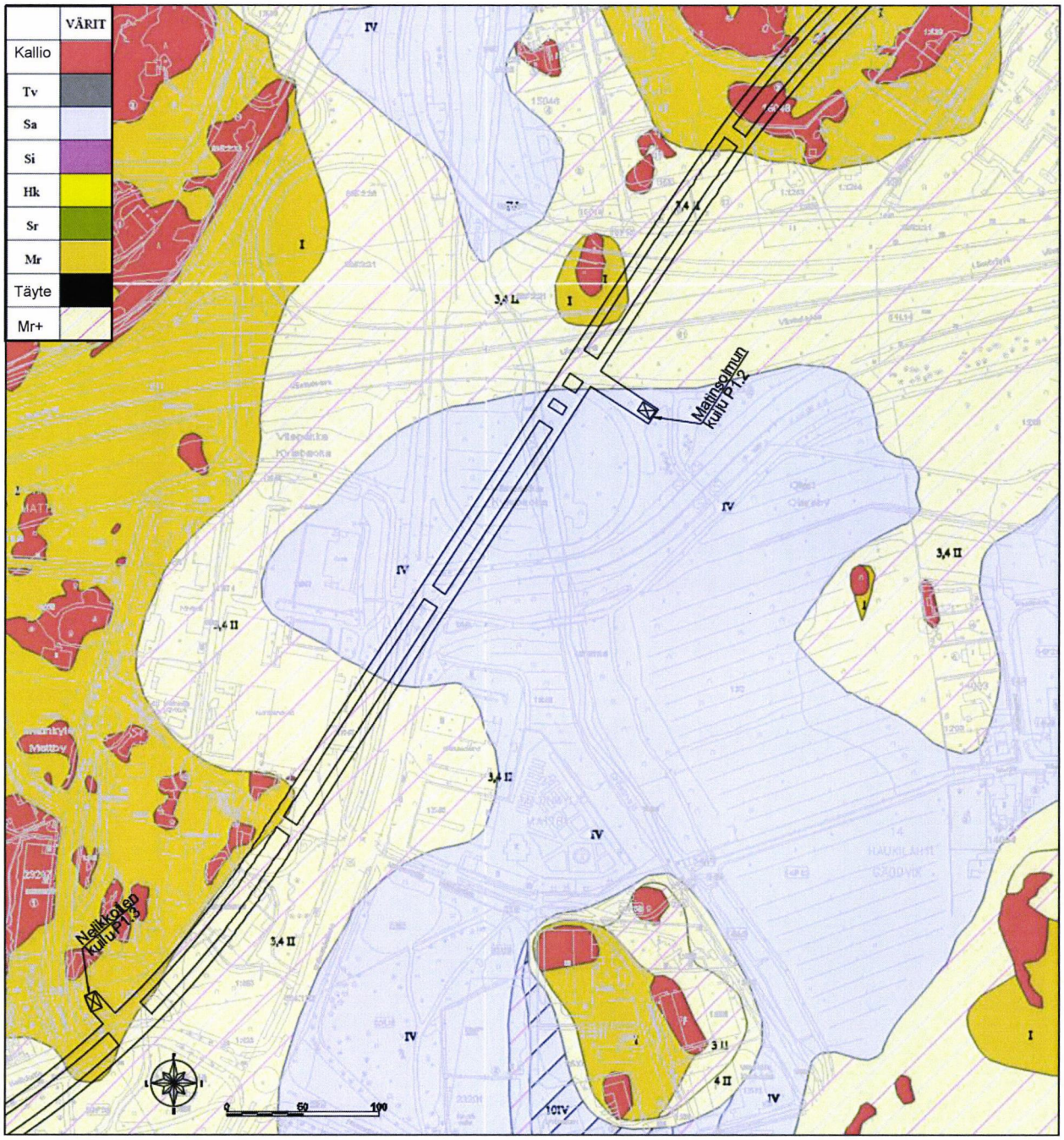
5.1.4 Matinsolmu

Gräsanlaakson alueella ratatunnelit alittavat Gräsanlaakson tien, Gräsanojan sekä Länsiväylän. Kyseisen risteysalueen nimi on Matinsolmu. Länsiväylän ja Matinsolmun Helsinkiin päin menevän rampin väliin on rakennettu Matinsolmun pystykuilu (P1.2).

Kuilun kohdalla ylimpänä maakerroksena on sekalaisista maa-aineksista koostuva täytemaa, jonka paksuus on noin 3 m. Täytteen alapuolella on noin 7 m paksu savikerrostuma. Alimpana maakerroksena on suhteellisen löyhärakenteinen, silttiä, hiekkaa ja kiviä sisältävä pohjamuodostuma. Kalliopinnan luonnollinen taso on alimmillaan noin tasolla -6.

Maakerrosten paksuus kasvaa Matinsolmun kuilulta etelään ja kalliopainanne jatkuu lounaan suuntaan Gräsanlaakso -tien eteläpuolella (Kuva 2). Savi on painokairausten perusteella varsinkin pinta-

osistaan varsin heikkoa ja sen vesipitoisuus on näytetietojen perusteella 70–100 % (Häkkinen & Tuhola 2014). Kalliopohjan päällä on ohut kerros karkearakeisia, hyvin vettä johtavia maalajeja. Gräsanoja kulkee lähes pohjois-eteläsuuntaisesti Matinsolmun risteysalueen halki. Savikko on syvimmillään Gräsanojan kohdalla ja oja tuo alueelle orsivettä. Pohjavedenpinta on noin tasolla +1…+1,5.



Kuva 2. Gräsanlaakson maaperäkartta.

5.2 Pohjaveden laatu ja pima-alueet

Suomen pohjavesimuodostumat ovat herkkiä pilaantumaan, koska muodostumat ovat pieniä ja niitä suojaava maakerros on yleensä ohut ja hyvin vettä johtava. Maalajien ja kallion topografian vaihtelut pienelläkin alueella tekevät pohjaveden muodostumis- ja virtausympäristöistä usein hyvin pirstoituneita ja monimutkaisia (Piha *et al.* 2008). Pohjavesien laatu saattaa vaihdella paitsi alueellisesti myös ajallisesti varsin huomattavasti.

Pohjaveden laatua uhkaavat riskitoiminnot taajama-alueilla liittyvät usein rakentamiseen, maanalaisiin öljysäiliöihin, liikenteeseen, huoltoasemiin, kaatopaikkoihin ja teolliseen toimintaan. Pilaantuneilta maa-alueilta voi päätyä pohjaveteen mm. raskasmetalleja, öljyjä ja muita haitallisia hiilivetyjä. Myös teiden suolaaminen on jo pitkään aiheuttanut riskin pohjavedelle.

Koska tunnelilinjaus kulkee tiheään rakennetulla taajama-alueella, maaperä sisältää paikoin runsaastikin haitta-aineita. Etukäteen tunnettuja pilaantuneita/todennäköisesti pilaantuneita maa-alueita (pima) oli ympäristökeskuksilta saatujen tietojen mukaan Helsingissä 4 kpl ja Espoossa 13 kpl (Taulukko 1). Pohja-/orsiveden kunnostustoimia oli tehty osoitteessa Gräsanlaakso 2 sekä Olarinluoma 2. Muiden kohteiden osalta pohjaveden mahdollinen pilaantuminen ei ole tiedossa.

Taulukko 1. Pilaantuneet / mahdollisesti pilaantuneet maa-alueet metrolinjauksen läheisyydessä 2009.

Osoite	Toiminta	Pilaantuminen / kunnostus	Etäisyys metrolinjasta
Porkkalankatu 9	huoltamo	pilaantuminen todennäköistä	130 m
Porkkalankatu 24	?	maaperä puhdistettu v. 2004	60 m
Lauttasaarenkatu 25	huoltamo	kunnostettu v. 2000	50 m
Otavantie 9	huoltamo	kunnostettu v. 1996, 2000	0 m
Neulaspolku 2	lämpökeskus	pilaantuminen mahdollista	60 m
Menninkäisentie 3	huoltamo (lopetettu)	pilaantuminen todennäköistä	40 m
Jousenkaari 12	mahd. polttonesteiden jakelupiste	pilaantuminen todennäköistä	160 m
Merituulentie 20	kasvihuoneita	pilaantuminen todennäköistä	140 m
Niittymaantie 4	huoltamo	pilaantuminen mahdollista	400 m
Kotitontuntie 2	korjaamo	pilaantuminen todennäköistä	40 m
Riihitontuntie 7	öljysäiliöitä	pilaantuminen todennäköistä	220 m
Riihitontuntie 12	korjaamo	pilaantuminen todennäköistä	90 m
Luomankuja 4	korjaamo	pilaantuminen todennäköistä	170 m
Olarinluoma 2	huoltamo	kunnostettu v. 2000–2006	160 m
Niittykummuntie 4	lämpökeskus (lopetettu)	pilaantuminen mahdollista	90 m
Niittykummuntie 17	kasvihuoneita	pilaantuminen todennäköistä	80 m
Gräsanlaakso 2	huoltamo	osittain kunnostettu	50 m

Lähde: Helsingin ja Espoon ympäristökeskukset

Pohjaveden laatutulosten tulkinnassa on otettava huomioon, että Länsimetron tutkimuspisteverkko on harva ja näytteitä on otettu vain 2 kertaa vuodessa. Vaikka näytteet on pyritty vuosittain ottamaan samaan aikaan, voi vuodenaikainen vaihtelu muodostua kuitenkin suureksi ja osaltaan vaikuttaa tuloksiin. Pohjaveden laatua tarkkailtiin ainoastaan Espoossa.

Ennen rakentamista analysoiduissa vesinäytteissä sähkönjohtavuus oli pääsääntöisesti erittäin korkeaa, joskin näytteiden välinen vaihtelu oli melko suurta. Korkeimmat yksittäiset pitoisuudet olivat Niittykummun maapohjavedessä (~450 mS/m) ja kalliopohjavedessä (~350 mS/m). Sameus ja kiintoainepitoisuuksissa oli näytteenottoajankohdasta riippuen erittäin suurta vaihtelua varsinkin korkeiden

pitoisuuksien osalta. Erittäin suuria yksittäisiä, useita tuhansia mg/l olevia pitoisuuksia havaittiin mm. Otaniemessä, Tapiolassa ja Urheilupuistossa. Myös orgaanisten aineiden kokonaispitoisuus (TOC) ja kemiallinen hapenkulutus oli monessa näytteessä suuri. Kohonneisiin kiintoaine, sameus, TOC ja $KMnO_4$ -pitoisuuksiin on mahdollisesti syynä se, että pohjavesiputkiin pääsee maanpinnan humuspitoisia ja epäpuhtaita vesiä. Normaalisti pohjavesien TOC pitoisuus on <10 mg/l ja esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen seuranta-asemilla vuosina 1975–1997 pohjaveden TOC-pitoisuuksien keskiarvo oli 2,2 mg/l (Soveri *et al.* 2001).

Korkein sulfaattipitoisuus (noin 200 mg/l) analysoitiin Niittykummussa, jossa samoissa havaintoputkissa mitattiin myös selvästi suurimmat kloridipitoisuudet (noin 1 000 mg/l). Raskasmetalleista analysoitiin arseeni (As), kadmium (Cd), kromi (Cr), kupari (Cu), nikkeli (Ni), lyijy (Pb), sinkki (Zn) ja elohopea (Hg). Raskasmetallipitoisuuksissa oli mm. arseenin osalta talousveden raja-arvot ylittäviä arvoja.

Kokonaishiilivedyistä (THC) analysoitiin öljyhiilivetyjakeet C6–C10, C11–C23 ja C24–C35. Pitoisuudet olivat paikoin huomattavan suuria, mutta myös näytteiden sisäinen hajonta oli jo ennen rakentamista suurta (taulukko 2). Suurimmassa osassa näytteistä noin 80–90 % jakeista oli pitkäketjuisia öljyhiilivetyjä. VOC-yhdisteiden lähteitä ovat suurimmaksi osaksi liikenteen palamattomat polttoainejäämät sekä kemialliset liuottimet. Öljyhiilivetyjen tapaan myös VOC-näytteissä havaittiin saman näytepisteen pitoisuuksissa suuria eroja näytteenottoajankohdasta riippuen. Alueellisesti VOC-yhdisteitä esiintyi sekä kallio- että maapohjavesiputkista lähes koko linjaukselta. Suurimmat pitoisuudet havaittiin Niittykummussa (Taulukko 2).

Taulukko 2. Ennen rakentamista analysoitujen pohjavesinäytteiden VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudet.

Pohjavesi-putken numero	Sijainti	Pohjavesi-putken tyyppi	12/2009	3/2010	11/2010	Analysoidut haihtuvat orgaaniset yhdisteet
1045	Matinsolmu	maa-pvp	3.2	2.9	8.1	MTBE, trikloorieteeni, 1,2,4-trimetyylibentseeni, bentseeni
1047	Niittykumpu	maa-pvp	<1.0	<1.0	<1.0	m/p-ksyleeni, o-ksyleeni, dikloorimetaani
1071	Urheilupuisto	maa-pvp	<1.0	<1.0	<1.0	MTBE, TAME
1093	Keilaniemi	maa-pvp	1.4	1.2	<1.0	tolueeni
1104	Niittykumpu	maa-pvp			712	MTBE, TBA, TAME (1,2,4-trimetyylibentseeni, p-kymeeni, 1,2,4,5-tetrametyylibentseeni, diklooripropeeni, 1,2-dikloorietaani)
1107	Tapiola	maa-pvp	3.8	<1.0	8.3	tetra- ja trikloorieteeni
1111	Matinsolmu	maa-pvp	<1.0	2.6	<1.0	tolueeni, tetrametyylibentseeni
1123	Otaniemi	maa-pvp	15	<1.0	<1.0	tolueeni, heptaani, vinyylikloridi, ksyleeni, dikloorimetaani, etyylibentseeni, styreeni
1159	Niittykumpu	maa-pvp	<1.0	<1.0	<1.0	MTBE, TAME (+10 muuta yhdistettä)
1179	Tapiola	kallio-pvp	<1.0	<1.0	9.1	MTBE, styreeni
1181	Tapiola	kallio-pvp	<1.0	<1.0	<1.0	MTBE
1182	Tapiola	kallio-pvp	<1.0	<1.0	1.8	tri- ja tetrakloorieteeni, 1.1.2.2-tetrakloorietaani
1183	Tapiola	kallio-pvp	22	<1.0	<1.0	tri- ja tetrakloorieteeni, etyylibentseeni, m/p-ksyleeni, styreeni, MEK (butanoni)
1184	Tapiola	kallio-pvp	12	9.7	20.4	tri- ja tetrakloorieteeni, p-kymeeni, 1,2-dikloorieteeni, tetrametyylibentseeni
1187	Niittykumpu	kallio-pvp	1.2	1.0	1.2	MTBE
1188	Niittykumpu	kallio-pvp	376	650	70 922	17 eri yhdistettä, eniten MTBE, TAME ja t-butanoli (TBA)
1189	Matinsolmu	kallio-pvp	<1.0	1.9	<1.0	MTBE
1190	Matinsolmu	kallio-pvp	1.0	<1.0	1.5	trikloorieteeni, MTBE
1243	Matinsolmu	maa-pvp		1.6	3.1	MTBE, tetrametyylibentseeni, 1,2,4-trimetyylibentseeni, dikloopropeeni, tolueeni
1244	Urheilupuisto	maa-pvp		4.8	<1.0	MTBE, tolueeni
1248	Tiistilä	maa-pvp		3.0	<1.0	tolueeni

5.3 Pohjaveden käyttö

Linjauksen läheisyydessä pohjaveden käyttö on vähäistä. Käytössä olevia talousvesikaivoja ei ole, koska kaikki kiinteistöt ovat liittyneet kunnalliseen vesi- ja viemäriverkostoon. Pientalo-alueilta löytyy

joitakin rengas- ja porakaivoja, joita käytetään kasteluveden hankintaan. Tunnelilinjauksen läheisyydessä on kuitenkin pohjavettä tarvitsevia maalämpökaivoja. Niistä 7 kpl sijoittuu alle 100 metrin etäisyydelle tunnelilinjauksesta. Kaikki maalämpökaivot ovat Tontunmäen kallioalueella Niittykummussa.

Lähin luokiteltu pohjavesialue on Puolarmetsän pohjavesialue (0104902), joka sijoittuu 1,9 km päähän linjauksesta.

6 HANKKEEN VAIKUTUKSET

6.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Rakentamisen aikana pohjaveden aleneminen kohdistui ensisijaisesti tunnelin lähialueen pohjaveteen etenkin alueilla, joilla vettä johtavat maakerrokset ovat yhteydessä kallioon. Myös kuilukaivantojen alueilla tapahtui pohjaveden alenemista.

Metriluokan pohjavesitason muutoksia esiintyi rakentamisen aikana Helsingin puolella Lauttasaaren aseman itäisen ja läntisen kaivannon (Gyldenintien kaivanto) läheisyydessä, Myllykallion alueella sekä Katajaharjun kuilun läheisyydessä Lauttasaaren itäosassa. Gyldenintien kaivannon läheisyydessä pohjaveden tasoa nostettiin rakentamisen aikana imeyttämällä. Imeytys alkoi kesäkuussa 2012, mutta imeytyskaivoja jouduttiin syventämään ja tehokas imeytys pääsi käyntiin vasta elokuussa 2013. Imeytystä jatkettiin marraskuulle 2015 saakka. Imeytysmäärät vaihtelivat työn aikana. Reilun puolentoista vuoden jaksolla maaliskuun 2014 ja marraskuun 2015 välisenä aikana maaperään imeytettiin vettä noin 8 500 m^3.

Espoossa suurimmat pohjaveden tason alenemiset tapahtuivat Keilaniemen aseman eteläpuolella, Otaniemen pääsisäänkäyntikaivannon ja Tiedon kuilun läheisyydessä, Tapiolassa, Urheilupuiston aseman eteläpuolella, Niittykummun aseman läheisyydessä sekä Matinsolmun ja Matinkylän alueilla.

Painumaseurannan mukaan pohjaveden alenemisesta ei kaikilla kyseisillä alueilla tapahtunut painumia. Rakentamisen aikaisia painumia esiintyi Otaniementien katualueella pääsisäänkäyntikaivannon läheisyydessä, Tapiolan katualueilla huoltotunneleiden läheisyydessä, Urheilupuistossa Esport Centerin maanvaraisissa lattioissa sekä Matinsolmun tiealueella. Esport Centerin lattiat olivat painumassa jo ennen metron rakentamisen alkamista.

Louhintojen aikana työmaiden poistovesiä johdettiin mereen Karhusaaren ja Tapiolan työmailta. Vaikutukset kohdistuivat voimakkaimmin Otsolahdenojaan, jossa veden kiintoainepitoisuuden nousu, veden samentuminen ja typpikuormituksen lisääntyminen olivat ajoittain merkittäviä. Otsolahdenojaan johdettiin samanaikaisesti työmaavesiä myös kaivannoista, jotka eivät liittyneet metron rakentamiseen. Otsolahdenoja ruopattiin Länsimetron toimesta vuonna 2013, sillä kiintoaine oli nostanut uoman pohjaa paikoin jo vedenpinnan tasoon saakka. Karhusaaren louhinnan aikaiset poistovedet johdettiin Keilalahteen. Rakentamisen vaikutukset purkuvesistön laatuun olivat kaiken kaikkiaan pienet. Poistoveden kokonaistyppipitoisuus vaihteli Karhusaaren ja Tapiolan työmailla kiivaimman louhinnan aikana noin 20 ja 200 mg/l välillä. Ammoniumtypen osuus kokonaistyppimäärästä oli näytepisteestä riippuen 35–45 %.

Urheilupuiston asemakaivannon maanrakennustöiden aikana 2012 työmaavesiä johdettiin läheiseen avo-ojaan. Maanrakennustyöt vaikuttivat ojaveden kiintoainepitoisuuden, sameuden, typpipitoisuuden sekä pH:n kohoamiseen.

Pohjaveden laadussa tapahtui muutoksia Tapiolan alueella mm. kemiallisessa hapenkulutuksessa, pH:ssa ja metallipitoisuuksissa. Niittykummussa ja todennäköisesti myös Matinsolmun alueella mm. muutokset haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrässä viittaavat siihen, että pohjavesien virtauksissa on tapahtunut muutoksia pohjaveden alenemisen seurauksena saaden liikkeelle maaperään aikaisemmin johtuneita haitallisia yhdisteitä.

6.2 Käytön aikaiset vaikutukset

Metrotunnelin käytöllä ei ole vaikutusta vesiväyliin, vesistöön eikä vesistön käyttöön. Sen sijaan käytön aikaiset vaikutukset liittyvät pohjavesiin ja ovat seurausta rakentamisen aikaisista kaivu- ja louhintatöistä. Paikoin pohjavesiolosuhteet on saatu palautettua rakentamista edeltäneeseen tilaan, mutta kaikilta osin tiloja ei ole saatu tiivistettyä niin, että pohjaveden virtaus kalliotiloihin ja kaivantoihin olisi estynyt. Näin ollen pohjavesi pääsi paikoin alenemaan ja muodostamaan tai nopeuttamaan jo aikaisemmin alkanutta painumista. Pohjaveden taso on nyt vakiintunut ja koska kaivu- ja louhintatyöt päättyivät vuonna 2013, ei uusia riskialueita enää arvioida syntyvän. Ei ole odotettavaa, että pohjaveden taso enää laskisi, mutta sen sijaan painumien suuruus voi paikoin vielä kasvaa kuitenkin niin, että painumisvauhti hidastuu koko ajan.

6.2.1 Arvioidut vaikutusalueet

Arvioidut vaikutusalueet on esitetty liitteen 3 kartoissa. Alueet, joilla pohjavesi on alentunut, on rajattu sinisellä ja alueet, joilla on todettu painumia tai painumia on odotettavissa, on rajattu punaisella. Kartoissa näkyvät myös tarkkailusuunnitelman mukaiset aluekohtaiset pohjaveden ja painumien seurantapisteet.

6.2.2 Vaikutukset pohjavesiolosuhteisiin

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi rakentamisen aikana syntyneet vaikutusalueet pohjavesiin ja alueiden erityispiirteet.

6.2.2.1 Helsinki

Lauttasaaressa pohjavesi on hankkeen vaikutuksesta laskenut aseman itäisen sisäänkäynnin läheisyydessä noin 1,5 metriä. Kyseisellä alueella pohjavesiallas on muodostunut erittäin pieneen maljamaiseen kalliopainanteeseen, joka ulottuu Otavantie 12–14 kiinteistön alle. Maaperä on moreenia.

Katajaharjun kuilun läheisyydessä pohjavesi laski noin 3 metriä luonnollisesta tasosta kuilun kaivutyön aikana 2012. Pohjaveden taso palautui hieman vuoden 2014 aikana (nykyinen pohjaveden taso ei ole tiedossa havaintoputken tuhouduttua). Pohjaveden alenemisesta ei havaittu aiheutuvan vaurioita tai vahinkoa. Maaperä on tiivistä moreenia ja hiekkaa.

6.2.2.2 Keilaniemi

Keilaniemessä pohjaveden aleneminen sijoittuu Keilaniemen aseman eteläosaan. Alueen havaintoputkissa pohjavesi aleni rakentamisen aikana havaintopisteestä riippuen noin 1…2 metriä. Pohjavesiolosuhteet ovat pääosin meriveden säätelemiä, eikä pohjaveden alenemisesta havaittu aiheutuvan vahinkoa alueelle.

6.2.2.3 Otaniemi

Otaniemessä pohjavesi aleni kuilujen lähistöllä: Otarannassa, Otaniemen (Aalto-yliopisto) aseman pääsisäänkäynnin läheisyydessä ja Tiedon kuilun läheisyydessä. Tiedon kuilun läheisyydessä pohjaveden lasku oli paikoin useita metrejä. Maaperä ko. alueella on moreenia, jossa on suuret vuodenaikaiset pohjaveden tason vaihtelut. Kuilujen läheisyydessä pohjaveden aleneminen on pienialaista ja näin ollen vaikutuksiltaan vähäistä.

Suurempi vaikutusalue sijoittuu Hagalundintien (Kehä I) läheisyyteen, jossa pohjavesi laski 15–40 cm pitkäaikaisesta keskiarvosta. Pohjaveden alenemisesta ei havaittu aiheutuvan vaurioita tai vahinkoa.

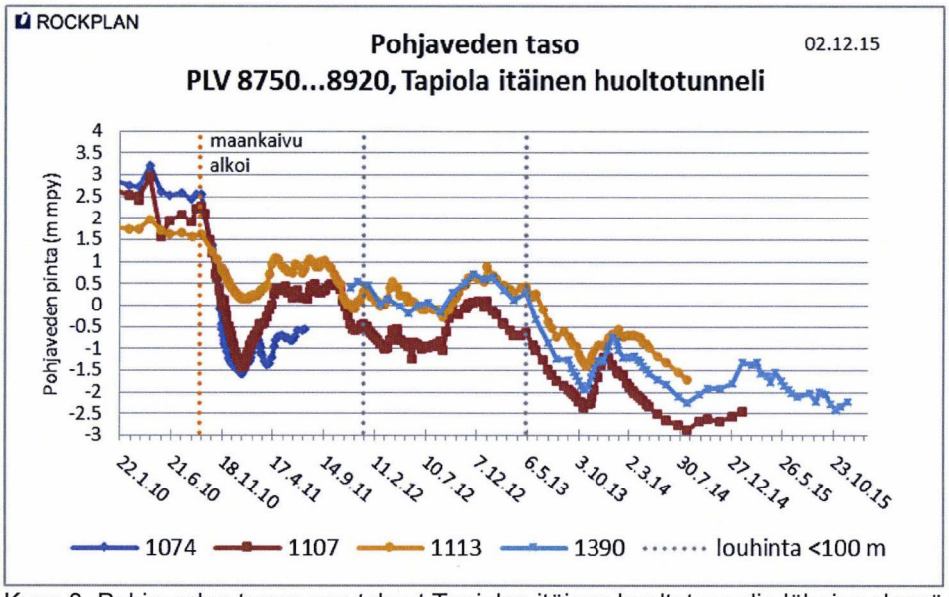
6.2.2.4 Tapiola

Tapiolassa pohjavesi on laskenut useita metrejä ja vaikutusalue ulottuu aina Menninkäisentien Silkkiniityltä Etelätuulentien länsipuolelle saakka. Suurimmillaan vaikutukset ovat Tapiolan itäisen huoltotunnelin alueella (Kuvat 3 ja 4). Itäisen huoltotunnelin alueella ongelmat alkoivat jo ajotunnelin maankaivun yhteydessä vuonna 2010. Ponttien väleistä ja alareunan alta purkautui vettä ja hienoa hiekkaa, sillä osa ponteista oli jäänyt kalliopintaa ylemmäksi. Merkittävä syy pohjaveden pinnan tason

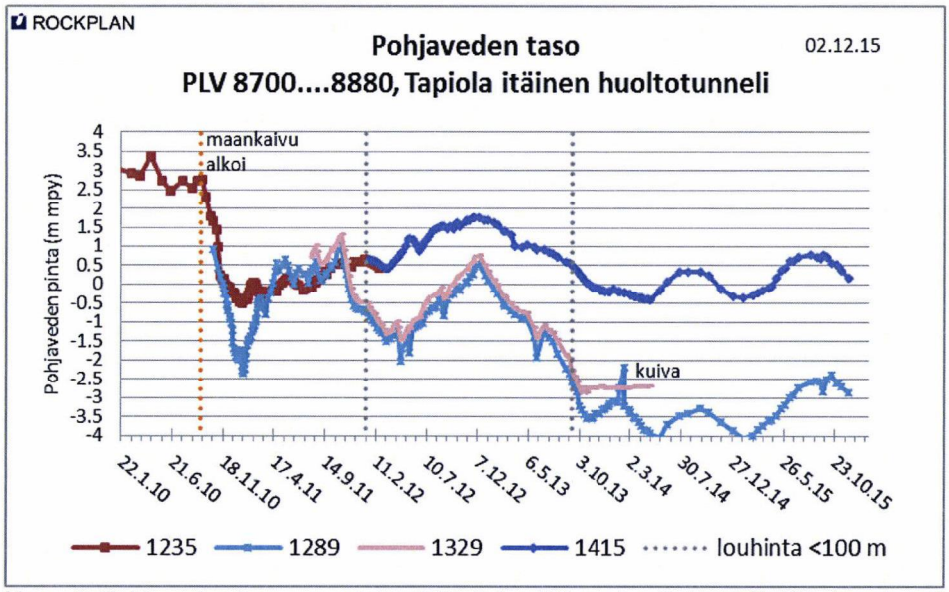
suureen alenemiseen oli se, että suunnitelmien mukaista suihkuinjektointiseinää ponttiseinien ja kalliopinnan väliselle alueelle ei ennen kaivua toteutettu. Tunnelilouhinnat ja vaikeasti injektoitavissa olevat vettäjohtavat rakosysteemit pahensivat tilannetta entisestään eikä tiiveystavoitteita saavutettu. Kalliopohjavesi laski aina lokakuulle 2014 saakka, jolloin se vakiintui tunnelin välittömässä läheisyydessä noin tasolle -13,5. Maapohjavedessä aleneminen oli noin 4 metriä.

Kirkkopuistikossa toteutettiin rakentamisen aikana pohjaveden imeytystä, joka toimi hyvin niin kauan, kun imeytettävän veden määrä oli suuri. Vuoden 2013 aikana imeytettävän veden määrä väheni ja pohjavedentaso laski niin alas, että imeytykseen käytettyä huoltotunnelin vuotovettä ei riittänyt juuri lainkaan. Kesäisin kaupunki on kastellut Kirkkopuistikkoa arvokkaiden mäntyjen vuoksi, mutta maaperään pohjavedeksi imeytynyt vesimäärä on ollut poistumaan nähden marginaalista.

Pohjaveden tason alentumisella on myös vaikutusta alueen kasvillisuuteen, minkä vuoksi Kirkkopuistikossa sijaitsevien maisemallisesti arvokkaiden vanhojen mäntyjen kuntoa ja vedensaantia alettiin vuonna 2012 tarkkailla Helsingin yliopiston toimesta. Männyt ovat selvinneet hyvin.



Kuva 3. Pohjaveden tason muutokset Tapiolan itäisen huoltotunnelin läheisyydessä 2010–2015.

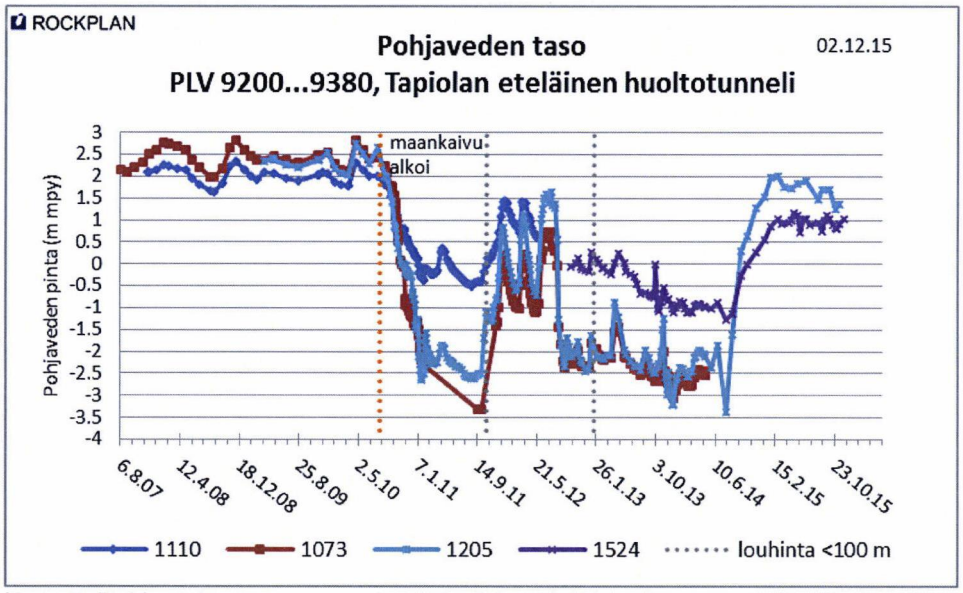


Kuva 4. Pohjaveden tason muutokset Tapiolan itäisen huoltotunnelin läheisyydessä 2010–2015.

Tapiolan eteläisen huoltotunnelin läheisyydessä ongelmat alkoivat samankaltaisina kuin itäisellä huoltotunnelilla. Maakaivannon ponttiseinät vuosivat ja niiden alapäiden injektointi jouduttiin paikoin tekemään kahteen kertaan. Osassa kaivannosta on porapaalut, joiden kautta nousi kaivantoon runsaasti vettä ennen paalujen valamista. Myös eteläisen ajotunnelikaivannon osalta jätettiin suunnitelmien mukainen suihkuinjektointiseinä toteuttamatta, mikä osaltaan vaikutti huomattavaan pohjavesipintojen alenemiseen. Vuoden 2011 aikana maakaivanto saatiin tiiviiksi ja louhinnat käynnistyivät.

Suuret vuotovesimäärät sekä itäisellä että eteläisellä huoltotunnelilla johtuivat suurelta osin betonitunneliosuuden kalliopohjasta tulevista vuodoista. Jatkuvan työmaaliikenteen vuoksi pohjan jälki-injektointitöitä jouduttiin jatkuvasti siirtämään. Lisäksi suurimpien vuotojen paikallistaminen osoittautui ongelmalliseksi. Vuotoja ei havaittu heti betonitunneleiden rakentamisen yhteydessä tai sen jälkeen, sillä pohjaveden taso oli laskenut maanrakennustöiden vaikutuksesta eikä vuotoja tuolloin esiintynyt.

Eteläisen huoltotunnelin kalliotunneliosuuden jälkitiivistys toteutettiin keväällä 2014. Huoltotunnelin ilmeisen massiivisen pohjan vuodon, joka paikallistettiin vuonna 2013, injektointi aloitettiin toukokuussa 2014 ja saatiin tukittua viimeistään valamalla vuotokohdan päälle betonikuutio elokuun lopulla 2014. Tämä toimenpide vaikutti siihen, että pohjavedentaso eteläisen huoltotunnelin ympäristössä kääntyi elokuussa 2014 jyrkkään nousuun ja pohjaveden tasot palautuivat loppuvuoteen mennessä paikoin lähelle vuoden 2010 lähtötilannetta (Kuva 5).



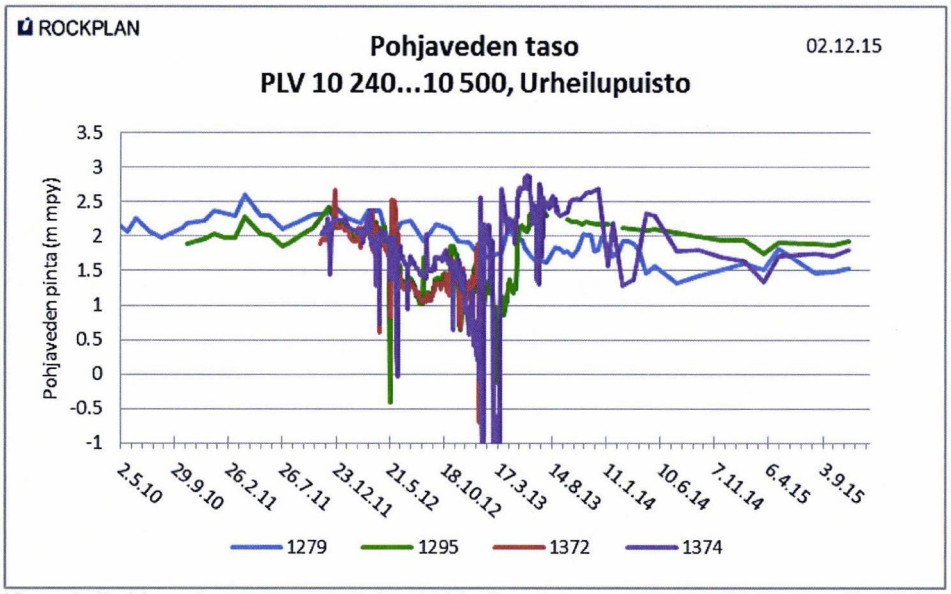
Kuva 5. Pohjaveden tason muutokset Tapiolan eteläisen huoltotunnelin läheisyydessä 2010–2015.

Useiden metrien aleneminen pohjaveden tasossa näyttäisi vaikuttavan pohjaveden laatuun. Vuosien 2012–2014 pohjavesinäytteissä havaitaan muutoksia mm. pH:ssa, kemiallisessa hapenkulutuksessa ja metallipitoisuuksissa. Metallipitoisuudet alittivat kuitenkin talousvedelle asetetut raja-arvot. Lisäksi nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumpitoisuudet kasvoivat yleisesti ottaen vuosina 2012 ja 2013. VOC-yhdisteiden pitoisuus pohjavesinäytteissä on aavistuksen pienentynyt. On mahdollista, että varsinkin kalliopohjaveden virtaussuunnissa on tapahtunut louhintojen vaikutuksesta muutoksia, mitkä näkyvät pohjaveden laatumuutoksina. Pitoisuusmuutokset VOC-yhdisteiden, metallien ja typpiyhdisteiden osalta ovat toki pieniä, mutta kuitenkin havaittavia. Poikkeuksena on pohjavesiputken 1107 nitraattipitoisuus, joka ennen rakentamista oli tasolla 10 mg/l, vuonna 2011 alle 2 mg/l ja syksystä 2012 lähtien pitoisuus on vaihdellut 55 ja 92 mg/l välillä. Syytä suureen, kaikista muista Länsimetron pohjavesinäytteistä poikkeavaan nitraattipitoisuuteen, ei ole löytynyt.

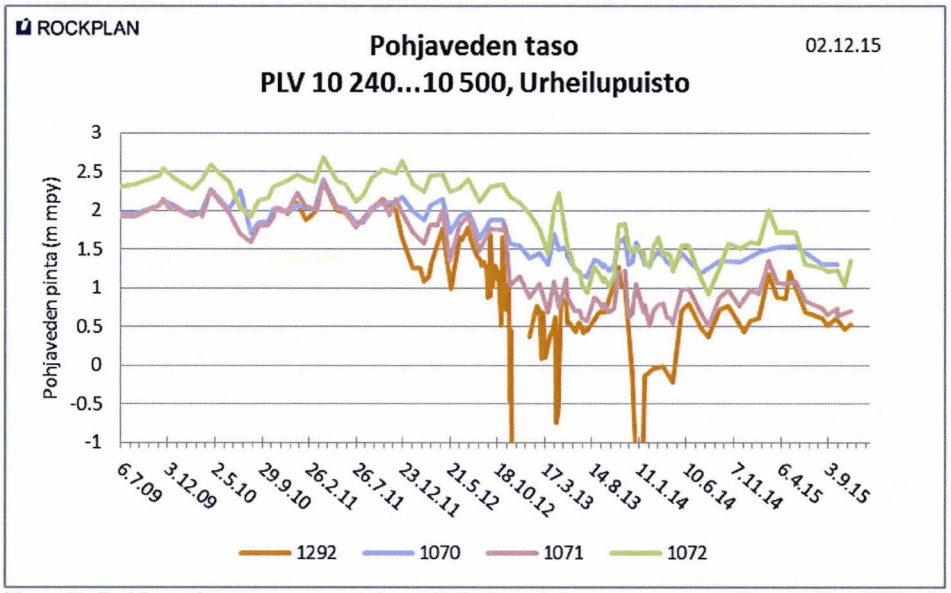
6.2.2.5 Urheilupuisto

Urheilupuiston massiivista asemamonttua alettiin kaivamaan vuonna 2011. Kaivanto tuettiin ponttiseinillä ja kaivannon syvimmällä osalla ponttiseinän eteen kaivannon puolelle porattiin porapaalut. Ponttiseinän alapäähän kalliota vasten valettiin juuripalkki. Pohjaveden taso lähti laskemaan vuoden 2012 aikana, jolloin havaittiin vuotoja mm. ponttiseinien ankkurointien yhteydessä (Kuvat 6 ja 7). Asemakaivannon ympärille rakennettu pohjaveden imeytysjärjestelmä otettiin käyttöön toukokuussa 2012. Maankaivutyöt keskeytettiin kesän 2012 ajaksi Espoon rakennusvalvonnan toimesta tukiseinäankkureiden pettämisen vuoksi. Kaivutöitä jatkettiin syksyllä 2012.

Pohjaveden taso pysyi vuoden 2013 aikana melko hyvin vakaana tai palautui lähelle normaalitasoa imeytyksen ansiosta. Kalliopohjavesi sen sijaan laski vuoden 2013 lopulla nykyiselle tasolle kaivannon pohjoispuolella noin 2 metriä ja kaivannon eteläpuolella noin 7 metriä lähtötasosta. Imeytysjärjestelmä oli käytössä joulukuun 2013 puoleen väliin saakka ja imeytetyn veden määrä vuonna 2013 oli keskimäärin 191 m^3/vrk. Imeytys lopetettiin joulukuussa, kun louhintaurakoitsija sai työt valmiiksi. Tämän vuoksi varsinkin putkissa, joiden pohjavedentaso nousi vuoden 2013 aikana, tapahtui jyrkkää laskua joulukuun 2013–tammikuun 2014 välisenä aikana. Imeytysjärjestelmä kunnostettiin helmikuussa 2014 ja imeytystä jatkettiin maaliskuusta 2014 lähtien volyymilla 200 m^3/vrk. Kesäkuussa imeytysmäärää pienennettiin niin, että määrä oli noin 50–100 m^3/vrk. Vuoden 2015 aikana imeytysmäärät olivat noin 60–80 m^3/vrk.



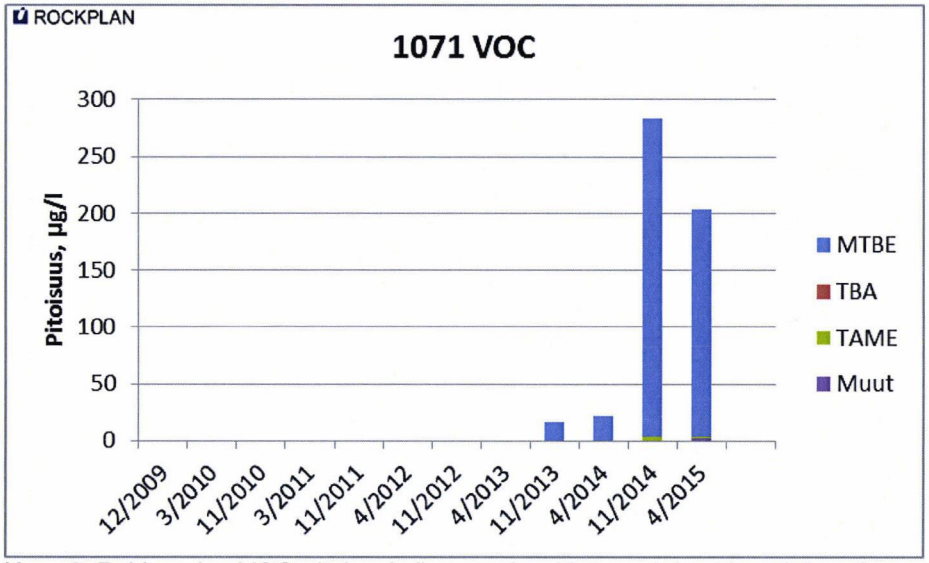
Kuva 6. Pohjaveden tason muutokset Urheilupuiston aseman pohjoisreunalla 2010–2015.



Kuva 7. Pohjaveden tason muutokset Urheilupuiston aseman eteläpuolella 2009–2015.

Urheilupuiston alueella suoritettiin jälki-injektointeja pääasiassa vuoden 2013 syksyllä. Tuolloin tiivistettiin mm. asemakaivannon seinämiä sekä ratatunnelia. Vuoden 2014 toukokuussa tiivistettiin vielä asemakaivannon eteläisen tukiseinän vuotava ankkuri ja tehtiin pieniä tiivistystoimenpiteitä ratatunneleissa.

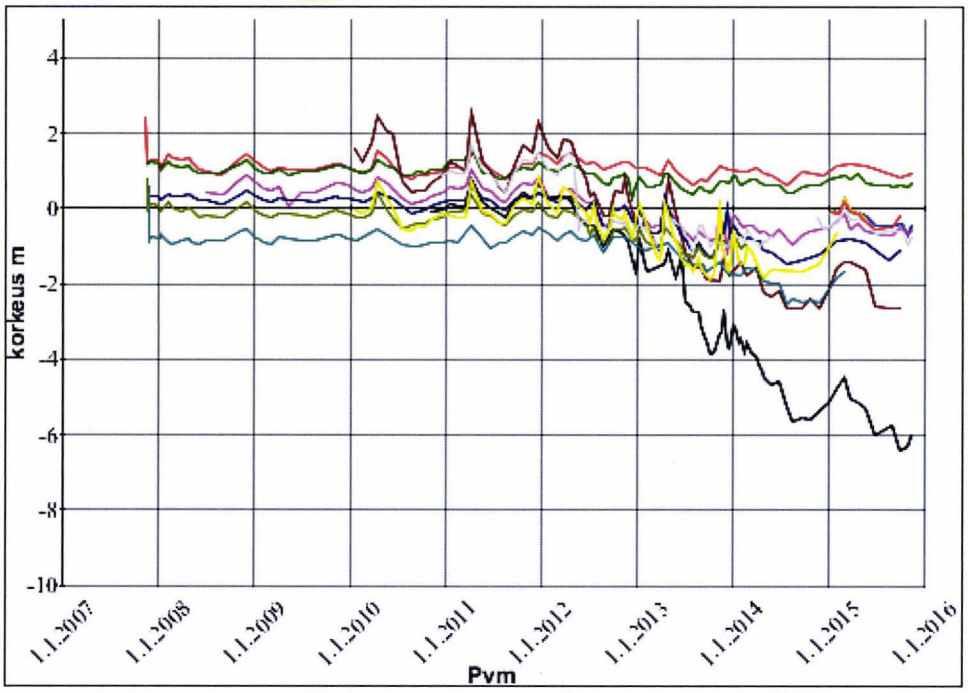
Pohjaveden laadussa havaittiin muutosta Merituulentien varrella sijaitsevassa seurantapisteessä 1071 marraskuun 2013 näytteenottokierroksesta lähtien. Pohjavesinäytteessä havaittiin pieniä pitoisuuksia MTBE:tä, jonka pitoisuus kasvoi seuraavien vuosien näytteissä (Kuva 8). Havaitut yhdisteet ovat bensiinin lisäaineita. Merituulentien varrella kyseisestä havaintoputkesta vajaat 200 metriä itään sijaitsee taulukossa 1 mainittu todennäköinen pima-kohde. Alueella on kasvihuone.



Kuva 8. Pohjaveden VOC-pitoisuuksissa analysoidut muutokset havaintoputkessa 1071 vuosina 2009–2015.

6.2.2.6 Niittykumpu

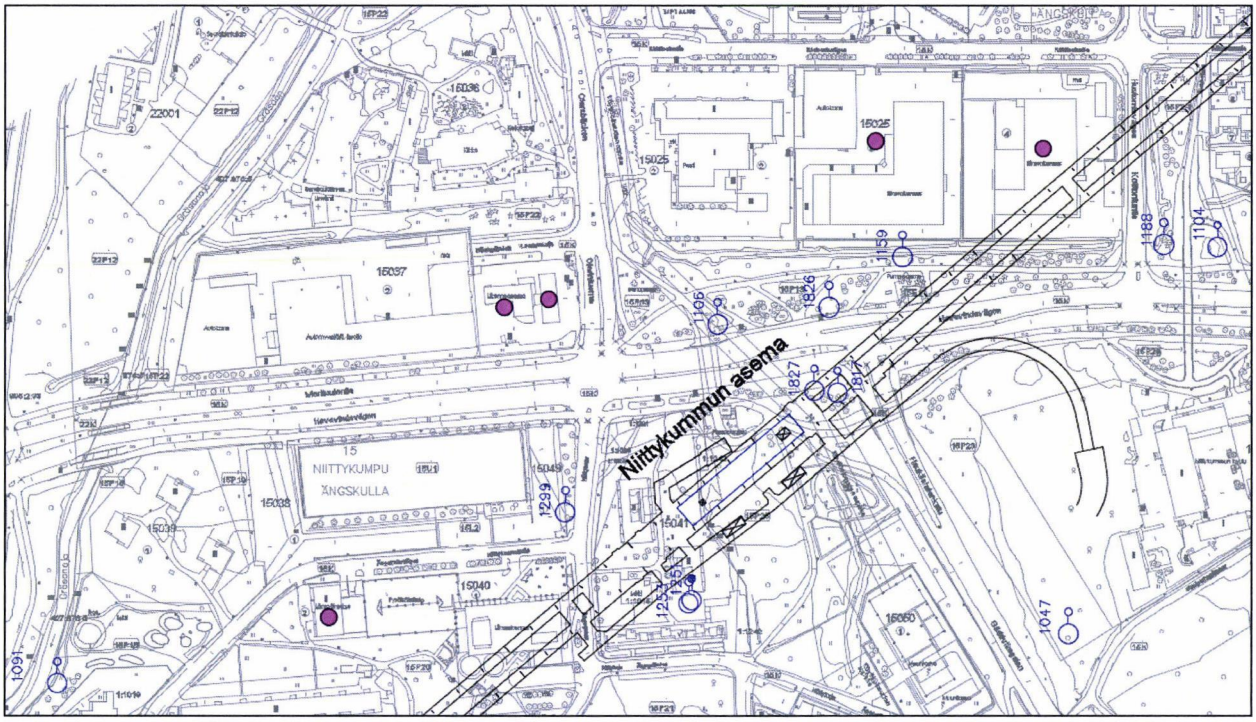
Pohjavedentaso aleni, kun louhinnat etenivät ratatunneleihin toukokuussa 2012. Kalliopohjaveden taso lähti ratatunneleiden pohjoispuolella laskemaan rajusti jo huhtikuussa 2012, jolloin louhittiin huoltotunnelin 1. haaraa. Alimmilleen pohjavedentaso laski putkessa 1299, jossa muutos on noin -6 metriä. Pohjavedentaso laski vielä vuonna 2014, vaikka louhinnat päättyivät jo syksyllä 2013. Muissa putkissa alin taso saavutettiin lokakuussa 2014, jonka jälkeen pohjavedentaso hieman nousi ja oli 2015 lopulla yleisesti ottaen keskimäärin 0,6…3,5 metriä normaalitasoa alempana (Kuva 9).



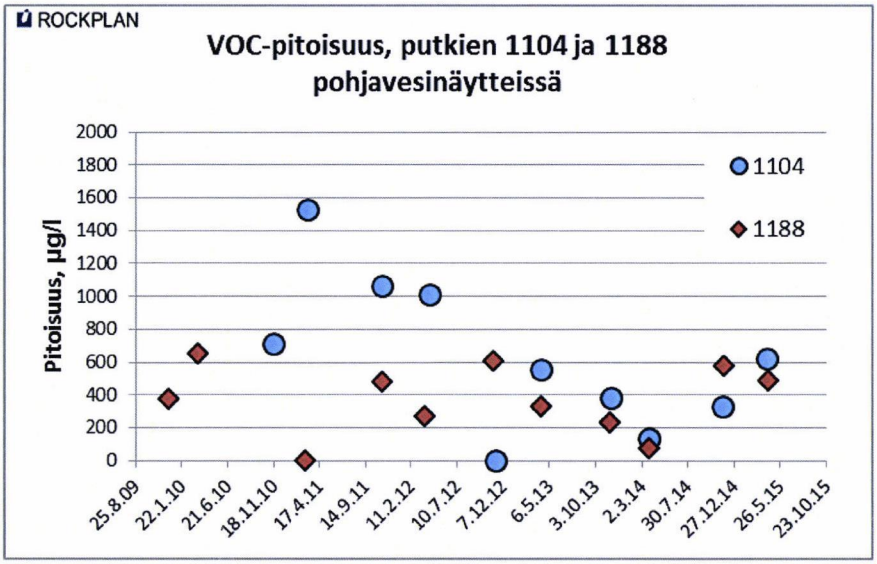
Kuva 9. Pohjaveden taso Niittykummun asemahallin ympäristössä (1101 punainen, 1104 vihreä, 1159 magenta, 1106 sininen, 1266 keltainen, 1253 ruskea, 1108 sinivihreä ja 1299 musta).

Niittykummun pohjavedenlaadussa havaittiin ennen Länsimetron rakennustöiden aloittamista suuria määriä VOC-yhdisteitä, mm. MTBE:ä ja TAME:ä. SAMASE-luokituksen saaneita kohteita oli Niittykummun alueella yhteensä 5 kpl (Kuva 10), joista Olarinluoma 2 osoitteessa oli tehty orsiveden kunnostustoimia vuosina 2000–2006. Talousvedelle asetetut raja-arvot ylittyivät mm. sameuden, värin, arseenin, hapenkulutuksen, kloridin ja sähkönjohtavuuden osalta. Vuonna 2012 havaintoputken 1159 näytteessä nitriitin ja nitraatin pitoisuudet olivat edellisvuosia korkeammat.

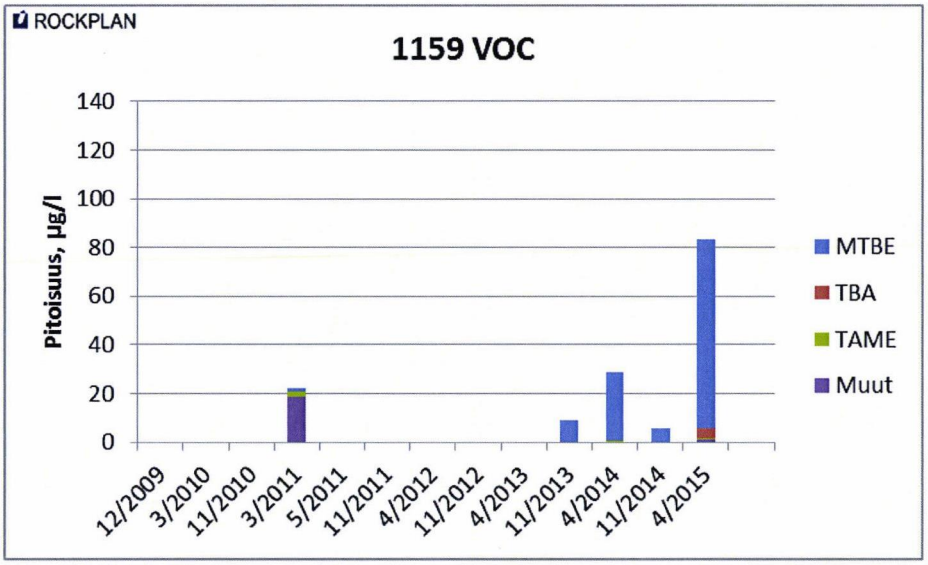
VOC-yhdisteiden pitoisuudet putkissa, joissa niitä ennen rakentamista havaittiin, ovat vaihdelleet suuresti (Kuva 11). Tulosten perusteella on vaikea sanoa onko pohjaveden aleneminen mahdollisesti voimistanut VOC-yhdisteiden liikkumista pohjavedessä, sillä yhdisteiden esiintymisaluetta tai päästölähdettä ei täsmällisesti tunneta. Vuosina 2012 ja 2013 otettiin muutamia näytteitä tunneliin vuotavasta kalliopohjavedestä, josta analysoitiin pieniä määriä MTBE:tä. Vuonna 2014 tunnelista pumpattu poistovesi sisälsi niin ikään VOC-yhdisteitä. Lisäksi pohjavesiputkessa 1159 VOC-yhdisteitä on esiintynyt marraskuusta 2013 lähtien (Kuva 12), mutta myös kerran ennen rakentamista. Havaintoputkesta 1299 otetuissa näytteissä marraskuusta 2014 lähtien on aikaisemmasta poiketen esiintynyt pieniä määriä (< 5 µg/l) VOC-yhdisteitä. Havainnot viittaisivat siihen, että VOC-yhdisteitä on mahdollisesti levinnyt rakentamista edeltävää aikaa laajemmalle alueelle.



Kuva 10. Mahdollisten pima-kohteiden (punaisella) ja pohjaveden havaintoputkien sijainti Niittykummussa.



Kuva 11. Haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen pitoisuusvaihtelu putkien 1104 ja 1188 pohjavesinäytteissä 2009–2015.

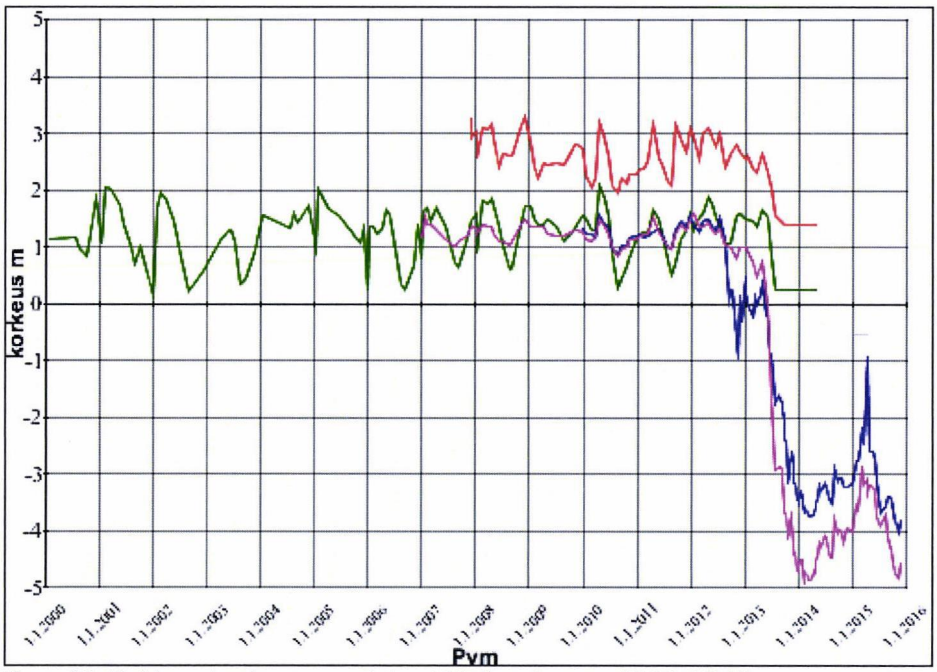


Kuva 12. Haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen pitoisuus havaintoputken 1159 näytteissä 2009–2015.

6.2.2.7 Matinsolmu ja Matinkylä

Toukokuussa 2013 alkoivat Matinsolmun alueen pohjavedet laskea äkillisesti ja laajalla alueella (Kuva 13). Koska alueella on paineellista pohjavettä ja paksun savikon alla on erittäin hyvin vettäjohtava moreenikerrostuma tai lajittunut maa-aines, mahdollistaa se pohjaveden suuren virtausnopeuden (hiekassa jopa 0,5–5 m/vrk; Mälkki 1999). Vettäjohtavan kerroksen paksuus on ilmeisen ohut, jonka vuoksi kohtalaisen pienestäkin muutoksesta voi seurata suurta pohjavedenpinnan alenemista. Tämän vuoksi pohjavedenpinnan aleneminen tapahtui niin nopeasti ja oli erityisen huomattavaa. Pohjaveden aleneminen tapahtui samanaikaisesti ja samalla intensiteetillä noin puolen kilometrin matkalla Gräsanlaaksossa. Louhinta oli tuolloin idässä noin 400 metrin etäisyydellä ja lännessä noin 250 metrin etäisyydellä Matinsolmusta. Matinkylän suunnasta itään päin etenevät louhinnat saavuttivat huhtikuussa 2013 alueen, jolla esiintyi erityisen runsaita vuotoja. Toukokuussa puhkaistiin mm. Nelikkotien kuiluperän kohdalla ratatunneleiden välinen yhdystunneli. Vaikka alue tiedettiin ennalta kalliolaadultaan heikoksi ja jossa näin ollen tehtiin systemaattiset esi-injektoinnit, jäi alue vuotamaan runsaasti. Tähän vaikuttivat myös louhinnasta aiheutuneet kallion liikkeet, jotka avasivat vuotovesille yhteyksiä injektoidussa vyöhykkeessä tunnelin ympärillä. Todennäköisesti nämä vuodot aiheuttivat pohjaveden alenemisen jopa puolen kilometrin päässä Gräsanlaaksossa. Myös Matinsolmun kuilun maakaivannon tiivistämisessä oli haasteita: ponttien ankkurireikiä tukittiin sekä ponttien ja kallion saumaa injektoitiin vuotojen pysäyttämiseksi vuoden 2013 aikana.

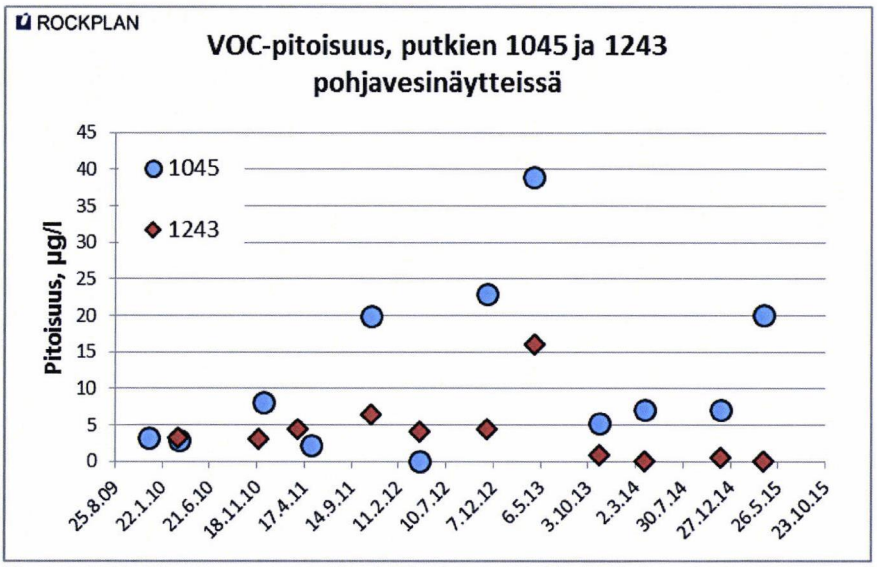
Pohjavesitason aleneminen hidastui vasta loppuvuodesta 2013. Tasaantumiseen vaikuttivat todennäköisesti jälki-injektointien käynnistäminen sekä sateinen ja leuto alkutalvi. Joulukuussa 2013 alueella aloitettiin systemaattiset jälki-injektoinnit sementillä sekä kemialliset jälki-injektoinnit. Vuotoalue pienentyi selvästi ja juoksevat vuodot tiivistyivät pääosin tippavuodoiksi. Jälki-injektointeja jatkettiin vielä maaliskuussa 2014, jolloin pohjaveden aleneminen oli pysähtynyt. Nelikkotien läheisyydessä on havaittavissa, että kuivan kauden pohjaveden taso on louhintojen aikaan ja louhintojen jälkeisenä aikana alentunut ja pysytellyt alhaalla pidempään kuin ennen louhintoja. Kyseistä ilmiötä havaitaan useasti louhittujen tilojen välittömässä läheisyydessä.



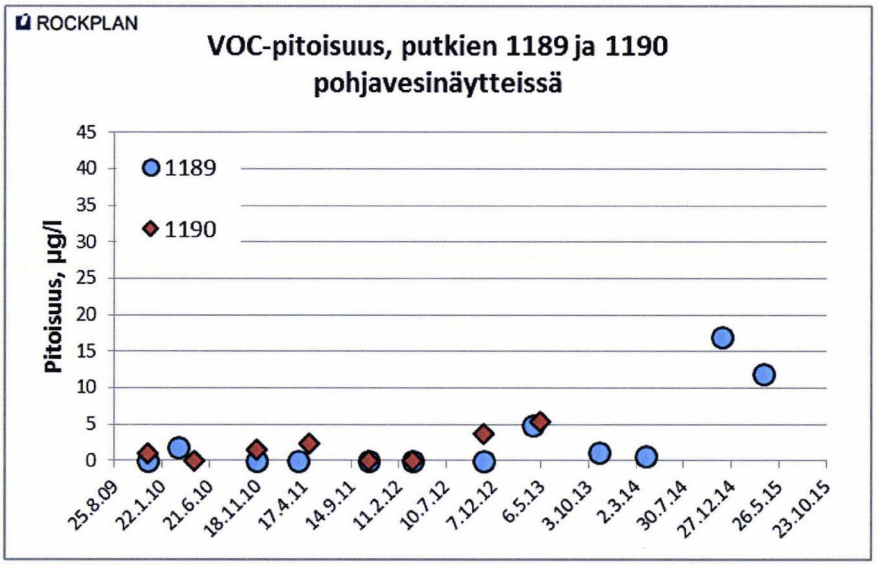
Kuva 13. Pohjaveden tason muutokset Matinsolmussa 2009–2015.

Vuonna 2015 kehitys on ollut vuonna 2014 alkaneen lupaavan alun jälkeen jälleen laskusuuntaista. Matinsolmun risteysalueella alkoi loppukesällä 2014 mm. Länsiväylän lisäkaistojen (joukkoliikennekaistat) rakentaminen. Gräsanlaakson tie- ja katujärjestelyiden parannustyöt Kehä II:n eteläpäässä käynnistyivät vuoden 2014 lopulla. Hankkeessa muutetaan nykyinen Gräsanlaaksontien ja Matinsolmun eteläisten ramppien liikennevalo-ohjattu liittymä kiertoliittymäksi. Hankkeeseen liittyy myös kevyen liikenteen sillan rakentaminen Kehä II:n yli sekä Gräsanojan kohdalle rakennettava Länsiväylän alitus. Hanke toteutetaan vuosien 2015 ja 2016 aikana. Kyseisillä hankkeilla voi olla vaikutusta pohjavesiolosuhteisiin vuoden 2015 aikana.

Suuret muutokset pohjavedenpinnan korkeuksissa näyttävät vaikuttavan myös pohjaveden laatuun mm. eräiden metallien, kloridin, sulfaatin ja VOC-yhdisteiden osalta. Kuvissa 14 ja 15 on esitetty VOC-yhdisteiden pitoisuusvaihtelut seurantajaksolla 2009–2015 Matinsolmun alueen maa- ja kalliopohjaveden havaintopisteissä. Kalliopohjaveden havaintopisteessä 1189 VOC-yhdisteen pitoisuus on kasvanut lähtötasosta. Putkesta 1190 ei ole saatu näytettä kevään 2013 jälkeen.



Kuva 14. Haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen pitoisuus Gräsanlaakson maapohjavesinäytteissä 2009–2015.



Kuva 15. Haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen pitoisuus Gräsanlaakson kalliopohjavesinäytteissä 2009–2015.

Matinkylän huoltotunnelin ja hallien alueella pohjavesi laski havaintopisteiden mukaan noin 1–2 metriä luonnollisesta tasostaan vuoden 2011 aikana. Siitä lähtien pohjavedentaso on keskimäärin pysytellyt samoissa lukemissa.

6.2.3 Vaikutukset rakennuksiin ja rakenteisiin

Painumaseurantaverkosto rakennettiin vuonna 2010, jonka ensimmäisellä puoliskolla tehtiin ns. alkumittaukset, joihin rakentamisen aikaisia ja jälkeisiä seurantatuloksia verrataan. Seurantaverkosto koostui yhteensä yli 700 seurantapisteestä ja verkostoa laajennettiin myöhemmin mm. Urheilupuiston ja Matinsolmun alueilla.

Lauttasaaressa Lahnalahden puiston alueella oleva savikko määriteltiin painumariskialueeksi, johon myös seuranta pääosin keskittyi. Lisäksi seurattiin lähialueiden rakennuksia sekä tunnelilinjauksen päällä olevia rakennuksia. Lahnalahden puistossa leikkipuistorakennuksen toinen tarkkailupiste on painunut 4 mm ja aseman itäisen kuilun lähellä kiinteistössä Otavantie 12–14 yksi tarkkailupiste 6 mm lähtötasostaan. Kyseisessä rakennuksessa on todettu painumavaurioita jo ennen metron rakentamista. Muissa pohjaveden alenemisen vaikutusalueen painumaseurantapisteissä ei tulosten mukaan havaittu painumaa.

Otaniemessä aseman pääsisäänkäyntikaivannon läheisyydessä pohjaveden tason alenemisesta on aiheutunut mittauspisteiden mukaan enimmillään noin 17 mm painumaa katualueelle. Katualueen rakenteiden tai putkijohtojen vaurioitumisesta ei ole havaintoja. Mäntyviita 10:ssä sijaitsevan omakotitalon painumapulttien korkeusasema laski vuoden 2012 aikana noin 6 mm. Pulttien korkeusasemassa ei ole sen jälkeen tapahtunut muutoksia.

Tapiolassa itäisen huoltotunnelin läheisyydessä katualueella havaittiin painumaa, joka alkoi vuoden 2010 lopulla. Painuman suuruus katualueella oli vuoden 2013 lopulla yhden seurantapisteen mukaan noin 60 mm. Seurantapiste tuhoutui vuoden 2013 lopulla. Tapiolan eteläisen huoltotunnelin läheisyydessä Itätuulen- ja Etelätuulentien katualueilla on niin ikään tapahtunut painumaa. Itätuulentiellä ja -kujalla painumista on todennäköisesti tapahtunut jo ennen rakentamista. Itätuulentiellä painumaa oli vuoden 2014 huhtikuussa seurantapisteiden mukaan enimmillään noin 50 mm lähtötilanteeseen verrattuna. Etelätuulentiellä painuman kokonaissuuruus seurantapisteen T13 mukaan oli 8 mm. Menninkäisentien, Tapionraitin, Itätuulenkujan, Merituulentien tai Hakarinteen rakennuksissa ei havaittu painumia. Länsimetro sai 2014 korvausvaateen kiinteistöosakeyhtiö Tapiontuulelta, joka sijaitsee osoitteessa Itätuulentie 1. Asian käsittely on kesken. Korvausvaateita on tullut myös Itätuulentie 2:ssa sijaitsevan Kielas toimistorakennuksen piha-alueiden painumista. Kiinteistön kanssa on käyty neuvotteluja ja korjauksia on tehty rakentamisen aikana.

Urheilupuistossa Esport Centerin ja asemakaivannon väliselle kevyenliikenteenväylälle syntyi pienimuotoinen painuma, kun ankkurireiästä purkautui kaivantoon vesipitoista maa-ainesta kesällä 2012. Sen lisäksi Esport Centerin maanvaraisesti perustettujen lattioiden painuminen on hankkeen vaikutuksesta todennäköisesti kiihtynyt. Tennishallin ns. vanhan puolen kaakkois- ja eteläosan mittauspisteissä on havaittu noin 15–30 mm:n painumia lähtötasoon 2012 verrattuna. Painumat ovat havaittavissa sisätiloissa: lattian ja seinän liittymäkohta on useassa paikassa auki. Kantavien teräspilarien kohdalla lattia ei ole painunut, mutta "roikkuu" pilarien välisellä alueella (Kuva 16).

Kuva 16. Tennishallin lattian painumaa (Kuva Kauko Ruotsalainen 16.6.2014).

Niittykummussa pohjaveden alenemisesta aiheutui mahdollisesti maaperän painumaa Niittykummun aseman länsipäässä. Painuneet seurantapisteet sijaitsivat putkijohtojen kaivojen reunarenkaissa. Vuoden 2014 alussa painuman suuruus vaihteli noin 6…40 mm. Niittytorin kauppakeskuksen pihan painumista esitettiin reklamaatio, jonka seurauksena painumat korjattiin. Asunto-osakeyhtiö Niittykumpu 3:ssa (Niittykatu 2) katselmoitiin pihan maanvaraiset portaat 2015. Länsimetro esitti korjaussuunnitelman taloyhtiölle ja korjautti portaat.

Matinsolmussa pohjaveden painetason aleneminen on aiheuttanut painumia Matinsolmun tiealueella. Helsinkiin päin menevä bussiramppi, joka yhtyy Länsiväylään, on arkistotietojen perusteella uusittu ja vanha puupaalurakenne korvattu teräsbetonipaalulaatalla ja teräsbetoni-teräsputkiporapaaluilla 90-luvulla. Gräsanlaakso-tieltä Helsinkiin päin menevä ajoramppi on todennäköisesti perustettu puupaaluhatturakenteen varaan. Muilta osin alueen väylät ovat arkistotietojen perusteella rakennettu maanvaraisina. Bussirampin painumia on mitattiin toukokuusta marraskuulle 2015. Mittaustulosten mukaan selvää painumista ei ole havaittavissa. Muissa painumaseurantapisteissä vuonna 2013 alkanut painuma vaihtelee mittaustulosten mukaan noin 20…70 mm. Gräsanojan kohdalla Helsinkiin päin menevällä kaistalla havaittu painuma on selvitetty Liikenneviraston kanssa ja korjattu marraskuussa 2014.

Osoitteessa Gräsanlaakso 2 sijaitsevan huoltoaseman tankkauskatoksen tukipylvään betonisen korokkeen reunarautaan kiinnitetyn tarkkailupisteen huomioraja alittui toukokuun 2014 mittauskierroksella. Painuman suuruus on noin 8 mm lähtötasosta. Länsimetron suorittamassa tarkastuskäynnin yhteydessä ei jakeluaseman pihassa havaittu painumia. Huoltamolle on ilmoitettu painumapultin korkeusaseman muutoksesta. Huoltamon mukaan keväällä 2014 tankkausalustojen katselmuksessa ei ollut havaittu poikkeavaa.

Metrolinjauksen läheisyydessä olevista pora- ja maalämpökaivoista yhdestä porakaivosta (Niittykatu 19) ilmoitettiin vähentyneestä veden tuotosta. Asiasta ei esitetty korvausvaatimusta.

6.2.4 Vaikutukset pintavesiin

Sadevesiviemäreihin ja suoraan mereen tunnelista johdettavat vedet ovat pääosin puhtaita pohjavesiä. Merialueiden alla tunnelin vuotovedet ovat käytännössä merivettä. Näinollen vesien johtamisesta ei aiheudu veden laadun heikkenemistä, jolla olisi vaikutusta Natura 2000 -alueen tai muiden suojelualueiden tilaan, kalakantoihin eikä purkuvesistöjen tai rantojen virkistyskäyttöön. Taulukoissa 3–7 on esitetty rakennusurakoiden poistovesien viimeaikaiset pitoisuudet kiintoaineen ja kokonaistypen osalta. Todennäköisesti pitoisuudet tulevat metron käytön aikana pienenemään.

Taulukko 3. Lauttasaaren pohjoispuolelle (Seurasaarenselkä) johdettavat päästöt, kun vesimäärä on keskimäärin 353 m³/d. Vesien poistopisteet: "Lauttasaaren kuilu" ja "Myllykallion ajotunneli".

Aine	Pitoisuus (mg/l)	Vesimäärä (m³/d)	Päästö (kg/d)	Päästö (kg/kk)	Päästö (kg/a)
Kiintoaine	28	353	9,9	300	3 600
Typpi	1,8	353	0,6	19	230

Taulukko 4. Karhusaaren eteläpuolelle johdettavat päästöt, kun vesimäärä on keskimäärin 432 m³/d. Vesien poistopiste: "Karhusaaren kuilu".

Aine	Pitoisuus (mg/l)	Vesimäärä (m³/d)	Päästö (kg/d)	Päästö (kg/kk)	Päästö (kg/a)
Kiintoaine	7,6	432	3,3	98	1 200
Typpi	2,0	432	0,9	26	315

Taulukko 5. Otalahteen ja Keilalahteen (Laajalahti) johdettavat päästöt, kun vesimäärä on keskimäärin 212 m³/d. Vesien poistopisteet: "Otarannan kuilu" ja "Keilaniemen asema ja huoltotunneli".

Aine	Pitoisuus (mg/l)	Vesimäärä (m³/d)	Päästö (kg/d)	Päästö (kg/kk)	Päästö (kg/a)
Kiintoaine	20	212	4,2	127	1 550
Typpi	2,0	212	0,4	13	155

Taulukko 6. Otsolahteen johdettavat päästöt, kun vesimäärä on keskimäärin 318 m³/d. Vesien poistopisteet: "Mäntyviidan kuilu", "Tapiolan asema ja huoltotunnelit" ja "Kelohongantien kuilu".

Aine	Pitoisuus (mg/l)	Vesimäärä (m³/d)	Päästö (kg/d)	Päästö (kg/kk)	Päästö (kg/a)
Kiintoaine	7,3	318	2,3	70	850
Typpi	2,0	318	0,6	19	230

Taulukko 7. Gräsanojaan päätyvät päästöt, kun vesimäärä on keskimäärin 606 m³/d. Vesien poistopisteet: "Urheilupuiston asema", "Tontunmäen kuilu", "Niittykummun asema", "Matinsolmun kuilu" ja "Matinkylän asema".

Aine	Pitoisuus (mg/l)	Vesimäärä (m³/d)	Päästö (kg/d)	Päästö (kg/kk)	Päästö (kg/a)
Kiintoaine	15	606	9,1	270	3 300
Typpi	2,5	606	1,5	45	550

6.3 Hankkeen vaikutusten vähentämismahdollisuudet

Pohjaveden alenemisesta on aiheutunut painumaa Tapiolan ja Matinsolmun katu-/tiealueille sekä vaurioita Esport Centerin maanvaraisille lattioille Urheilupuistossa.

Tapiolassa jatkettiin itäisen huoltotunnelin tiivistämistä kesällä 2015, jolloin injektoitiin systemaattisesti betonitunneliosuuden pohjaa. Huoltotunnelin kallio-osuuden tiivistämiseksi on laadittu myös suunnitelma, joka on tarkoitus toteuttaa tammikuussa 2016. Tarkoitus on saada huoltotunnelin pohjan vuodot tiivistettyä niin, että pohjaveden pumppaus kalliotiloista saataisiin minimoitua. Tiivistäminen on kuitenkin haastavaa, sillä pohjan vuotojen havaitseminen ja paikallistaminen on erityisen vaikeaa.

Ratatunnelin vuotoja ei käytännössä enää pystytä tiivistämään tunnelista käsin, sillä tunneleihin on jo asennettu kiskot ja muu varustelu. Metrotunneleiden lisäksi mm. Tapiolan keskuspysäköintilaitoksen vuodot poistavat vettä pohjavesivarannosta.

Mikäli tiivistystöiden jälkeen pohjavedenpinta pysyy edelleen alhaalla, on mahdollisuus imeyttää vettä esimerkiksi Kirkkopuistikkoon, jossa imeyttäminen rakentamisen aikana onnistui hyvin. On harkittu, että Tapionraitin kunnostustöiden yhteydessä maahan asennettaisiin imeytysputkisto, johon voitaisiin johtaa esimerkiksi Mäntyviidan kuilulta metron vuotovesiä. Suunnitelma vaatisi kuitenkin noin 200 metriä pitkän putkiston rakentamisen, joka olisi kallista. Imeytysvesiä voitaisiin saada vaihtoehtoisesti myös kattovesien imeytysjärjestelyjen kautta, joita on suunniteltu Tapiolan keskuksen hulevesien hallintasuunnitelmassa. Suunnitelman toteuttamista on kaavailtu vuodelle 2018. Imeyttämisellä voitaisiin saada pohjaveden taso palautumaan lähelle rakentamista edeltävää tasoa, mutta mikäli kalliotilat jäävät vuotamaan, tarkoittaa se sitä, että tiloista pumpattaisiin maahan imeytettyä vettä ja imeytys- ja pumppauskustannukset kasvaisivat kohtuuttomiksi. On myös tiedostettava, että itäisen huoltotunnelin pohjavedenpaineensietokykyä/tiiveyttä ei ole käytännössä koskaan varmistettu, sillä pohjaveden taso on ollut vuodesta 2011 osittain rakennetun betonitunnelin pohjan tason alapuolella. Kirkkopuistikon arvokkaiden mäntyjen vedensaannin turvaamiseksi puistikossa pyritään imeyttämään vettä kesäisin vuosina 2016–2018.

Nykyisellään ei kuitenkaan ole odotettavissa, että katualueiden painuminen itäisen huoltotunnelin läheisyydessä jatkuisi. Pohjaveden taso on pysynyt suhteellisen vakaana jo pidemmän aikaa, joten vaikuttaa siltä, että pohjaveden muodostumisen ja vuotamisen välillä olisi muodostunut jonkinasteinen tasapaino. Eteläisen huoltotunnelin läheisyydessä on mahdollista, että painuminen vielä jatkuu, vaikka pohjaveden pinta on noussut lähelle lähtötasoa. Otsalahdenojaa ympäröivällä savikolla eteläisen huoltotunnelin läheisyydessä on viitteitä siitä, että painuminen on todennäköisesti alkanut jo ennen Länsimetron rakentamista, eikä välttämättä ole seurausta pohjavesiolosuhteiden muutoksesta.

Urheilupuistossa vettä on imeytetty asemakaivannon ympärille rakentamisen aikana vuodesta 2012 lähtien. Tällä hetkellä täyttötyöt ovat edenneet vaiheeseen, jossa harkitaan imeytyksen lopettamista. Imeytysmäärät ovat noin 60–80 m^3/vrk. Pohjavedentaso on pysynyt usean vuoden verrattain vakaana kaivannon ympäristössä. Asemakaivannon päälle ollaan rakentamassa Jousenpuiston pysäköintilaitosta sekä asemarakennusta. Tulevan rakennuksen ja tukiseinän väli täyttyy ajan saatossa pohjavedellä, jolloin tiedetään mille tasolle pohjavesi asettuu. Mikäli pohjaveden taso ei vakiinnu, voidaan joutua tilanteeseen, jossa imeytysjärjestelmä tai osa siitä jää pysyväksi rakenteeksi.

Matinsolmussa pohjavedentaso on alentunut niin reilusti, että ilman korvaavan veden syöttämistä tms. toimenpiteitä pohjaveden taso ei välttämättä palaudu ennalleen. Pohjaveden imeyttäminen Matinsolmun pohjaolosuhteissa on erittäin vaikeaa. Paksu savikerros estää pohjaveden imeytymisen vettä johtavaan kerrokseen ilman massiivista kaivojärjestelmää ja keinotekoisesti vettä imeyttämällä päädyttäisiin tilanteeseen, jossa imeytetty vesi kiertäisi kalliotiloihin ja jouduttaisiin sieltä pumppaamaan taas ylös. Siitä saataviin hyötyihin nähden se ei olisi järkevää. Kalliotilojen vuotoja on tiivistetty niin paljon kuin mahdollista. Tiivistystoimia ei voida tunnelista käsin enää jatkaa, sillä tunneleihin on asennettu ratakiskot ja muut rakenteet.

Pohjaveden alenemista on aiheutunut painumia lähinnä Länsiväylän rampeille. Länsimetron rakentamisen aikana rampeilla havaitut painumat on korjattu Länsimetron toimesta. Painumaherkkien alueiden rakenteet on kokonaan uusittu vuonna 2015 Liikenneviraston hankkeessa, jossa ko. eritasoliittymää parannettiin. Länsimetron tekemän selvityksen perusteella ramppien rakenteiden painumariski on näiden toimenpiteiden jälkeen hyvin pieni.

Tierakenteiden lisäksi on havaittu noin 8 mm:n painuma huoltoaseman tankkauskatoksen tukipylväässä. Painuma tapahtui vuosien 2013–2014 aikana. Painuma ei ole suurentunut elokuusta 2014 lähtien.

7 HANKKEEN OIKEUDELLISET EDELLYTYKSET

Luvanvaraisia vesitaloushankkeita ovat mm. tunnelin rakentaminen yleisen kulku- tai valtaväylän ali sekä toimenpide, jonka seurauksena pohjavesiesiintymästä poistuu muutoin kuin tilapäisesti pohjavettä vähintään 250 m^3/vrk. Vesilain mukaan vesitaloushankkeella on oltava lupaviranomaisen lupa, jos se voi muuttaa pohjaveden laatua tai määrää, ja tämä muutos aiheuttaa mm. edunmenetystä toisen vesialueelle, kalastukselle, veden saannille, maalle, kiinteistölle tai muulle omaisuudelle.

Länsimetron rakentamiselle on myönnetty vesilain mukainen lupa tunnelin rakentamiselle vesistöjen ali sekä Koivusaaren aseman vaatimille vesialueen muutoksille. Rakentamisen aikana havaittiin, että kalliotilojen tiiveystavoitteita ei kaikilta osin saavutettu, minkä seurauksena vaikutukset pohjavesiin olivat arvioituja suuremmat. Edellä esitetyn perusteella Länsimetron pohjavedelle aiheuttamat muutokset vaativat vesilain mukaisen lupaviranomaisen luvan.

Käyttöoikeuskysymykset on käsitelty Länsimetron rakennuslupakäsittelyjen yhteydessä. Tunnelista pumpattavien vesien sekä maanpäällisten rakennusten ympäriltä ohjattavien vesien johtamisesta sadevesiviemäriverkostoon on sovittu liitoskohtaisesti HSY:n kanssa. Sopimuksissa noudatetaan HSY:n yleisiä ehtoja.

Länsimetron näkemyksen mukaan rakentamisesta pohjavedelle aiheutuneet haitat eivät aiheuta luvan myöntämisen estäviä huomattavan vahingollisia seurauksia, vaikka hankkeen vaikutuksia ei voida pitää täysin haitattominakaan. Luvan myöntämisen edellytyksenä on, että hyödyn on oltava siitä johtuvaan vahinkoon, haittaan ja muuhun edunmenetykseen verrattuna huomattava. Länsimetron tunnelirakenteiden vaikutukset ympäristön pohjavesiolosuhteisiin ovat louhintojen jälkeen vakiintuneet usean vuoden ajan.

Hankkeen suurin hyöty liittyy joukkoliikenneyhteyksien kehittämiseen. Yleiskaavaan on kirjattu, että Länsimetro tuo sekä kaupunkirakenteellisia että metron käyttöön liittyviä hyötyjä. Seudun rannikkovyöhykkeen itälänsisuuntainen rakenne vahvistuu ja selkeytyy. Lisäksi merellinen Itä-Helsinki tulee kiinnostavammaksi työ- ja asuinpaikaksi. Ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa esitettiin pääosin asukkaiden, joukkoliikenteen käyttäjien ja asiantuntijoiden näkemyksiä metron eduista. Eduiksi lueteltiin mm. liikkumisen mukavuus, matkanteon tasaisuus ja varmuus, säännölliset ja tiheät vuorovälit, aikataulujen luotettavuus, liikenneturvallisuus ja hyöty pääkaupunkiseudun imagolle ja kilpailukyvylle. Pysyväisluonteisina haittoina ovat lähinnä hankkeen rakentamisesta aiheutuneet muutokset pohjavesille. Pohjaveden liikkeistä on aiheutunut paikallisia laatumuutoksia ja pohjaveden alenemisesta on aiheutunut mm. maanvaraisten rakenteiden painumista.

Länsimetro on pyrkinyt toiminnallaan vähentämään rakentamisesta aiheutuneita haitallisia vaikutuksia. Kaikkien madollisesti haittaa kärsineiden kanssa on pyritty sopimaan ja aiheutuneita vahinkoja on korjattu. Rantojen tai vesialueiden omistajille, kalakannoille ja vesistön virkistyskäytölle ei katsota aiheutuvan haittoja vuotovesien johtamisesta vesistöihin. Länsimetro katsoo, että saavutettavat hyödyt ovat niin suuret haittoihin nähden, että vesilain 4 luvun 3§:n luvanmyöntämisehdot täyttyvät.

8 VAHINKOJEN, HAITTOJEN JA EDUNMENETYSTEN KORVAAMINEN

Mikäli Länsimetron rakentamisesta johtuva pohjaveden aleneminen on aiheuttanut kiinteistölle tai rakenteille vaurioita, on Länsimetro Oy osaltaan velvollinen selvittämään vaurion aiheuttaneet syyt. Länsimetro Oy korjaa tai korvaa tapauskohtaisesti selvitysten pohjalta metron rakentamisesta aiheutuneet vauriot.

Mahdolliset metron rakentamisen aiheuttamat muut korvaukset käsitellään lunastustoimituksessa, jonka suorittaa Maanmittauslaitoksen asettama lunastustoimikunta. Lunastustoimitus on aloitettu ennen Länsimetron rakentamisen aloittamista ja saatetaan loppuun sen jälkeen kun rakentaminen on

päättynyt. Länsimetron näkemys on, että muille korvauksille ei ole perusteita, koska kyseessä on yleistä etua ajava hanke, josta vaikutusalueen asukkaille ja toimijoille koituvien hyötyjen voidaan todeta olevan haittoja suuremmat.

Poistovesien johtamisesta ei synny korvattavia vahinkoja rantakiinteistöille eikä aiheudu kalataloudelle korvattavaa haittaa.

9 EHDOTUS TARKKAILUSUUNNITELMAKSI JA LUPAEHDOIKSI

9.1 Tarkkailusuunnitelma

Tarkkailusuunnitelmaehdotus on esitetty liitteessä 6. Suunnitelmassa käydään läpi pohjavesien, poistovesien, pintavesien ja painumien tarkkailu metron käytön aikana. Tarkkailua esitetään tehtäväksi vuoden 2017 loppuun saakka.

9.2 Ehdotus lupaehdoiksi

Lupaehdoiksi esitetään seuraavia:

- Pumpattavat vesimäärät merialueilla alle 500 m^3/vrk/purkupaikka ja muualla alle 250 m^3/vrk/purkupaikka
- Pumpattavat vedet eivät sisällä öljyä eikä niistä aiheudu purkuvesistölle vedenlaadun heikkenemistä
- Poikkeustilanteista on ilmoitettava välittömästi Uudenmaan ELY-keskuksen Y-vastuualueelle
- Luvan hakijalle myönnetään pysyvä lupa kallion vuotovesien pumppaamiseen

Lähteet:

Espoon kaupungin verkkosivusto. Liito-orava - Espoon nimikkoeläin. http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Ymparisto_ja_luonto/Liitoorava__Espoon_nimikkoelain(187)

Haavisto-Hyvärinen, M., Stén, C.-G. & Backman, B. 1996. Tapiolan maaperäkartan 2034 03 selitys, 12 s.

Helsingin kaupunki, ympäristökeskus. Luontotietojärjestelmästä poimittu aineisto: luonnonsuojelualueet, suojellut luontotyypit, luonnonmuistomerkit, arvokkaat kasvi-, lintu- ja metsäkohteet, tärkeät lepakkoalueet ja arvokkaat geologiset kohteet.

Häkkinen, I. & Tuhola, M. 2014. Länsiväylä, Matinsolmun liittymä – Länsimetro, Matinsolmun tekninen pystykuilu. Selvitys alueen pohjavesitilanteesta, 6 s.

Ilmatieteen laitoksen verkkopalvelu, Vedenkorkeusennätykset Suomen rannikolla. http://ilmatieteenlaitos.fi/vedenkorkeusennatykset-suomen-rannikolla

Janatuinen, A. 2009. Espoon virtavesiselvitys 2008. Osa 2: Espoon vesistöt. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 1b/2009. 76 s.

Korri, N. 2011. Espoon uhanalaiset ja silmälläpidettävät eläimet ja kasvit: julkaisun toinen päivitys 2011. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 2/2011, 96 s.

Lammi, E. & Routasuo, P. 2013. Espoon arvokkaat luontokohteet 2012. Espoon ympäristölautakunnan julkaisusarja 2/2013, 225 s.

Lampinen, J. & Annala, K. 2014. Espoon perinneympäristöt 2014. Espoon ympäristölautakunnan julkaisusarja 4/2014, 175 s.

Munne, P. & Autio, L. Ravinteiden vapautuminen Laajalahden ja Seurasaarenselän sedimentistä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2/2005, 41 s.

Mälkki, E. 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. 304 s.

Peltoniemi, H., Koponen, J. & Tarkkala, J. 2001. Selvitys meritäyttöjen vaikutuksesta virtausolosuhteisiin. Koivusaaren, Hanasaaren ja Lemislahden alue. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston kaavoitusosaston selvityksiä 2001:8, 47 s.

Piha, H., Londesborough, S. & Gustafsson, J. 2008. Pohjavesien kemiallisen tilan arviointiperusteet - luonnos 8.12.2008 – versio 3.0, 31 s.

Siivonen, Y. 2002. Espoon eteläosien lepakkokartoitus 2002. Espoon ympäristölautakunnan julkaisu 3/2002, 34 s.

Soveri, J., Mäkinen, R. & Peltonen, K. 2001. Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975 – 1999. Suomen ympäristö 420. Suomen ympäristökeskus, 382 s.

Tallsten, C., Ervo, P. & Gulin, K. (FKW/WSP Finland Oy) 2011. Urheilupuiston (URP) metroaseman kaivannon rakenne- ja geotekninen ympäristöselvitys, 10 s.

Vahtera, E., Muurinen, J., Räsänen, M. & Pääkkönen, J.-P. 2014. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuonna 2013. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 6/2014, 102 s.

Wermundsen, T., Nieminen, J., Asikainen, P. (Wermundsen Consulting Oy) 2014. Helsingin lepakkolajisto ja tärkeät lepakkoalueet vuonna 2014. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2014:38, 57 s.

Ympäristöhallinnon paikkatietoaineistot - OIVA - ympäristö- ja paikkatietopalvelu. 13.11.2015. https://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp

Yrjölä, R., Santaharju, J., Helminen, S.-L. & Hgner-Wahlsten, N. 2008. Gräsanojan luontoselvitykset 2008. Ympäristötutkimus Yrjölä Oy 2008, 23 s.