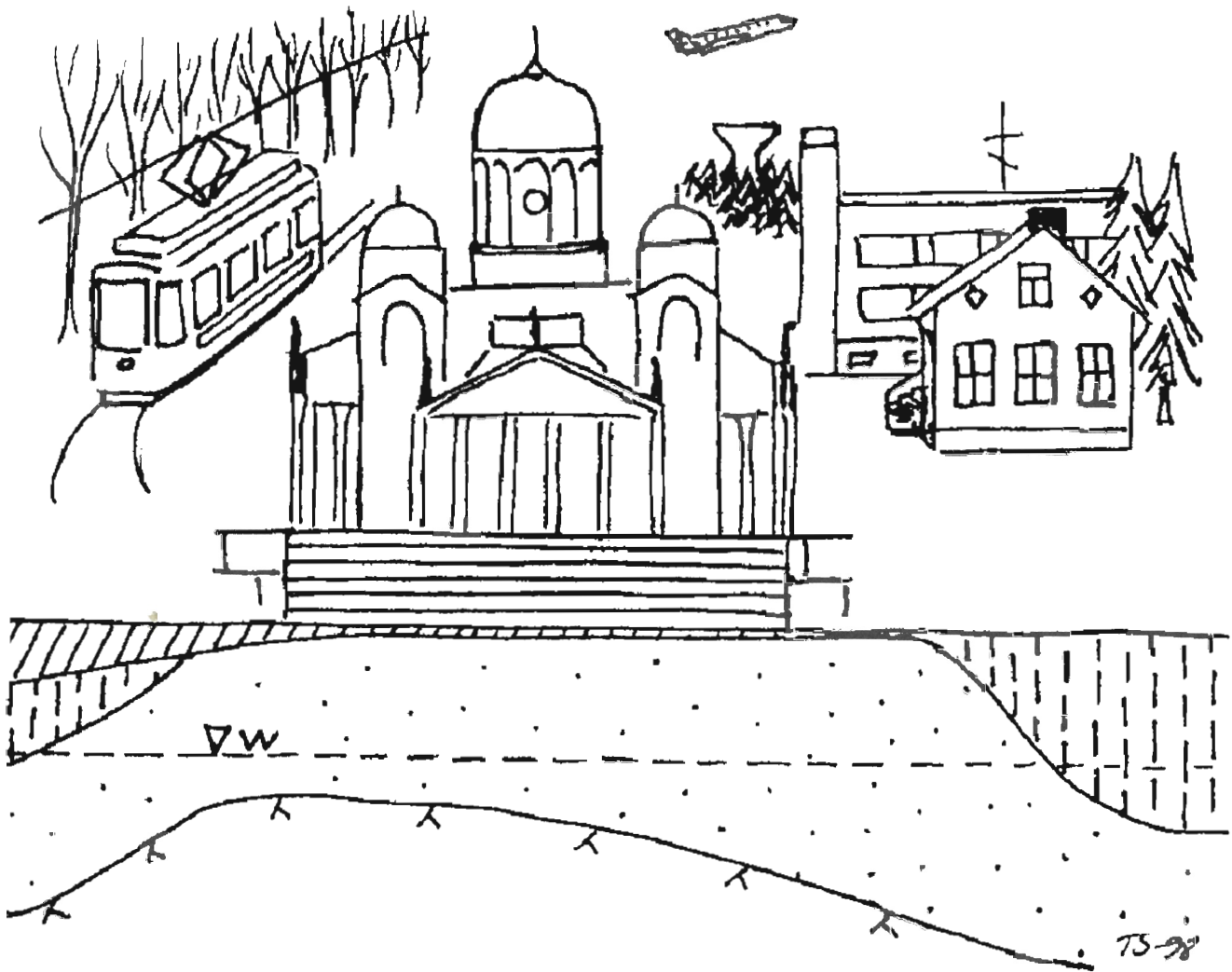




**POHJAVESI HELSINGIN KAUPUNKI-
YMPÄRISTÖSSÄ:
ESIINTYMINEN, KÄYTTÖ, SUOJELU
JA VAIKUTUS RAKENTAMISEEN**

Terhi Svanström
Pekka Raudasmaa



HELSINGIN KAUPUNKI
KIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNINEN OSASTO

**POHJAVESI HELSINGIN KAUPUNKIYMPÄRISTÖSSÄ:
Esiintyminen, käyttö, suojelu ja vaikutus rakentamiseen**

**Terhi Svanström
Pekka Raudasmaa**

ALKULAUSE

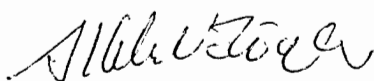
Pohjavesiasiat liittyvät Helsingissä usean viraston ja laitoksen tehtäväkenttään. Helsingin Vesi huolehtii kaupungin vesihuollosta ja hallitsee tässä tarkoituksessa mm. Vuosaaren, Vartiokylän ja Tattarisuon pohjavesialueita. Ympäristökeskus toimii kunnallisena vesiviranomaisena ja seuraa pohjaveden laatua, mm. mahdollisia likaantumista aiheuttavia toimintoja ympäristössä. Kiinteistöviraston geoteknisellä osastolla ovat jatkuvassa pohjaveden pinnankorkeuden seurannassa ns. puupaalualueet, minkä lisäksi pohjavesitietoa syntyy päivittäin asennettaessa uusia pohjavesiputkia erilaisten rakennushankkeiden yhteydessä.

Geoteknisellä osastolla on käytössä paikkatietojärjestelmä, joka perustuu MicroStation cad-ohjelmistoon ja Oracle relaatiotietokantaan. Yhteenvetotutkimus koettiin tarpeelliseksi ja hyödylliseksi kaikkien laitosten kannalta, koska kriisiaikojen pohjavesialueilta ja ympäristökohteista on sekä pohjaveden virtaus- että laatututkimuksia käytettävissä.

Tiedotteessa on esitetty tuore geologinen kuvaus Helsingin alueesta ja kuvattu pohjaveden esiintymistä sekä luonnonmuodostumissa että kaupunkiympäristön tekumuodostumissa. Edelleen työssä on käsitelty pohjaveden käyttöä ja suojelua ja sen vaikutusta rakentamiseen. Yksityiskohtaisemmin on kuvattu pohjaveden virtaus-olosuhteita Vuosaaren ja Tattariharjun pohjavesialueilla ja Vuosaaren entisen kaatopaikan ympäristössä.

Tiedote perustuu fil.yo. Terhi Svanströmin pro gradu -tutkielmaan. Tutkimusta varten koottiin ohjausryhmä, johon kuuluivat projektipäällikkö Pekka Raudasmaa, geotekninen asiantuntija Usko Anttikoski, ympäristötarkastaja Antti Salla, tutkimusteknikko Veli-Matti Halsti ja apulaisprofessori Jaakko Siivola.

Helsingissä 29. toukokuuta 1998



Ilkka Vähäaho
osastopäällikkö

TIIVISTELMÄ

Tämä tutkielma on tehty Helsingin kaupungin kiinteistöviraston geoteknisellä osastolla tavoitteena luoda yleiskuva Helsingin alueen pohja- ja pohjavesiolosuhteista ja koota yhteen aiempi tutkimusmateriaali. Tarkemmin työssä on lisäksi keskitytty ajankohtaisiin esimerkkikohteisiin, joita ovat Vuosaaren pohjavesialue, Vuosaaren entinen yhdyskuntajätteen kaatopaikka sekä Tattarisuon ja Tattariharjun alue.

Pohjavettä esiintyy Helsingissä toisaalta luonnonmuodostumissa eli maaperässä ja kalliossa sekä toisaalta tekemuodostumissa kuten erilaisissa täytöissä. Tässä tutkielmassa pohjavedet on jaettu kuuteen ryhmään esiintymisympäristöjensä perusteella. Ryhmiä ovat savenalaiset pohjavedet, sora- ja hiekka-alueiden pohjavedet, moreenialueiden pohjavedet, orsivedet, kalliopohjavedet ja kaatopaikkojen sisäiset vedet.

Pohjavettä ei käytetä Helsingissä normaaliajan vesihuollossa, vaan suurin osa talouksista saa vetensä vesijohtoverkon kautta Päijänteestä. Kriisiaikoina pohjavesiä on kuitenkin varauduttu käyttämään. Vesilain sisältämien pohjaveden pilaamis- ja muuttamiskieltojen velvoittama suojelu onkin Helsingissä keskittynyt tärkeille eli kriisiaikojen pohjavesialueille. Pohjaveden suojelu aiheuttaa rajoituksia rakentamiselle tärkeillä pohjavesialueilla. Pohjavesi myös vaikeuttaa rakentamista aiheuttaen tiettyjen työnaikaisten toimenpiteiden tarpeen.

Vuosaaren pohjavesialue on yksi Helsingin tärkeistä pohjavesialueista, jolla toisaalta on käynnissä intensiivinen rakentaminen. Tässä tutkielmassa on uudistettu arvioita pohjaveden muodostumisalueen ulottuvuuksista ja virtaussuunnista. Muodostumisalueen on arvioitu ulottuvan kauemmaksi pohjoiseen ja länteen, kuin mitä aiemmin on esitetty.

Tattarisuon ja Tattariharjun alueella kriisiaikojen pohjavesialueen pohjavedet ovat yhteydessä suon päälle perustetun teollisuusalueen pohja- ja orsivesien kanssa. Suurin osa Tattariharjulla muodostuvasta pohjavedestä virtaa todennäköisesti Tattarisuon alle paineelliseksi pohjavedeksi. Jos pohjavedenottamolta otetaan liikaa vettä, Tattarisuolla voi tapahtua painumista ja toisaalta otettava vesi voi olla likaantunutta.

Vuosaaren entinen kaatopaikka on esimerkki läpäisemättömän savikon päälle ilman lisätiivistyksiä perustetusta kaatopaikasta, jonka sisäisen veden on havaittu jossain määrin pääsevän kuivatusjärjestelmän ohi ympäristöönsä. Kaatopaikan eteläpuolella on yhdessä pisteessä havaittu typpipitoisuuden kohonneen. Tässä tutkielmassa on arvioitu typpipitoisen veden alkuperää ja kulkeutumisreittejä.

Tässä tutkimuksessa esitettyä Helsingin alueen yleiskuvausta ja erityisesti esimerkkikohteiden kuvauksia voidaan käyttää pohjamateriaalina tuleville yksityiskohtaisemmille tutkimuksille.

ABSTRACT

This study has been drawn up at the geotechnical department of the real estate office of the City of Helsinki aiming at creating an overview of the ground- and groundwater circumstances and also gathering the pre-existing material. A more detailed study has been made of three example areas which are the groundwater basin of Vuosaari, the Tattariharju and Tattarisuo area and the old community waste dumping-ground of Vuosaari.

Groundwater occurs in natural formations and in man-made formations. In this study groundwater zones are divided into six groups according to their surroundings. The groups are groundwater in gravel and sand areas, groundwater overlain by a bed of clay, groundwater in tills, groundwater in hard rock, perched groundwater and the inner water of dumping-grounds.

The water law prohibits changing and smearing groundwater and obliges to groundwater conservation, which in Helsinki is concentrated mainly on the groundwater basins with significance in the crisis situation water supply. The conservation of groundwater causes limitations to building activities at groundwater basins. The occurrence of groundwater also renders building and causes a need for certain special measures during the building work.

The groundwater basin of Vuosaari is one of the important groundwater basins in Helsinki. There is also intensive building concentrated on the Vuosaari area. New estimations about the extent of the recharge area are presented in this study. The recharge area is wider to the west and the north than has been suggested in earlier estimations.

In the Tattarisuo and Tattariharju area the groundwater of the important groundwater basin is linked to the groundwater and perched groundwater of the industrial area built on a swamp. Most of the groundwater that originates from the Tattariharju recharge area flows under the Tattarisuo area and becomes confined groundwater. If groundwater is pumped excessively from the southern end of the recharge area, the flow system will change so that no water flows to the Tattarisuo direction. This would cause depressions in the Tattarisuo area and on the other hand the pumped water might be dirty.

The Vuosaari dumping-ground is an example of an old dumping-ground built on a clay horizon with no extra tightening and which inner water has passed the draining system and leaked to the surroundings. In one spot on the south side of the dumping-ground nitrogen content has risen. In this study the possible flow paths of the nitrogen-bearing water are illustrated.

The overview of Helsinki and especially the detailed illustration of the example areas presented in this study can be used as base material in further investigations of the areas in the future.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE.....	3
TIIVISTELMÄ.....	4
ABSTRACT.....	5
SISÄLLYSLUETTELO.....	6
POHJAVESISANASTOA.....	9
1. JOHDANTO.....	13
2. TUTKIMUSAINEISTO.....	15
2.1 Geologian tutkimuskeskuksen kartat.....	15
2.1.1 Maaperäkartat.....	15
2.1.2 Kallioperäkartat.....	16
2.2 Helsingin kaupungin geoteknisen osaston kartat.....	19
2.3 Geoteknisen osaston tietokannat.....	22
2.4 Kalliotunneleiden kartoitustiedot.....	23
2.5 Suomen ympäristökeskuksen luokittelu.....	23
2.6 Muut tiedot.....	25
2.6.1 Helsingin veden tiedot.....	25
2.6.2 Helsingin ympäristökeskuksen tiedot.....	25
3. HELSINGIN ALUEEN GEOLOGIA.....	26
3.1 Kallioperä.....	26
3.1.1 Kallioperän synty, ikä ja kivilajit.....	26
3.1.2 Pinnanmuodot ja ruhjeet.....	26
3.2 Sedimenttialtaiden kerrosjärjestys.....	28
3.3 Moreenialueet.....	30
3.3.1 Synty.....	30
3.3.2 Moreenialueet Helsingissä.....	31
3.4 Glasifluviaaliset muodostumat.....	32
3.4.1 Synty.....	32
3.4.2 Glasifluviaaliset muodostumat Helsingissä.....	32

3.5 Savipeitteiset alueet	34
3.5.1 Savikerrostumien synty	34
3.5.2 Savipeitteisten alueiden laajuus	35
3.6 Rantakerrostumat	35
4. TEKOMUODOSTUMAT HELSINGISSÄ	37
4.1 Yleistä	37
4.2 Vesistöjen täytöt	37
4.3 Kaatopaikat	39
4.4 Puhtaiden massojen täyttömäet	41
4.5 Ohuet täytöt	41
5. POHJAVEDEN ESIINTYMISESTÄ ERI MUODOSTUMISSA	42
5.1 Maanalaiset vedet	42
5.1.1 Yleistä	42
5.1.2 Pohjavesiolosuhteet kaupunkialueella	44
5.2 Pohjaveden esiintymisryhmät	45
5.3 Savenalaiset pohjavedet (ryhmä 1)	45
5.4 Sora- ja hiekka-alueiden pohjavedet (ryhmä 2)	47
5.5 Moreenialueiden pohjavedet (ryhmä 3)	47
5.6 Orsivedet (ryhmä 4)	48
5.6.1 Luonnonmuodostumien orsivedet	48
5.6.2 Tekomuodostumien orsivedet	48
5.7 Kalliopohjavedet (ryhmä 5)	49
5.8 Kaatopaikkojen sisäiset vedet (ryhmä 6)	51
6. POHJAVESI VESIHUOLLOSSA, RAKENTAMISESSA JA YMPÄRISTÖNSUOJELUSSA	52
6.1 Yleistä	52
6.2 Pohjaveden käyttö vesihuollossa	52

6.3 Pohjavesi rakentamisessa.....	53
6.3.1 Yleistä.....	53
6.3.2 Orsivedenpinnan alenemisesta aiheutuvat haitat.....	54
6.3.3 Pohjavedenpinnan alenemisesta aiheutuvat haitat.....	54
6.3.4 Tunnelirakentaminen.....	55
6.3.5 Rakentaminen kriisiaikojen pohjavesialueilla.....	55
6.3.6 Kosteus- ja homeongelmat.....	56
6.4 Pohjaveden merkitys ympäristönsuojelussa.....	56
6.4.1 Yleistä.....	57
6.4.2 Yleisimmät pohjavettä likaavat tekijät.....	57
7. ESIMERKKEJÄ POHJAVESIOLOSUHTEISTA ERÄISSÄ KOHTEISSA.....	58
7.1 Kohteiden valinta ja käsittely.....	58
7.2 Vuosaaren pohjavesialue.....	60
7.2.1 Kallioperä.....	60
7.2.2 Glasifluviaaliset muodostumat ja rantakerrostumat.....	60
7.2.3 Pohjavesiolosuhteet.....	62
7.2.4 Merkitys ja käyttö.....	67
7.3 Tattariharju ja Tattarisuo.....	69
7.3.1 Alueiden määrittely.....	69
7.3.2 Tattariharju.....	69
7.3.3 Tattarisuo.....	71
7.3.4 Tattariharjun ja Tattarisuon pohja- ja orsiveden liittyminen toisiinsa ja pintavesiin.....	76
7.4 Vuosaaren entinen kaatopaikka.....	79
7.4.1 Tausta.....	79
7.4.2 Luonnontilaiset maaperä- ja pohjavesiolosuhteet.....	80
7.4.3 Kaatopaikkatoiminta ja maanlajitys.....	85
7.4.4 Pinta- ja pohjavesiolosuhteet kaatopaikkatoiminnan aikana ja jälkeen.....	86
8. YHTEENVETO.....	96
VIITELUETTELO.....	100
LIITELUETTELO.....	106
LIITTEET 1-6	

POHJAVESISANASTOA (Johansson 1984, Swedish Centre of Technical Terminology 1975, Suomen geoteknillinen yhdistys 1987)

Akviferi	Vettä johtava kerros, johtomuodostuma. Geologinen yksikkö, josta voidaan saada käyttökelpoisia määriä vettä. Esim. glasifluviaalinen muodostuma tai rakoillut kallio (aquifer).
Huokosvedenpaine	Vedellä kyllästetyn maan sisällä vaikuttava vedenpaine kullakin havaintotasolla.
Hydraulinen korkeus	Se korkeus, jolle vedenpinta nousee pohjavesi putkessa tietyn nollatason yläpuolelle.
Lugeon	Kallioperän vedenjohtavuutta kuvaava yksikkö.
Läpäisevyys	Maaperän kyky johtaa nestettä (permeability).
K-arvo	Vedenläpäisevyyden kokeellinen yksikkö. $Q = K A dh/dL$, (Q =pohjaveden virtaama, A =poikkipinta-ala, dh/dL =hydraulinen gradientti eli hydraulisen korkeuden h muutos matkalla L).
Kitkamaalaji	Maalaji, jonka leikkauslujuus riippuu pääosin rakeiden välisestä kitkasta, esimerkiksi sora tai hiekka (non-cohesive soil).
Koheesiomaalaji	Maalaji, jonka leikkauslujuus riippuu pääosin koheesiosta, esimerkiksi savi (cohesive soil).

Orsivesi	Pohjavesikerros, joka on syntynyt vettä läpäisemättömän horisontin päälle ja on vedellä kyllästymättömällä vyöhykkeellä erotettu varsinaisesta pohjavesivyöhykkeestä (perched groundwater).
Paineellinen akviferi	Salpa-akviferi, rajoitettu johtomuodostuma. Geologinen muodostuma, jossa pohjavesikerroksen päällä on huonosti vettäjohtava kerros ja jossa pohjaveden paine on suurempi kuin ilmanpaine.
Pietsometrinen pinta	Kuvitteellinen pinta, jolle vesi kaivossa tai pohjavesiputkessa nousee paineellisen akviferin yläpuolelle (piezometric surface).
Pohjavedenpinta	Vapaassa akviferissa pohjavesivyöhykkeen yläpinta, jolla vedenpaine on yhtäsuuri kuin ilmanpaine (groundwater table).
Pohjaveden korkeus	Vapaan pohjavedenpinnan tai pietsometrisen pinnan korkeusasema akviferissa (groundwater level).
Pohjaveden muodostumisalue	Pohjavesialueen se osa-alue, jonka sisällä muodostuu pohjavettä suoraan sadannasta imeytymällä.
Pohjavesi	Vedellä kyllästyneessä vyöhykkeessä olevaa maan alaista vettä, jolla hydrostaattinen paine on yhtäsuuri tai suurempi kuin ilmanpaine (groundwater).

Pohjavesiesiintymä	Fysiografinen tai geologinen yksikkö, joka sisältää ainakin yhden laajuudeltaan merkittävän akviferin (groundwater basin).
Potentiometrinen pinta	Pinta, jolle vesi kaivossa tai pohjavesiputkessa nousee riippumatta siitä onko kyseessä paineellinen vai vapaa pohjavesi.
Purkautumisalue	Alue, jolta pohjavesialueen pohjavedet purkautuvat pintavesiksi (discharge area).
Syöttävä harju	Jäätikköjoen pohjalle kerrostunut harju, kun saman jäätikköjoen suulle mereen on kerrostunut delta (feeding esker).
Tehollinen muodostumisalue	Muodostumisalueen se osa, jolla varsinaisesti syntyy pohjavettä suoraan pinnan läpi imeytymällä. Pohjaveden muodostumisalueesta on vähennetty pienet kallio-alueet, savialueet, rakennetut ja päällystetyt alueet.
Valuma-alue	Alue, joka tuottaa vettä akviferille, joko suoraan imeytymisen tai pintavalunnasta suotautumisen kautta (intake area).
Vapaa akviferi	Akviferi, jolla on pohjavedenpinta (unconfined aquifer).
Veden läpäisevyys	Hydraulinen johtavuus. Huokoisen materiaalin sekä sen läpi liikkuvan nesteen yhdistetty ominaisuus (hydraulic conductivity).

1. JOHDANTO

Ensimmäinen Helsingin alueen sisältävä maa- ja kallioperäkartta ilmestyi Geologisen komissionin toimesta vuonna 1881. Helsingin kasvaessa nopeasti toisen maailmansodan jälkeen Geologian tutkimuslaitos ryhtyi tekemään maastokartoituksia maa- ja kallioperäkartoja varten sekä yhteistyössä Helsingin kaupungin kanssa laatimaan tietyiltä kohdealueilta verrattain yksityiskohtaisia maaperäkartoja. Helsingin kaupungin geoteknisen osaston toiminnan käynnistyessä 1960-luvulla siirryttiin kairauspistetiedoilla jatkuvasti täydennettävään ja erilaisilla käyrästöillä varustettuun kartastoon, jolloin myös pohjavedenpinnan vaihtelurajat ja muita korkeustietoja oli luettavissa kartoilta. Tietotekniikan kehittyessä päädyttiin 1980-luvulla paikkatietojärjestelmään, jossa pohjavedenpinnan korkeustiedot ovat helposti saatavilla mm. graafisessa muodossa.

Helsingin maaperä jakautuu toisaalta laajoihin savipeitteisiin alueisiin ja toisaalta kalliisiin, osin moreenipeitteisiin alueisiin. Pohjaveden esiintymisen kannalta tärkeitä sora- ja hiekkaesiintymiä on mm. Vuosaarella ja Tattariharjulla. Pohjavettä esiintyy huomattavissa määrin myös kallioperässä ja savikoiden alla kitkamaakerroksissa. Erityispiirteenä kaupunkialueella ovat erilaiset tekumuodostumat, mistä syystä veden kiertokulku poikkeaa usein huomattavastikin luonnontilaisesta ja on sitä kautta myös vaikeammin selvitettävissä.

Maaperän rakentamisen ja muokkauksen ohella kaupunkialueella on monia suoranaisesti hydrologiseen kiertoon vaikuttavia tekijöitä kuten päällystykset, sadevesiviemärröinti, salaojitukset ja erilaiset pysyvät ja työnaikaiset pumppaukset. Yleensä pohjaveden vaihtuvuus pienenee, jolloin sekä pohjavedenpinnassa että pohjaveden laadussa voi herkemmin tapahtua haitallisia muutoksia.

Tässä työssä on pyritty hahmottamaan kokonaiskuvaa pohjaveden esiintymisestä erilaisissa geologisissa muodostumissa ja tekumuodostumissa Helsingin kaupungin alueella. Erilaisten geologisten ja geoteknisten karttojen ohella on käytetty hyväksi geoteknisen osaston kairauspiste- ja pohjavesitietokantoja. Edelleen työssä on käsitelty pohjaveden

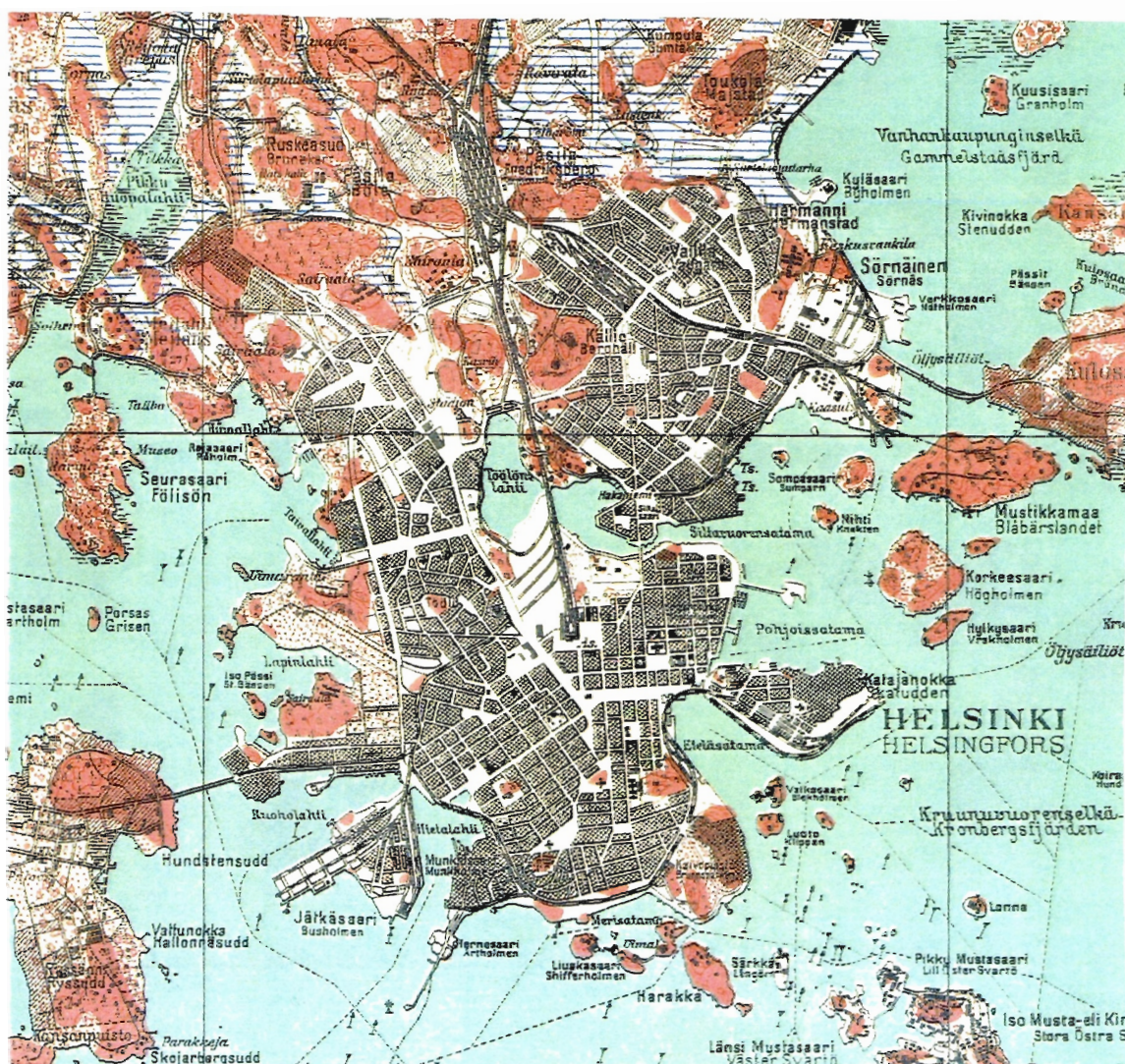
merkitystä vesihuollossa ja ympäristön suojelussa sekä sen vaikutusta rakentamiseen. Yksityiskohtaisemmin on käsitelty maaperää ja hydrogeologiaa Vuosaaren ja Tattariharjun pohjavesialueilla, jotka ovat mahdollisia kriisiaikojen vedenoton lähteitä ja ajan-kohtaisia maankäytössä tapahtuvien muutosten vuoksi. Lisäksi työssä on käsitelty Vuosaaren entisen yhdyskuntajätteen kaatopaikan virtauskuvaa ja veden laatukysymyksiä.

2. TUTKIMUSAINEISTO

2.1 Geologian tutkimuskeskuksen kartat

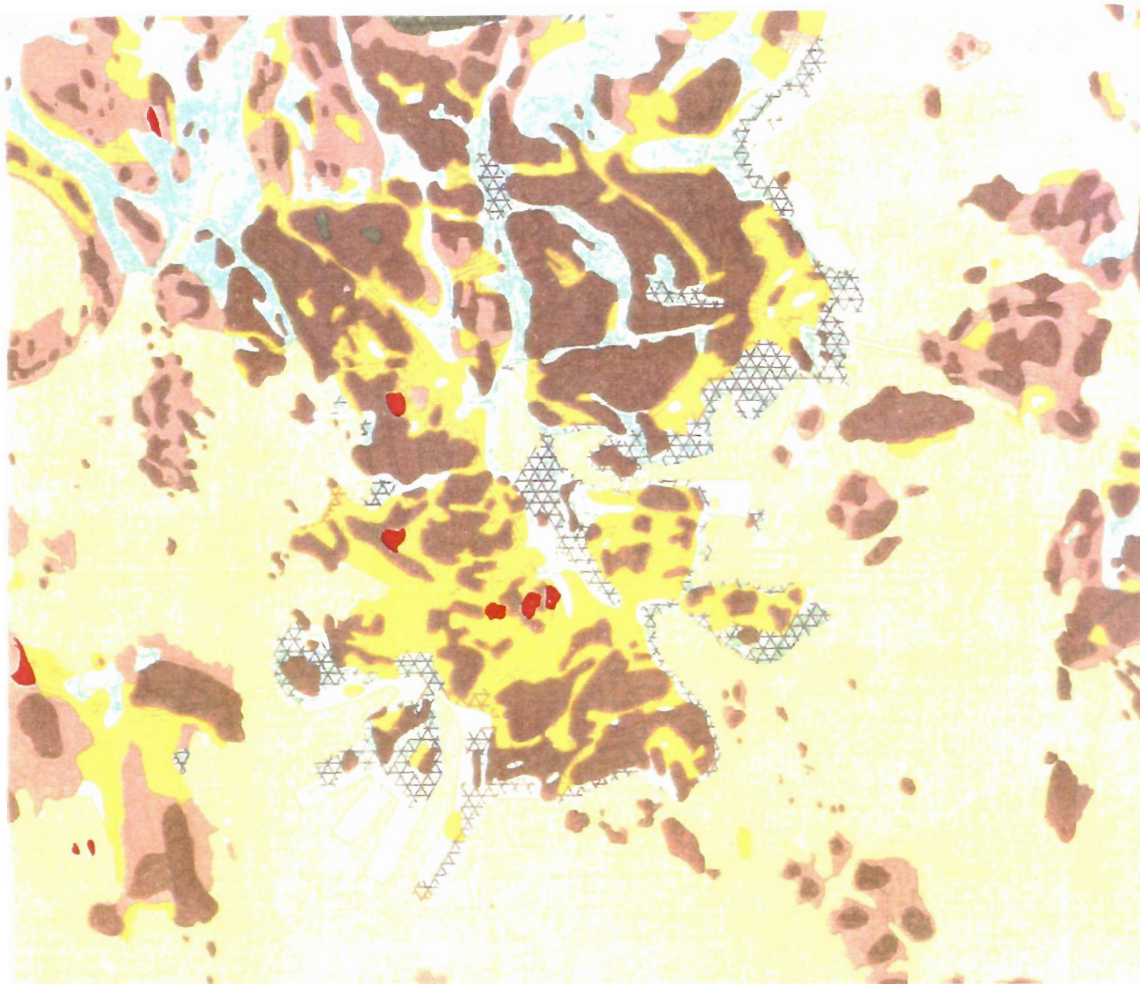
2.1.1 Maaperäkartat

Ensimmäiset geologiset kartoitukset Helsingin alueelta on tehty vuosina 1879-1881 ja julkaistu vuonna 1881 1:200 000-mittakaavaisessa karttalehdessä nro 3, Helsinki, jossa on yhdistettynä maa- ja kallioperäkartta (Moberg 1881).



Kuva 2.1. Ote Hyypän (1950) 1 50 000-mittakaavaisesta maaperäkartasta keskustan alueelta

Vuonna 1948 on julkaistu Helsingin alueelta Esa Hyypän laatima 1:50 000-mittakaavainen maaperäkartta, johon liittyy selitys vuodelta 1950 (Hyypä 1950). Hyypä on laatinut 1946-1948 tehdyn maaperäkartoituksen perusteella myös mittakaavassa 1:60 000 maaperäkartan, joka on liitteenä Geologisen tutkimuslaitoksen julkaisussa Helsingin seudun geologia (Hyypä 1960). Otteet Hyypän laatimista kartoista on esitetty kuvissa 2.1 ja 2.2.



Kuva 2.2. Ote Hyypän (1960) 1:60 000-mittakaavaisesta maaperäkartasta keskustan alueelta

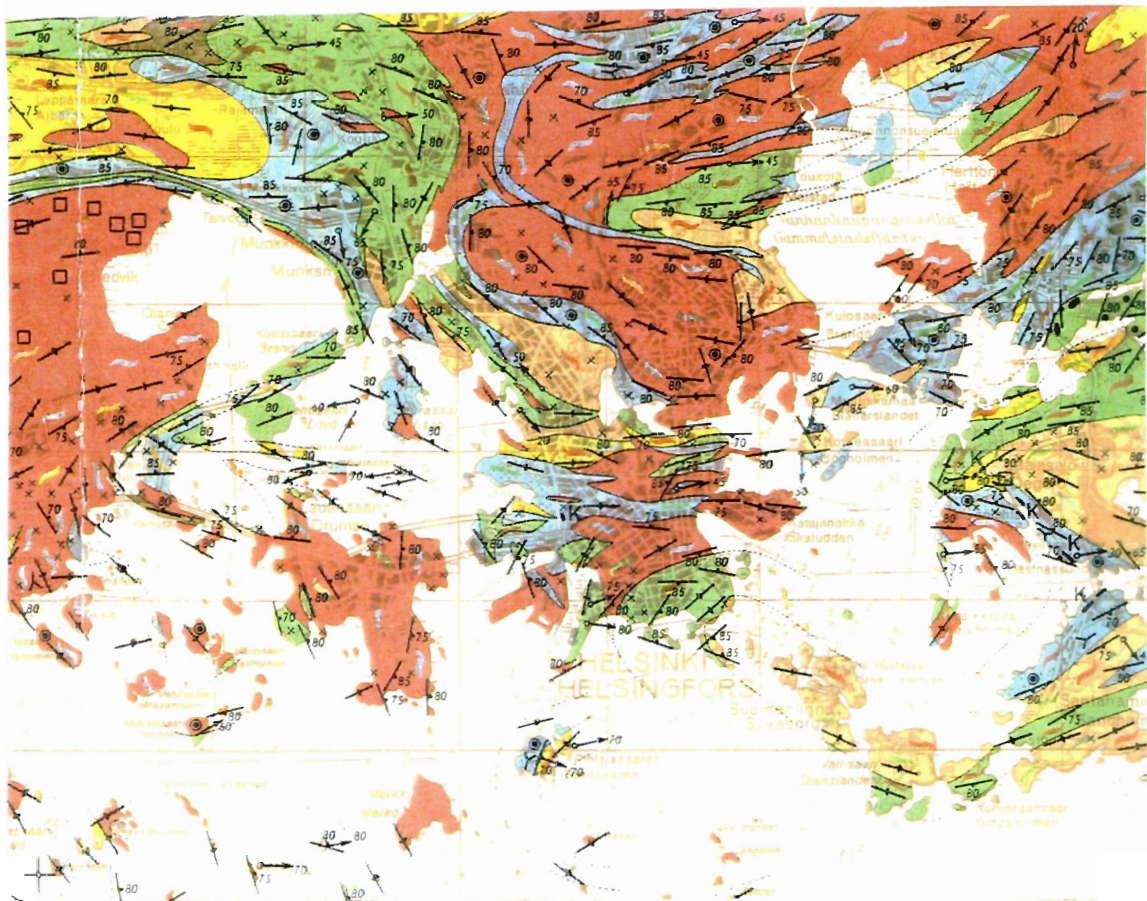
Geologian tutkimuskeskuksen ainoa vuonna 1998 myynnissä oleva painettu maaperäkarttasarja Helsingin alueelta on julkaistu mittakaavassa 1:100 000. Helsingin alue ja-

Geologinen tutkimuslaitos on ollut mukana geoteknisen osaston edeltäjän, maaperätutkimusjaoksen, kanssa 1950-luvun lopulla laatimassa Helsingin kaupungin alueelta yleispiirteisiä geologisia maaperäkartoja mittakaavassa 1:20 000 ja kallioperäkartoja (keskusta-alueelta) mittakaavassa 1:10 000.

2.1.2 Kallioperäkartat

Viime vuosisadan lopulla aloitettiin yleiskartoitus 1:400 000- mittakaavassa julkaistavia kivilajikarttoja varten. Helsingin alueen kivilajikartta C1-D1 (Härme 1978) selityskirjoineen (Härme 1980) on viimeinen tästä kartoitussarjasta.

1940-luvun lopulla aloitettiin uusi kartoitus 1:100 000 -mittakaavaisia kallioperäkartoja varten. Matti Laitalan laatima Helsingin karttalehti 2034 on julkaistu vuonna 1967 ja siihen kuuluva selitys vuonna 1991. Keravan karttalehden 2043 on laatinut Maunu Härme vuonna 1969 ja siihen liittyvän selityksen vuonna 1978. Ote karttalehdestä 2034 on kuvassa 2.4.



Kuva 2.4. Ote Kallioperäkartan karttalehdestä 2034 keskustan kohdalta (Laitala 1967)

Lisäksi GTK on julkaissut kartan, jossa on esitetty Helsingin kallioperä ja vanhat kaivokset. Kartta on mittakaavassa 1: 50 000 ja sen ovat laatineet Ilkka Laitakari ja Boris Saltikoff (1994).

Myynnissä vuonna 1998 ovat mittakaavassa 1:400 000 julkaistu kivilajikartta, 1:100 000-mittakaavaiset kallioperäkartat ja 1:50 000- mittakaavainen kartta kallioperästä ja vanhoista kaivoksista.

2.2 Helsingin kaupungin geoteknisen osaston kartat

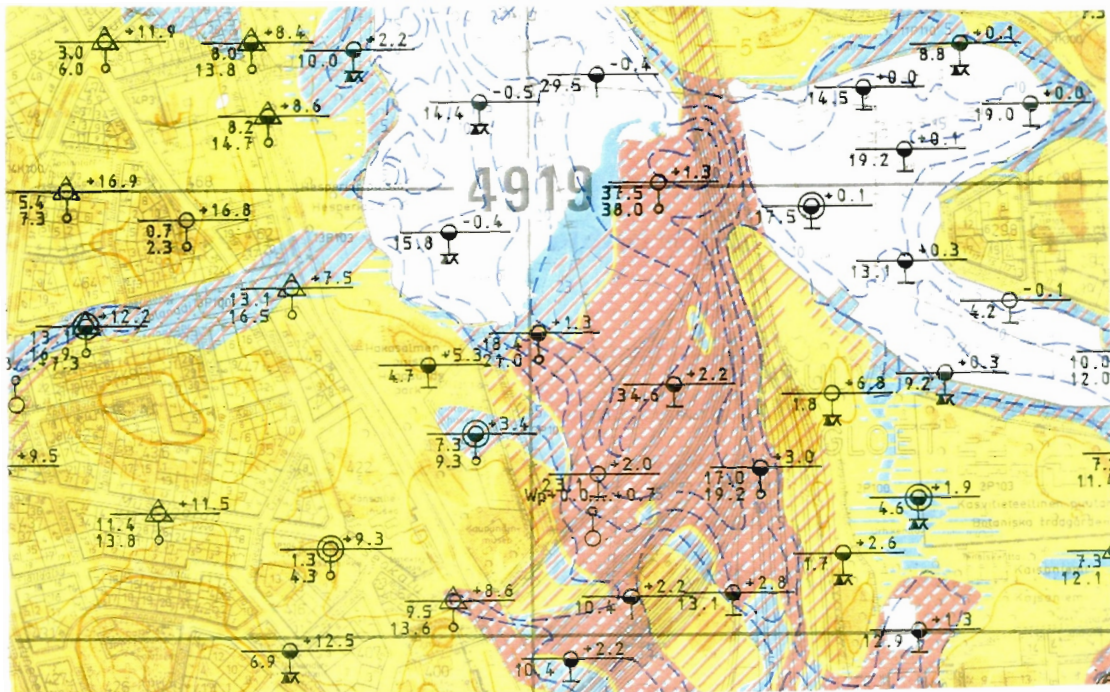
Vanhimmat säilyneet pohjatutkimukset Helsingin alueelta ovat vuodelta 1903. Järjestelmällisesti asemakaavoitusta varten on suoritettu pohjatutkimuksia vuodesta 1940 alkaen. Vuonna 1955 perustettiin kaupunkimittausosaston yhteyteen maaperätutkimusjaos. Itsenäinen geoteknillinen toimisto perustettiin vuonna 1964, kun geoteknillinen toiminta lisääntyi. Kiinteistöviraston organisaatiojärjestelyjen johdosta nimi muuttui vuonna 1980 geotekniseksi osastoksi (Anttikoski ja Volanen 1973).

Helsingissä rakentaminen on ollut ajoittain kiihkeää ja massiivista. Pohjaolosuhteet ovat rakentamiselle epäedulliset, sillä pehmeät savialueet vaihtelevat kalliomäkien kanssa. Yksityiskohtaisten maaperäkarttojen tarve todettiin suureksi jo 1950-luvulla.

Geoteknisessä toiminnassa olikin aluksi tärkeällä sijalla tehdyn kairaustiedon kokoaminen ja muokkaaminen kartoiksi. Vähitellen kairauspisteet kaupungin alueella piirrettiin läpinäkyville muoveille mittakaavassa 1:2 000 ja keskusta-alueelta mittakaavassa 1:500. Erillisille muoveille laadittiin savimaalajien alapinnan syvyyskäyrästä, maalajialueiden luokittelu ja paikoin myös kalliopinnan käyrästä. Muoveja pidettiin manuaalisesti ajan tasalla ja niitä kopioitiin päällekkäin pohjakartan kanssa, jolloin saatiin aikaan haluttuja tietoja sisältäviä yhdistelmäkarttoja. Pohjaveden havaintopisteet pinnankorkeuden vaihtelurajoineen ja havaintoajankohtineen ilmenivät myös tutkimuspistekartasta.

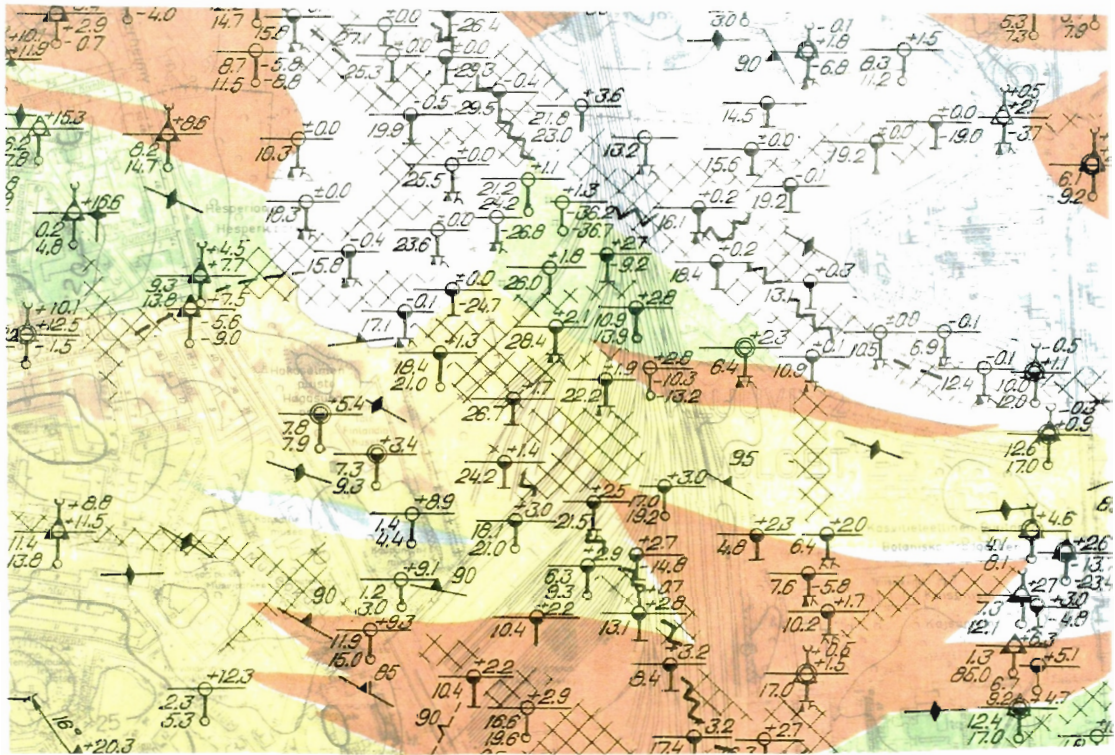
Geoteknisessä suunnittelussa on ollut tärkeää, että kartat ovat olleet jatkuvasti täydennettävissä kairaustietojen lisääntyessä. Kartoilla on ollut myös indeksiluonne, sillä kairauspisteen symbolin yhteydessä on tunniste, jonka perusteella on voitu hakea esimerkiksi pohjavesimittausten ja laboratoriotutkimusten tiedot arkistosta.

Rakennushankkeiden laajetessa on geoteknisiä karttoja laajennettu useissa eri vaiheissa. Mustavalkoinen 1:10 000-mittakaavainen geoteknillinen kartta valmistui vuonna 1970. Koska mustavalkoinen kartta ei ollut riittävän havainnollinen, päätettiin geoteknillinen kartta toteuttaa 6-värisenä. Uusi hydrogeologian kannalta merkittävän lievealueluokittelun sisältävä geotekninen kartta painettiin vuonna 1972 ja sen toinen versio 1989. Painetuissa geoteknisissä kartoissa sora-, hiekka- ja moreenialueet on yhdistetty kitkamaaksi, vaikka lähtömateriaalin muodostavissa 1:2 000-mittakaavaisissa kartoissa maalajit onkin eritelty. Geotekninen maaperäkartta perustuu geoteknisen osaston yli 200 000 kairauspisteeseen. Maaperäkartan selitykset on esitetty liitteessä 1 ja ote geoteknisen osaston maaperäkartasta kuvassa 2.5 (Anttikoski ja Volanen 1973, Vähäaho 1996).



Kuva 2.5. Ote geoteknisen osaston (1989) 1:10 000 -mittakaavaisesta maaperäkartasta Kluuvin alueelta

Geoteknisen osaston kallioperäkartta on julkaistu vuonna 1978. Kartassa on esitetty kivilajien lisäksi myös kallioperän ruhjevyöhykkeet rakennusgeologisine luokituksineen. Ruhjetulkinnan kallioperäkartaan on laatinut geologi Ahti Saraste. Ote kallioperäkartaista on kuvassa 2.6.



Kuva 2.6. Ote geoteknisen osaston (1978) 1:10 000 -mittakaavaisesta kallioperäkartaista Kluuvien alueelta

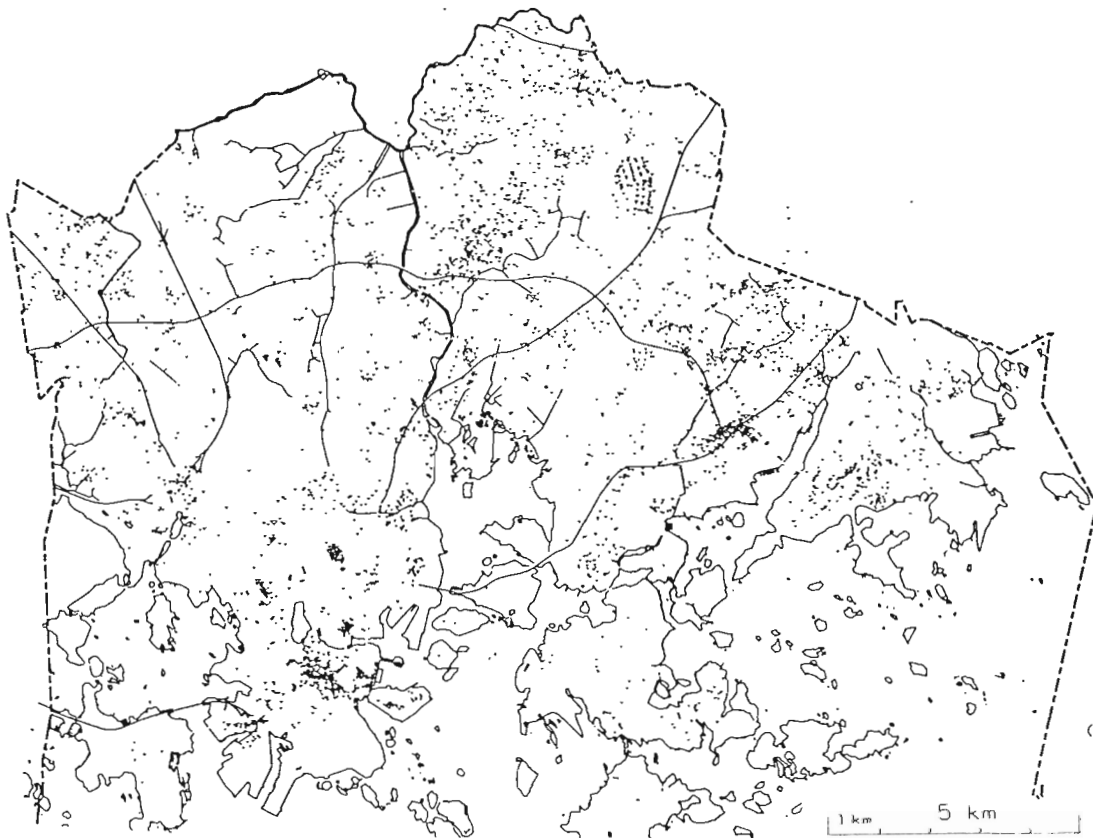
Helsingissä on laadittu myös muutamia geoteknisiä erikoiskarttoja. Metron suunnittelun alkaessa 1950-luvun lopulla kaupunkimittausosasto laati kantakaupungin alueesta luonnontilaismaastokartan, joka kuvaa kaupungin topografiaa ennen rakentamista. Kartta on tehty mittakaavassa 1:2 000.

Ydinkeskustasta ja muutamilta ns. geoteknisiltä pohjavesiriskialueilta on laadittu perustamistapa- eli pohjarakennekarttoja, joissa on esitetty puupaalualueiden pohjavesihallinnan kannalta tärkeitä tietoja.

2.3 Geoteknisen osaston tietokannat

Geotekninen osasto aloitti pohjatutkimusaineiston tallentamisen ATK-tietokantoihin 1980-luvun alussa. Systeemin suunnittelussa tähdättiin tietojen tallentamisen ohella piirustusten tuottamiseen sekä mm. kolmiulotteisten maastomallien laatimiseen. Tietokannan ohella aloitettiin geoteknisen suunnittelujärjestelmän kehittäminen.

Geoteknisen osaston tietokannassa oli vuoden 1997 lopussa pohjavedenpinnan korkeushavainnot noin 3 600 putkesta. Osasta oli vain muutamia havaintoja, osasta vuoden tai parin vuoden havaintosarja tai jopa 25 vuoden yhtäjaksoiset havaintotiedot. Noin 500 putkea on ollut pitkäaikaisessa tarkkailussa erityisesti puupaalualueilla kuten ydinkeskustassa, Kruununhaassa ja Hakaniemessä. Lähes jokaiseen rutiininomaiseen pohjatutkimukseen liittyy pohjavesimittauksia. Yleensä mittauksia suoritetaan kerran kuukaudessa. Pohjavesiputkien sijainnit Helsingissä on esitetty kuvassa 2.7.



Kuva 2.7. Geoteknisen osaston tarkkailussa olleet pohjavesiputket, tilanne 1.1.1998.

Mustat pisteet ovat havaintopisteitä.

Geoteknisen osaston pohjavesiohjelma on pc-sovellus. Sillä voidaan käsitellä samanlaisesti rajoittamaton määrä pohjavesipisteitä. Ohjelmalla voidaan tulostaa pohjavedenpinnan havaintokäyriä ajan funktiona sekä erilaisia taso- ja erotuskäyrästäjä. Ohjelmalla voi lisäksi arvioida virtaussuuntia sekä maakerrosten ja pohjavesialtaiden yhteyksiä.

Pitkät havaintosarjat ovat usein tarpeellisia rakentamisessa, kun halutaan määritellä esimerkiksi kellareiden pohjatasoja tai mitoitetaan pohjaveden alapuolisia rakenteita. Havaintosarjoista ilmenevät myös kuivien ja märkien ajanjaksojen sekä erilaisten pumppausten vaikutukset kyseisellä alueella.

2.4 Kalliotunneleiden kartoitustiedot

Helsinkiin on rakennettu yli 200 km tunneleita ja suurimmasta osasta on tehty rakennusgeologinen kartoitus. Lisäksi on tallennettu tietoja lujituksista, tiivistystoimenpiteistä ja mm. vesivuodoista. Kun tunnelissa syntyy suuria vuotoja, niitä ryhdytään yleensä välittömästi tiivistämään, jolloin vuotojen perusteella ei voida määritellä kallion vedenjohtavuutta. Kallion laatua ja tiivistystarvetta voidaan arvioida lähelle tulevilla kohteissa suuruusluokallisesti kartoitustietojen perusteella.

2.5 Suomen ympäristökeskuksen luokittelu

Suomen ympäristökeskuksen luokituksen mukaan kaikki Suomen mahdollisesti hyödyntämiskelpoista pohjavettä sisältävät pohjavesialueet on jaettu luokkiin I, II ja III. Luokkajaon perusteet on esitetty taulukossa 2.1. Uudenmaan ympäristökeskuksen Helsingin alueella toteuttamassa luokituksessa on mainittu kuusi pohjavesialuetta; Vuosaaren, Kallahden, Tattarisuon, Vartiokylänlahden, Santahaminan ja Isosaaren pohjavesialueet. Kallahden pohjavesialue on luokkaa III ja loput viisi ovat I-luokan esiintymiä eli tärkeitä vedenoton kannalta. Viiden Helsingissä sijaitsevan pohjavesiesiintymän lisäksi luokittelussa on mainittu Fazerilan esiintymä, joka osittain sijaitsee Helsingin alueella mutta jonka vesi ei ole Helsingin käytettävissä. Santahaminan ja Isosaaren akviferit ovat

puolustusvoimien hallinnassa, eikä niitä ole merkitty Helsingin kaupungin kriisiaikojen vesihuoltosuunnitelmaan.

Taulukko 2.1. Pohjavesiluokitus (Uudenmaan ympäristökeskus 1996)

Luokka	Nimi	Määritelmä
I	Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue	Alue, jonka pohjavettä käytetään tai tullaan käyttämään 20-30 vuoden kuluessa tai muutoin tarvitaan esimerkiksi kriisiajan vedenhankintaan liittyjämäärältään vähintään 10 asuinhuoneiston vesilaitoksessa tai hyvää raakavettä vaativassa teollisuudessa.
II	Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue	Alue, joka soveltuu yhteisvedenhankintaan, mutta jolle ei toistaiseksi ole osoitettavissa käyttöä yhdyskuntien, haja-asutuksen tai muussa vedenhankinnassa
III	Muu pohjavesialue	Alue, jonka hyödyntämiskelpoisuuden arviointi vaatii lisätutkimuksia veden-saantiedellytysten, veden laadun tai li-kaantumis- ja muuttumisuhan selvittä-miseksi

Uudenmaan ympäristökeskus on koonnut kaikki Helsingin luokitellut pohjavesialueet yksiin kansiin, Helsingin pohjavesialueiden kuntakansioon. Siinä mainitaan kunkin pohjavesialueen vedenottamot, antoisuus, käyttö, suojavyöhykkeet, aiemmat tutkimukset sekä kuvataan hydrogeologisia olosuhteita. Jokaisesta pohjavesiesiintymästä on myös kartta, jossa havainnollistetaan pohjavesiesiintymän rajauksia ja pohjaveden virtausuunta.

Vuosaaren, Kallahden, Tattarisuon, Santahaminan ja Isosaaren pohjavesiesiintymät liittyvät hiekka- ja soramuodostumiin, kun taas Vartiokylänlahden esiintymä on pääosin savialueella kallioperän ruhjevyöhykkeen kohdalla.

2.6 Muut tiedot

2.6.1 Helsingin Veden tiedot

Helsingin Vesi tutki vuonna 1981 Vuosaaren, Vartiokylänlahden ja Tattarisuon pohjavesiesiintymiä (Maa ja Vesi Oy 1982). Pohjavesialueilla suoritettiin kairauksia, asennettiin uusia havaintoputkia, otettiin vesinäytteitä ja tehtiin koepumppaus. Vuosina 1986-1990 tehtiin limnigrafipiirturilla 5 vrk:n keskiarvoilla käyrästöt pohjavedenpinnan vaihteluista vedenottamoiden kuilukaivoissa. Vuodesta 1979 lähtien Helsingin Vesi on ottanut vedenottamoiden pohjavedestä näytteen kerran vuodessa. Tarkkailu on liittynyt pohjavesialueiden vedenottokelpoisuuden ja käyttövalmiuden seurantaan. Liitteessä 2 on Helsingin Veden tekemät laatuanalyysit Hautalan vedenottamoilta ja liitteessä 3 Tattarisuon vedenottamolta. Helsingin Vesi on mukana myös Vuosaaren kaatopaikan asioissa hoitaen suotovesien poisjohtamisen ja puhdistuksen.

2.6.2 Helsingin kaupungin Ympäristökeskuksen tiedot

Ympäristökeskus on suorittanut pitkäaikaista suoto- ja pohjavesien laadun tarkkailua mm. Vuosaaren entisen kaatopaikan alueella. Kaatopaikan lähistössä sijaitsevien Helsingin Energian hiilivaraston ja tuhkan läjitysalueiden vesien tarkkailua suunnitellaan. Ympäristökeskus on seurannut pohjaveden laatua eri rakennushankkeiden yhteydessä Vuosaaren pohjavesialueella.

3. HELSINGIN ALUEEN GEOLOGIA

3.1 Kallioperä

3.1.1 Kallioperän synty, ikä ja kivilajit

Helsingin kallioperä on syntynyt proterotsooisella maailmankaudella svekofennialaisessa poimutuksessa, jonka huippukohta oli 1900 Ma sitten. Tuolloin vuoristoksi kohonnut kallioperä on kulunut lähes nykyiselle tasolleen jo ennen kambriauden alkua 570 Ma sitten. Helsingin seudun kallioperä on tyypillinen esimerkki kuluneen vuoriston juuri-osasta. Se koostuu gneisseistä, metavulkaniiteista sekä granitoidisista prekambrisista syväkivistä, jotka ovat iältään noin 1600-2300 Ma (Laitala 1991).

Osa alueen kallioperästä on maankuoren varhaisimpien kivilajien rapautumistuotteista syntyneitä sedimenttikiviä sekä tulivuoriperäisiä kivilajeja. Vuorijonopoimutuksen yhteydessä kivilajit ovat metamorfoituneet ja saaneet liuskeisen ulkoasun. Metamorfoituneita pintasyntyisiä kivilajeja ovat alueen kiillegneissit, happamat gneissit, amfiboliitit ja sarvivälkegneissit sekä tuffit, tuffiitit ja agglomeraatit. Laavakiviä ovat uraliitti- ja plagioklaasiporfyyriitit, tyynylaavat ja ultramafiitit (Laitala 1991).

Toisen, vanhemman osan alueen kallioperästä muodostavat syväkivilajit. Koostumukseltaan ne ovat yleensä graniitteja, granodioriitteja ja tonaliitteja. Näiden lisäksi on vähän gabroja ja dioriitteja. Migmatiitit eli seoskivilajit ovat syntyneet graniittien tunkeutuessa sedimentti- ja vulkaanisperäisten kivilajien joukkoon (Laitala 1991).

3.1.2 Pinnanmuodot ja ruhjeet

Helsingin alueelle ovat tyypillisiä kalliomäet, jotka kohoavat ympäröivien sedimenttikerrosten yläpuolelle ja toisaalta laajat alavat alueet kuten Pohjois-Helsingin savi-peatteiset alueet. Kallioisia ja useimmiten myös luonnontilassa laajojen kalliopaljastumien alueita ovat Helsingissä Tähtitorninmäen alue sekä Kallion, Töölön, Ruskeasuon,

Pihlajamäen ja Pihlajiston kaupunginosat. Edelleen laajoja kallioisia alueita on Mellunmäessä, Myllypurossa, Vuosaarella, Jakomäessä, Haagassa ja Keskuspuiston alueella. Kaupungin alueella kallion pinta on korkeimmillaan Jakomäen etelälaidalla tasossa +62 (Helsingin kaupungin tietokeskus 1998). Kalliokohoumien peittona on paikoin moreeni, mutta korkeimpien alueiden alunpitäenkin ohutta moreenipeitettä ovat rantavoimat jääkauden jälkeisenä aikana huuhtoneet pois kohoumilta ja niiden ylärinteiltä.

Kallion pinta on yleensä syvällä ruhjeiden ja siirrosten muodostamissa heikkosvyöhykkeissä, jotka ovat syntyneet eri poimutusvaiheiden aikana ja joihin rapautuminen on kohdistunut voimakkaammin kuin ympäröivään kallioperään (Laitala 1991). Siirrokset ovat vaikuttaneet kallioperän pinnanmuotoihin myös siten, että lohkot ovat liikkuneet toistensa suhteen. Monin paikoin kallioperän painanteissa kallion pinta on merenpinnan alapuolella. Alimmillaan Helsingin alueella kallion pinta on tavoitettu tasossa -67 Vanhankaupunginlahdella suoritetuissa porakonekairauksissa. Helsingin karttakuvassa näkyvimpiä ruhjelaaksoja muodostavat erityisesti koillinen-lounas- ja kaakko-luode -suuntaiset ruhjelinjat.

Paikoin kalliomäet rajautuvat suoraan ruhjevyöhykkeisiin, jolloin niiden rinteet ovat jyrkkiä. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi Tähtitorninmäen itäreuna, Alppiharjun (Linnanmäen) ja Käpylän länsireuna. Edelleen kalliorinteet laskeutuvat jyrkkinä heikkosvyöhykkeisiin Herttoniemen, Myllypuron ja Vuosaaren länsireunalla.

Myös kivilajien erilaisella eroosiokestävyydellä on arveltu olleen vaikutusta kalliopin nan topografiaan. Kiillegneissialueet ovat kuluneet syvemmälle kuin eroosiokestäväm mät graniitti- ja amfiboliittialueet.

Kallioperän painanteet ja erityisesti rikkonaiset ruhjelaaksot mahdollistavat pohjaveden varastoitumisen. Välillisesti kallioperän topografia on vaikuttanut maaperän kerrosjärjestykseen ja siten pohjaveden esiintymiseen. Jääkauden jälkeen tapahtuneen maankohoamisen ja siitä seuranneen merenpinnan laskun seurauksena ehjät ja eroosiota paremmin kestävät kalliomäkien vyöhykkeet ovat muodostaneet kynnyksiä ja patoaltaita,

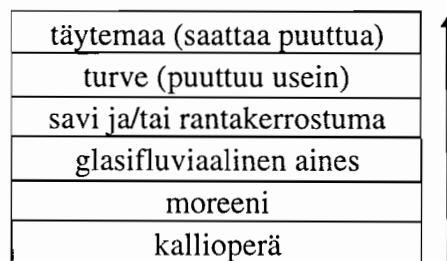
jolloin saviaines on estynyt kulkeutumasta kauemmaksi ulapalle. Näin on tapahtunut mm. Pohjois-Helsingin savialueilla.

Ruhjevyöhykkeillä on usein todettu olleen yhteys myös glasifluviaalisten muodostumien syntyyn. Mannerjäätikö on halkeillut aktiivisten siirrostien kohdilta, joihin jäätikönlai-set sulavesivirrat ovat hakeutuneet.

Geoteknisellä osastolla on runsaasti tietoja kalliopinnan topografiasta maapeitteisillä alueilla tietokannassa olevien 200 000 kairauspisteen, erilaisten geofysikaalisten luotauksen ja rakennustoimenpiteiden ansiosta. Ruhjelaaksojen kalliopinnan topografia on tutkittu yksityiskohtaisesti tunnelirakennuskohteissa. Tavallisesti ruhjepainanteen leveys on muutamia kymmeniä metrejä. Ruhjeen syvimmissä kohdassa kallion pinta on yleensä 10-30 m syvemmällä kuin viereisillä kallioalueilla.

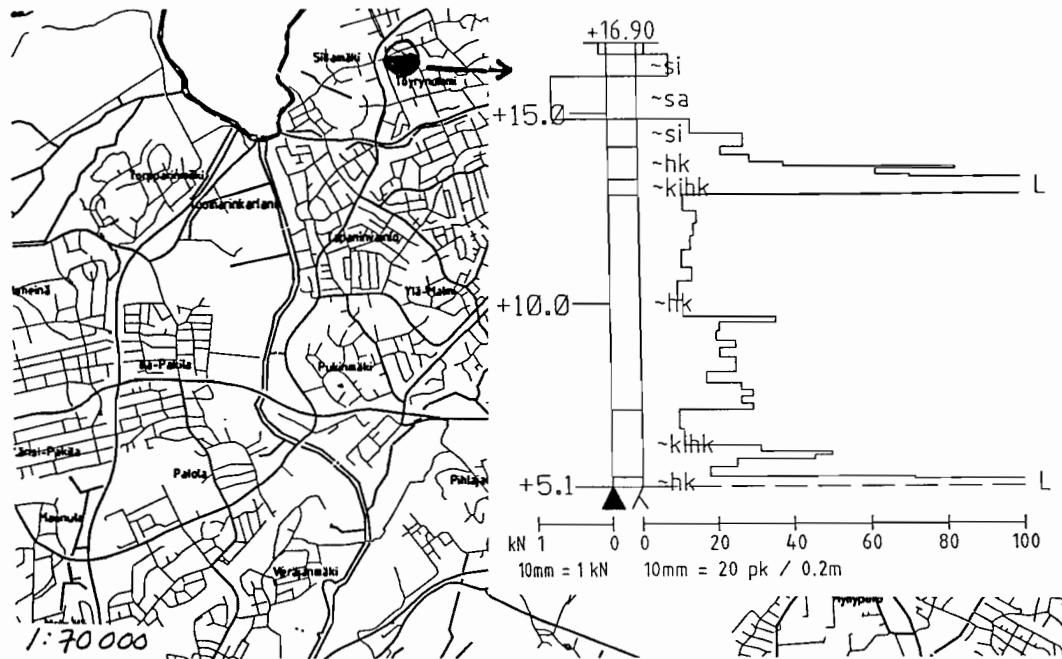
3.2 Sedimenttialtaiden kerrosjärjestys

Kalliopainanteiden alimpana kerroksena on yleensä moreenia, jonka päällä on glasifluviaalisia kerroksia, silttiä, savea ja joko suoraan glasifluviaalisen aineksen päällä tai savi-kerroksen erottamana rantakerrostumia. Ylinnä, tosin Helsingissä harvemmin, saattaa olla turvekerros (Virkkala 1959). Kaupunkiympäristössä ylimmäisenä kerroksena on usein täytemaa. Kerrosjärjestys on esitetty kaaviona kuvassa 3.1.



Kuva 3.1. Tyypillinen kerrosjärjestys alueella, nuorin kerrostuma ylinnä.

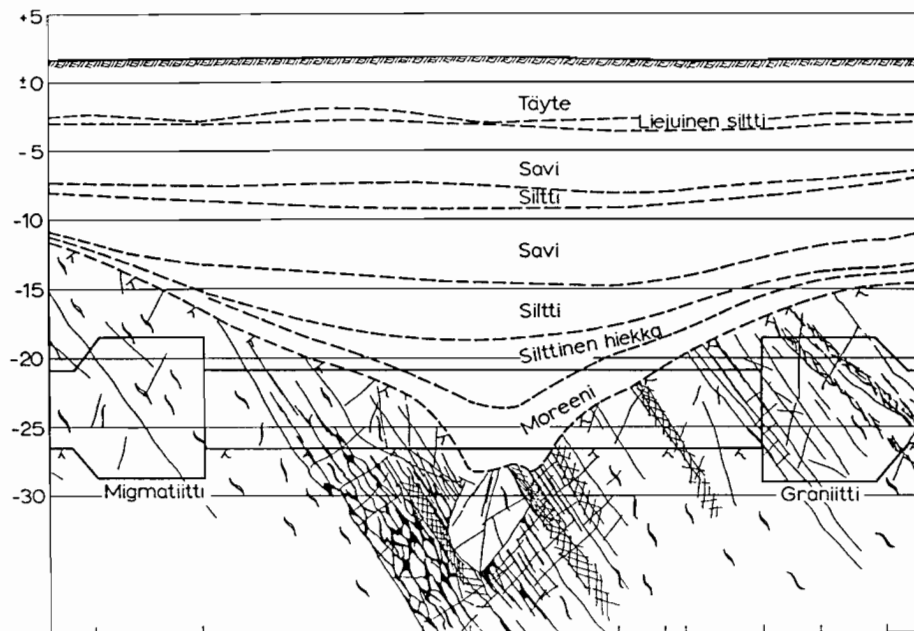
Sedimenttialtaissa moreenin päälle on paikoin kerrostunut huomattavan paksuja sora- ja hiekkakerroksia. Kerrosten paksuus saattaa olla 5-15 metriä ja paikoin enemmänkin. Kuva 3.2 esittää maakerrostietoja eräästä Pohjois-Helsingin kairauspisteestä, jossa savenalaisten kitkamaakerrosten paksuus on noin kymmenen metriä.



*Kuva 3.2. Painokairausdiagrammi Pohjois-Helsingistä. Maanpinta on tasossa +16,9 ja kairaus on loppunut kiveen tai kallioon syvyydellä +5,1. Savikerroksen alla on kitka-
maakerroksia noin 10 m paksuudelta.*

Monilla paikoilla kitkamaiden päälle on kerrostunut jääkauden lopulla ja jälkeen savia. Savikerroksen alaosa koostuu useimmiten lustosavista ja on siten silttipitoinen. Kuvassa 3.3 on Kluuvin ruhjeen kohdalta poikkileikkaus, josta ilmenee tyypillinen sedimenttien kerrosjärjestys merenrantojen alavilla alueilla. Rakennetuilla alueilla saven päällä on täytmaakerros kuten kuvassa 3.3. Savikerrostumien paksuus on yleensä muutamasta metristä kymmeneen metriin.

Moreenialueiden sekä glasifluviaalisten muodostumien liepeille on usein muodostunut rantakerrostumia jääkauden jälkeisten rantavoimien toiminnan seurauksena. Rantakerrostumien alla saattaa olla savikerros, tai ne ovat suoraan yhteydessä esim. glasifluviaaliseen ainekseen. Näiden päällä saattaa vielä olla resenttejä savia.



Kuva 3.3. Leikkaus maa- ja kallioperästä Kluuvin ruhjeen poikki metrotunnelin kohdalta (Hartikainen ja Saraste 1978)

Paikoin em. kerrosten päällä on turvekerros, joka kuitenkin puuttuu usein. Helsingissä ei ole jäljellä luonnontilaisia soita ja muutenkin alue kuuluu Suomen vähäsoisimpiin (Virkkala 1959). Esimerkkejä täytetyistä soista ovat Tattarisuo ja Pasilan suo.

3.3 Moreenialueet

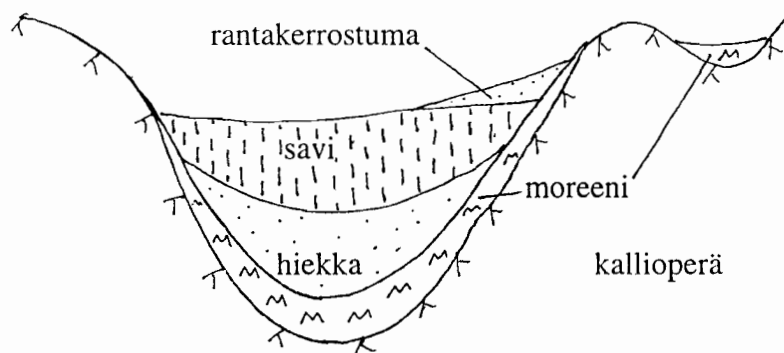
3.3.1 Synty

Suurin osa Helsingin moreenista on tiivistä pohjamoreenia, joka on syntynyt jo mannerjäätikön maksimiliikkeen aikana pusertuen jäämassan alle. Varsin vähän Helsingin alueella esiintyy pintamoreenia, eli jäätikön sulamisvaiheessa syntynyttä moreenia. Alppikylässä Tattariharjulla on kuitenkin tällainen kerrossarja, jossa moreenin alla on glasifluviaalista ainesta. Kerrossarja havaittiin Lahdenväylän rakentamisen aikana (Virkkala 1959).

Moreenin kerrospaksuudet kallioalueilla ilmentävät yleensä jäätikön liikesuuntaa. Kalliomäet ovat pääasiassa paljaampia vastasivulla eli luoteessa, kun kaakkoispuolelle eli suojasivulle on kerrostunut enemmän moreenia. Moreenin kivistä tehdyt suuntauslaskut ovat osoittaneet jäätikön liikesuunnaksi 330° , joka vastaa jäätikön maksimiliikesuuntaa (Haavisto ja Kukkonen 1975).

Moreeni koostuu lajittumattomasta aineksesta, joka vaihtelee lohkaista silttiin. Helsingin moreeni on pääasiassa heikosti vettäläpäisevää silttistä hiekkamoreenia. Aines on yleensä vähäkivistä ja kivet ovat keskikokoisia (Haavisto ja Kukkonen 1975). Ruhje-laaksojen pohjalla moreenissa on usein todettu karkeampia vettäjohtavia linssejä. Moreenin ja kallion rajapinnalla on havaittu usein myös huuhtoutunut vettäjohtava muutama senttimetrin paksuinen hiekkaisempi kerros.

3.3.2 Moreenialueet Helsingissä



Kuva 3.4. Moreenin esiintyminen ja suhde muihin kerrostumiin.

Viidennessä Helsingin maapinta-alasta on moreenia (Helsingin kaupungin tietokeskus 1998). Suurin osa moreenista on maanpinnalle näkymättömissä muiden maakerrosten alla, kalliopinnan päällä yleensä vain noin 2 metrin paksuisena peittona. Pintamaalajina moreenia esiintyy yleensä kallioisilla alueilla niiden pienehköissä painanteissa sekä rinneissä kalliojaljastumien ja savipeitteisten alueiden välivyöhykkeessä. Usein tässä välivyöhykkeessä on vielä moreenista huuhtoutunut rantakerrostuma osittain saven päällä. Kuva 3.4 esittää kaaviollisesti moreenin esiintymistä ja suhdetta muihin muodostumiin.

Helsingissä esiintyy moreenia lähes kaikkialla, mutta varsinaiset moreenialueet ovat yleensä pieniä ja erillisiä. Suurin yhtenäinen moreenimuodostuma on Vuosaaren kaato- paikan itäpuolella. Toinen yhtenäinen moreenimuodostuma on Länsi-Lauttasaassa.

3.4 Glasifluviaaliset muodostumat

3.4.1 Synty

Glasifluviaalisten muodostumien sora- ja hiekka-aines on jäätikköjokien lajittelemaa ja rakeet veden kuljetuksen pyöristämiä. Harjut ovat kerrostuneet jäätikön sisäisissä tun- neleissa ja railoissa virranneiden jäätikköjokien sekä jäätikkölahtien pohjalle. Deltata- santeet ovat kerrostuneet glasifluviaalisesta aineksesta mereen mannerjäätikön reunan eteen. Karkein aines on jäänyt jäätikköjoen suulle, kun hienompi aines on kulkenut kau- emmin suspensiona ja kerrostunut etäämmäs jäätikön reunasta. Täysin kehittynyt delta ulottuu merenpintaan asti. Jääkauden jälkeiset rantavoimat ovat muokanneet ja levittä- neet kerrostumia. Tällaisista laajoja ja tasaisia deltatasanteita on mm. Vuosaassa ja Santahaminassa. Harjut ja deltat liittyvät usein tiiviisti yhteen ja glasifluviaalisissa muo- dostumissa voi olla piirteitä kummastakin syntytavasta. Helsingin alueella suuri osa hiekkamuodostumista on kaivettu pois tai niiden päälle on rakennettu, mikä myöskin vaikeuttaa sekä levinneisyyden että syntyvän tulkitsemista. Glasifluviaalinen aines on myös lähes kaikkialla rantakerrostumien peittämänä. Rantakerrostumia ja primaarista glasifluviaalista ainesta on ilman välissä olevaa savikerrosta vaikea erottaa toisistaan.

3.4.2 Glasifluviaaliset muodostumat Helsingissä

Laajimmat jäätikköjokimuodostumat Helsingissä ovat Vuosaassa, Alppikylässä (Tattariharjulla), Malmin hautausmaan alueella sekä Santahaminassa. Kuvassa 3.5 on esitetty sora- ja hiekkakerrostumien esiintymisalueet jaottelemana niitä glasifluviaalisiin muodostumiin ja rantakerrostumiin. Piirros on tehty Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkarttojen perusteella.



Kuva 3.5. Sora- ja hiekkamuodostumat Helsingissä. Mustatut alueet edustavat sora- ja hiekka-alueita sisältäen sekä glasifluviaaliset kerrostumat että rantakerrostumat.

Helsingissä on vain yksi hyvin säilynyt harjumuodostuma, Kallvikin-Vuosaaren harju (Hyyppä 1950). Helsingin laajin deltatasanne Vuosaassa kuuluu edellämainittuun harjuun. Laajasalossa, Yliskylässä, on pieni delta. Santahaminan luoteispuolella oleva pieni harjuselänne, johon kuuluu Tahvonlahdenniemi ja sen Santahaminan puoleinen jatke, Teerisaari, on toiminut Santahaminan laajahkon deltatasanteen syöttävänä harjuna (Haavisto-Hyvärinen, henkilökohtainen tiedonanto, 1997). Santahaminan deltatasanne jatkuu merenpinnan alla Jänissaaren ja Hernesaaren väliselle alueelle (Rantataro 1992).

Kallvikin harju jatkuu kaakkoon pitkänä merenalaisena sora- ja hiekkamuodostumana, joka nousee paikoin merenpinnan yläpuolelle saarijonona Santinen - Iso Leikosaari - Kutusärkki (Rantataro 1992). Luoteeseen Kallahden harju jatkuu Vesterkullan sora- ja hiekkatasanteiden kautta Hakkilan harjulle asti. Harjujaksoon voidaan katsoa kuuluvaksi myös Tattariharjun pitkänomainen sora- ja hiekkamuodostuma. Vuosaari - Laajasalo - Santahamina deltatasanteiden vyöhyke edustaa yhtä perääntyvän jäätikön reuna-asemaa.

Pohjoisempana oleva toinen jäätikön reunan suuntainen vyöhyke, joka käsittää Hakkilan harjun, Heikinlaakson, Malmin deltatasanteen ja keskustan hiekka- ja sora-alueet, edustaa toista, edellistä nuorempaa jäätikön reunan asemaa (Hyypä 1950).

3.5 Savipeitteiset alueet

3.5.1 Savikerrostumien synty

Savikerrostumat ovat syntyneet jääkauden loppupuolella ja sen jälkeen kerrostuen syvään veteen jäätikön ulkopuolelle. Savien mikrofossiileista on saatu tietoja savikerrostumien syntyhetkellä vallinneista olosuhteista kuten meren suolaisuudesta ja ilmastosta. Maannousun ja rantavoimien vaikutuksesta merenpohjan painanteet ovat tuhansien vuosien kuluessa muuttuneet pinnanmuodoiltaan varsin tasaisiksi maa-alueiksi.

Helsingin seudun lustosavikronologian mukaan vanhimmat savet Helsingin seudulla ovat kerrostuneet Baltian jääjärveen noin 11 000-10 000 vuotta sitten ja sitä seuranneeseen Yoldia-mereen noin 10 000-9 500 vuotta sitten (Hyypä 1950). Näiltä ajoilta Helsingistä löytyvät kerralliset savet. Helsingissä Yoldia-meren ranta esiintyy laajahkona rantakivikkona Jakomäen kallioilla tasossa noin +60 m.

Nuoremmat Litorina-mereen kerrostuneet savet ovat humuspitoisia liejusavia ja poikkeavat siten merkittävästi vanhemmista savista. Litorinakerroksen alaosassa on usein todettavissa silttinen kerros, joka liittyy Litorina-transgressioon ja esiintyy rannikkoalueella varsinkin Suomenlahden itäosissa (Gardemeister 1973).

Savikerrostumia syntyy parhaillaan Helsingin edustalla mereen, josta ne maankohoamisen jatkuessa tuhansien vuosien kuluessa muuttuvat savipohjaisiksi maa-alueiksi. Tällaisia nuorempia savia kutsutaan resenteiksi saviksi.

3.5.2 Savipeitteisten alueiden laajuus

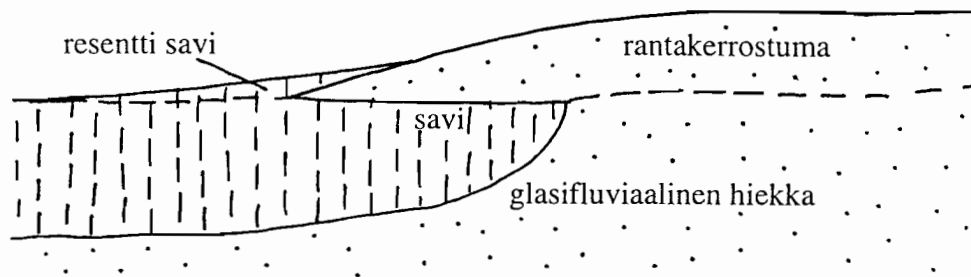
Helsingissä on savialueita noin 35% kaupungin pinta-alasta. Savialueiden laajuus on esitetty kuvassa 3.6. Laajimmat savikot ovat kaupungin pohjoisosassa Pukinmäki-Malmi-Tapanila-Suutarila-Tuomarinkylä -alueella jatkuen Vantaalle sekä Viikissä, Konalassa Mätäjoen painanteessa ja Itäkeskuksen-Puotilan alueella.



Kuva 3.6. Savipeitteiset alueet Helsingissä. Mustatuilla alueilla savikerroksen paksuus on yli 1 m.

3.6 Rantakerrostumat

Jääkauden jälkeen maankohoamisen ajoittain hidastuessa ja merenpinnan laskun lähes pysähtyessä rantavoimat kerrostivat muinaisen rantaviivan merkiksi rantakivikkoja sekä rantakerrostumia. Rantakerrostumien aines on pääasiassa lajittunutta hiekkaa vaihettuen yleensä kauempana siltiksi. Suurimmat rantakerrostumat ovat syntyneet glasifluviaalisten muodostumien liepeille näiden joutuessa rantatyrskyjen huuhtelemiksi. Rantakerrostumien suhdetta saviin ja glasifluviaalisiin muodostumiin on havainnollistettu kuvassa 3.7.



Kuva 3.7. Rantakerrostumat suhteessa saviin ja glasifluviaalisiin muodostumiin

Glasifluviaaliset muodostumat ja niiden päälle syntyneet rantakerrostumat voidaan erottaa toisistaan varmuudella vain, kun niiden välissä on savikerros. Savikerrokset ovat perääntyvän jäätikön viimeiseksi kerrostamaa sedimenttianesta. Maan kohotessa savi on rantavoimien vaikutuksesta kulunut ja uudelleen kerrostunut glasifluviaalisen muodostuman painanteisiin ja reunoille. Maan kohotessa edelleen savien päälle kerrostui hiekoja rantakerrostumiksi aallokon lajittelemana.

Helsingissä selviää, savikerroksen erottamia rantakerrostumia on mm. Vuosaarella. Tällainen on Vuosaaren metron pohjoispuolinen ns. orsivesiriskialue.

4. TEKOMUODOSTUMAT HELSINGISSÄ

4.1 Yleistä

Paikoin Helsingissä on luonnontilaista maata vain vähän näkyvissä. Rakennettavalla alueella luonnontilaista maaperää muutetaan monin tavoin kuten kaivamalla ja täyttämällä.

Kaivaminen voi olla maanpinnalta alaspäin tapahtuvaa, jolloin sitä suoritetaan esim. kellaritilojen, katujen tai putkien rakentamista varten. Kaivaminen voi myös tapahtua kokonaan maanpinnan alla mm. tunneleiden louhintana. Kaivamisessa syntyneet massat jalostetaan tai sijoitetaan maarakenteisiin, täyttöihin tai ylijäämämassojen läjitysalueelle.

Myös täyttämistä on suoritettu monessa eri tarkoituksessa. Osaksi alueellisia täyttöjä on tehty suunnittelemattomasti, kun maa- tai vesialueita on käytetty ylijäämämassojen läjityspaikkoina tai kaatopaikkoina. Osaksi täytöt on suoritettu suunnitelmallisesti kun on vallattu maata merestä satamia varten tai kun on rakennettu esimerkiksi Pikku-Huopalahden kaltaisia pehmeikköalueita. Ohuita täyttökerroksia syntyy aina rakennettaessa esimerkiksi katuja, pihoja ja kenttiä.

Täyttöjen materiaalit vaihtelevat ja niiden laatuun vaikuttavat mm. täyttöajankohta ja alueen tarkoitus. Materiaali voi olla alkuperältään geologista, mutta mukana voi olla mm. puuta, tiiltä, voimalaitostuhkaa ja -kuonaa sekä rakennusjätettä. Entisten kaatopaikkojen materiaali on pääasiassa yhdyskuntajätettä, mutta sisältänee lähes mitä tahansa mukaanlukien haitallisia ja myrkyllisiä aineita, joita ei entisten kaatopaikkojen käyttöaikana eroteltu.

4.2 Vesistöjen täytöt

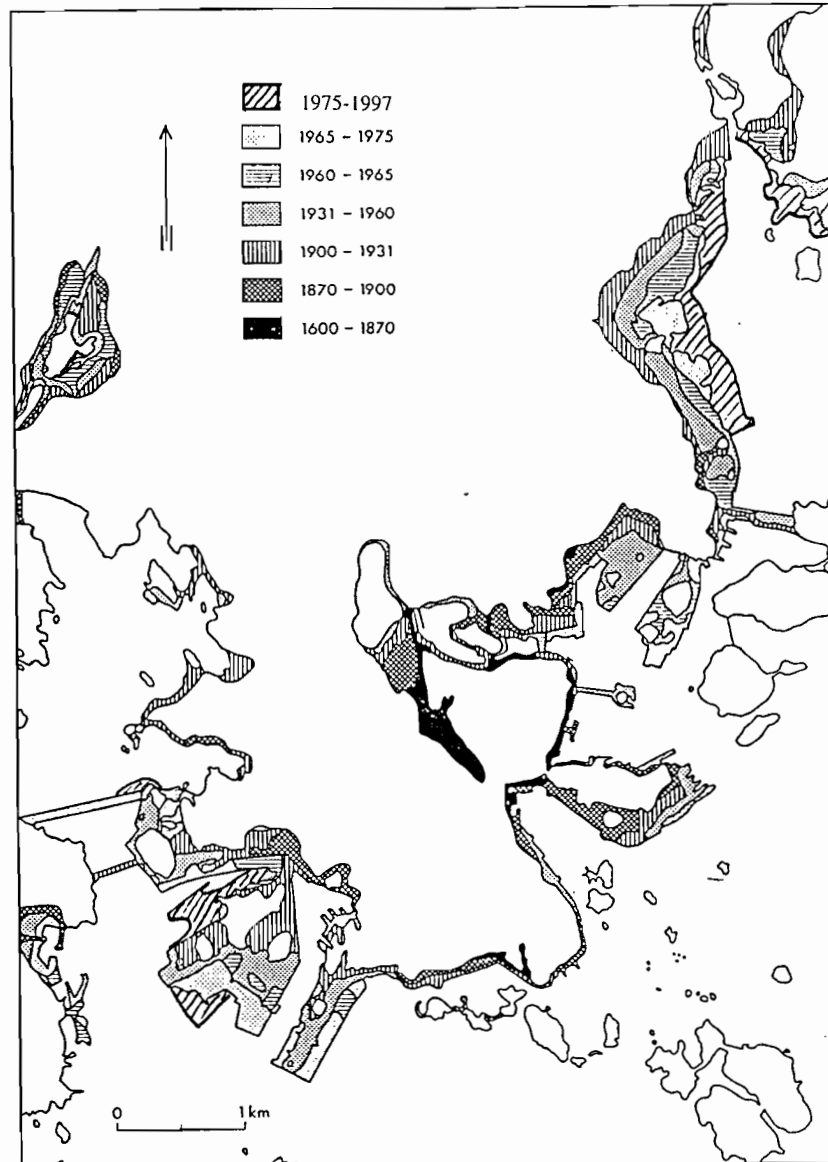
Rantaviivan muutokseen on vaikuttanut sekä luonnolliset että keinotekoiset tekijät. Luonnollinen tekijä on ollut maankohoaminen, joka on ollut Helsingin alueella noin 2,1

mm/vuosi (Kakkuri 1990). Ilmaston muuttuessa arvioidaan merenpinnan nousun kuitenkin voittavan maannousun. Helsingin uusilla rakennetuilla ranta-alueilla kuten Ruoholahdessa ja Herttoniemessä on varauduttu siihen, että merenpinta voi nousta 0,3 m 50 vuoden kuluessa, mikä sisältää reilun varmuusmarginaalin (Raudasmaa 1998, henkilökohtainen tiedonanto). Keinotekoiset muutokset ovat olleet Helsingissä kuitenkin merkittävämpiä rantaviivan muokkaajia. Etenkin kantakaupungin rantaviivan muodoista ilmenee sen keinotekoisuus (kuva 4.1). Kulmikkaat ranta-alueet ovat rakennettu tarkoituksellisesti satamia, rantakatuja ja toreja varten.

Helsingissä on täytetty huomattavassa määrin vesistöalueita kuten entinen Kluuvin lahti, Sörnäisten lampi, Siltasaaren, Hanasaaren, Hernesaaren, Sompasaaren, Jätkäsaaren ja Munkkisaaren ympäristöt, Ruoholahden rantaa, Vanhankaupunginlahden länsirantaa ja Pikku-Huopalahtea sekä Katajanokan eteläreunaa ja siinä ennen sijainneen Laukkasaaren ympäristö (Anttikoski ja Vähäaho 1991).

Helsingin ydinkeskustassa Kluuvin lahden täyttöä harkittiin ensimmäisiä kertoja 1700-luvun jälkipuoliskolla. Pääasiassa täyttö tapahtui 1800-luvulla. Vuoden 1830 paikkeilla täyttö oli edennyt nykyiseltä kauppatorilta Mikonkadulle (Lindberg ja Rein 1950). Töölönlahden puoleisen osan täyttäminen nopeutui, kun rautatien valmistuttua alueelle voitiin kuljettaa hiekkaa ja soraa Hakkilanharjusta. Täytetyllä alueella rakennukset perustettiin puupaaluilla. Puupaaluista on suuri osa korvattu betoni- ja teräspaaluilla mutta huomattavia rakennuksia kuten rautatieasema, postitalo ja pörssitalo ovat edelleen puupaaluilla. Alueella on ollut säännöllinen pohjavesitarkkailu 1970-luvun puolivälistä alkaen (Tikkanen 1978).

Aina vesistötäytöt eivät tuota uutta maanpintaa, vaan ne jäävät vedenpinnan alle. Tällaisia täyttöjä syntyy, kun merialueilta ruopattuja massoja läjitetään mereen. Läjitysalueita on mm. Taulukarin alueella, joka sijaitsee Helsinginniemen edustalla. Merialueille on tähän mennessä saanut läjittää vain merestä otettuja massoja.

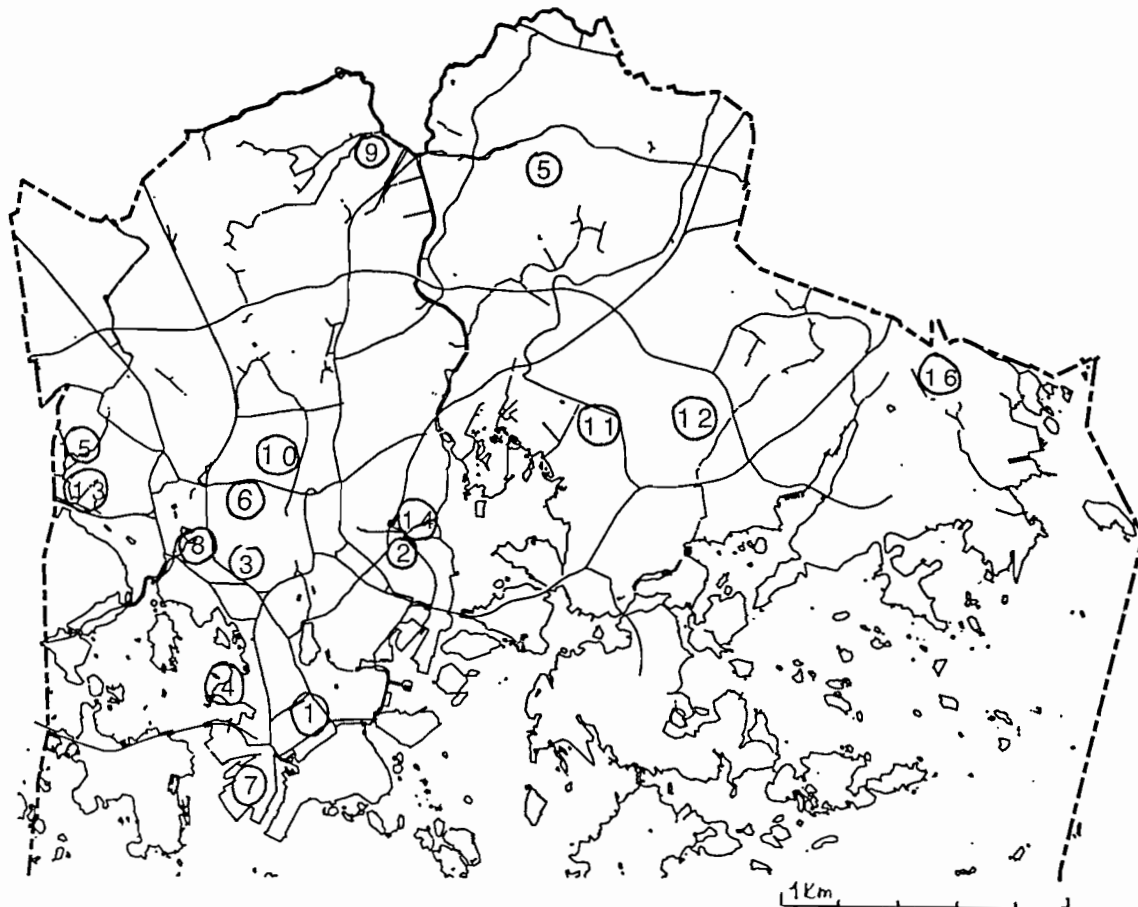


Kuva 4.1. Rantatäytöt kantakaupungin alueella. (Vuodet 1600-1975: Karivalo 1976, vuodet 1975-1997: geoteknisen osaston tietokanta 1997)

4.3 Kaatopaikat

1700-luvun alkupuolella Helsingissä käytettiin kaatopaikkoina tyhjiä tontteja ja merenlahtia lähellä keskusta-alueita. Helsingin muuttuessa kaupunkimaisemmaksi ja asutuksen leviessä kaatopaikat kasvoivat ja työntyivät etäämmälle, jolloin satunnaiset epäviralliset jätteen kaatopaikat kiellettiin. Helsingin historian aikana kaupungissa on ollut 16 kaatopaikkaa ja muita jätteenkäsittelylaitoksia (kuva 4.2). Suurimmat kaatopaikat

ovat olleet Pasilan, Iso-Huopalahden ja Vuosaaren kaatopaikat. Helsingin kaikilla kaatopaikoilla jätteen läjitys on lopetettu, viimeisenä lopetettiin vuonna 1989 Vuosaaren kaatopaikan käyttö.



Kuva 4.2. Helsingin vanhat jätteenkäsittelyalueet (Leminen, Arovaara ja Forss 1993) 1. Kampinmalmin kaatopaikka (-1883), 2. Vallilan kaatopaikka (-1904), 3. Grejuksen tilan kaatopaikka (1883-1904), 4. Hietaniemen kaatopaikka (1882-1925), 5. Malmin kaatopaikka (1904-1944), 6. Ruskeasuon (Pasilan) kaatopaikka, 7. Länsisataman kaatopaikka (-1944), 8. Pikku-Huopalahden kaatopaikka (1937-1949), 9. Tuomarinkylän kaatopaikka (1944-1950), 10. Pasilan kaatopaikka (1949-1963), 11. Herttoniemen kaatopaikka (1948-1953), 12. Vartiokylän kaatopaikka (1954-1962), 13. Talin kompostointilaitos (1959-1966), 14. Kyläsaaren jätteenpolttolaitos (1961-1983), 15. Iso-Huopalahden kaatopaikka (1963-1979), 16. Vuosaaren kaatopaikka (1964-1988).

Helsingin vanhat kaatopaikat on rakennettu savipohjan päälle, joten kaatopaikkojen pohja on pääosiltaan ollut yleensä tiivis. Kaatopaikan reuna-alueilla jätemassa on kuitenkin voinut ylittää tiiviin savikerroksen, jolloin suotovesien pääsy alempaan pohjaveeseen on ollut mahdollista. Seurauksena on ollut myöhemmin ilmenneitä ongelmia. Esimerkiksi Pasilassa kaatopaikan suotovedet ovat lianneet Kumpulanpuron vesiä ja Vuosaaren kaatopaikan ympäristössä on havaittu pohjaveden likaantumista.

4.4 Puhtaiden massojen täyttömäet

Savet ja liejut ovat usein rakentamiseen kelpaamattomia, joten niitä varten joudutaan järjestämään läjitysalueita. Myöskään kaikkia kitkamaita ei voida käyttää hyödyksi, mutta niitä voidaan läjittää korkeiksi mäiksi, kun koheesiomaista ei voida rakentaa muutamaa metriä korkeampia kasoja (Konsi 1988). Läjitysalueita Helsingissä ovat mm. Paloheinän, Malminkartanon, Porttitien, Koskelantien, Tattarisuon ja Vuosaaren täyttöalueet (Mäkinen 1974). Vuosaaren läjitysalue on ollut käytössä vielä vuonna 1998. Ensimmäisiä järjestelmällisesti suunniteltuja läjitysalueita ovat olleet Paloheinän ja Malminkartanon täyttömäet. Näillä läjitysalueilla louheesta ja kitkamaista on tehty kerroksittain rengasmaisia penkereitä, joiden sisälle on voitu sijoittaa savimassoja.

Aiemmin läjitysalueita pidettiin vain maankaatopaikkoina eikä niiden myöhempää hyötykäyttöä suunniteltu (Mäkinen 1974). Nykyisin mäet pyritään sovittamaan maisemallisesti ympäristöönsä ja samalla suunnitellaan kohteiden myöhempi käyttö esim. virkistysalueena.

4.5 Ohuet täytöt

Ohuita täyttöjä syntyy kaupungissa aina savialueille rakennettaessa. Niitä ovat mm. pihojen, torien, katujen, urheilukenttien ja muiden vastaavien alueiden alustat. Täytöt ovat yleensä paksuudeltaan noin metrin luokkaa. Materiaali on yleensä kitkamaata tai koostuu rakennetuista sepele- ym. kerroksista.

5. POHJAVEDEN ESIINTYMISESTÄ ERI MUODOSTUMISSA

5.1 Maanalaiset vedet

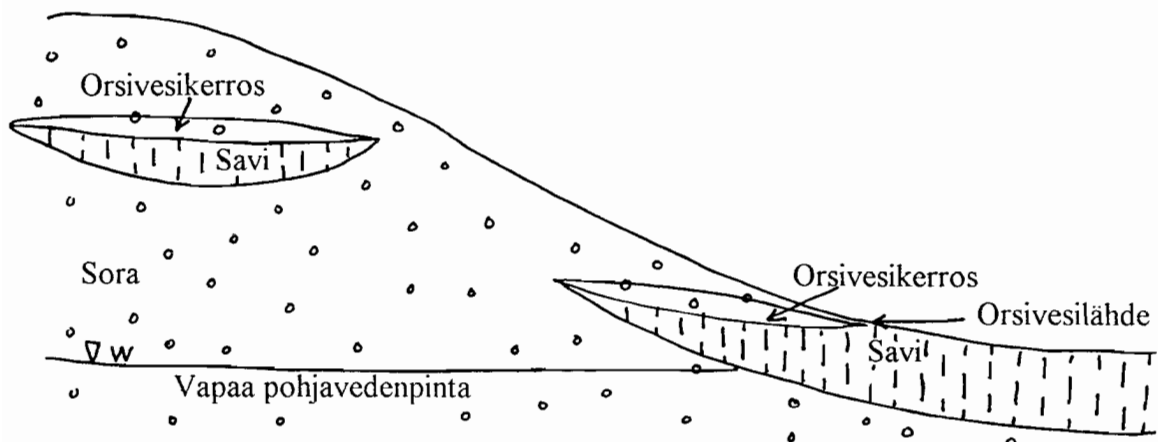
5.1.1 Yleistä

Maanpinnan alla on vettä monessa vyöhykkeessä. Osittain kyllästyneessä maassa olevaa maavettä kutsutaan vadoosiksi vedeksi eli vajovedeksi ja täysin kyllästyneessä vyöhykkeessä olevaa vettä kutsutaan feraattiseksi vedeksi eli pohjavedeksi. Maavesivyöhyke jakautuu edelleen kolmeen osaan. Juurivyöhyke on lähinnä maanpintaa oleva maakerros, johon kasvien juuret ulottuvat. Juurivyöhykkeen alla on välivyöhyke, joka saattaa myös puuttua. Alin maavesivyöhyke on kapillaarivyöhyke, jossa huokostila on osittain tai kokonaan täyttynyt vedellä kapillaarivoiman ansiosta. Pohjavesivyöhyke alkaa pohjaveden pinnasta ja jatkuu niin syvälle kuin huokokset ovat toisiinsa yhteydessä. Vapaan pohjaveden pinnalla vedenpaine on yhtä suuri kuin ilmanpaine. Maanalaisten vesien vyöhykkeet on esitetty kuvassa 5.1.

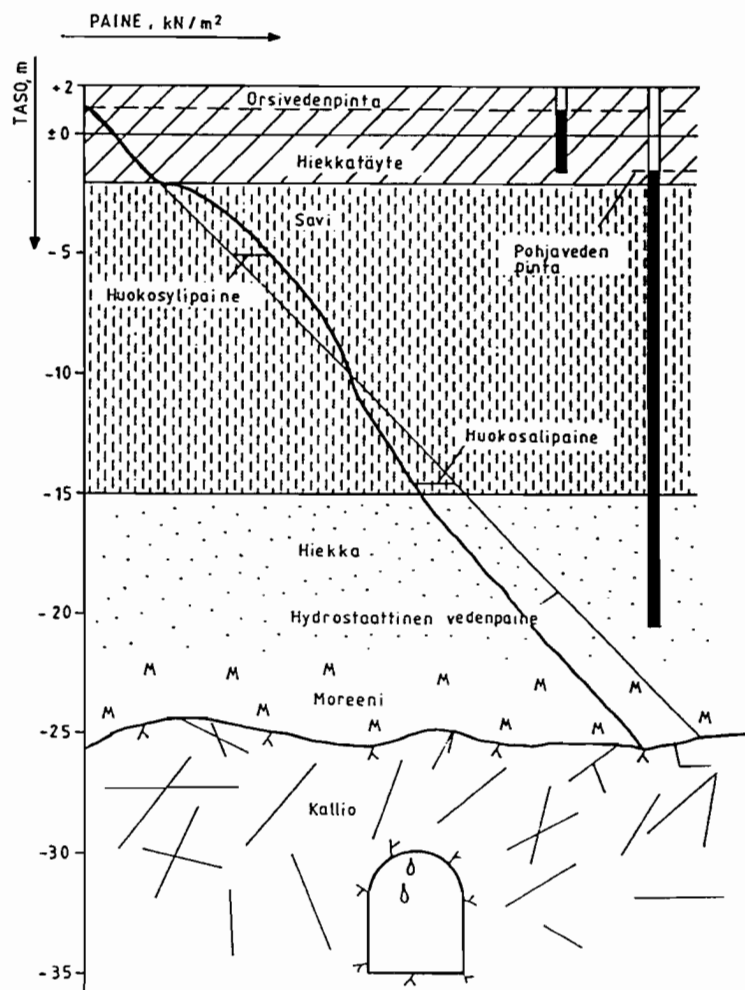
MAAVESI	juurivyöhyke
	välivyöhyke
	kapillaarivyöhyke
<i>Pohjaveden pinta</i>	
POHJAVESI	

Kuva 5.1. Maanalaisten vesien vyöhykkeet

Mikäli maaperässä esiintyy vedenjohtavuudeltaan huomattavan vaihtelevia kerroksia, voi samalla kohdalla esiintyä päällekkäin useita veden kyllästämiä osia (Mälkki 1986) kuten kuva 5.2 osoittaa. Vedenjohtavuudeltaan eriarvoisten kerrosten ja kerroksissa tapahtuvien virtausten seurauksena pohjaveden paineen jakautuminen maaperässä on usein ei-hydrostaattinen (kuva 5.3) (Suomen geoteknillinen yhdistys 1987).



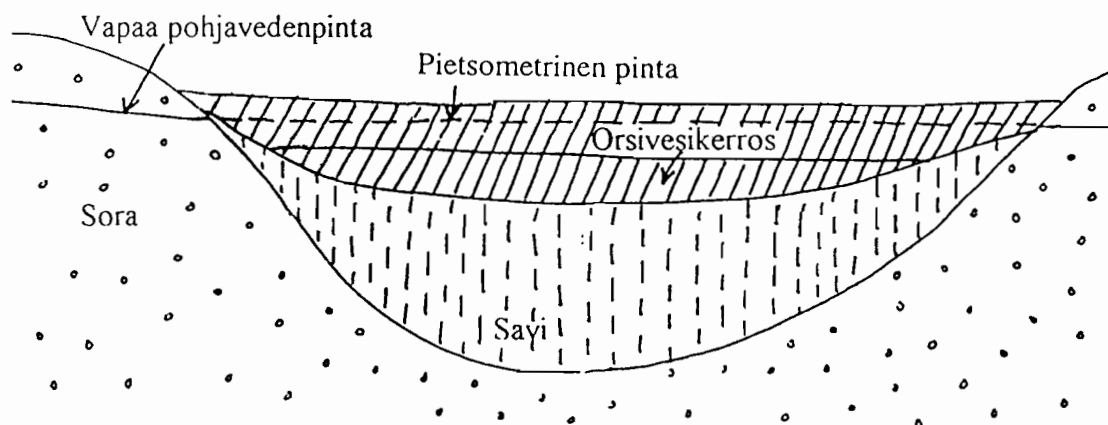
Kuva 5.2. Päällekkäin esiintyviä vesikerroksia



Kuva 5.3. Ei-hydrostaattinen paineenjakauma (Suomen geoteknillinen yhdistys 1987)

5.1.2 Pohjavesiolosuhteet kaupunkialueella

Varsin usein kaupunkialueella on kaksi vesikerrosta. Varsinaisen pohjaveden yläpuolelle läpäisemättömän kerroksen päälle muodostuvaa vedellä kyllästynyttä kerrosta kutsutaan orsivedeksi. Usein savialueilla saven päällä täytteessä on orsivesikerros ja saven alla kitkamaakerroksessa paineellinen pohjavesikerros (kuva 5.4). Orsi- ja pohjaveden pinnankorkeudet poikkeavat toisistaan usein huomattavasti. Pinnankorkeuksiin ovat usein vaikuttaneet erilaiset pumppaukset ja rakennus-toimenpiteet. Tässä yhteydessä orsivedeksi kutsutaan geologiseen muodostumaan syntyneen esiintymän lisäksi myös tekemuodostumissa varsinaisen pohjaveden yläpuolella olevaa vedellä kyllästynyttä kerrosta.



Kuva 5.4. Orsivesikerros täytteessä ja saven alainen paineellinen pohjavesi.

Päällystämättömillä alueilla kuten puistoissa orsivettä syntyy saven päälle suoraan sadannasta. Välillisesti orsivedestä voi syntyä myös pohjavettä, kun orsivettä suodautuu savikerroksen reunojen yli alempaan pohjaveteen. Myös päinvastaista virtausta voi tapahtua. Vähäsateisena aikana matala orsivesikerros saattaa tilapäisesti kuivua.

Kaupunkialueella maanalaista vettä esiintyy sekä geologisissa muodostumissa että erilaisissa tekemuodostumissa kuten täytöissä. Tässä yhteydessä käsitellään myös täyttöjen

orsivesiä sekä kaatopaikan sisäistä vettä, vaikka ne eivät määritelmän mukaan olekaan pohjavettä.

5.2 Pohjaveden esiintymisryhmät

Pohjavesiä tai niihin verrattavia maanalaisia vesiä esiintyy kaupunkialueella hyvin erilaisissa geologisissa muodostumissa ja tekemuodostumissa. Tässä yhteydessä pohjaveden esiintymistavat on jaettu ryhmiin, koska ne vaikuttavat eri tavoin rakentamiseen ja niillä on erilainen merkitys vesihuollossa ja ympäristönsuojelussa.

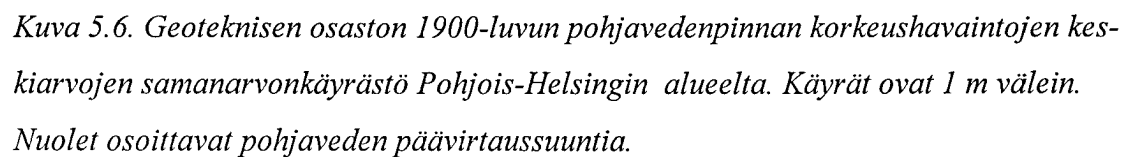
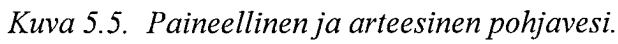
- Savenalaiset pohjavedet (ryhmä 1)
- Sora- ja hiekka-alueiden pohjavedet (ryhmä 2)
- Moreenialueiden pohjavedet (ryhmä 3)
- Orsivedet (ryhmä 4)
- Kalliopohjavedet (ryhmä 5)
- Kaatopaikkojen sisäiset vedet (ryhmä 6)

Seuraavassa on käsitelty ryhmät yksittäin.

5.3 Savenalaiset pohjavedet (ryhmä 1)

Savimaalajeissa ei ole varsinaista pohjavettä, vaan vesi on sitoutunut huokosvedeksi, jonka määrä muuttuu esimerkiksi savikerrosta kuormitettaessa erittäin hitaasti. Suurin osaa koheesiomaille satavasta vedestä poistuu pintavaluntana. Maaperään imeytynyt vesi haihtuu takaisin ilmakehään johtuen mm. koheesiomaiden suuresta kapillaarisuudesta. Savimassan sisältämän huokosveden määrä ja sen ominaispidätyminen on suuri, yleensä 70-120% kuivapainosta (Mälkki 1986, Anttikoski ja Raudasmaa 1982).

Saven alapuolisissa kitkamaakerrostumissa ja laaksopainanteiden usein rikkonaisessa kallioperässä on huomattavia pohjavesimääriä. Pohjavesi on paineellista, osin myös arteesista kuten kuva 5.5 havainnollistaa.



Savimassa estää pohjaveden muodostumisen sadannasta imeytymällä, mikä on mahdollista vain ympäröivillä, usein kapea-alaisilla kitkamaa-alueilla. Savikerroksen alla oleva pohjavesi on hapetonta, minkä vuoksi siihen liukenee ympäristöstä mm. kaliumia ja natriumia (Lahermo et al. 1990). Toisaalta saven alla pohjavesi on suojassa ilmasta tulevilta saasteilta kuten radioaktiiviselta laskeumalta.

Pohjois-Helsingin savenalaisen pohjaveden hydraulinen gradientti on kuvan 5.6 pohjavesikäyrästä perusteella arvioituna noin 1: 200, mikä vastaa hyvin hienompia välikerroksia sisältävän hiekan hydraulista gradienttia.

5.4 Sora- ja hiekka-alueiden pohjavedet (ryhmä 2)

Suomen geologisissa olosuhteissa vesihuollon kannalta merkittävimmät pohjavesiesiintymät ovat sora- ja hiekkamuodostumissa, joissa pohjavettä muodostuu suuria määriä ja joissa pohjaveden virtausnopeus ja vaihtuvuus on nopeaa, jolloin maaperästä veteen ehtii liueta vain vähän aineita. Pohjaveden laatu on varsinkin peitteettömillä sora- ja hiekka alueilla yleensä hyvä myös siksi, että vedessä on runsaasti happea, joka säätelee mm. raudan olomuotoa.

Uudenmaan ympäristökeskuksen tekemässä kuntakansiossa on esitetty kaikki Helsingin pohjavesialueet. Vuosaaren, Tattarisuon, Santahaminan, Isosaaren ja Kallahden pohjavesialueet liittyvät hiekka- ja soramuodostumiin. Neljä ensimmäistä on luokkaa I ja viimeinen on luokkaa III.

5.5 Moreenialueiden pohjavedet (ryhmä 3)

Moreenialueet Helsingissä ovat yleensä melko pieniä. Laajin yhtenäinen moreenialue on Vuosaaren koillisosassa, jossa moreenipatjat ovat suurimmillaan usean kymmenen metrin paksuisia. Tyypillisesti Helsingin alueella moreenit ovat silttisiä hiekka-moreeneja, jolloin niiden hienoainespitoisuus on suuri ja hydraulinen johtavuus alhainen. Tästä seuraa, että moreenissa pohjaveden pinta on korkealla myötäillen maanpinnan muotoja

ja että veden virtausnopeus ja vaihtuvuus on hidasta. Vaikka moreenialueilla saattaa olla suuriakin pohjavesimääriä, pohjavesialtaat eivät ole merkittäviä esim. vedenoton kannalta, koska veden virtausolosuhteet ovat huonot.

5.6 Orsivedet (ryhmä 4)

5.6.1 Luonnonmuodostumien orsivedet

Kun saven päälle syntyneiden esim. rantakerrostumien hiekkaan imeytyy sadannasta vettä, syntyy ylemmän pohjaveden eli orsiveden kerros. Rantakerrostumia ja samalla luonnonmuodostumien orsivettä esiintyy Helsingissä eniten Vuosaassa, jossa orsiveden pinta on yleensä useita metrejä varsinaisen pohjaveden pintaa ylempänä. Tällainen alue on mm. Vuosaaren metron pohjoispuolinen ns. orsivesiriskialue, jossa metron rakentamisen yhteydessä on rakennettu Vuotien pohjoispuolelle saven yläpuoliseen kerrokseen pato orsivesipinnan säilyttämiseksi.

5.6.2 Tekomuodostumien orsivedet

Rantatäytöt

Vesistöjen täytöissä merkittävä seikka on pohjaveden vaihtuminen suolaiseksi vedeksi. Yleensä rantatäytöt ovat savikerroksen päällä, joten niissä oleva vesi on orsivettä. Orsivedenpinnan ollessa korkealla veden virtaussuunta on maalta merelle päin, jolloin suolaisen veden vaihtumisvyöhyke siirtyy merelle päin. Kun orsivedenpinta on alhaalla, vettä virtaa mereltä päin täyttöalueelle ja suolaisen veden rintama siirtyy sisemmäksi maa-alueelle.

Ydinkeskustassa entisen Kluuvinlahden alueella on lukuisia taloja kuten rautatieasema ja postitalo, jotka on perustettu saven päälle puupaalujen varaan. Paalujen yläpääty pyritään pitämään orsivedenpinnan alapuolella, sillä kuiville jäävät puupaalut lahoavat nopeasti. Lahoamiseen vaikuttaa myös orsiveden mikrobimäärä.

Ohuet täytöt

Orsivettä syntyy aina saven päälle rakennettaessa, koska vesi jää saven päälle ajettavaan vettä läpäisevään täytemaahan. Kaupunkialueella on runsaasti ns. ohuita täyttöjä, joihin syntyy matala orsivesikerros.

5.7 Kalliopohjavedet (ryhmä 5)

Kiteisessä kallioperässä ei esiinny yhtenäisiä huokosverkkoja, vaan huokokset ovat eristettyjä toisistaan. Siten kiven sisältämä vesimäärä on pohjaveden esiintymisen kannalta merkityksetön, ja pääasiallisesti pohjavettä esiintyy raoissa ja ruhjeissa. Suuret, vettä hyvin johtavat hydrauliset systeemit ovat kuitenkin harvinaisia kalliossa. Rakoilun ja ruhjeiden lisäksi kalliopohjaveden esiintymiseen vaikuttavat kalliopinnan topografia ja yläpuoliset maakerrokset. Huomattavassa määrin kallioperä vaikuttaa myös yläpuolisten pinta- ja pohjavesien esiintymiseen ja virtaussuhteisiin pinnanmuotojensa kautta. Kallioperäolosuhteet kuten erilaiset kivilajit mm. rapautumisherkkyytensä perusteella ovat olleet myös vaikuttamassa maaperän muodostumien laatuun ja laajuuteen ja siten välillisesti erilaisten hydrogeologisten olosuhteiden syntyyn.

Kallioperän vedenjohtavuuteen vaikuttavat sekä rakojen määrä että erityisesti niiden avonaisuus ja yhteys toisiinsa. Pohjaveden varastoitumisen ja kalliossa liikkumisen kannalta tärkeitä ovat avonaiset vaakarakosysteemit, jotka pystyjen tai jyrkkäkaateisten rakojen kanssa muodostavat yhtenäisen hydraulisen systeemin. Osa pohjavedestä muodostuu imeytymällä sadannasta suoraan kallioon, osan suotautuessa kallio-pohjaveteen yläpuolisista, vettä hyvin läpäisevistä maakerroksista. Mahdollisuus kalliopohjavesivaraston hyödyntämiseen riippuu siitä, kuinka uusiutuva varasto on. Hyödyntämiseen on hyvät edellytykset mikäli kallioakviferilla on hyvä yhteys sivusuuntiin ja/tai kallion yläpuolisiin vettä johtaviin ja vettä kalliovarastolle jatkuvasti tuottaviin irtomaalajeihin.

Helsingissä kallioperä on kiteistä ja kivilajit vesitiiviitä. Pohjavettä esiintyy ainoastaan sekundäärisissä raoissa ja ruhjeissa. Pääpiirteittäin Helsingin kallioperä on ehjää, mutta paikoittain esiintyy riittävän laajoja heikkousvyöhykkeitä varastoimaan olosuhteisiin

katsoen suuriakin määriä pohjavettä. Heikkousvyöhykkeet ovat hyviä vedenjohteita ja saattavat aikaansaada yllättäviä pohjaveden virtauksia poiketen yläpuolisissa vettä läpäisevissä irtomaalajeissa havaituista pohjaveden virtaussuunnista.

Kalliopohjavedet vaikuttavat suuresti tunnelirakentamiseen. Helsingissä on yli 200 km tunneleita, joiden rakentamisen yhteydessä on kertynyt paljon tietoa kallioperässä olevasta vedestä. Kalliopohjavesi aiheuttaa ongelmia tunnelirakentamisessa kun tunneleita joudutaan tiivistämään. Riittävät esitutkimukset sekä mahdollisesti työnaikainen pohjavedenpinnan alentaminen vähentävät ongelmia. Tunneleihin liittyy pohjavesitarkkailua havaintoputkista ja toisaalta vuotovesien tarkkailua. Luonnollisista vuotovesimääristä ei ole selvyyttä, koska vuotavat raot injektoidaan yleensä aina.

Hankalinta vesivuotojen estäminen on savialueiden paineellisten akviferien alla laaksopainanteiden kallioperässä, jossa rakoilu on usein täytteistä ja siten vaikeasti tiivistettävissä. Usein kallion vedenjohtavuus savipeitteisten laaksopainanteiden alla on niin suuri, että pohjaveden luonnollinen korvautuvuus ei riitä pitämään pohjavedenpintaa ylläällä. Siten tiivistystöitä on suoritettava yläpuolisten rakenteiden ja rakennusten painumisen estämiseksi.

Kallio on ehjintä ja myös tiiveintä yleensä mäkialueilla. Korkeimmilla kohdilla kalliot ovat usein paljastuneita tai ohuen moreenikerroksen peittämiä, jolloin kallion päällä ei ole maaperässä olevaa pohjavesivarastoa syöttämässä vettä kallioperään ja edelleen tunneliin. Helsingissä esim. Konala-Pasila -viemäritunnelissa vuotovesimäärät ovat olleet varsin pieniä. Tunneli on 6 km pitkä ja kokonaisvuotovesimäärä oli noin 120 l/min, mikä tekee 2 l/min/100 tunnelimetriä

Alavat kohdat kallioperässä ovat yleensä merkinä runsaammasta rakoilusta, jolloin kallioperällä on näillä alueilla vastaavasti suurempi vedenjohtavuus ja tunnelien vuodot suurempia. Suuret vesivuodot Helsingin tunneleissa ovat usein liittyneet avoimiin vaakarakoihin kuten esimerkiksi jätevesien poistotunnelissa Munkkisaaren ja Pihlajasaaren välissä tasolla noin -80, samoin Vuosaari-Pasila -kaukolämpötunnelissa ja Vartiokylän-

lahden viemäritunnelissa Mustanpuronpuiston alla tasoilla noin -50 ja -10. Paikoin kallioperässä on havaittu vaakarakoja, joiden leveys on useita senttimetrejä. Yhteen injektointireikään on voitu enimmillään pumpata sementtiä useita kymmeniä tonneja. Tunnelirakentamisen kokemusten perusteella Helsingissä on alueita, joilla kallioperän vedenantoisuus on huomattava ja mahdollisesti merkityksellinen esimerkiksi kriisiaikojen vesihuollossa (Raudasmaa, henkilökohtainen tiedonanto 1998).

Tunneleiden vuotovesimääristä on esitetty mittaustuloksia mm. tarkepiirrustuksissa ja työmaakokousten päiväkirjoissa. Kaupungin alueella on tehty yhteensä noin 33 km kalliönäytekairauksia, joiden yhteydessä on tutkittu kallion rakoilua vesimenekki-kokeilla eli mittaamalla kallioon tietyllä paineella ja tietyssä ajassa imeytyvän veden määrää. Tällä kokeella saadaan selville yksittäisen raon tai rakoryhmän vedenjohtavuus, yksikönä käytetään yleisesti lugeonia. Toistamalla vesimenekkikoe kairauksen edetessä eri syvyyksillä, saadaan reiän ympäristön vedenjohtavuus (Äikäs 1987). Saatavat tulokset ovat vain suuntaa antavia ja niiden perusteella voidaan arvioida vedenjohtavuuden tilastollista tarkkuutta, injektoitavuustarvetta ja vaakarakoilun esiintymistä. Siten tulokset ovat geoteknisiin tarkoituksiin käyttökelpoisia, mutteivät riitä hydrogeologisissa tutkimuksissa.

5.8 Kaatopaikkojen sisäiset vedet (ryhmä 6)

Kaatopaikan sisäisellä vedellä tarkoitetaan jätekasaan sadannasta imeytyvää vettä. Se täyttää jätemassan huokostilan tietylle korkeudelle saakka kuten pohjavesi maaperässä. Jätemassan vedenpinta on yleensä korkealla ja myötäilee loivasti jätemuodostuman pinnanmuotoja (Ettala 1996).

Nykyisillä kaatopaikoilla sisäiset vedet kerätään salaojiin ja johdetaan vedenpuhdistamoille. Ympäristöön päästessään kaatopaikan sisäiset vedet aiheuttavat huomattavan likaantumisuhan.

6. POHJAVESI VESIHUOLLOSSA, RAKENTAMISESSA JA YMPÄRISTÖNSUOJELUSSA

6.1 Yleistä

Suomen olosuhteissa pohjavedellä on erityisen suuri merkitys vesihuollossa ja ympäristönsuojelussa, mutta vesi vaikuttaa merkittävästi myös rakentamiseen. Pohjaveteen liittyvät ongelmat ovat erilaisia, mutta kaikki osa-alueet vaativat tietoa veden esiintymisestä ja virtauksista maa- ja kallioperässä.

6.2 Pohjaveden käyttö vesihuollossa

Noin 60% suomalaisista talouksista käyttää pohjavettä. Helsingissäkin pientaloalueilla on huomattava määrä kaivoja, joiden vettä käytetään mm. puutarhan kasteluvetenä. Noin 99,5% Helsingin talouksista kuuluu vesijohtoverkoston piiriin ja saa talousvetensä Päijänne-tunnelin kautta johdetusta ja vedenpuhdistuslaitoksella puhdistetusta pintavedestä.

Helsingin pohjavesiesiintymät ovat vedenkulutukseen nähden hyvin pieniä eikä niitä käytetä normaaliajan vedenottoon. Vuosaaren, Tattariharjun, Vartiokylänlahden, Santa-haminan ja Isosaaren pohjavesialueita on varauduttu käyttämään kriisitilanteessa. Santa-haminan ja Isosaaren pohjavesiesiintymät ovat tosin puolustusvoimien käytössä. Ensimmäisessä kriisitilanteessa kaupungin vedentarve on varauduttu tyydyttämään Päijänne-tunnelin kautta, joka on erittäin hyvin suojattu esim. mahdollista laskeumaa vastaan. Jos Päijänteen veden käyttö estyy, käytetään vettä Silvolaan tekoaltaasta, jonka vesi riittää vain lyhytaikaiseen, muutamia viikkoja kestävässä häiriötilanteeseen. Vantaanjoki ja lisävedenotto Hiidenvedestä riittää tyydyttämään kaupungin vedentarpeen pitkäaikaisessakin häiriötilanteessa. Jos pintavesien käyttö raakavesilähteenä jostakin syystä estyy, turvaudutaan pohjavesiin ja rajoitettuun vedenjakeluun. Helsingin, Espoon, Vantaan ja Keski-Uudenmaan kuntien kesken on sovittu yhteistyöstä kriisitilanteessa. Edellä mainittujen kuntien normaali vedentarve on 260 000 m³/d eli 0,27 m³/asukas/d, kun pohja-

vesivarojen yhteisantoisuus on 61 100 m³/d, josta tekopohjaveden osuus on 24 000 m³/d ja Päijänne-tunneliin suotautuvien pohjavesien osuus noin 10 000 m³/d. Käytettävissä olevien pohjavesien kokonaismäärä on siten noin ¼ normaalista vedentarpeesta. Helsingin kaupungin omien pohjavesialueiden yhteisantoisuus on noin 4 000 m³ vuorokaudessa (Helsingin kaupunki, tekninen lautakunta 1997).

6.3 Pohjavesi rakentamisessa

6.3.1 Yleistä

Rakentamiseen pohjavedellä on suuri vaikutus. Pääsääntöisesti lähellä maanpintaa oleva pohjavedenpinta vaikeuttaa rakentamista. Tavanomaisessa asuntorakentamisessa kellaritiloja ei kannata rakentaa pohjavedenpinnan alapuolelle, sillä ne olisi pidettävä kuivina jatkuvalla pumppauksella tai ne olisi tehtävä vesitiiviiksi, mikä merkitsisi huomattavia kustannuksia. Kaupunkirakentamisessa usein liikennetunnelit, liikenteen alikulut, viemäripumppaamot ja suuret pääviemärit rakennetaan taso- ja kaltevuusvaatimustensa vuoksi maaperässä pohjavedenpinnan alapuolelle. Kallioperään tehtävät tilat ovat yleensä aina pohjaveden pinnan alapuolella.

Toisaalta ongelmana on usein pohjaveden ja erityisesti orsivedenpinnan aleneminen. Alenemista aiheutuu monesta syystä ja se voi olla tilapäistä tai pysyvää. Alueiden päällystäminen ja niille tulevien vesien johtaminen sadevesiviemäriin vähentävät veden imeytymistä maaperään ja alentavat pohjavedenpintaa. Myös pumppaukset kellareista, tunneleista ja salaojituksista sekä mm. läpäisevällä materiaalilla täytetyt johtokaivannot voivat alentaa pohjavedenpintaa. Rakennustöiden toistuvat tiettyihin työvaiheisiin liittyvät alennukset saattavat myös aiheuttaa vahinkoa yksittäisten toimenpiteiden lyhytaikaisuudesta huolimatta.

Rakentamisessa ja kohteiden suunnittelussa tulee usein esille pohjaveden pinnankorkeuden pitkäaikaisen havainnoinnin tarpeellisuus.

Varsinaisilla pohjavesialueilla pohjavesi on rakentamista rajoittava tekijä. Koska rakentaminen voi aiheuttaa pohjaveden laadussa muutoksia ja haitallista pohjavedenpinnan alenemista, pohjavesialueilla ovat voimassa tietyt rakentamista koskevat rajoitukset ja vaatimukset.

6.3.2 Orsivedenpinnan alenemisesta aiheutuvat haitat

Helsingissä tietyillä alueilla erityinen orsivedenpinnan alenemiseen liittyvä ongelma on puupaalujen lahoaminen, mikä on johtanut riskialueiden perustuskartoitukseen ja jatkuvaan pohjavedenpinnan havainnointiin. Puupaaluilla perustettuja rakennuksia on mm. ydinkeskustassa, Kruununhaassa, Hakaniemessä, Pasilan konepajan alueella ja Hermannin teollisuusalueella. Yksittäisiä puupaaluilla perustettuja rakennuksia tai muutaman rakennuksen ryhmiä on mm. Katajanokalla, Töölössä (Urheilukatu, Dagmarinkatu, Mikael Lybeckinkatu), Munkkiniemessä, Puotilassa ja Malmilla (Geotekninen osasto 1989).

Eräs erityiskohde pohjavesiin liittyen Helsingin alueella on Tattarisuon teollisuusalue. Alueella on käynnissä jatkuva orsivedenpinnan havainnointi turvekerroksen lahoamisherkkyiden vuoksi.

6.3.3 Pohjaveden pinnan alenemisesta aiheutuvat haitat

Rakentamiseen liittyvät pohjavesiongelmat ovat alueellisesti laajimpia savipeitteisillä alueilla. Vanhat rakennukset ja erityisesti pientalot on usein perustettu saven varaan, jolloin pohjavesiolosuhteiden kuten paineellisen pohjaveden pietsometrisen pinnan tai saven huokosvedenpaineen muutokset aiheuttavat painumia rakennuksiin (Anttikoski 1974). Painumia syntyy myös piha- ja katualueilla, jolloin johdot saattavat vaurioitua ja viemäreiden kallistukset muuttua. Sekä kellareiden että kunnallisteknisten putkijohtojen kaivantoja tehtäessä savenalainen pohjavesi pyrkii virtaamaan kaivannon suojaseinän alitse kaivantoon, jolloin veden ylöspäin suuntautuva virtauspaine aiheuttaa hydraulisen murtuman eli maa menettää lujuutensa ja kaivanto täyttyy vedellä. Hydraulisen murtu-

man estämiseksi pohjaveden pintaa yleensä ainakin työnaikaisesti alennetaan. Koska pohjaveden vaihtuminen ja korvautuminen on hidasta, pohjavedenpinnan alentaminen ei ole riittävä ratkaisu, vaan esimerkiksi kalliotunneleista on tehtävä erittäin tiiviitä.

6.3.4 Tunnelirakentaminen

Tunnelirakentamisessa pohjavesivuodot ovat usein ongelmallisia. Jos pohjavedenpinnan alenemisesta ei ole haittaa kalliotilan ympäristössä, vuotavat vedet voidaan kerätä salaojitusrakennelmiin ja pumpata viemäriin. Jos vaarana on haitallinen pohjavedenpinnan lasku ympäristössä, vuotoja on pienennettävä tai ne on lähes kokonaan estettävä. Vuotoja pienennetään injektoinnilla eli täyttämällä vuotava rako jollain injektointiaineella kuten sementtipohjaisilla, savipohjaisilla tai kemiallisilla injektointiaineilla. Pohjavedenpinnan aleneminen on erityisen haitallista savialueilla, joilla pohjaveden painetaso lasku aiheuttaa lisäkuormitusta maakerrokseen ja sitä kautta painumia. Savi-
kon alittavissa pitkissä tunneleissa sallittu vuotovesimäärä on yleensä 3-14 m³/vrk/100m (Pöllä ja Ritola 1989).

Tunnelirakentamisen yhteydessä on osoittautunut melkoisen työlääksi ja kalliiksi selvittää ja varjella pientaloalueiden pohjavesikaivoja ja erityisesti porakaivoja, joista tietoa on yleensä vain kiinteistöjen omistajilla.

6.3.5 Rakentaminen kriisiaikojen pohjavesialueilla

Pohjavesialueille voidaan yleensä sijoittaa vain sellaisia toimintoja, joista ei aiheudu vaaraa pohjavedelle. Pohjavettä vaarattavia toimintoja ovat mm. huoltoasemat, ampumaradat ja lentokentät.

Kriisiaikojen pohjavesialueilla pohjavesi rajoittaa rakentamista myös siten, että kellareiden alimmat tasot tulee rajata kaksi metriä pohjavedenpinnan yläpuolelle. Edelleen esiintymien suojelusta aiheutuu vaatimuksia katujen pientareiden suojaukselle, liikennealueiden kuivatukselle ja viemäreiden tiiveydelle (Helsingin kaupungin kanslia 1991).

6.3.6 Kosteus- ja homeongelmat

Kaupunkialueella on paljon ohuita täyttöjä, joihin syntyy orsivesikerros. Korkealla oleva orsivesi pyrkii tunkeutumaan rakennusten alimmille tasoille, kuten kellaritiloihin. Tästä aiheutuu kosteus- ja kuivatusongelmia, joiden seurauksena kellaritiloja on joko pidettävä kuivana jatkuvalla pumppauksella tai tilat on tiivistettävä vesitiiviiksi. Kuivatusongelmista saattaa aiheutua ikäviä homeongelmia rakennuksille.

6.4 Pohjaveden merkitys ympäristönsuojelussa

6.4.1 Yleistä

Pohjavedellä on ympäristönsuojelussa merkitystä eri tavoilla. Vesilaissa on pohjaveden muuttamiskielto (Vesilaki 18§) ja pilaamiskielto (Vesilaki 22§). Teollisuudessa ja rakentamisessa joudutaan usein turvautumaan erilaisiin pohjaveden suojaamisjärjestelmiin. Entisillä teollisuusalueilla pohjavesi on usein likaantunutta, kun mm. liuottimia ja öljytuotteita on joutunut maaperään ja pohjaveteen. Tällaisia alueita ovat Helsingissä mm. Arabianranta, Töölönlahden entinen ratapiha-alue ja Herttoniemen entinen öljysatama-alue.

Helsingissä etenkin kriisiaikojen pohjavesialueilla pohjavesi on pyritty säilyttämään hyvälaatuisena, mikä on kuitenkin hankaloitunut tiiviin rakentamisen seurauksena. Vuonna 1997 on perustettu Uudenmaan ympäristökeskuksen ja Helsingin kaupungin laitosten ja virastojen edustajista koostuva pohjavesityöryhmä, jonka toimesta tultaneen laatimaan suojelusuunnitelmat Helsingin pohjavesiesiintymille.

Pohjavesi on myös haitallisten aineiden varastoija ja kuljettaja. Pohjaveteen liuenneet aineet voivat kulkeutua saastumisalueelta hyvinkin kauas ja purkautua lopulta pintavedeksi. Helsingin alueella ovat esimerkkinä Tattarisuon teollisuusalueen orsivedet, jotka purkautuvat Vantaanjokeen vieviksi puroiksi. Helsingissä on ongelmana myös vanhat

jätteenkäsittelyalueet kuten Pasilan ja Vuosaaren entiset yhdyskuntajätteen kaatopaikat, joiden likaantunutta vettä purkautuu ympäristöön.

6.4.2 Yleisimmät pohjavettä likaavat tekijät

Suomessa yleisimpiä pohjaveden likaantumisen aiheuttajia ovat (Suomela 1994):

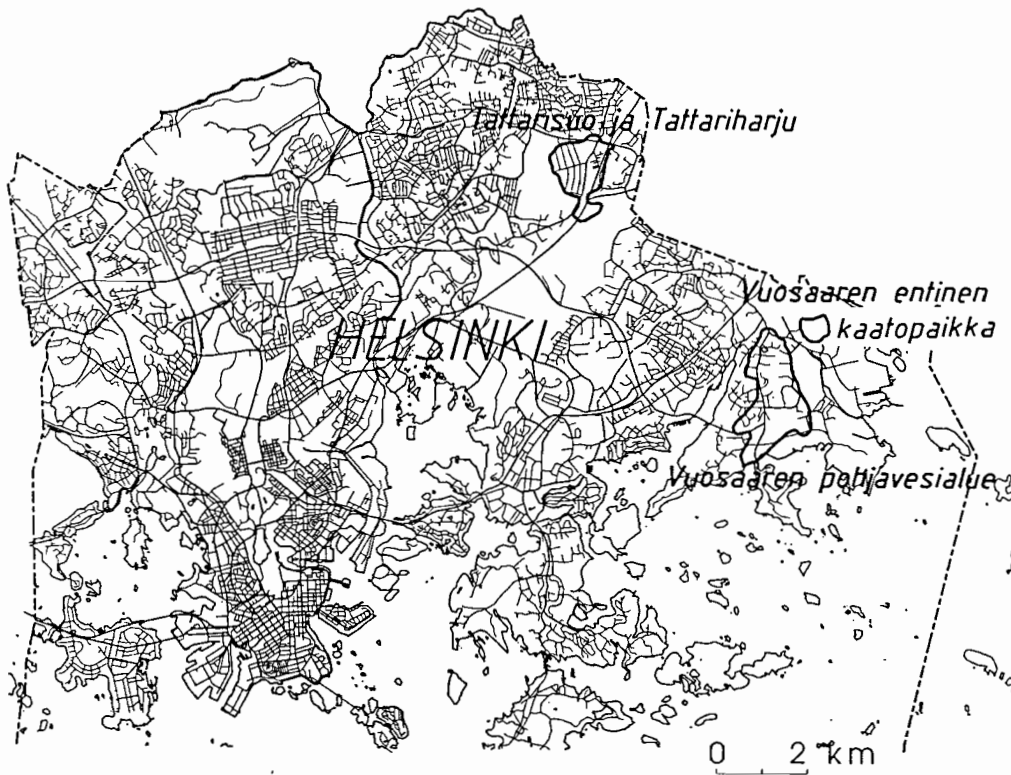
- saha- ja puutavarateollisuuden kloorifenolipäästöt sekä arseeni-, kromi- ja kuparipäästöt
- pesuloiden liuotinaineista aiheutuneet kloorieteenipäästöt
- metalli- ja kaivannaisteollisuuden kadmium- ja sinkkipäästöt
- kemianteollisuuden ammoniumsulfaatti- ja rikkihiilipäästöt sekä lääketeollisuuden metyleenikloridi- ja kloroformipäästöt
- öljy-yhdisteiden ja niiden lisäaineiden päästöt palavien aineiden varastoinnista ja kuljetuksesta, huoltoasemilta ja autohajottamoilta
- turkistarhojen aiheuttama nitraattipitoisuuden nousu pohjavedessä
- pelto- ja metsälannoituksen aiheuttamat typpipäästöt
- tiesuolauksen aiheuttama kloridipitoisuuden kohoaminen pohjavedessä
- typpipäästöt urean levityksestä lentokentillä,
- soranotosta aiheutuva hidas kloridi-, sulfaatti- ja nitraattipitoisuuden nousu
- humuspitoisten suovesien pääsy pohjavesiesiintymään ojituksen ja muun kaivutoiminnan seurauksena

Helsingissä on todettu tähän mennessä suurimmiksi likaaviksi tekijöiksi entisten teollisuusalueiden ja huoltoasemien öljy- ja liuotinpäästöt, yleensä polttoainesäiliöiden vuodot ja ylitäytöt. Myös vanhojen täyttöalueiden maaperä ja pohjavesi on saastunutta kontrolloimattoman täyttötoiminnan ja pölynsidontaan käytetyn jäteöljyn vuoksi. Kaasulaitosten maaperä on usein saastunut PAH-yhdisteillä. Puhdistamolietteiden riskinä on raskasmetallit, etenkin kadmium. Erilaiset kemikaalionnettomuudet ovat myös uhka pohjavesille, tosin Helsingissä on välttytty pahoilta onnettomuuksilta.

7. ESIMERKKEJÄ POHJAVESIOLOSUHTEISTA ERÄISSÄ KOHTEISSA

7.1 Kohteiden valinta ja käsittely

Tässä tutkielmassa on katsottu tarkoituksenmukaiseksi kuvata yksityiskohtaisemmin alueita, jotka ovat geologisessa mielessä mielenkiintoisia sekä tärkeitä ja ajankohtaisia sekä vesihuollon, rakentamisen että ympäristön suojelun kannalta. Kohteiksi on valittu Vuosaaren pohjavesialue, Tattariharjun ja Tattarisuon aluekompleksi sekä Vuosaaren entisen kaatopaikan alue. Kuvassa 7.1 on esitetty kohdealueiden sijainti Helsingissä.



Kuva 7.1. Esimerkkikohteiden sijainti Helsingissä

Vuosaaren akviferi liittyy Helsingin laajimpaan glasifluvialaiseen muodostumaan. Se on merkitty Suomen ympäristökeskuksen luokittelussa luokan I pohjavesialueeksi ja on yksi Helsingin kriisiaikojen vedenottoalueista. Esiintymän käsittely on ajankohtaista, kos-

ka alueella toteutetaan tiivistä kaupunkirakentamista. Rakentamiseen liittyy pohjaveden tarkkailua, mutta toistaiseksi varsinaista pohjavesialueen suojelusuunnitelmaa ei ole laadittu.

Tattariharjun (Tattarisuon) pohjavesialue on myös kriisiaikojen vedenottoalue. Se liittyy karkeaan sora- ja hiekkamuodostumaan ja kuuluu myös luokkaan I. Tattariharjun kupeessa on Tattarisuon teollisuusalue, jonka orsivesi on riskitekijä pohjavesialueen kannalta. Teollisuusalue on rakennettu täytetylle suolle ja on samalla geotekninen riskikohde turpeen lahoamisvaaran takia. Tattariharjun ja Tattarisuon pohjavedet ovat yhteydessä toisiinsa, ja runsaasta vedenotosta saattaa aiheutua teollisuusalueen painumista. Myöskään Tattariharjun pohjavesialueesta ei ole laadittu suojelusuunnitelmaa.

Kriisiaikojen pohjavesialueiden ohella ajankohtaisia ovat Helsingissä entiset kaatopaikka-alueet. Kaatopaikan sisäisen veden pääsy ympäristöön on huomattava likaantumisen riski pohjavedelle. Vanhoja kaatopaikkoja rakennettaessa ei kiinnitetty huomiota tiivistysrakenteisiin, joten Helsingin alueella kaatopaikkojen sisäisen veden pääsy ympäristön pohjavesiin on mahdollista. Esimerkkikohteeksi valittu Vuosaaren entinen kaatopaikka sijaitsee savipeitteisessä kallioperän ruhjelaaksossa. Kaatopaikalle on ajettu yhdyskuntajätettä vuosina 1964-1989 (Leminen, Arovaara ja Forss 1993). Kaatopaikalla ei ole pohjan tiivistysrakenteita, mutta sen ympärille on rakennettu salaoja vuonna 1990. Kaatopaikan sisäisen veden vuotamisesta ympäristöön on olemassa havaintoja, ja tässä työssä arvioidaan mahdollisia virtausreittejä maa- ja kallioperän rakenteen avulla.

Virtausmallien ohella on selostettu esimerkkikohteiden geologisia ja geoteknisiä olosuhteita, pohjaveden laatukysymyksiä, ympäristönsuojelullisia piirteitä sekä merkitystä vesihuollossa.

7.2 Vuosaaren pohjavesialue

7.2.1 Kallioperä

Glasifluviaalisten muodostumien ohella pohjaveden varastoitumiseen, laatuun ja virtauksiin vaikuttavat voimakkaasti kallioperän pinnanmuodot ja erityisesti ruhjevyöhykkeet. Sora- ja hiekkamuodostuman alueella on pohjoinen-etelä sekä kaakko-luode-suuntaisia ruhjelaaksoja, joissa on todettu läpäiseviä maalajeja aina 30 m paksuudelta. Ruhjelaaksoja pitkin pohjavettä kerääntyy muodostuman keskiosaan ja virtaa edelleen kohti etelää.

Vuosaaren kallioperä koostuu pääasiassa metavulkaniittisesta amfiboliitista ja kvartsimasälpägneissistä, joiden lisäksi alueella esiintyy huomattavassa määrin gabroa. Paikoin metavulkaniitti on tuffiittia, agglomeraattia ja tyynylaavaa. Kallio on yleensä runsasrakoista ja hyvin vettä johtavaa.

7.2.2 Glasifluviaaliset muodostumat ja rantakerrostumat

Deltatasanne ja harju

Vuosaareissa on Helsingin laajin glasifluviaalinen muodostumakokonaisuus, joka on syntynyt viime jääkauden loppupuolella. Keski-Vuosaaren alueella on noin 120 ha suuruinen deltatasanne, joka on syntynyt perääntyvän mannerjäätikön reunan eteen kerrostuneesta glasifluviaalisesta aineksesta. Aines on pääasiassa hyvin vettä läpäisevää hiekkaa ja soraa. Kallvikin niemessä jäätikköjokien lajittelema aines on kerrostunut selkeämuotoiseksi harjuksi, joka luoteispäässään liittyy Vuosaaren harjudeltaan (Hyypä, 1950).

Deltatasanne on pinnanmuodoiltaan melko tasainen maanpinnan vaihdellessa keskimäärin tasovälillä +5...+10. Korkeimmat kohdat kohoavat tasoon noin +20 asti. Paikoin kalliomäet kohoavat deltatasanteen yläpuolelle. Tasanne on syntynyt jäätikön reunan perääntymisen hidastuessa, jolloin jäätikköjokien syöttämä aines on kasaantunut mereen

jään reunan eteen. Lähinnä jättä on kerrostunut karkeimpia aineksia hienompien lajitteiden kulkeutuessa kauemmaksi jään kontaktista. Jään reunan etääntyessä pohjoisemmaksi tasanne levisi edelleen ja sen alueelle kulkeutui aina vain hienompia aineksia ja lopulta vain savea. Sora- ja hiekkakerrokset jäivät tällöin osittain saven alle (Hyypä 1950).

Kallahden harju on osa Kallahden niemeä ja sen pinta-ala on noin 40 ha. Tasoon noin +10 ulottuva harju on kerrostunut jäätikköjoen pohjalle lähellä jäätikön reunaa. Harju ja sen pohjoispuolinen delta ovat yhteydessä toisiinsa. Pohjoisosastaan harju on kapea ja pinnanmuodoiltaan tyypillinen jäätikön alaiseen jokiuomaan kerrostunut sora- ja hiekkamuodostuma. Eteläosastaan harju on loivapiirteisempi ja rajaukseltaan epämääräisempi.

Rantakerrostumat

Kun Vuosaaren alue nousi merestä noin 3 500-2 000 vuotta sitten, joutui deltatasanne rantavoimien työstettäväksi (Hyypä 1950). Tuolloin sora- ja hiekka-aines huuhtoutui ja kului ranta-aallokossa ja kerrostui rantakerrostumiksi.

Deltan ylemmiltä osilta kuluivat ensin pois savilajitteet, jotka laskeutuivat tasanteen reunoille ja painanteisiin. Savien päälle kerrostui edelleen karkeampia aineksia ylemmiltä tasoilta huuhtoutumalla. Lopputuloksena olivat rantakerrostumat, joissa hiekan ja soran välissä on savikerros. Kallahden niemellä ei ole savikerrostumia, jotka erottaisivat rantakerrostumat harjuaineksesta, vaan rantakerrostumat ovat syntyneet suoraan harjuaineksen päälle.

7.2.3 Pohjavesiolosuhteet

Muodostumisalue ja virtauskuva

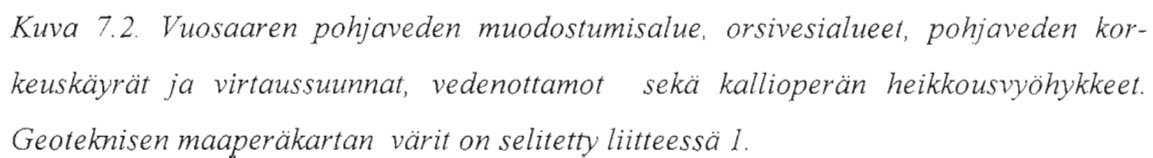
Pohjaveden muodostumisalue ulottuu aiemmin esitettyihin arvioihin verrattuna kauemmas länteen metroradan ympäristössä ja alueen pohjoisosassa. Muodostumisalue on esitetty kuvassa 7.2.

Laajennus lännessä on tehty metron rakentamisen yhteydessä tehtyjen tutkimusten perusteella, jotka osoittavat pohjaveden virtaavan likimain metroradan suuntaisesti lännestä itään. Myös pohjaveden korkeustasot osoittavat myös, että laajennus kuuluu samaan altaaseen kuin aiemmin määritelty muodostumisalue. Laajennus pohjoiseen perustuu kalliokynnyksiin ja topografiaan. Tarkennetun muodostumisalueen pinta-ala on noin 120 ha.

Keskimääräinen sadanta Helsingin alueella on 700 mm/a. Sora- ja hiekka-alueilla sadannasta imeytyy pohjavedeksi niinkin suuri osa kuin noin 60 % (Lemmelä 1990). Koska päällystykset ja sadevesiviemäroinnit sekä savikot vähentävät alueella muodostuvan pohjaveden määrää, tässä yhteydessä käytetään hieman pinempää lukua eli noin 50 %. Näin ollen Vuosaaren pohjavesialueella muodostuvan pohjaveden määräksi saadaan noin 1 200 m³/d.

Helsingin Vesi on suorittanut Hautalan vedenottamolla vedenpinnan tarkkailua vuosina 1986-1990. Mittausten mukaan pohjavedenpinta on ollut ottamon kohdalla keskimäärin tasossa +4,3. Minimi on ollut +3,8 ja maksimi +4,9. Vuosittainen vaihtelu on ollut keskimäärin 0,2...0,8 metriä.

Rakentamisen seurauksena pohjavedenpinta on alueen keski- ja eteläosassa jonkin verran laskenut. Pohjaveden muodostumisalueen muilla osilla pinnankorkeutta on havainnoitu vain yksittäisten tutkimusten yhteydessä. Yhtenäisiä pitkiä havaintosarjoja on käytettävissä vain alueen keskiosalta.

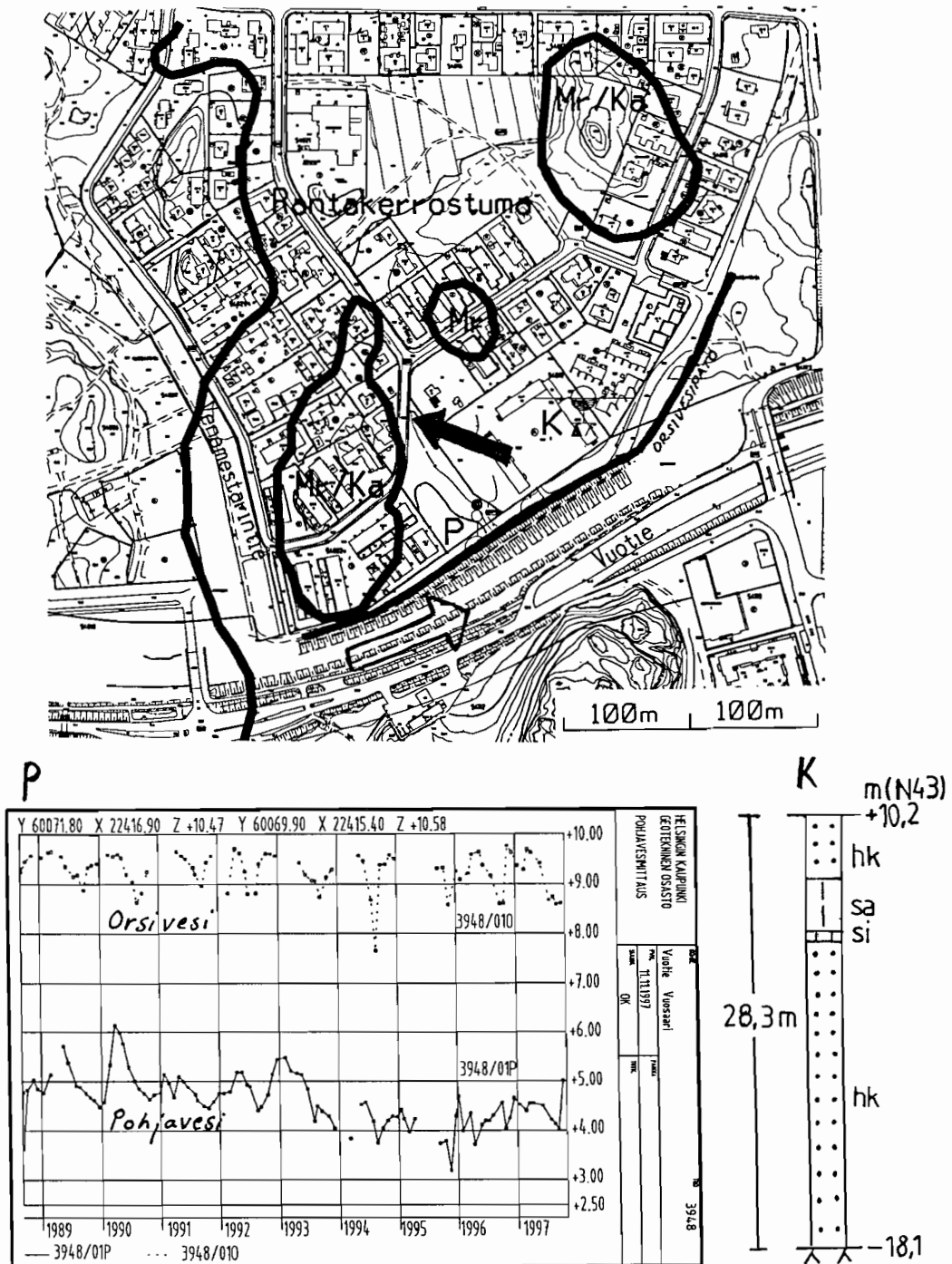


Pohjavesien ja pohjasuhdetietojen perusteella voidaan päätellä, että päävirtaussuunta pohjavesialueella on pohjoisesta etelään ruhjelaaksoa myötäillen. Paikallisesti virtaussuunnat vaihtelevat, mutta pääasiassa vettä virtaa reunoilta kohti muodostuman keskustaa. Kallioperätietojen perusteella on arvioitu, että Huvilamäen ottamoa kohti virtaa pohjavettä alueen pohjoisosasta kaakko-luode -suuntaista ruhjetta ja ruhjelaakson sisältämiä karkearakeisia maa-aineksia pitkin. Huvilamäen kohdalla vesi purkautuu lähteenä vedenottamon läheisyydessä.

Orsivesialueet

Vuosaaren alueella on maankohoamisen yhteydessä syntyneitä rantakerrostumia, joihin on muodostunut orsivesikerros. Orsivettä esiintyy ainakin metroradan pohjoispuolella, pohjavesialueen keskivaiheilla kalliomäkeä ympäröivällä saven lievealueella sekä pohjoisessa Kangaslammen ympäristössä. Orsiveden pinta on useita metrejä ylempänä kuin pohjaveden pinta.

Rakentamisen kannalta merkittävin ja samalla tutkituin orsivesialue on Vuosaaren metroradan pohjoispuolinen ns. orsivesiriskialue, jolla metrorata on savikerroksen alapuolelle ulottuvassa kaivannossa. Kuvassa 7.3 on esitetty metron pohjoispuolisen alueen maaperä- ja pohjavesiolosuhteita. Jotta orsivedenpinta ei alenisi ja jotta siitä ei aiheutuisi haittoja, metroradan pohjoispuolelle on rakennettu orsivesipato estämään orsiveden virtausta metrokaivantoon.



Kuva 7.3. Maaperä- ja pohjavesiolosuhteet Vuotien pohjoispuolisella orsivesiriskialueella. Avoin nuoli esittää pohjaveden virtausta ja musta nuoli orsiveden virtausta. P on pohja- ja orsivesipiste ja K on painokairasupiste. Kartalla on paksulla viivalla erotettu toisistaan erilaiset maaperäyskiköt. Mr= moreeni, Ka= kallio, hk= hiekka, sa= savi, si= siltti.

Pohjaveden laatu

Helsingin Vesi on seurannut pohjavesiesiintymän kelpoisuutta kriisiaikojen vedenhankintaan ottamalla vesinäytteitä kerran vuodessa. Rakentamisen seurantaan liittyen Helsingin kaupungin ympäristökeskus on ottanut näytteitä vähintään kahdesti vuodessa.

Vuosaaren pohjavesiesiintymä on veden kemiallisen laadun perusteella tyypillinen rannikkoalueen pohjavesiesiintymä. Tätä kuvastavat mm. korkea kloridipitoisuus, korkea sähkönjohtavuus ja kovuus verrattuna Suomen pohjavesien tyypillisiin arvoihin (Lahermo et al. 1990). Kallioperän vaikutus pohjaveden laatuun ilmenee korkeasta Ca-pitoisuudesta, joka saattaa olla peräisin alueen kalkkipitoisista kivilajeista. Pohjavesi on ollut ottamoalueilla kemialliselta ja mikrobiologiselta laadultaan hyvää ja on täyttänyt juomaveden laatukriteerit.

Hautalan vedenottamolla 1960-1980 -lukujen aikana todettiin rautapitoisuuden nousseen, mutta tilanne on sittemmin parantunut.

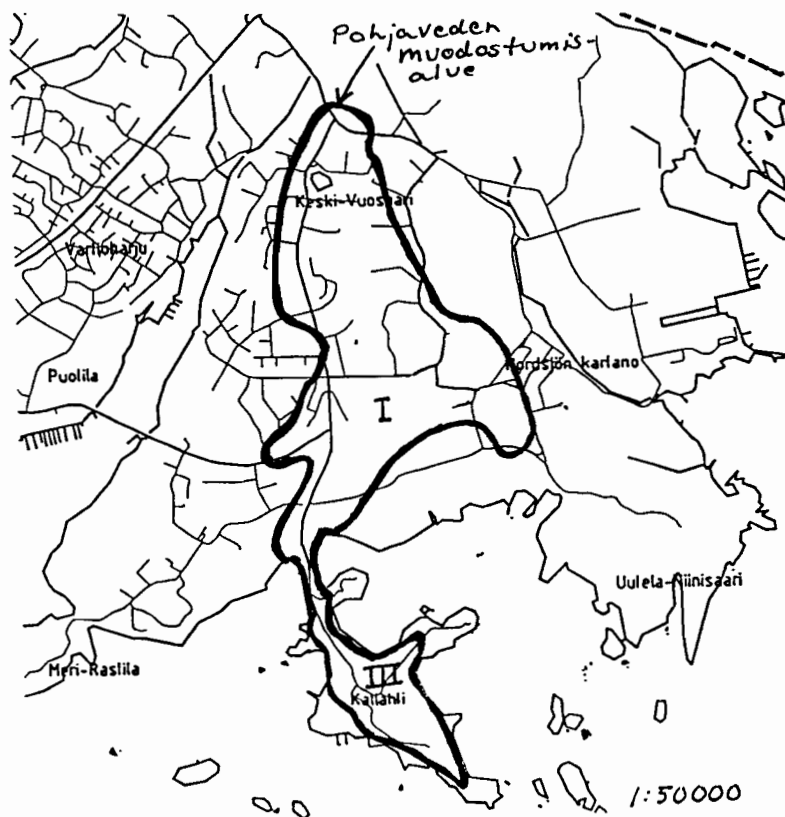
Entisellä sorakuoppa-alueella on paikoin paksuja täyttöjä, joiden seasta on löytynyt myös sekalaista jätettä. Geotekninen osasto on tehnyt Vuosaarentien ja Kallvikintien alueella vuonna 1996 maaperän ja pohjaveden laatututkimuksen, jossa on havaittu vesinäytteissä raskasmetallien pitoisuuksien osalta Sosiaali- ja terveysministeriön määrittämien talousveden raja-arvojen ylityksiä (Huuhtanen 1994).

Vuosaaren pohjavesialueella 1990-luvulla käynnissä olleen massiivisen rakentamisen lopullista vaikutusta pohjaveden laatuun on vaikea arvioida. Rakentaminen voi muuttaa pohjaveden laatua välillisesti pohjavedenpinnan alenemisen vaikutuksesta tai suoraan erilaisten lika-aineiden pääsystä veteen. Helsingin kaupungin ympäristökeskus ottaa rakennushankkeiden yhteydessä alkunäytteet ennen rakentamista ja loppunäytteet rakentamisen loputtua. Veden laatua on seurattu rakentamisen aikana ja sen on todettu huonontuneen. Maaliskuussa 1998 oli kaksi kohdetta, joissa varsinkin raskasmetallipitoisuudet olivat kohonneet. Muutosten syyt ja pysyväisyyttä on vaikea arvioida.

Liitteessä 2 on Helsingin veden tekemät pohjaveden laatuanalyysit Hautalan pohjavedenottamon alueelta vuosilta 1993-1997.

7.2.4 Merkitys ja käyttö

Valtakunnanlaajuisen luokituksen mukaan Vuosaaren pohjavesiesiintymä on luokkaa I eli vedenoton kannalta tärkeä pohjavesiesiintymä tai kriisiaikojen vesilähde (Uudenmaan ympäristökeskus 1996). Vuosaaren pohjavesialueen eteläpuolella Kallahden niemellä on Kallahden pohjavesialue, joka kuuluu III-luokkaan eli se saattaa sisältää hyödyntämiskelpoista vettä, mutta sen selvittämiseksi alueella täytyisi tehdä lisätutkimuksia. Kallahden pohjavesialueen sijainti on esitetty kuvassa 7.4.



Kuva 7.4. Vuosaaren ja Kallahden pohjaveden muodostumisalueet ja luokat

Vuosaaren sora- ja hiekkamuodostuman alueella on ollut kaksi pohjavedenottamo; Hautalan ja Huvilamäen ottamot. Ottamot rakennettiin 1965 ja ne siirtyivät kaupungin haltuun vuonna 1966. Ottamoita käytettiin kaupungin normaaliin vedenottoon. Niiden antoisuudet ovat vesioikeuden vuonna 1965 antamassa päätöksessä em. järjestyksessä 1 200 m³/d ja 400 m³/d (Uudenmaan ympäristökeskus 1996). Vuonna 1974 Hautalassa lopetettiin vedenotto (Maa ja Vesi 1979) ja Huvilamäessä 1981 Päijänne-tunnelin valmistuttua. Hautalan vedenottamo purettiin 1992. Alueella on ollut myös Saseka Oy:n ottamo, joka sijaitsi Hautalan vanhan ottamon yhteydessä ja purettiin vuonna 1995. Huvilamäessä on jatkuva ylivuoto, noin 300-400 m³/d.

Helsingin kaupungin teknisen lautakunnan (1997) kaupunginhallitukselle antaman selvityksen mukaan kriisiaikojen vesihuollossa turvaudutaan pohjavesiin, jos Päijänteen ja muiden pintavesien käyttö jostakin syystä estyy. Vuosaaren pohjavesialue on antoisuudeltaan paras kriisitilanteisiin varatuista pohjavesialueista. Pohjavesi on ollut sellaisenaan juomakelpoista. Erilaisista rakennushankkeista huolimatta vesi on tarkoitus säilyttää hyvälaatuisena tarkkailu- ja suojelutoimenpitein.

Vesilain mukaan suojelua varten voidaan pohjavesialueelle määritellä suojavyöhykkeitä, joita koskevat erilaiset rajoitukset. Vuosaarella Hautalan ja Huvilamäen suunnitelluille suojavyöhykkeille ei ole haettu vesioikeudelta varmistusta, vaan suojelu on toteutettu rakentajille annetuilla ohjeilla ja määräyksillä sekä tarkkailu- ja suojaustoimenpiteillä. Kaupunginkanslia on vuonna 1991 laatinut rakennuttajille pohjavesialueen suunnittelu- ja rakentamisohjeen, jossa on käsitelty viemäreiden tiiveyttä. Varsinaista suojelusuunnitelmaa Vuosaaren pohjavesialueelle ei ole laadittu.

7.3 Tattariharju ja Tattarisuo

7.3.1 Alueiden määrittely

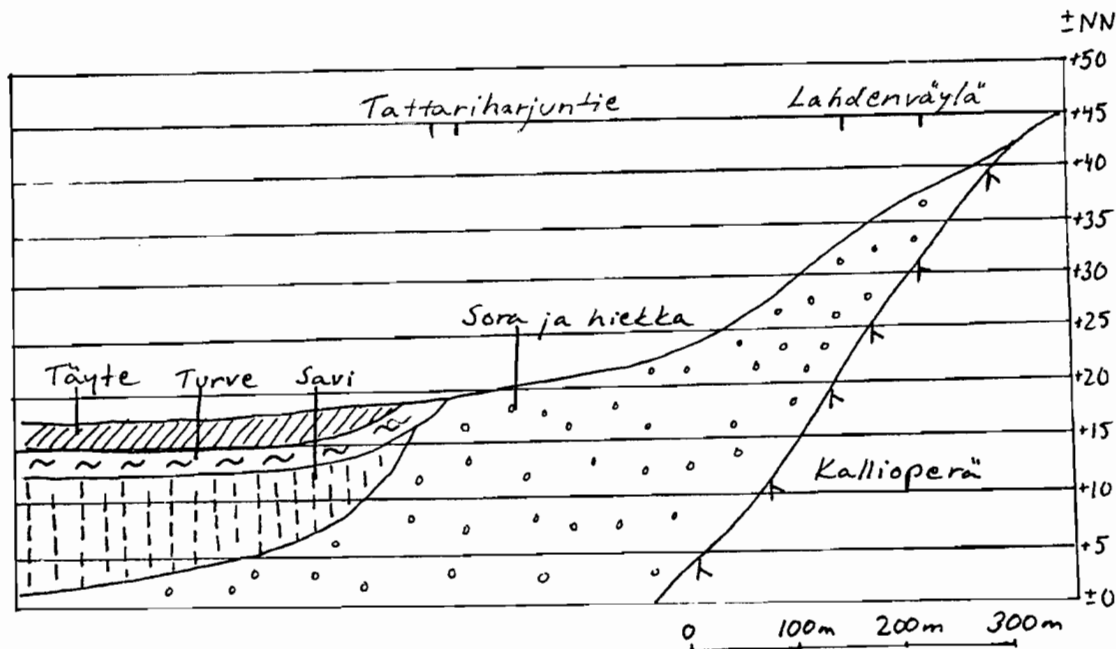
Helsingin kaupunginosajaossa Tattarisuo on Suurmetsän kaupunginosan osa-alue. Tattarisuohon kuuluvat Tattarisuon teollisuusalue, sen länsipuoliset savialueet Malmin lentokenttään saakka sekä teollisuusalueen itäpuolinen sora- ja hiekka-alue ja sillä sijaitseva Alppikylä. Tattariharju puolestaan on Malmin kaupunginosan kaakkoinen osa-alue, joka sijaitsee Malmin lentokentän eteläpuolella. Helsingin pohjavesialueiden kuntakansiossa (Uudenmaan ympäristökeskus 1996) sora- ja hiekka-alueella sijaitseva pohjavesialue on nimetty Tattarisuon osa-alueen mukaan Tattarisuon pohjavesialueeksi. Käsittelyn yksinkertaistamiseksi kaupunginosajakoon perustuvasta nimijaosta on tässä yhteydessä luovuttu. Tattarisuo-nimitystä on käytetty vain teollisuusalueesta ja sen alla olevasta suosta, kun Tattariharjulla on tarkoitettu suon ja moottoritien väliin jäävää sora- ja hiekka-aluetta. Tattarisuon ja Tattariharjun aluekokonaisuus on yhdistelmä pohjavesiesiintymien luvussa 5.2 määritellyistä ryhmistä 1 ja 2.

7.3.2 Tattariharju

Kallio- ja maaperä

Alueella on suoritettu vain vähän pohjatutkimuksia, mutta muutamien syvien, tasoon noin +10 ulottuvien kairausten perusteella on päätelty, että Tattariharjun kohdalla kallio-perässä on ruhjelaakso, jossa kallioseinämät ovat jyrkät. Jakomäen kalliomäet nousevat erittäin jyrkästi ja kohoavat tasoon noin +60. Kallioperän kivilajit ovat kiillegneissi sekä grano- ja kvartsidioriitti.

Tattariharjun maa-aines on pääasiassa karkeaa hiekkaa ja soraa ja siten edullista pohjaveden muodostumisen ja varastoitumisen kannalta. Vanhojen kuoppien seinämien perusteella voidaan arvioida, että aines on glasifluviaalista, koska sora- ja hiekka-aines on lajittunutta, karkeaa ja pyöristynyttä. Maakerrokset ja kallion pinnanmuodot on esitetty kuvassa 7.5.



Kuva 7.5. Tattariharjun ja Tattarisuon maaperäkerrokset esitettynä kaaviopiirroksella

Tattariharjun synty

Tattariharjun sora- ja hiekkamuodostuma on ilmeisesti jäätikköjoen pohjalle kerrostunut ja myöhemmin tasoittunut ja levinnyt harju, jonka on tulkittu kuuluvan samaan jaksoon Kallvikin harjun kanssa. Toisaalta Tattariharjun kautta kulkee luode-kaakko-suunnassa deltatasanteiden vyöhyke Hakkilasta Malmille ja edelleen keskustaan (Hyypä 1950).

Topografia

Tattariharju on nykyisin suhteellisen matala harjanne, jonka alkuperäistä topografiaa ei tunneta, koska suurin osa maa-aineksesta on kaivettu pois. Sora- ja hiekkakuoppia on osaksi myöhemmin täytetty. Täyttömäki alueen koilliskulmassa kohoaa tasoon noin +31. Täyttömäki lienee hieman korkeampi kuin alkuperäinen sora- ja hiekkamuodostuma on ollut. Keskimäärin Tattariharjulla maanpinta on tasossa noin +20...+25.

Pohjavesi

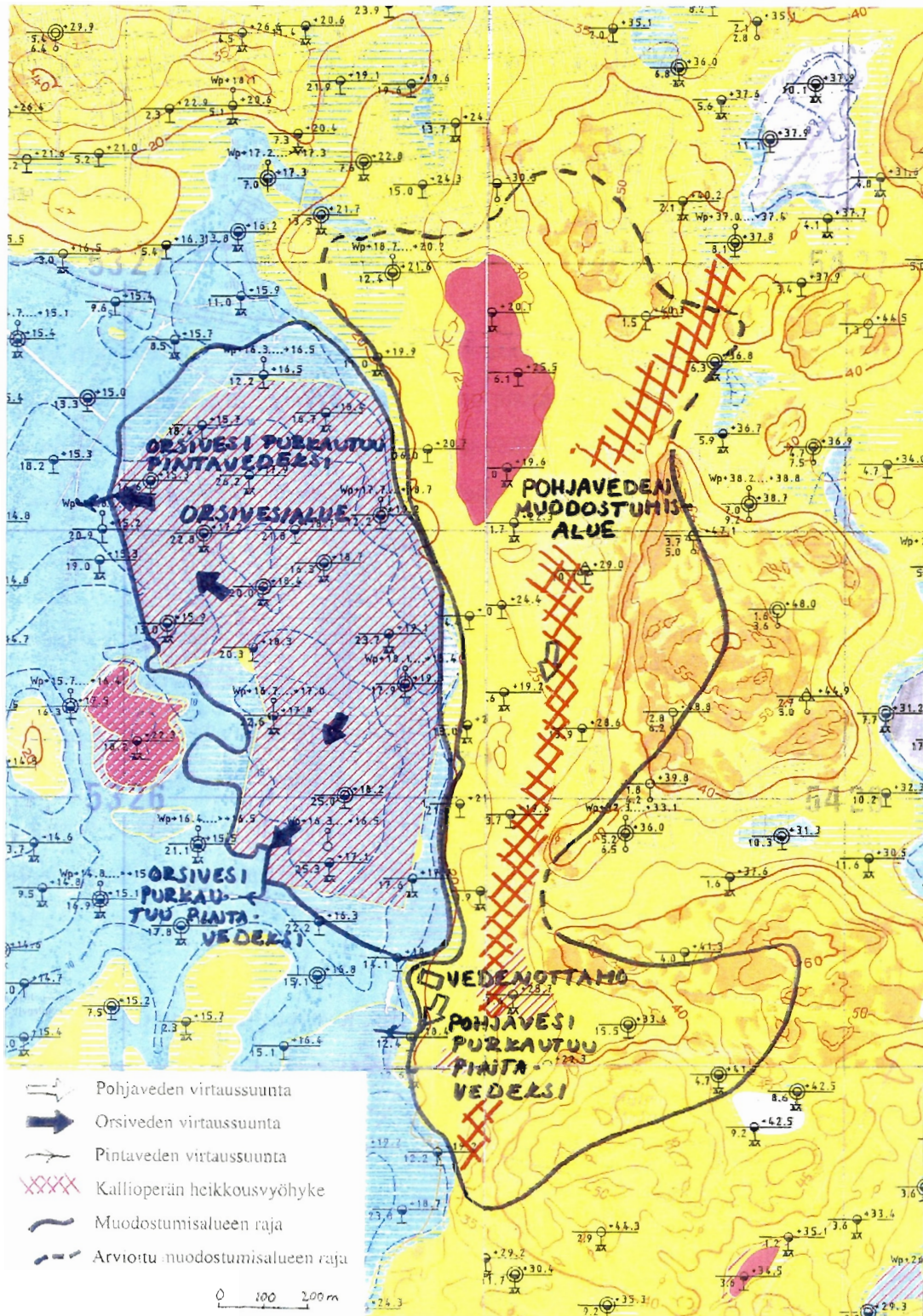
Kun keskimääräinen vuotuinen sadanta Helsingissä on noin 700 mm, se vastaa Tattariharjun noin 100 ha suuruisella kitkamaa-alueella noin 1 900 m³/d suuruista sadantaa. Tattariharjun karkearakeisesta maa-aineksesta voidaan arvioida imeytyvän sadannasta

pohjavedeksi noin 60% (Lemmelä 1990). Päälystetyt alueet huomioon ottaen tässä yhteydessä käytetään pienempää arvoa eli noin 50% jolloin alueella syntyisi pohjavettä noin 1 000 m³/d. Tattariharjulla glasifluviaaliseen ainekseen syntyvän pohjaveden lisäksi alueelle saattaa virrata pohjavettä esim. itäpuolisilta mäkialueilta kallioperän rakosysteemejä pitkin. Topografian perusteella arvioitu pohjaveden muodostumisalue on esitetty kuvassa 7.6.

Pohjaveden pinnasta alueella on olemassa vain vähän havaintotietoja. Helsingin Vedellä on Tattariharjulla pohjavesiputkia, joista on ollut käytettävissä pinnakorkeushavaintoja vain lokakuulta 1980 (Maa ja Vesi 1982) sekä marraskuulta 1997. Niiden mukaan pohjavedenpinta Tattariharjuntien luoteispuoleisella täyttömäellä on tasossa noin +24 ja eteläpuolella tasovälillä +17,5...+18 viettäen etelään.

Pohjavettä virtaa etelään ja sitä purkautuu lähteestä lähellä vedenottamo. Lähteen antoisuus on noin 300 m³/d, mikä on arvioitu maastossa silmämääräisesti. Siten suurin osa muodostuvasta pohjavedestä virtaa muualle ja todennäköisimmin länteen Tattariharjun teollisuusalueen suuntaan joko savikerroksen alle tai sen päälle. Koska Tattarisuolla puoroihin pintavedeksi purkautuvan veden määrä on kuivana aikana vähäinen, suurin osa Tattariharjulta Tattarisuolle tulevasta vedestä virrannee saven alle paineelliseksi pohjavedeksi.

Helsingin Vesi on tarkkaillut Tattarisuon alueella pohjaveden laatua vuodesta 1952 liittyen vedenottamon käyttökelpoisuuden seurantaan. Näytteitä on otettu kerran vuodessa. Pohjaveden laatuanalyyseistä on ilmennyt liikenneväylien suolauksen vaikutus. Kloridipitoisuus on ollut 1996 korkeimmillaan arvossa 115 mg/l, kun talousvedessä sallittu enimmäispitoisuus on 100 mg/l (Huuhtanen 1994). Vuonna 1997 pitoisuus oli laskenut arvoon 109 mg/l, mikä saattoi johtua tiesuolan vähentyneestä käytöstä (LIITE 3). Muodostumisalueen tieluiskat on myös tarkoitus suojata, mikä vähentäisi kloridipitoisuutta edelleen.



Kuva 76. Tattariharju ja Tattarisuo, pohja- ja orsiveden muodostumisalueet, virtaussuunnat, vedenottamo ja kallioperän heikkousvyöhykkeet. Geoteknisen kartan värit on selitetty liitteessä 1.

Pohjavesialueen merkitys

Tattariharjulla on vedenottamo, joka on ollut käytössä vuosina 1950-1981. Vedenottamon jatkuva antoisuus on 1 200 m³/d (Uudenmaan ympäristökeskus 1996). Vedenottamolta on sen käyttöaikana otettu lyhytaikaisesti 1 800 m³/d ja keskimäärin vain eteläpään lähteen antoisuuden verran eli noin 300 m³/d vettä. Vedenotto lopetettiin Päijännetunnelin valmistuttua kuten muillakin Helsingin pohjavesialueilla. Tattariharjun pohjavesialueelta on kuitenkin varauduttu ottamaan pohjavettä kriisitilanteen tarpeisiin.

Pohjavesialue on Suomen ympäristökeskuksen valtakunnanlaajuisessa luokituksessa määritelly luokan I pohjavesialueeksi eli tärkeäksi pohjavesialueeksi vedenoton kannalta. Vedenottamoalueen ympärille on määritetty kaukosuoja- ja lähisuojavaähyke, joille ei kuitenkaan ole haettu vesioikeuden vahvistusta (Uudenmaan ympäristökeskus 1996).

Tattariharjun pohjavesiesiintymällä saattaa olla tulevaisuudessa käyttöä myös normaaliaikana esimerkiksi pienvesistöjen veden laadun parantamisessa.

7.3.3 Tattarisuo

Kallio- ja maaperä (Raudasmaa 1988)

Tattarisuon teollisuusalue on rakennettu entisen suon päälle. Suon kohdalla on kalliopeirässä laaja painanne, jossa alimmaisena on paksut kerrokset moreenia, hiekkaa ja silttiä.

Kitkamaakerrosten päällä on savea 5-10 metriä paksuna kerroksena. Saven päälle syntynyt turvekerros on noin 1-2 m paksuinen. Tattarisuontien pohjoispuolella turvekerroksen alapinta on keskimäärin 2-3 metrin syvyydessä. Tattarisuontien eteläpuolella turvekerroksen alapinta on suurimmaksi osaksi yli kolmen metrin syvyydessä maanpinnasta.

Nykyisin Tattarisuolla on ylimpänä kerroksena täytemaata, joka on paksuimmillaan kaatujen alla. Tattarisuontien alla täytettä on paikoin jopa yli 3 metriä, mutta yleensä alueella täytemaakerroksen paksuus on 1-2 metriä

Suon synty

Koska Tattariharju on merkittävä pohjaveden muodostumisalue ja maa viettää länsipuoleiselle savikolle päin, on oletettavaa, että Tattarisuon syntyminen liittyy Tattariharjulta luonnontilassa saven päälle purkautuneeseen pohjaveteen. Suon arvioidaan syntyneen savipohjastaan kasvamalla sora- ja hiekkamuodostuman kylkeen. Tyypiltään suo on ollut keidassuo, joka on suurimmalta osaltaan ollut rämettä ja kasvanut mäntyä.

Topografia

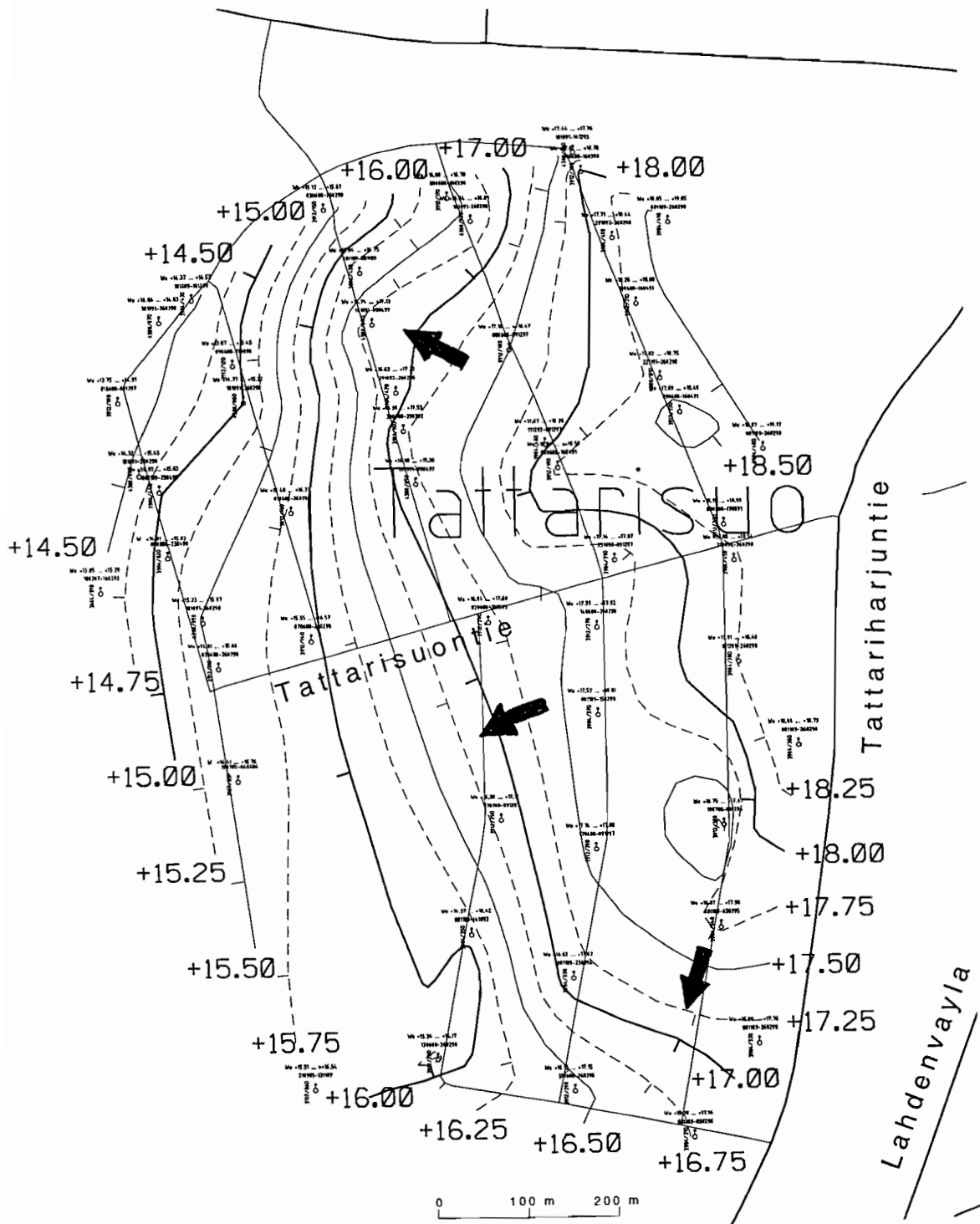
Tattarisuon pinta viettää länteen tasosta noin +16 tasoon +15. Keskimäärin maanpinta laskee kaltevuudessa noin 1:100 (Raudasmaa 1988).

Orsiveden muodostuminen ja virtaus

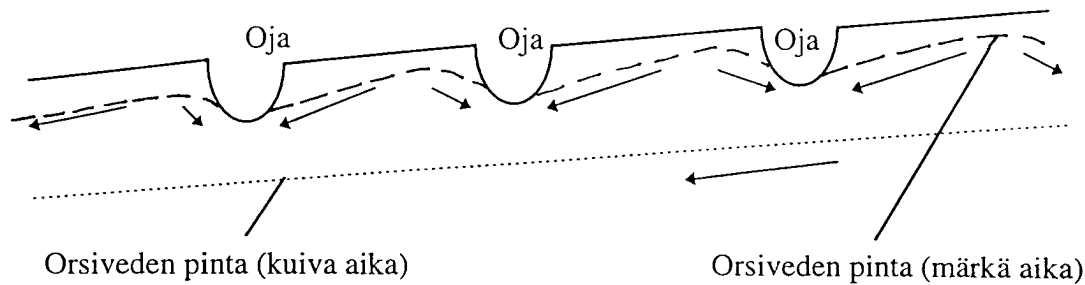
Orsivettä muodostuu savikerroksen päälle täytteeseen ja turpeeseen sadannasta imeytymällä. Kun pinta-ala on noin 65 ha, sadanta noin 700 mm/a ja täytemaahan sadannasta imeytyy noin 30 %, syntyvän orsiveden määrä on noin 370 m³/d,

Tattarisuolla orsiveden pinta viettää lounaaseen vaihettuen itäreunan tasosta noin +19 tasoon noin +14 länsireunalla. Teollisuusalueen pohjoisosassa päävirtaussuunta on idästä länteen ja eteläosassa koillisesta lounaaseen (kuva 7.7).

Teollisuusalueella ei ole sadevesiviemärintiä, vaan kuivatus tapahtuu avo-ojilla. Geoteknisen osaston selvityksissä on todettu, että kuivana aikana orsivedenpinta on ojanpohjien alapuolella. Tällöin orsiveden virtaus tapahtuu yksinomaan maakerroksen sisällä alueen länsireunalle asti, jossa vesi purkautuu alimpiin ojiin. Märkänä aikana orsivedenpinta tavoittaa ojien pohjan, jolloin orsivettä purkautuu ojiin koko alueella (kuva 7.8). Ojaverkostosta vedet on johdettu alueen lounais- ja luoteisosiin, joista ne virtaavat puroissa länteen ja edelleen Vantaanjokeen.



Kuva 7.7. Orsiveden korkeuskäyrät Tattarisuolla. Mustat nuolet ovat orsiveden virtaus-suuntia



Kuva 7.8. Orsiveden pinta sekä virtaussuunnat ojien suhteen Tattarisuolla kuivana ja märkänä aikana

Pohjavesi

Tattarisuon alla on paineellisen pohjaveden kerros, jonka vesi muodostuu Tattariharjulla ja virtaa idästä länteen. Pohjaveden pietsometrinen pinta viettää koillisesta luoteeseen ja on tasovälillä noin +15...+19. Pitkäaikaisten havaintojen mukaan pohjavedenpinnassa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Orsivesialue riskikohteena

Tattarisuon alue on geoteknisessä mielessä orsiveden riskialue. Vuosikymmenien kuluessa suoritettujen täyttöjen jälkeen turvekerros on puristunut kokoon. Nykyisin täytöistä aiheutuvat painumat ovat vähäisempiä, mutta niitä tapahtuu edelleen. Turpeessa ja täytteessä olevan orsivesikerroksen pinnan lasku aiheuttaisi kuitenkin turpeen lahoamista sekä painumia. Alueella on nykyisin kattava orsivedenpinnan havaintoverkosto, jonka ansiosta orsivedenpinnan korkeusvaihtelut ja virtauskuva tunnetaan hyvin.

7.3.4 Tattariharjun ja Tattarisuon pohja- ja orsiveden liittyminen toisiinsa ja pintavesiin

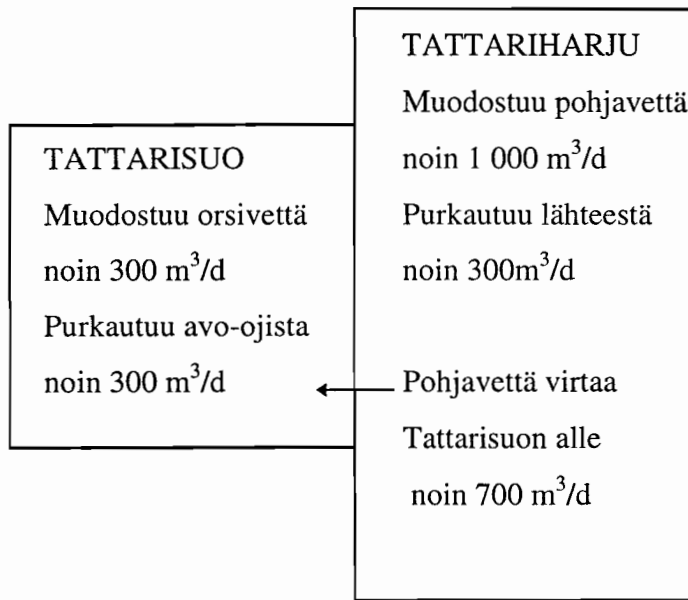
Pohjaveden alueelliseen virtauskuvaan yksityiskohtaiseen hahmottamiseen ei tässä yhteydessä ole ollut mahdollisuuksia, sillä havainto- ja koepumppaustiedot ovat vähäisiä erityisesti Tattariharjun osalta.

Lyhytaikaisilla koepumppauksilla on saatu Tattariharjun pohjavesiesiintymän antoisuudeksi 1 200 m³/d, mutta ympäristössä ei ole ollut samanaikaisesti pinnankorkeuden tarkkailua.

Todennäköisintä on, että pohjavesi on koepumppaustilanteessa virrannut vedenottamolle pääasiassa pohjoisesta hyvin läpäisevästä Tattariharjusta. Vedenottamon antoisuus (1 200 m³/d) olisi tällöin samaa suuruusluokkaa kuin Tattariharjulla muodostuvan pohjaveden määrä. Jos antoisuus hyödynnettäisiin kokonaisuudessaan, normaalitilanteessa Tattarisuon alle suuntautuva virtaama jäisi pois. Esiintymän antoisuuden suurista pohjavesimäärästä ei ilmeisesti voida ottaa pitkäaikaiseen käyttöön ilman koepumppaustutkimuksia, koska vedenpinta saattaisi alentua myös Tattarisuolla, mistä voisi aiheutua painumia.

On myös mahdollista, että koepumppaustilanteessa vettä on virrannut lähempää Tattarisuon alueelta saven alapuolisista paksuista kitkamaakerroksista. Jos pumppausta pitkäaikaisesti nostettaisiin ylivirtaamaa suuremmaksi, savikerroksen reunalla pohjaveden painetaso aletessa alkaisi mahdollisesti hyvinkin likaantunut orsivesi kiertyä pohjavedeksi ja edelleen virrata vedenottamolle.

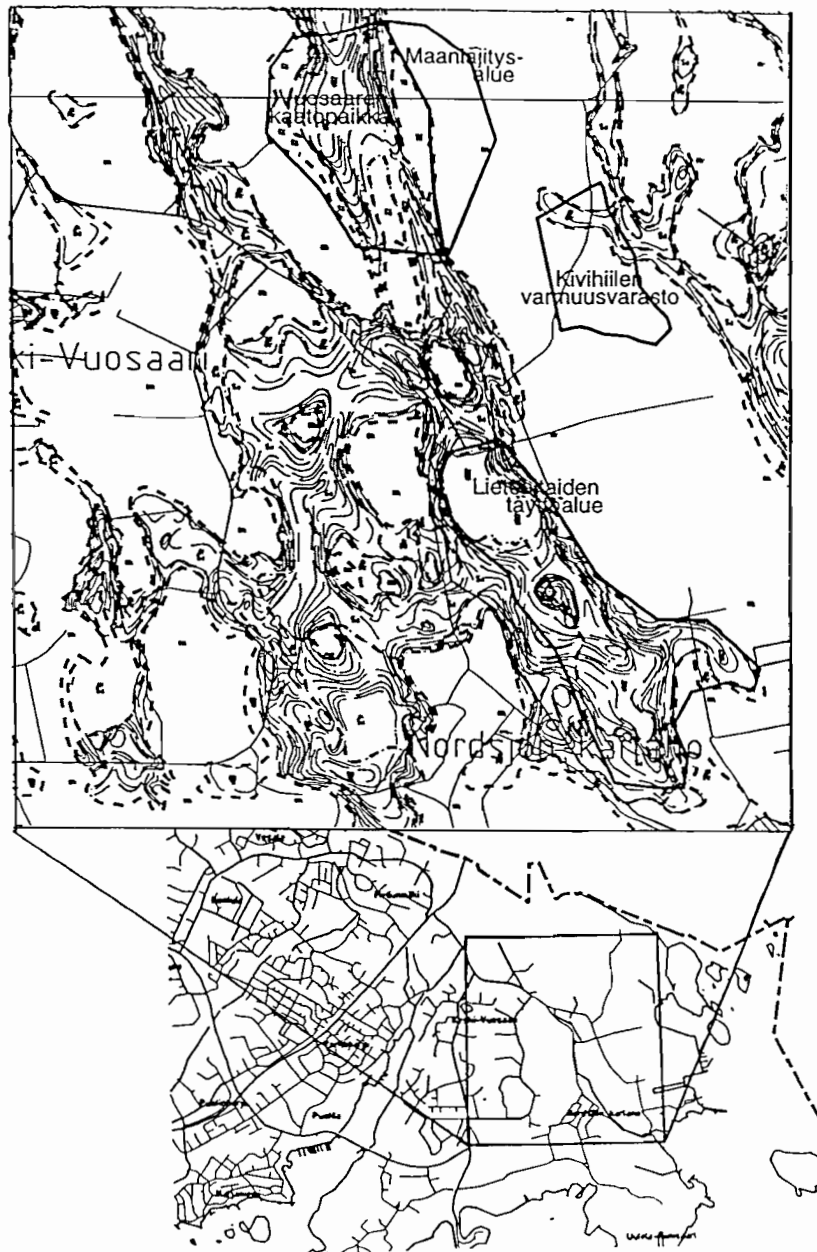
Edellisen perusteella saattaa olla tarvetta pienentää Uudenmaan ympäristökeskuksen kuntakansiossa esitettyä Tattariharjun esiintymän antoisuuden maksimiarvoa sekä arvioida muutoinkin esiintymän käyttökelpoisuutta uudelleen ottaen huomioon mm. teollisuusalueesta aiheutuvat riskitekijät. Kuvassa 7.9 on esitetty kaaviomaisesti arvio virtaussuhteista alueella.



Kuva 7.9. Kaaviokuva Tattarisuon ja Tattariharjun virtauskuvasta

7.4 Vuosaaren entinen kaatopaikka

7.4.1 Tausta



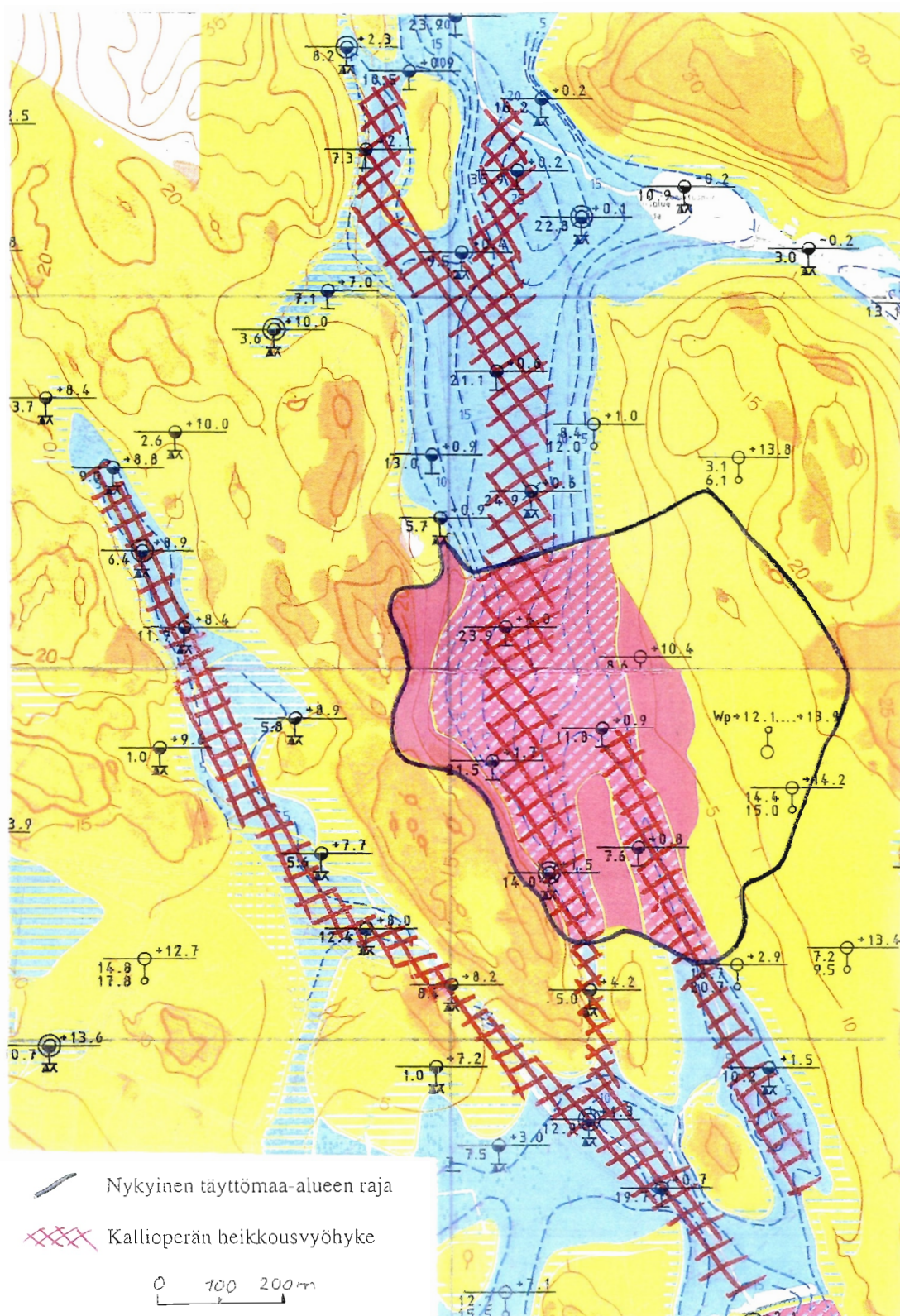
Kuva 7.10. Varastoalueiden sijainti Vuosaarella. Valkoiset alueet edustavat kittamaa- ja kallioalueita. Katkoviivoin on erotettu savipeitteiset alueet, joilla olevat käyrät esittävät saven alapinnan syvyyttä maanpinnasta.

Vuosaaren koillisosassa sijaitsevat entinen yhdyskuntajätteen kaatopaikka ja siihen liittyvä ylijäämämassojen sijoituspaikka, kivihiilen varmuusvarasto ja Vuosaaren lietekentän eli ns. golfkentän alue (kuva 7.10). Kaikkiaan varastoalueiden pinta-ala on noin 100 ha. Kohteissa on ollut käynnissä veden laadun tarkkailua, ja sen on todettu huonontuneen. Vuonna 1998 on käynnistymässä laajahko ympäristöselvitys, jonka tarkoituksena on, että kohteiden tarkkailuja kehitetään ja että ne yhdistetään koko aluetta koskevaksi paremman kokonaiskuvan saamiseksi.

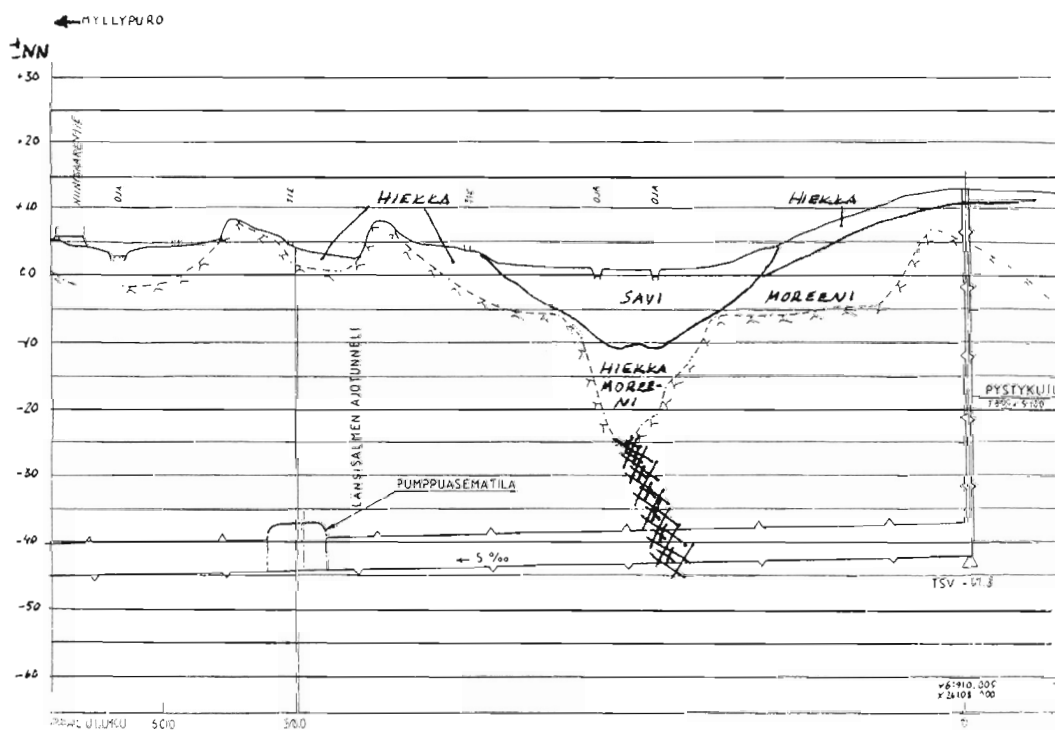
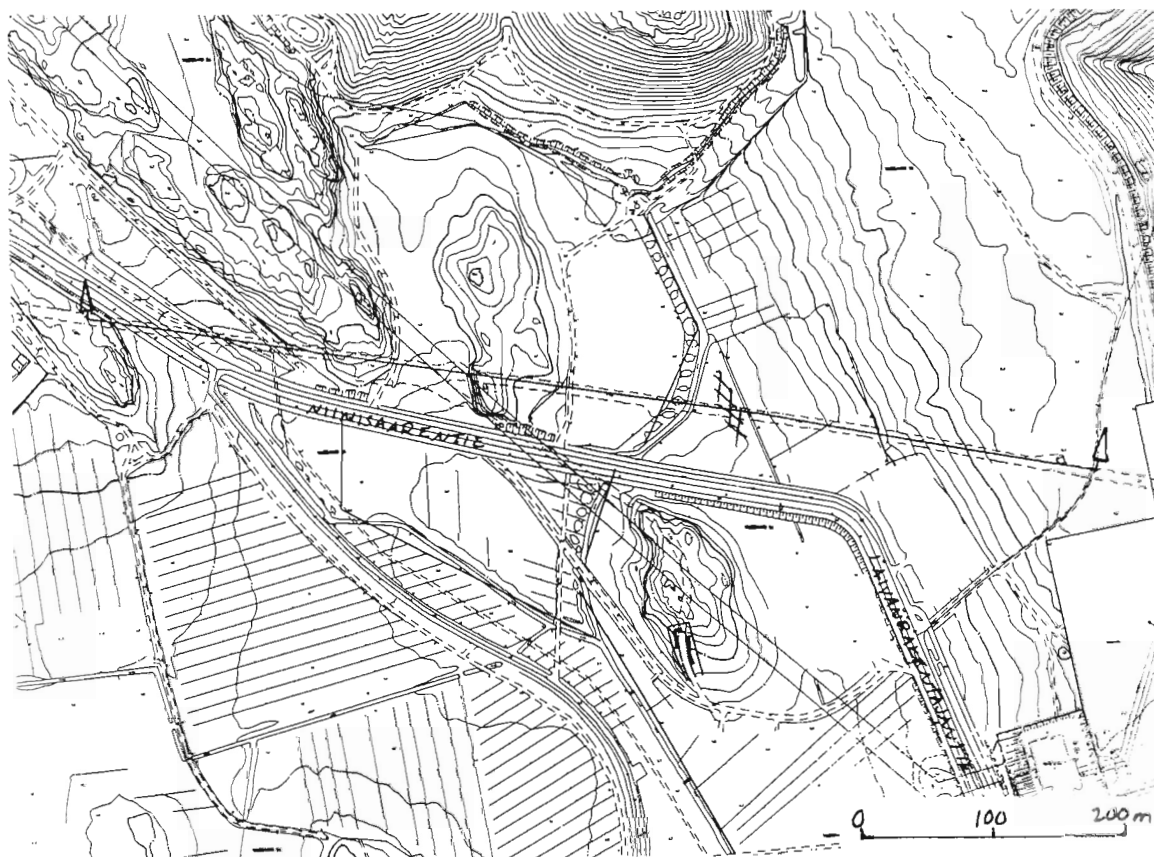
Tässä yhteydessä on käsitelty maaperä- ja vesiolosuhteita entisellä yhdyskuntajätteen kaatopaikalla ja maanlajitusalueella. Yhdyskuntajätteen ja puhtaiden kaivumaiden lisäksi kaatopaikka-alueelle on sijoitettu kivihiilivoimalaitoksista muodostuvaa lentotuhkaa ja rikinpoiston lopputuotetta. Ympäryssalaojasta huolimatta kaatopaikalta on todettu tapahtuvan vuotoja ympäristöön. Ne johtunevat siitä, että kaatopaikka on aikoinaan rakennettu ilman pohjan tiivistys- ja kuivatusrakenteita, jolloin suotovesiä pääsee savikerroksen alapuolisiin hyvin vettä johtaviin kerroksiin ja edelleen ympäryssalaojien ulkopuolelle. Jätekasa on nykyisin peitetty savikerroksella.

7.4.2 Luonnontilaiset maaperä- ja pohjavesiolosuhteet

Vuosaaren entinen kaatopaikka-alue sijaitsee luode-kaakko -suuntaisessa pitkänomaisessa savitäytteisessä kallioperän ruhjelaaksossa. Alueen pohjoispuolella sijaitsee Porvarinlahden rannan luonnosuojelualue. Kaatopaikan itä- ja länsipuolella kohoavat kalliomäet, joista itäpuoleisessa rinteessä on paksuja moreenikerroksia. Kuvassa 7.11 on Vuosaaren entisen kaatopaikan alueelta kartta, johon on merkitty heikkousvyöhykkeet sekä ympäristön maaperäolosuhteet ja kuvassa 7.12 on esitetty kaukolämpöjohtotunnelin kohdalta ruhjelaakson poikkileikkaus, josta ilmenee kalliopinnan topografian lisäksi myös ruhjelaakson sedimenttien kerrosjärjestys.

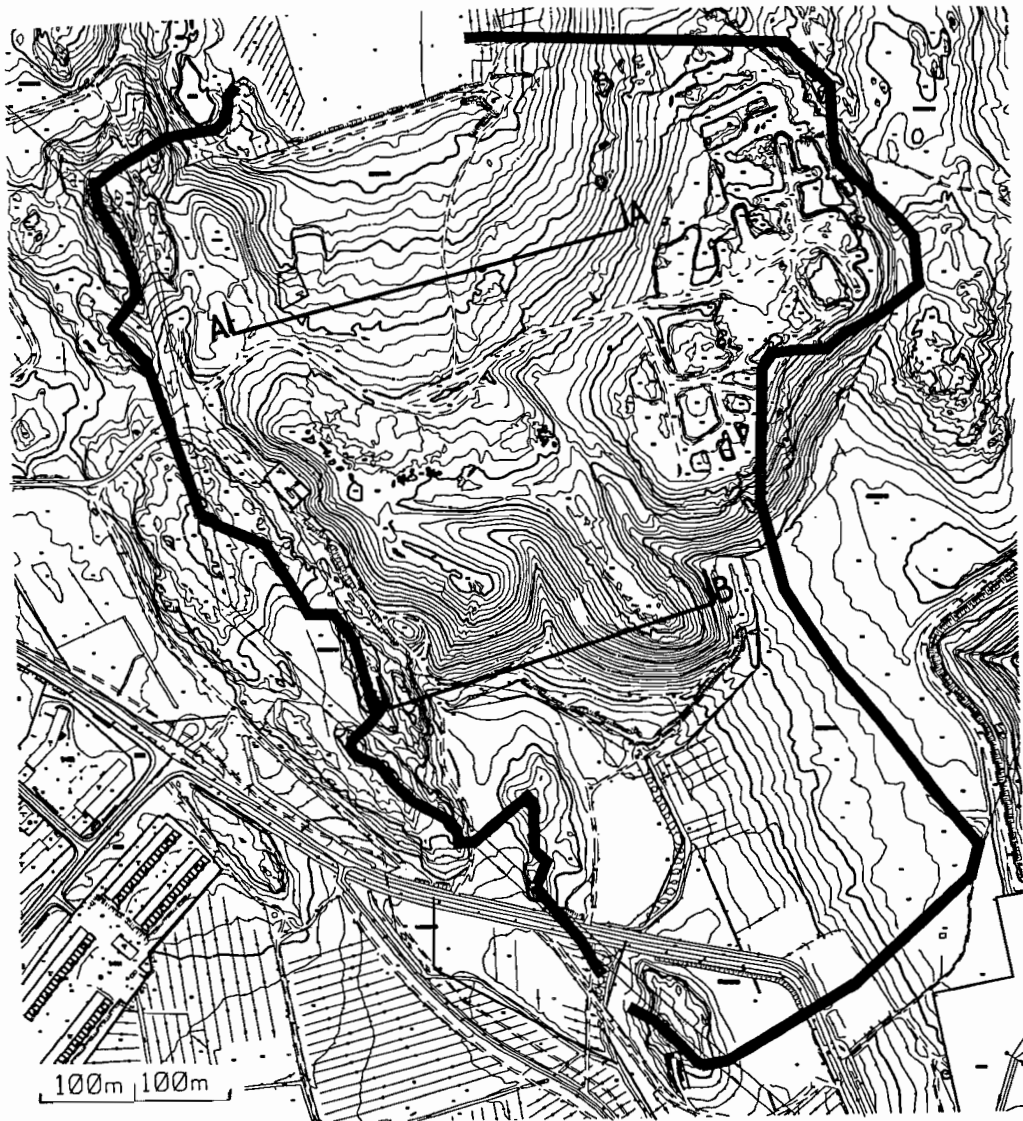


Kuva 7.11. Maaperäkartta Vuosaaren entisen kaatopaikan alueelta. Karttaan on merkitty merkittävät kallioperän heikkousvyöhykkeet. Mittakaava 1:10 000. Geoteknisen kartan värit on selitetty liitteessä 1.

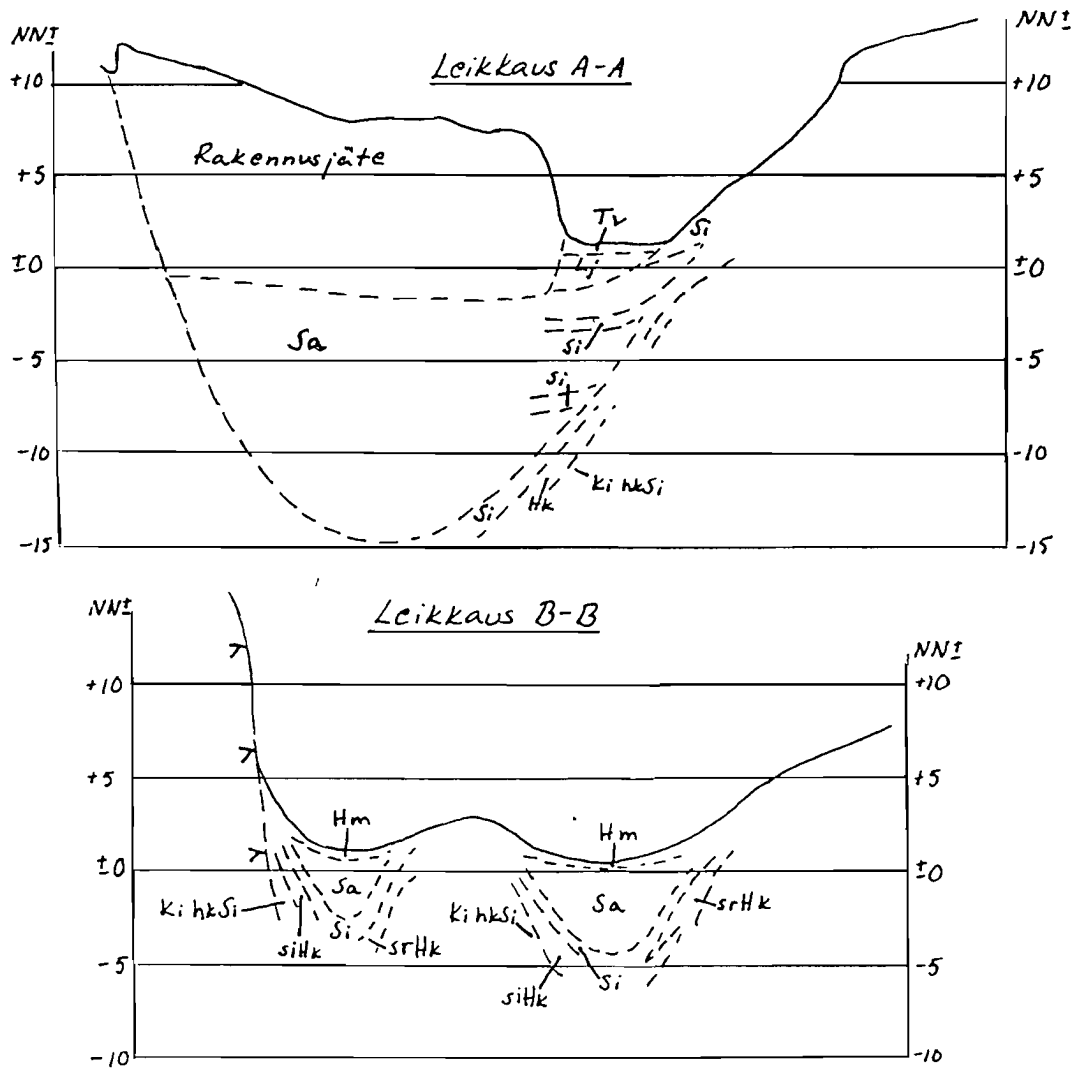


Kuva 7.12. Leikkaus ruhjeesta Pasila-Vuosaari- kaukolämpöjohtotunnelin kohdalta

Alueella 1960-luvulla suoritettujen geoteknisten tutkimusten perusteella on saatavissa käsitys ennen kaatopaikkatoimintaa vallinneista olosuhteista. Maanpinta laakson pohjalla on ollut tasovälillä noin 0...+3, joten se on ollut likimain samassa tasossa kuin maanpinta nykyisin kaatopaikan etelä- ja pohjoispuolisilla savialueilla. Savi on liejuista ja sen alla on noin 5-10 metriä paksuja kitkamaakerroksia (kuva 7.13). Laakson reunoilla savikerros ei ulotu kallioon saakka, vaan välissä on kitkamaakerroksia. Savikerroksen alla on paineellista pohjavettä, jonka pietsometrinen pinta on kairausten yhteydessä tehtyjen havaintojen mukaan ollut tasovälillä noin +0,5...+1,0.

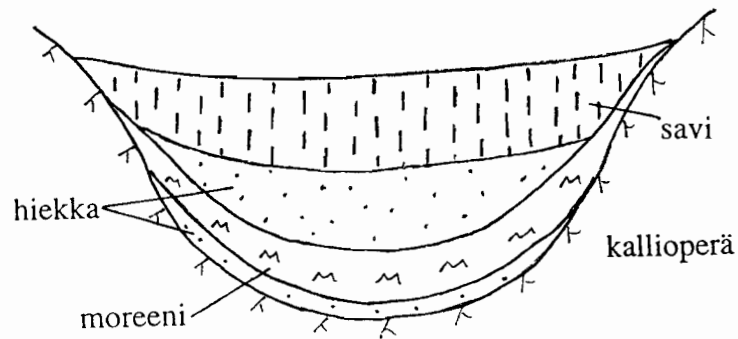


Kuva 7.13 a) Leikkausten A-A ja B-B sijainti entisellä kaatopaikalla. Korkeuskäyrät ovat 1 m välein



Kuva 7.13 b) Leikkaus A-A ja leikkaus B-B Vuosaaren entisen kaatopaikan alueelta sen ollessa vielä lähes luonnontilassa. Mittakaava korkeussuunnassa 1:400 ja pituussuunnassa 1:4000. Piirroksissa käytetyt lyhenteet: Lj = lieju, Hm = humusmaa, Tv = turve, Ki hksi = kivinen hiekkainen siltti, Sa = savi, Si = siltti, Hk = hiekka, srHk = sorainen hiekka, siHk = silttinen hiekka.

Ruhjelaakson pohjaosan kerrossuhteista ja kallioperän laadusta on saatu tietoja mm. kaatopaikan eteläpuolelle rakennetuista pohjavesiputkista. Lähelle Niinisaarentien pumppaamoa rakennetun putken kohdalla savikerroksen alla on kaksi hiekkakerrosta, joista alempi on moreenin alla lähellä kallion pintaa (kuva 7.14).



Kuva 7.14. Kaaviopiirros maaperäkerroksista kaatopaikan eteläpuolisesta laaksosta havaintoputken G13 kohdalla.

Kaatopaikka-alueen eteläpuolelle rakennetusta kaukolämpötunnelista on saatu kokemuksia, joiden mukaan laakson pohjalla oleva kallio on rakoillutta ja yleensä hyvin vettä johtavaa. Koska on todennäköistä, että kallio on rikkonaista koko laakson pohjalla, saattaa myös kallioperässä tapahtua suotovesien virtausta kaatopaikka-alueelta sen ulkopuolelle.

Nykyisen kaatopaikan pohjoispuolella savikerroksen enimmäispaksuus on 15-20 metriä ja eteläpuolella 5 metriä. Kaatopaikan itäpuolisella kallio- ja moreenialueella maanpinta vaihtelee tasovälillä +2...+25. Kalliota vasten kerrostunutta moreenia on 1-12 metrin paksuudelta. Kaatopaikan alueella moreenin laadusta ei ole tutkimustietoja käytettävissä, mutta ympäristön mm. kivihiilen varmuusvaraston ja voimalaitoksen alueella moreeni on ollut erittäin tiivistä silttimoreenia. Voimalaitokseen liittyviä öljysäiliöitä louhittaessa on todettu, että moreenin vedenjohtavuus on pienempi kuin alla olevan kallioperän.

7.4.3 Kaatopaikkatoiminta ja maanläjitys

Vuosaaren kaatopaikka avattiin vuonna 1964, mutta jo sitä ennen alueella oli yksityistä jätteen sijoitustoimintaa. Läjitys alkoi laakson länsireunalla kallioalueella ja siirtyi pian pehmeikköalueelle. Kaatopaikkatoiminta lopetettiin vuonna 1988. Kaikkiaan alueella

on yhdyskuntajätettä noin 3,5 milj. m³ (Leminen, Arovaara ja Forss 1993). Jätekasan korkein kohta on tasossa noin +30. Stabiilisuussyistä pohjoisrinne on tehty hyvin loivaksi. Eteläreunassa on kestävyysyistä tehty pehmeikön poikki massanvaihto louheella, mistä tässä yhteydessä ei kuitenkaan ole ollut yksityiskohtaisempaa tietoa käytettävissä. Jätekasa on peitetty savikerroksella pumppausvesimäärien vähentämiseksi. Savikuorutus on saatu valmiiksi vuonna 1996 (Merivirta, HKR/katuosasto, henkilökohtainen tiedonanto, 1997).

Kaatopaikan pinta-ala ennen maanlajitusta oli noin 29 ha, läjitysalueen ja kaatopaikan yhteispinta-ala on noin 38 ha.

Maanlajitus aloitettiin maaliskuussa 1990. Läjitysalue on entisen kaatopaikan kyljessä sen itäpuolella osittain jätepenkereen ja osittain moreenirinteen päällä. Nykyään maanpinta on maanlajitusalueella korkeimmillaan keskimäärin tasossa +33. Maanlajitusalueelle on ajettu ylijäämämaita sekä kivihiihivoimalaitoksissa muodostuvaa lentotuhkaa ja rikinpoistotuotetta.

7.4.4 Pinta- ja pohjavesiolosuhteet kaatopaikkatoiminnan aikana ja jälkeen

Pinta- ja pohjavedenjakajat

Insinööritoimisto Maa ja Vesi on määritellyt vuonna 1980 alueelle valuma-alueen, jonka pinta-ala oli noin 55 ha. Olosuhteet ovat kuitenkin vuoden 1980 jälkeen muuttuneet niin merkittävästi, ettei arviota valuma-alueesta voida pitää täysin luotettavana. Alueen itäosassa muutos on ollut suurin maanlajitusalueen kasvettua ja levittyä kallioharjanteelle. Osa pintavesistä on kääntynyt virtaamaan itään kallioiden yli. Valuma-alue on esitetty kuvissa 7.13 a, 7.16 ja 7.18.

Kaatopaikan sisäinen vesi

Kaatopaikan jätteeseen suotautuvaa vettä kutsutaan kaatopaikan sisäiseksi vedeksi. Jätteen tiiviyydestä ja huonosta vedenjohtavuudesta johtuen sisäisen veden pinta on korkealla ja seurailee jätepenkereen pinnanmuotoja, kuitenkin niin, että painanteissa sisäinen

vesi on lähempänä pintaa kuin huippujen kohdalla. Vuosaaren kaatopaikan sisäisen veden korkeudesta ei ole käytettävissä tietoja.

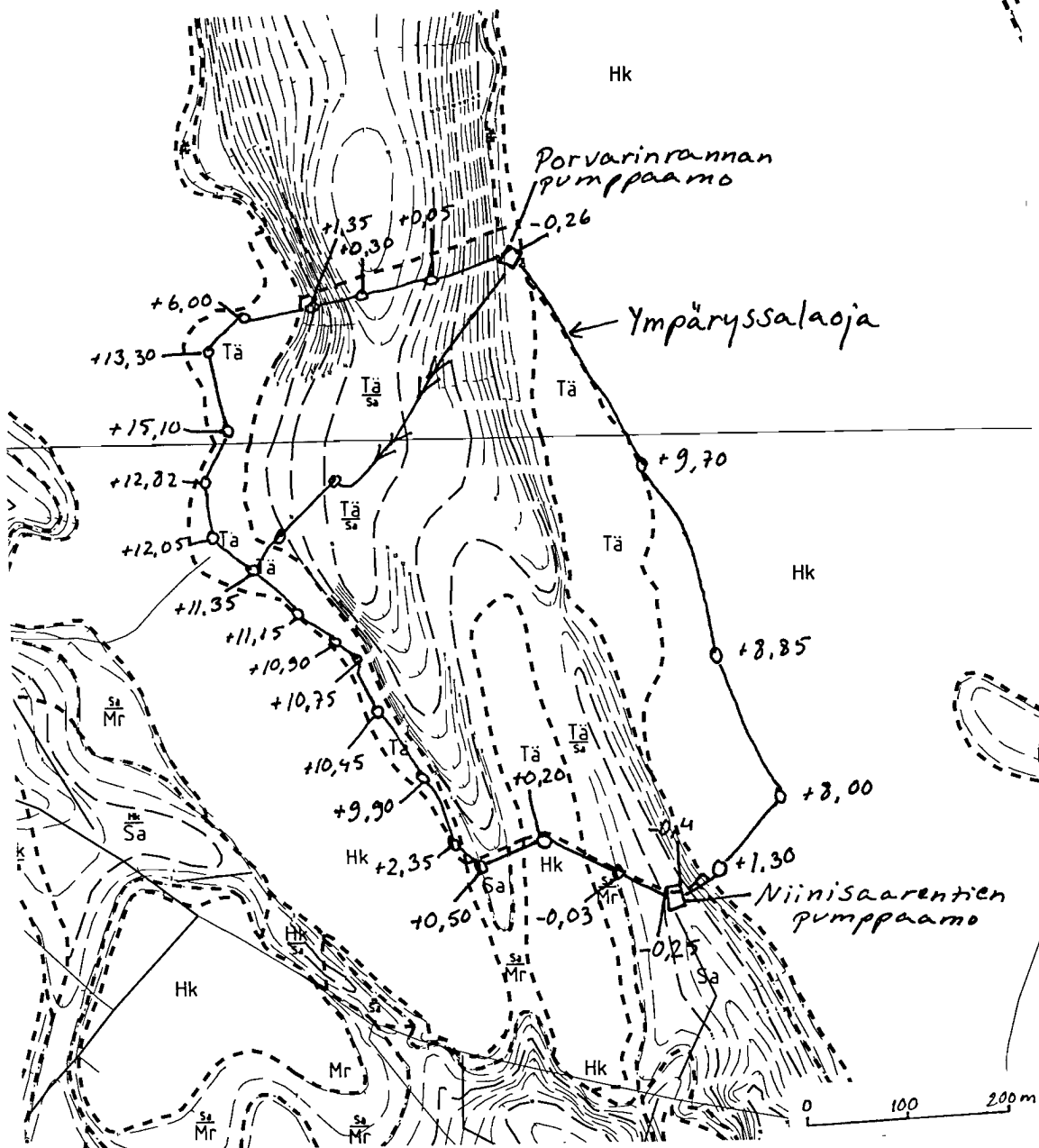
Pohjavesivaikutuksia on tutkittu Suomessa kaatopaikkojen ympäristössä, mutta jäteperereestä otetaan näytteitä vain harvoin. Koska kaatopaikan sisäinen vesi on jätteen läpi huuhtoutunutta suotovettä, sen joutuminen ympäristöön olisi merkittävä likaantumisriski (Ettala 1996).

Kuivatusjärjestelmä

Kaatopaikkatoiminnan aikana kuivatus tapahtui avo-øjilla, joita pitkin pinta- ja suotovedet ohjattiin mereen. Varsinainen vesien keräilyjärjestelmä valmistui keväällä 1990 ja siinä kaatopaikkaa ympäröivät salaojat, joista vesi on johdettu Niinisaarentien pumpaamolle ja sieltä Vuosaaren puhdistamolle ja myöhemmin Viikkiin keskuspuhdistamolle (Latvala 1990). Kuivatusjärjestelmä on suunniteltu siten, että kaatopaikan sisäisen veden lisäksi salaojat keräävät myös jätekasan päältä tulevan pintavalunnan sekä itäpuoliselta maanlajitysalueelta tulevat vedet. Vaikka salaoja kulkee maanlajitysalueen alla, on lajitysalueen suotovedet ohjattu virtaamaan loivia louhekerroksia pitkin salaojaan. Jossain määrin salaojat saattavat kerätä laajemmalla alueella myös alemmaa pohjavettä niillä alueilla, joilta puuttuu savikerros ja joilla salaojat kulkevat paikoin pohjavedenpinnan alapuolella. Alemman pohjaveden osuutta pumpatuista vesimääristä ja sen valuma-aluetta on vaikea arvioida.

Kaatopaikan savikuorrutuksen tarkoituksena on vähentää sadannasta jätekasaan imeytyvän veden määrää. Savikuorrutus on valmistunut vuonna 1996. Pumpatun veden määrä on vähentynyt, mikä voidaan katsoa johtuvaksi savikuorrutuksesta.

Kaatopaikan kuivatus on esitetty kuvassa 7.14.



Kuva 7.15. Kaatopaikan kuivatus

Puhdistamolle johdetut vesimäärät

Kaatopaikan ja maanläjitysalueen teoreettinen, luonnontilaisen topografian perusteella määritelty valuma-alue on noin 55 ha. Ennen maanläjitysalueen rakentamista kaatopaikan kuivatuksen arvioitiin keränneen vesiä noin 29 ha:n alueelta eli noin 130 000 m³/a. Vuoteen 1987 asti pumpatut vesimäärät olivat 130 000-140 000 m³/a, mikä vastasi hyvin laskelmallista arviota. Vuoden 1987 jälkeen pumppausmäärät nousivat ja olivat luokkaa 200 000-285 000 m³/a. Salaojajärjestelmän vedet ovat saattaneet tulla kaatopai-

kan ja läjitysalueen yhteispinta-alaa suuremmalta alueelta ja se on saattanut kerätä myös saven alaista paineellista pohjavettä (Melanders 1993).

Vuoden 1992 jälkeen pumppausmäärät ovat lähteneet laskuun. Todennäköisesti tähän on syynä savikuorrutus, joka estää pintavesien suotautumisen kaatopaikan sisään ja salaojiin. Vuonna 1997 pumppausmäärä oli noin 100 000 m³. Tämän perusteella voidaan siis olettaa, että savikuorrutus on onnistunut ja on päästy tavoitteeseen, eli vähentyneisiin vesimääriin.

Pohjaveden korkeushavainnot ympäristössä

Kaatopaikka-alueen ympäristössä on tehty pohjavedenpinnan korkeushavainnot pääasiassa vain vesinäytteiden oton yhteydessä, mistä syystä havaintokäyrästä ei ole piirrettävissä. Pohjaveden havainnointipisteet on esitetty kuvassa 7.16.

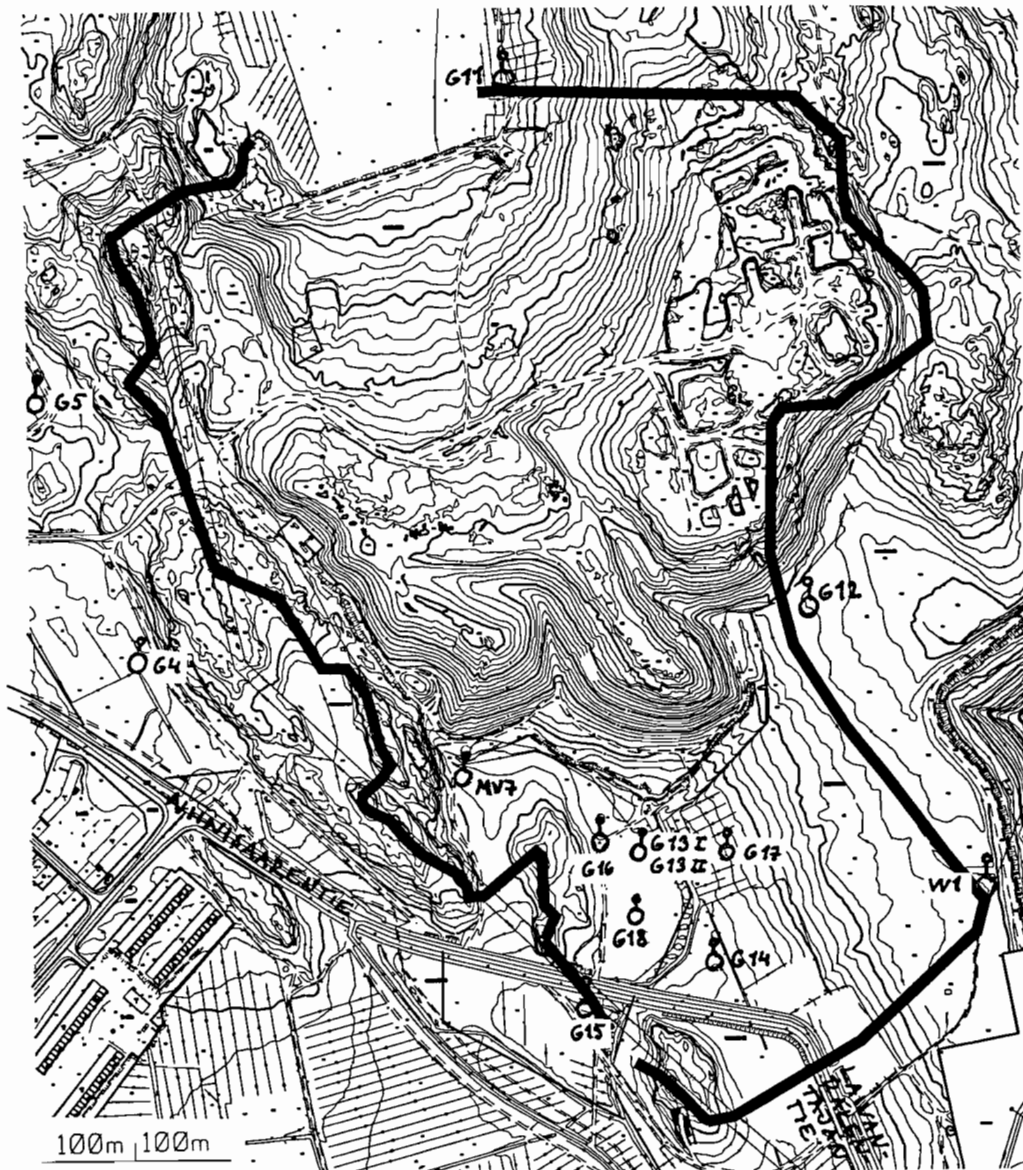
Kaatopaikan eteläpuoleisella savialueella pohjavedenpinta on vaihdellut tason +1 molemmiin puolin. Niinisaarentien pumppaamon eteläpuolella olevassa havaintopisteessä pohjaveden painetaso on ollut välittömästi savikerroksen alla olevasta hiekkakerroksesta mitattuna puolisen metriä ylempänä kuin moreenin alla olevasta hiekkakerroksesta mitattuna. Tämä saattaa johtua siitä, että ylempi hiekkakerros on paremmin yhteydessä kaatopaikan sisäiseen veteen. Toisaalta paine-ero saattaa johtua myös lähellä olevan kaukolämpötunnelien vuodoista. Kokonaistypen pitoisuus ylemmässä hiekkakerroksessa olevassa pohjavedessä (havaintoputki G13) on korkeampi, kuin alemmassa hiekkakerroksessa (havaintoputki G13II), mikä tukee oletusta ylemmän hiekkakerroksen paremmasta yhteydestä sisäiseen veteen.

Pohjoispuoleisella savialueella ei ole pohjavesiputkia. Ainoastaan laaksoalueen reunoilla on havaintopisteitä.

Itäpuolella moreeniselänteellä on muutamia pohjavesiputkia. Pohjaveden pinta on vaihdellut moreenialueella melko paljon. 1980-luvun lopun ja 1990-luvun alun mittausten mukaan pohjaveden pinta on ollut tasovälillä noin +2...+10. Moreenialueella on useam-

pi pohjavesiputki niin lähekkäin, että ne voidaan tässä yhteydessä katsoa olevan samassa pisteessä. Piste sijaitsee kuvan 7.16 kartta-alueen ulkopuolella. Putkien alapäävät ovat eri tasoilla ja niissä pohjaveden painetaso vaihtelee. Tämä osoittaa, että moreenissa on eri paineisia ja mahdollisesti myös hydrauliselta johtavuudeltaan erilaisia kerroksia.

Länsipuolella kallioisella alueella on vain vähän pohjavesiputkia liittyen kaatopaikan pohjavesien tarkkailuun. Vain yksi putki on ollut mittauksessa vielä vuonna 1998. 1990-luvulla tehtyjen mittausten mukaan pohjaveden pinta on ollut tasovälillä noin +3...+6.



Kuva 7.16. Pohjaveden havaintoputket kaatopaikan ympäristössä

Ympäristössä ja osin myös kaatopaikan alta savikerros puuttuu ja pohjavesi esiintyy vapaana kitkaissa. Tällaisilla alueilla salaojitus on syvällä, alimmillaan tasossa -0,4, jolloin kuivatus kerää myös alueen pohjavesiä. Pohjavesiä virtaa pumpppaamolle myös kaatopaikan ulkopuolelta.

Pinta- ja pohjavesien laaduntarkkailu

Kaatopaikan pintavesien tarkkailu on aloitettu vuonna 1980 ja pohjavesien vuonna 1981 Maa ja Vesi Oy:n tekemän tarkkailuohjelman mukaan. Alueella on ollut yhdeksän pintaveden näytteenottopistettä. Näytteitä on otettu kaatopaikka-alueelta etelään virtaavista ojista, pohjoispuolisista ojista, niskaojista sekä kaatopaikan luoteispuolelle entiseen kaivoskuiluun muodostuneesta lammesta (Leminen et al. 1993).

Pintavesistä on tutkittu lämpötila, happi, pH, alkaliteetti, sähkönjohtavuus, väri, KHT, BHK₇, ammoniumtyppi, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, kloridi, kokonaiskovuus, kloridi, fenolit, öljyt ja rasvat, rauta, mangaani, sinkki, kupari, kadmium, lyijy, kokonaiskromi, enterokokit ja lämpökestoiset kolimuotoiset bakteerit (Maa ja Vesi Oy 1980). Tämän lisäksi 1986 jälkeen pintavesistä on tutkittu myös eräiden myrkyllisten aineiden pitoisuuksia, joita ovat arseenin, syanidin, fluoridin, PCB-yhdisteiden ja kloorifenolien pitoisuudet (Leminen et al. 1993). Tulokset vuosilta 1981-1991 on esitetty Helsingin Veden laatimissa tulosraporteissa.

Kaatopaikka-alueelta etelään virtaavassa ojassa veden laatu oli huonoimmillaan tarkkailun alkaessa 1980-1982 ennen jätevesien johtamista Vuosaaren puhdistamolle (Leminen et al. 1993). Pintavedet olivat sameita, ravinnepitoisia ja happipitoisuus oli alhainen. Hygieeninen laatu oli kuitenkin hyvä ja raskasmetallipitoisuudet alhaisia.

Saven alaisen pohjaveden laatua on tarkkailtu Maa ja Vesi Oy:n (1980) laatiman tarkkailuohjelman mukaisesti. Pohjavesinäytteitä on otettu neljä kertaa vuodessa, jolloin niistä on määritelty pohjavedenpinnan korkeus, lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, väriluku, kiintoainepitoisuus, sameus, alkaliteetti, hapen kyllästysaste, kemiallinen hapenkuutus, typpi- ja fosforyhdisteiden pitoisuudet, fenolipitoisuus ja bakteerien esiintyminen.

Kesällä otetuista näytteistä on määriteltä myös raskasmetallien, mineraaliöljyn ja syanidin pitoisuudet sekä orgaanisen hiilen kokonaismäärä ja absorboituvien orgaanisten halogeeniyhdisteiden (AOX) pitoisuus (Leminen et al. 1993).

Pohjaveden laatu alueella on pitkään pysynyt muuttumattomana ja on täyttänyt talousveden laatuvaatimukset (Leminen et al. 1993). Vesi on ollut hapetonta tai vähähappista, hygieeninen laatu on ollut hyvä, eikä näytteissä ole ollut mineraaliöljyä, PCB-yhdisteitä eikä kloorifenoleja. Raskasmetallipitoisuudet ovat olleet alhaisia. Vedessä on ollut rautaa ja mangaania, jotka ovat todennäköisesti peräisin maaperästä. Väri ja sameus eivät ole täyttäneet laatuvaatimuksia.

Vuodesta 1995 tarkkailua on suorittanut Helsingin kaupungin ympäristökeskus Suunnittelukeskus Oy:n laatiman ohjelman mukaisesti. Kaatopaikan eteläpuolella pohjavedessä on kokonaistypen pitoisuus kasvanut 1990-luvun loppupuolella. Syytä muutokseen ei tiedetä, mutta oletettavasti typen lähde on entinen kaatopaikka.

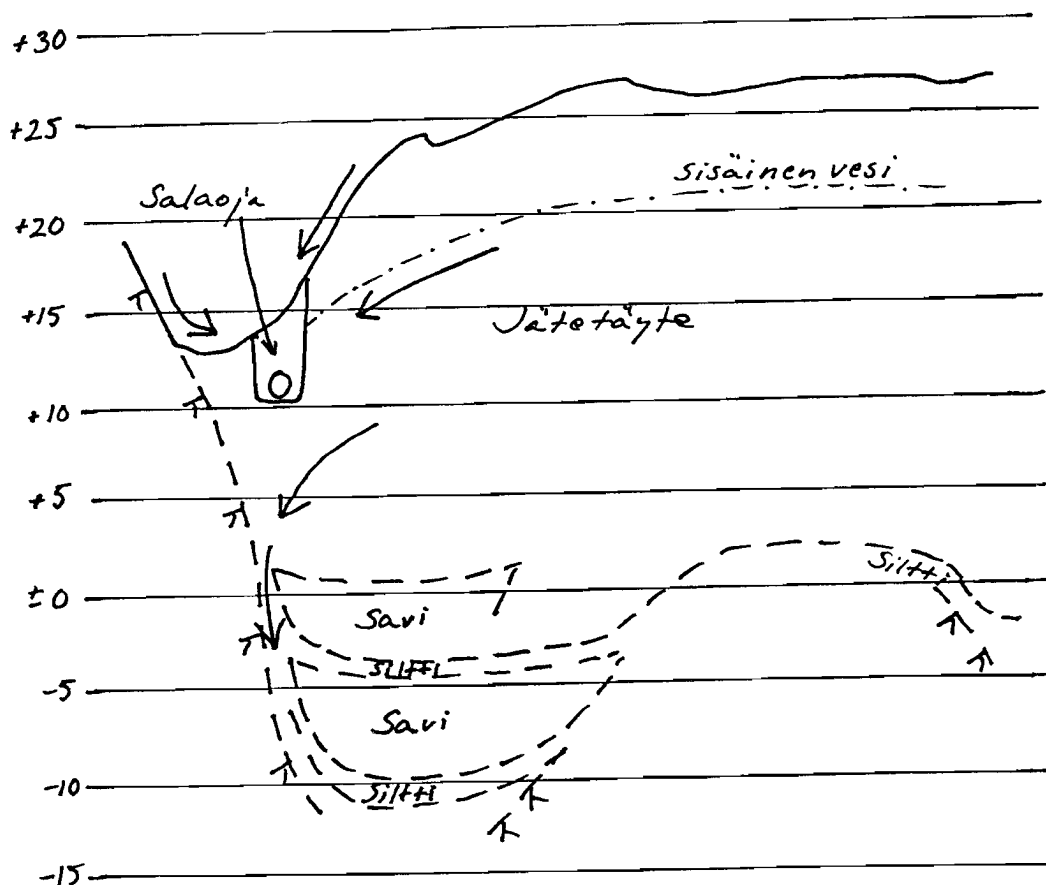
Virtauskuva

Kaatopaikka-alueella vesiolosuhteet ovat verrattain monimutkaiset johtuen topografiasta, jätemassan sisältämän veden epämääräisyydestä, kuivatusjärjestelmän osin tunte mattomista vaikutuksista sekä maalajien ja kallioperän vedenjohtavuuksien eroavuuksista.

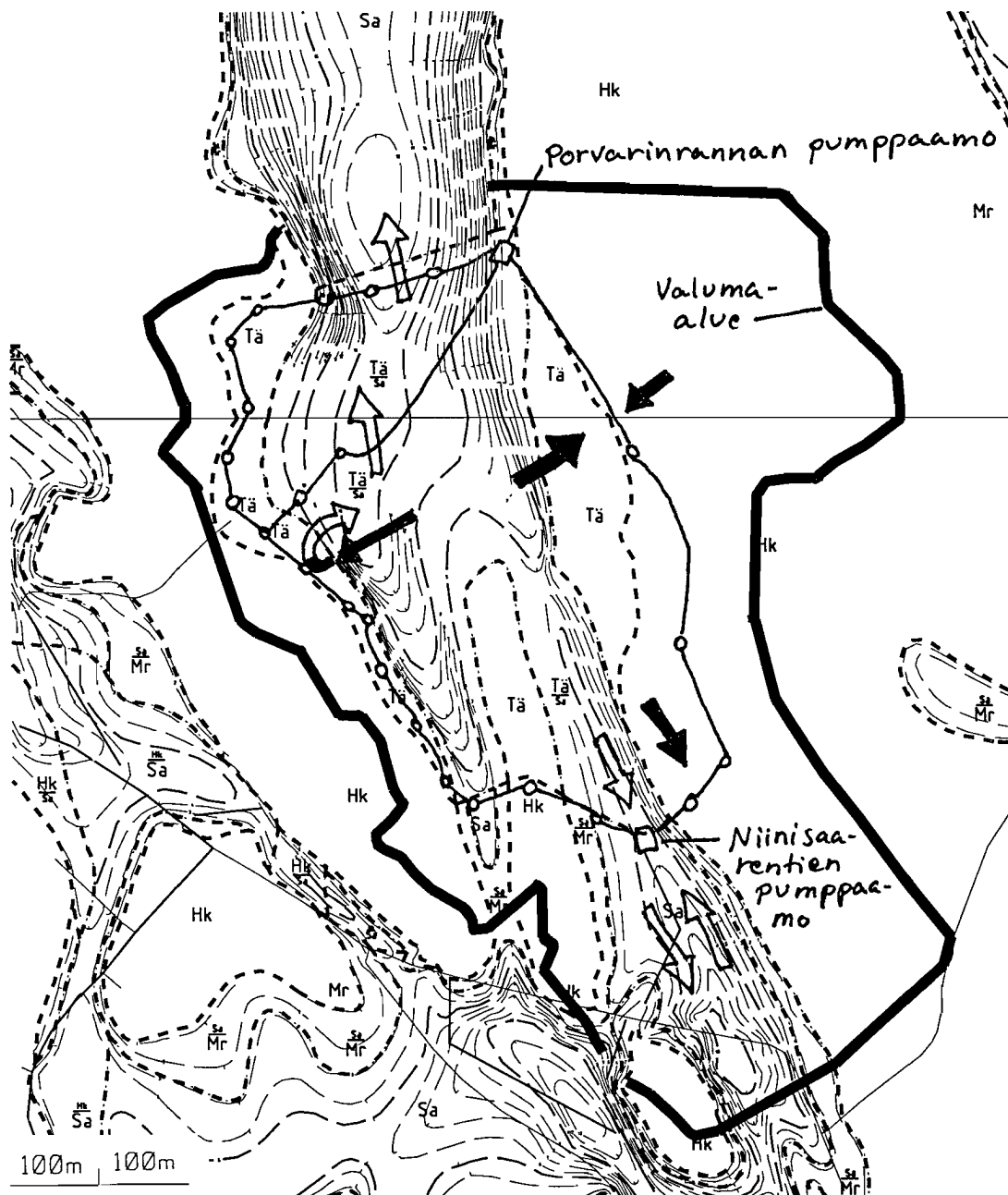
Nykyisten tietojen perusteella voidaan virtausolosuhteista arvioida, että suotovesiä pääsee osaksi virtaamaan rakennetun kuivatusjärjestelmän alitse etelään. Pohjoissuunnassa vastaavaa ei ole havaittu, mutta sitäkin vaihtoehtoa ei voi poissulkea. Kaatopaikan eteläpuolella saven alaisesta hiekkakerroksesta havaitut pohjaveden pietsometriset tasot vaihtelivat ja olivat märkänä aikana likimain tasossa noin +1, mikä viittaa siihen, että savikerroksen päällä oleva, nollatason alapuolelle ulottuva salaojitus ei kykene katkaisemaan syvemmällä tapahtuvaa virtausta. Saven alaisella hiekkakerroksella on todennäköisesti parempi hydraulinen yhteys kaatopaikan alaisiin pohjavesiin kuin moreenikerroksen alaisella hiekkakerroksella päätellen ylemmän hiekkakerroksen suuremmasta

hydraulisesta korkeudesta. Tyypipitoisuudet eteläpuolisissa savenalaisissa pohjavesissä ovat kohonneet, mikä viittaa siihen, että kaatopaikan alla paineelliseen pohjaveteen on sekoittunut kaatopaikan sisäistä vettä. Ylemmän hiekkakerroksen paremman hydraulisen yhteyden puolesta puhuu myös se, että tyypipitoisuudet ovat siinä suuremmat kuin moreenin alla.

Kaatopaikan sisäinen vesi saattaa päästä savenalaiseen hiekkakerrokseen länsilaidalta, jossa savikerros ei ulotu kallionpintaan asti, vaan välissä on kitkamaakerros (kuva 7.17). Kuvalla 7.18 on pyritty havainnollistamaan sisäisen veden purkautumisreittejä kaatopaikalta ympäristöön. Kuvassa esitetyn tapauksen lisäksi suotovesiä saattaa joutua alempaan pohjaveteen myös eteläpuolelle salaojan eteen jätepenkereen puolelle rakennetun louhepenkereen kautta.



Kuva 7.17. Leikkaus laaksopainanteen länsireunalta



Kuva 7.18. Kaatopaikan sisäisen veden mahdolliset purkautumisreitit ympäristöön. Avoin nuoli kuvaa saven alaisen pohjaveden virtaussuuntaa, musta nuoli sisäisen veden virtaussuuntaa ja ohut nuoli avo-ojassa virtaavan pintaveden virtaussuuntaa

Koska ruhjeisella kallioperällä on todettu olevan parempi vedenjohtavuus kuin moreenilla, on mahdollista, että ruhjetta pitkin pohjavettä virtaa kuvassa esitetyn alueen ulkopuolelle poiketen tässä arvellaista suunnista.

Jatkotoimenpiteet

Kun suunnitellaan ympäristön kuormituksen vähentämistä, mahdollista suotovesien puhdistuksen lopettamista ja alueen käyttötarkoituksen muuttamista, tarvittaisiin yksityiskohtaisempi käsitys virtausolosuhteista. Tällöin korostuvat sekä pintavesien virtaamien mittaamisen että edustavan pohjavedenpinnan havaintoverkoston tarpeellisuus. Kallioperän vedenläpäisevyyttä ja sinä virtaavan veden suuntia tulisi myös tutkia tarkemmin.

8. YHTEENVETO

Helsingin maa- ja kallioperästä on olemassa laaja aineisto. Ensimmäinen kartoitus on tehty jo 1800-luvulla. Kaupungin kasvaessa nopeasti toisen maailman sodan jälkeen, alettiin tehdä myös maaperätutkimuksia järjestelmällisesti. Helsingin alueella tutkimuksia ovat tehneet sekä Geologian tutkimuskeskus että Helsingin kaupungin geotekninen osasto ja niiden edeltäjät. Tietotekniikan kehittyessä on geoteknisellä osastolla koottu kairaus- ym. tiedot monipuoliseksi ATK-pohjaiseksi tietokannaksi.

Helsingin alueen geologia on monimuotoista. Kallioperä koostuu pääosin kiteisistä metamorfisista kivistä, jotka ovat muodostuneet proterotsooisella ajalla. Kallion topografia on hyvin pienimuotoista. Laaksopainanteet ovat maaperäkerrosten peitossa, joissa suurimmassa osassa on päällimmäisenä kerroksena savi. Savipeitteisiä alueita Helsingissä on 35% pinta-alasta. Kalliokohoumat sensijaan ovat Itämeren vaiheiden aallokon huuhtomia ja usein luonnontilaisesti paljaita. Kalliorinteillä ja laaksoissa alimmaisena sedimenttikerroksena on moreenia. Glasifluviaalisia muodostumia on vähän ja suurin osa on tasoittunut jääkauden jälkeisissä aallokoissa. Ainoa hyvin säilynyt harju on Kallahden niemellä ja se jatkuu merenpinnan alla. Pieni harju on myös Laajasalossa Tahvonlahdenniemellä. Muualla harjut ovat tasoittuneet ja peittyneet rantakerrostumien alle. Deltapintoja Helsingissä on havaittavissa mm. Vuosaarella ja Santahaminassa.

Kaupunkia rakennettaessa on luonnontilainen maasto muuttunut. Maata on kaivettu, siirretty ja läjitetty. Tässä tutkimuksessa on geologisten muodostumien ja kerrostumien lisäksi käsitelty hydrogeologian kannalta tärkeät ihmisen rakentamat muodot eli tekomuodostumat. Näitä ovat erilaiset täyttömäet, yhdyskuntajätteen kaatopaikat, vesistötäytöt ja ohuet täytöt savialueilla. Ihminen on rakentanut tekomuodostumien lisäksi myös päällystyksiä ja sadevesiviemäreitä, jotka vaikuttavat pohjavéden virtauskuvaan.

Antoisimmat pohjavesialueet liittyvät sora- ja hiekkamuodostumiin. Kuusi Helsingin pohjavesialuetta on luokiteltu Uudenmaan ympäristökeskuksen tekemässä kartoituksessa. Viisi kuudesta on luokkaa I, ja neljä näistä liittyy sora- ja hiekka-alueisiin. Kuudes

pohjavesialue Kallahden harjulla on III-luokkaa eli se saattaa sisältää hyödyntämiskelpoista vettä, mutta on vedenottomahdollisuuksiltaan vielä tutkimaton.

Savenalaiset ja kalliopohjavedet ovat vähemmän tutkittuja, mutta saattavat sisältää huomattavia määriä käyttökelpoista vettä. Kalliopohjavesistä on tehty havaintoja tunnelirakentamisen yhteydessä, tosin silloin ei paneuduta tarkemmin tutkimaan kallion hydrogeologiaa, vaan vuodot pyritään tukkimaan heti, jolloin havainnot kalliopohjaveden laajuudesta ja käyttäytymisestä jäävät usein puutteellisiksi.

Helsingissä ei käytetä pohjavettä normaaliajan vesihuollossa, mutta kriisiaikojen vesihuoltosuunnitelmaan on merkitty Uudenmaan ympäristökeskuksen luokituksessa esiintyvät I-luokan pohjavesialueet. Pohjavesialueiden yhteisäntöisyys on kuitenkin vähäinen vedentarpeeseen nähden ja siksi myös kriisiaikojen vedentuotanto on pyritty turvaamaan muilla keinoin.

Suurimpia pohjavettä likaavia tekijöitä Helsingin alueella rakentamisen lisäksi ovat vanhat teollisuusalueet, huoltoasemat ja täyttöalueet sekä kaasulaitokset ja puhdistamot. Vesilaissa on kielletty pohjaveden muuttaminen ja pilaaminen. Kieltoa on noudatettava kaikkialla. Käytännössä suojelussa on keskitytty tärkeisiin pohjavesialueisiin. Pohjavesialueille voidaan määrittää suojavyöhykkeitä, jotka turvaavat vedenottamolta pumpattavan veden laadun. Helsingin pohjavesialueille ei ole haettu vesioikeuden vahvistamia suoja-aluepäätöksiä. Pohjavesialueiden suojelu on toteutettu toistaiseksi esim. Vuosaaren pohjavesialueella rakentajille annettavilla ohjeilla ja rajoituksilla. Vuonna 1997 perustettiin Helsingin kaupungin laitosten ja virastojen sekä Uudenmaan ympäristökeskuksen edustajista pohjavesityöryhmä, jonka yhtenä tehtävänä on laatia Helsingin pohjavesialueille suojelusuunnitelmat.

Rakentamiseen pohjavesi vaikuttaa paitsi suojeluun liittyvien rajoitusten kautta myös vaikeuttamalla rakentamista. Usein pohjavettä joudutaan alentamaan työnaikaisesti pumppaamalla ja pohjavedenpinnan alaiset tilat on tiivistettävä. Pohjavedenpinnan alentaminen vaikka vain työainaisesti saattaa varsinkin savipeitteisillä alueilla aiheuttaa

maanpinnan painumista johtuen saven konsolidaatiosta ja paineen hellittämisestä alemmissa kerroksissa.

Tämän tutkielman tarkoitus on tarjota pohjamateriaalia mahdollisia tulevia yksityiskohdaisempia tutkimuksia ajatellen. Siksi työssä on käsitelty ajankohtaisia esimerkkikohteita, joilla on käynnissä tai joille tulevaisuudessa kohdistuu eri tarkoituksiin liittyviä tutkimuksia.

Vuosaaren pohjavesialue on tärkeä I-luokan pohjavesialue, joka on myös Helsingin kriisiaikojen vedenoton lähde. Alueelle on määritetty suojavyöhykkeet, joille ei kuitenkaan ole haettu vesioikeuden vahvistusta. Vuosaaren pohjavesialueelle ei myöskään ole vielä laadittu suojelusuunnitelmaa, mutta se kuuluu perustetun pohjavesityöryhmän tehtäviin. Suojelusuunnitelma on alueella tarpeen, sillä se on tiiviin rakentamisen kohde, mikä osaltaan aiheuttaa mahdollisen uhan pohjavedelle. Tulevaisuudessa on tarpeen löytää tasapaino rakentamisen ja pohjaveden suojelun välille. Tässä työssä on arvioitu pohjaveden virtaussuuntia sekä muodostumisalueen laajuutta hieman aiemmista arvioista poiketen. Muodostumisalueen on arvioitu ulottuvan kauemmas pohjoiseen ja länteen.

Tattariharjun ja Tattarisuon aluekompleksi on myös ajankohtainen. Tattarisuon painuminen on todettavasti hidastunut, mutta saattaisi käynnistyä jälleen pohjavedenpinnan aletessa. Tämä kysymys tulee vastaan kun määritetään sopivaa vedenottomäärää Tattarisuon ottamolle. Tässä tutkielmassa on hahmoteltu alueen virtaussuuntia ja arvioitu, että normaalitapauksessa vedenottamolle päin virtaa pohjoisesta vettä pitkin harjun vettäläpäiseviä kerroksia. Osa Tattariharjulla syntyvästä pohjavedestä virtaa Tattarisuon alle paineelliseksi pohjavedeksi. Tämä virtaus loppuisi ja pahimmassa tapauksessa kääntyisi päinvastaiseksi, jos vedenottamolta pumpattaisiin maksimimäärä vettä. Tällöin ongelma ei keskittyisi ainoastaan Tattarisuon painumiseen, vaan myös Tattarisuon alta tulevan veden mahdollisesti huonoon laatuun. Vedenottamolta otettiin sen käyttöaikana keskimäärin saman verran vettä kuin lähteestä purkautuu, mikä onkin vedenottamon turvallinen jatkuva antoisuus. Näin ollen lyhytaikaisin koepumppauksin määritetty antoisuus saattaa antaa virheellisen kuvan. Alueen virtausmallien määrittämiseen olisi numeeriset

pohjaveden mallinnusmenetelmät käyttökelpoisia. Tattariharjun pohjoisosa, Alppikylä on kaavoitettu ja sen vaikutukset pohjaveteen ja rakentamiselle asetettavat rajoitukset ovat ajankohtaisia kysymyksiä.

Vuosaaren entinen kaatopaikka on akuutti alue ympäristönsuojelun kannalta. Kaatopaikka on lähellä pohjoisessa sijaitsevaa Porvarinlahden rantaa ja toisaalta Vuosaaren kriisiaikojen pohjavesialuetta. Kaatopaikan pohjaa ei ole tiivistetty, vaan se sijaitsee luonnostaan tiiviin savikerroksen päälle. Aiemmin sisäiset vedet keräiltiin avo-ojiin, mutta myöhemmin alueelle on rakennettu salaojitukseen perustuva kuivatusjärjestelmä ja jätemassa on päällystetty savikerroksella, mikä vähentää suotautuvan veden määrää. Kuivatusjärjestelmä ei ilmeisesti kerää kuitenkaan kaikkea sisäistä vettä, sillä kaatopaikan eteläpuolella saven alaisessa pohjavedessä on havaittu kohonneita typpipitoisuuksia. Kaatopaikan pohjoispuolella ei ole todettu pohjaveden likaantumista, mutta myös sen mahdollisuuden tarkempi tutkiminen olisi tarpeen. Tässä työssä on arvioitu sisäisen veden mahdollisia kulkeutumisreittejä. Jos sisäinen vesi pääsee kaatopaikan länsireunalla silttistä kerrosta pitkin läpäisemättömän savikerroksen alle ja edelleen etelään salaojituksen alitse, lienee mahdollista, että likaantunut pohjavesi voi kulkeutua myös kallio-painanteessa pohjoiseen tai ruhjetta pitkin yllättäviinkin suuntiin. Tämän selvittämiseksi olisi pohjaveden kuten myös pintavesien virtaussuunnat määriteltävä tarkemmin.

VIITELUETTELO

Anttikoski, U., 1974. Maanalaisen rakentamisen vaikutus pohjaveteen kaupunkialueella. Vesitalous 1/1974. 7 s.

Anttikoski, U. ja Volanen, N., 1973. Geoteknilliset kartat ja niiden käyttäminen. Helsingin kaupungin geoteknillisen toimiston tiedote nro 1, Helsinki. 19 s.

Anttikoski, U. ja Raudasmaa, P., 1982. Geotekniset olosuhteet metrolinjalla. Rakennustekniikka 5/82. 7 s.

Anttikoski, U. ja Vähäaho, I., 1991. Helsingin ranta-alueiden käyttö asuntojen rakentamiseen geotekniikan kannalta. Rakennusvalvonta 4/91.

Ettala, M., 1996. Kaatopaikan pohjalla vallitsevat olosuhteet. Vesitalous 2/96. 3s.

Gardemaister, R., 1973. Hienorakeisten maalajien geologisia ja geoteknisiä tutkimustuloksia. VTT, geotekniikan laboratorio, tiedonanto 8. 113 s.

Geotekninen osasto, 1978. Kallioperäkartta. Helsingin geotekniset kartat 1:10 000.

Geotekninen osasto, 1989. Geotekninen kartta, Helsinki 1:10 000.

Haavisto, M. ja Kukkonen, E., 1975. Maaperäkartan selitykset, lehti 2034, Helsinki. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Geologinen tutkimuslaitos. 20 s.

Haavisto, M., Kukkonen, E. ja Winterhalter, B., 1973. Maaperäkartta, lehti 2034, Helsinki. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Geologian tutkimuskeskus.

Hartikainen, J. ja Saraste, A., 1978. Kluuvin ruhjeen geologia, geotekniset selvitykset ja tarkkailumittaukset. Rakennustekniikka 4/78. 4 s.

Helsingin kaupungin tietokeskus, 1998. Helsingin ympäristötilasto. Helsingin kaupungin tietokeskuksen tilastoja 1998:1.

Helsingin kaupunginkanslia, 1991. Suunnittelu- ja rakentamisohjeet Vuosaaren pohjavesialueen Kallahden osa-alueella. Vuosaari-toimiston julkaisematon ohje.

Helsingin kaupunki, tekninen lautakunta, 1997. Selvitys Helsingin pohjavesivarojen valvonnasta ja käytöstä kriisitilanteissa. Esityslista kaupunginhallitukselle. 4 s.

Huhtanen, J., 1994. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös talousveden laatuvaatimuksesta ja valvontatutkimuksista. ETA-sopimuksen liite XX: neuvoston direktiivi (80/778/ETY).

Hyypä, E., 1948. Maaperäkartta, Helsingin ympäristö, 1:50 000. Geologinen tutkimuslaitos.

Hyypä, E., 1950. Helsingin ympäristö, maaperäkartan selitys. Geologinen tutkimuslaitos. 53 s.

Hyypä, E., 1960. Helsingin seudun geologiaa. Eripainos Helsingin kaupungin julkaisusta no 9, Helsingin yleiskaavaehdotus. Geologinen tutkimuslaitos. 7 s.

Härme, M., 1969. Kallioperäkartta, lehti 2043, Kerava. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Geologinen tutkimuslaitos.

Härme, M., 1978a. Kallioperäkartan selitykset, lehti 2043, Kerava. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Geologinen tutkimuslaitos. 51 s.

Härme, M., 1978b. Kivilajikartta, lehti C1-D1, Helsinki. Suomen geologinen yleiskartta, 1:400 000. Geologinen tutkimuslaitos.

Härme, M., 1980. Kivilajikartan selitys, lehti C1-D1, Helsinki. Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000. Geologinen tutkimuslaitos. 95 s.

Johansson, I. (editor), 1984. Nordic Glossary of Hydrology. Almqvist & Wiksell International, Stocholm, Sweden. 224 s.

Kakkuri, J., 1990. Fennoskandian maankohoaminen. S. 35-36 teoksessa Alalammi, P. (toimittaja) Suomen kartasto, vihko 123-126, Geologia. Maanmittaushallitus / Suomen maantieteellinen seura.

Karivalo, L., 1976. Helsingin rantaviivan muuttuminen. Terra 88 3/76. 12 s.

Komsi, J., 1988. Maalta tulevien puhtaiden ylijäämämassojen läjittäminen mereen ruoppausmassojen läjityspaikkoihin. Helsingin kaupunki, satamalaitos. Julkaisematon kirjelmä. 15 s.

Lahermo, P., Ilmasti, M., Juntunen, R. ja Taka, M., 1990. Suomen Geokemian atlas osa 1, Suomen pohjavesien hydrogeokemiallinen kartoitus. Geologian tutkimuskeskus. 66s.

Laitakari, I. ja Saltikoff, B., 1994. Helsingin seudun kallioperä ja vanhat kaivokset, 1:50 000. Geologian tutkimuskeskus.

Laitala, M., 1967. Kallioperäkartta, lehti 2034, Helsinki. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Geologian tutkimuskeskus.

Laitala, M., 1991. Helsingin kartta-alueen kallioperä, kallioperäkarttojen selitykset, lehti 2034, Helsinki. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Geologian tutkimuskeskus. 47 s.

Latvala, A., 1990. Vuosaaren kaatopaikka, kuivatussuunnitelma. Helsingin kaupungin geoteknisen osaston julkaisematon raportti 4126. HKR/ Katuosasto. 3 s. + liitteet.

Leminen, K., Arovaara, H. ja Forss, P., 1993. Helsingin jätteenkäsittelyalueet. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 11/93. 45 s. + liitteet.

Leminen, K., Pitkänen, E., Puntti, E. ja Forss, P., 1993. Maaperähygieniset tutkimukset Helsingissä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 5/1993. 126 s. + liitteet.

Lemmelä, R., 1990. Water balance of sandy aquifer at Hyrylä in southern Finland. Turun yliopiston julkaisuja, sarja-ser. A, II. Biologica-Geographica-Geologica, 73. Turku. 105 s. + 6 liitettä.

Lindberg, C. ja Rein, G., 1950. Asemakaavoittelu ja rakennustoiminta. S. 9-155 teoksessa Helsingin kaupungin historia, osa III, ensimmäinen nide. Helsinki. 573 s.

Maa ja Vesi Oy, 1979. Vuosaaren pohjavedenottamoiden Hautala ja Huvilamäki suojaaminen kaavoituksen yhteydessä. Julkaisematon raportti F20319. Helsingin kaupunki, kaupunkisuunnitteluvirasto. 9 s. + liitteet.

Maa ja Vesi Oy, 1980. Vuosaaren kaatopaikan valuma- ja suotovesien johtaminen ja käsittely sekä pinta- ja pohjavesien tarkkailuohjelma. Julkaisematon raportti F20329. Helsingin kaupungin kaupunginsuunnitteluvirasto. 19 s. + liitteet.

Maa ja Vesi Oy, 1982. Vuosaaren, Vartiokylänlahden ja Tattarisuon pohjavesiesiintymien tutkiminen. Julkaisematon raportti F20670. Helsingin kaupunki, vesilaitos. 6 s. + liitteet.

Melander, K., 1993. Vuosaaren kaatopaikka ja sen itäpuolinen täyttöalue, 1. Vaiheen selvitys pumpattavista vesimääristä. Geoteknisen osaston julkaisematon raportti 4125. Helsingin kaupungin rakennusvirasto. 4 s.

Moberg, K. A., 1881. Kertomus karttalehteen N:o 3, Helsinki. Geologinen komissioni. 59 s. + liitteet + 1 karttalehti (1:200 000).

Mäkinen, R., 1974. Täyttömäkien rakentaminen kaupunkialueella. Geoteknillisen toimiston tiedote 4, Helsinki. 219 s.

Mälkki, E., 1986. Pohjavesi. S. 101- 151 teoksessa: Mustonen, S. (toimittaja) Sovellettu hydrologia, Vesiyhdistys r.y. 503 s.

Pöllä, J. ja Ritola, J., 1989. Suuret kalliotilat. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskuksen tiedotteita 1000, Espoo. 58 s.

Rantataro, J., 1992. Pääkaupunkiseudun vedenalaiset maa-ainesvarat. Helsingin seutukaavaliiton julkaisuja C31, Helsinki. 84 s. + liitteet.

Raudasmaa, P., 1988. Tattarisuon teollisuusalue, pohjaveden hallintasuunnitelma. Geoteknisen osaston julkaisematon raportti 3904. Helsingin kaupungin vesi- ja viemärilaitos. 9 s + liitteet.

Suomela, T., 1994. Pohjavesialueisiin kohdistuvat riskit ja niiden ennakoiminen. Vesitalous 4/1995. S. 7-10.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry., 1987. Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen. Kairausopas IV. Helsinki. 56 s.

Swedish centre of Technical Terminology, 1975. Geoteknisk ordlista, Glossary of Geotechnics. Stockholm. 176 s.

Tikkanen, H., 1978. Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa. Geoteknillisen toimiston tiedote 10. Helsinki. 15 s.

Uudenmaan ympäristökeskus, 1996. Helsingin pohjavesialueiden kuntakansio. 12 s. + 14 liitettä.

Virkkala, K., 1956. Maaperäkartta, lehti 2043, Kerava. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Geologinen tutkimuslaitos.

Virkkala, K., 1959. Maaperäkartan selitys, lehti 2043, Kerava. Suomen geologinen kartta 1:100 000. Geologinen tutkimuslaitos. 99 s.

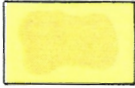
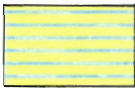
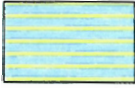
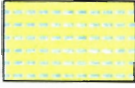
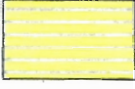
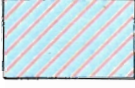
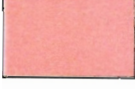
Vähäaho, I., 1996. Geoteknisistä kartoista kolmiulotteisiin malleihin. Geotekninen osasto, Helsinki. Nordiskt geoteknikermöte 1996, Reykjavik.

Äikäs, T., 1987. Tutkimusmenetelmät. S. 150-173 teoksessa Saarnio, V. (toimittaja) Tunneli- ja kalliorakennus I. Suomen rakennusinsinöörien liitto. 363 s.

LIITELUETTELO

- LIITE 1: Geoteknisen kartan selitykset
- LIITE 2: Vuosaaren pohjavesialueen (Hautalan vedenottamon) pohjaveden laaduntarkkailun tulokset vuosilta 1993-1997
- LIITE 3: Tattarisuon (Tattariharjun) pohjavesialueen pohjaveden laaduntarkkailun tulokset vuosilta 1993-1997
- LIITE 4: Vuosaaren pohjavesialuetta koskevia aiemmin tehtyjä tutkimuksia
- LIITE 5: Tattarisuon ja Tattariharjun aluetta koskevia aiemmin tehtyjä tutkimuksia
- LIITE 6: Vuosaaren kaatopaikkaa koskevia aiemmin tehtyjä tutkimuksia

MAALAJIALUEET KARTALLA
JORDARTSOMRÅDEN PÅ KARTAN
SOIL AREAS ON THE MAP

1		kallioinen alue (avokallio) bergigt område (öppet berg) rocky area (exposed bedrock)	maakerroksen paksuus 0-1 m jordskiktets tjocklek 0-1 m thickness of soil layer 0-1 m
2		kitkamaa-alue friktionsjordområde non-cohesive soil area	maakerroksen paksuus yli 1 m jordskiktets tjocklek över 1 m thickness of soil layer over 1 m
3		savialue lerområde clay area	savikerroksen paksuus 1-3 m lerskiktets tjocklek 1-3 m thickness of clay layer 1-3 m
4		savialue lerområde clay area	savikerroksen paksuus yli 3 m lerskiktets tjocklek över 3 m thickness of clay layer over 3 m
5		saven lievealue lerrandområde boundary zone of clay area	saven päällä olevan hiekkakerroksen paksuus 1-3 m tjockleken hos sandskiktet ovanpå leran 1-3 m thickness of sand layer overlying clay 1-3 m
6		saven lievealue lerrandområde boundary zone of clay area	saven päällä olevan hiekkakerroksen paksuus yli 3 m tjockleken hos sandskiktet ovanpå leran över 3 m thickness of sand layer overlying clay over 3 m
7		turvealue torvområde peat area	hiekan päällä olevan turvekerroksen paksuus 1-3 m tjockleken hos torvskiktet ovanpå sanden 1-3 m thickness of peat layer overlying sand 1-3 m
8		turvealue torvområde peat area	turvekerroksen paksuus yli 3 m (alla yleensä savikerros) torvskiktets tjocklek över 3 m (undertill vanligen ett lerskikt) thickness of peat layer over 3 m (usually with underlying clay layer)
9		turvealue torvområde peat area	saven päällä olevan turvekerroksen paksuus 1-3 m tjockleken hos torvskiktet ovanpå leran 1-3 m thickness of peat layer overlying clay 1-3 m
10		täytealue fyllnadsområde artificial fill area	saven päällä olevan täytekerroksen paksuus 1-3 m tjockleken hos fyllnadsskiktet ovanpå leran 1-3 m thickness of artificial fill layer overlying clay 1-3 m
11		täytealue fyllnadsområde artificial fill area	saven päällä olevan täytekerroksen paksuus yli 3 m tjockleken hos fyllnadsskiktet ovanpå leran över 3 m thickness of artificial fill layer overlying clay more than 3 m
12		täytealue fyllnadsområde artificial fill area	täytteen paksuus yli 3 m, alla kitkamaakerros fyllnadens tjocklek över 3 m, undertill finns ett friktionsjordskikt thickness of artificial fill layer more than 3 m with underlying non-cohesive soil layer
13		täytealue fyllnadsområde artificial fill area	hiekan päällä olevan täytekerroksen paksuus 1-3 m tjockleken hos fyllnadsskiktet ovanpå sanden 1-3 m thickness of artificial fill layer overlying sand 1-3 m

HELSINGIN VESI		VUOSAAREN POHJAVEDEN LAADUNTARKKAILU HAUTALAN VEDENOTTAMO TULOSRAPORTIT 1993-1997					
Näyttet mg/l ellei toisin mainita		11.5. 1993	17.5. 1994	9.5. 1995	7.5. 1996	(uusi putki) 1997	ka
Lämpötila	C	7,1	7,2	7	6	8,6	7,18
Väri	Pt mg/l	8	30	5	7	5	11
Sameus	FTU	1,1	9,8	1,5	1,3	0,21	2,782
Sähkönjohtavuus	mS/m	26	27,8	28,2	33,2	36,4	30,32
pH	yksikköä	7	6,9	7,1	7	7,04	7,008
Alkaliteetti	mval/l	1,8	1,7	1,8	2	2	1,86
Kovuus	odH	5,6	5,7	6	7	8,65	6,59
Epäorg. hiili, TIC		16	14,4	15,6	21,6	17,6	17,04
Org. kok. hiili, TOC		1	0,9	1,8	1,4	1,5	1,32
Happi, O ₂		0,6	1,4	0		5,1	1,42
Hapen kyll. aste	%O ₂	4	12	0		43,7	11,94
Kloridit, Cl		7,5	14,5	12	26,4	22	16,48
Sulfaattiirikki, SO ₄ -S		9	8,4	9,7	15,7	37	15,96
Nitriittityppi NO ₂ -N		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	
Nitraattityppi NO ₃ -N		<0,2	0	0	<0,02	2,29	
Kokonaistyyppi, N		<0,2	0,14	0,01	0,1	2,07	
Alumiini, Al		<0,01	<0,01	1,15	<0,01	<0,02	
Kalsium, Ca		22,9	24,8	26,3	30,1	42,3	29,28
Magnesium, Mg		9	8,8	9,6	11,6	11,6	10,12
Kalium, K		4,9	5,4	4,5	5	5,5	5,06
Natrium, Na		10	11	10,4	14,6	13,7	11,94
Rauta, Fe		4,2	5,3	5	8	0,01	4,502
Magnaani, Mn		0,1	0,11	0,1	0,12	0,002	0,0864
Kupari, Cu		0,002	0,004	0,002	<0,002	1,001	
Sinkki, Zn		<0,01	<0,01	0,01	0,003	0,005	
Lyijy, Pb		<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	
Kromi, Cr		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Kadmium, Cd		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Kolimuotoiset bakteerit, TC		0	0	0	0	0	0
Fekaaliset kolim. bakt. FC	kpl/100ml	0	0	0	0	0	0
Kokonaispesäkeluku 20 C	kpl/ml	0	5	0	2	19	5,2
Kokonaispesäkeluku 35 C	kpl/ml	0	0	0	0	0	0
Haju 25 C, kynnysarvo		7	8	5	5	3	5,6
Maku 25 C, kynnysarvo		7	8	5	4	3	5,4
Haju 25 C, tyypit		Rauta, likavesi	Rauta, hapen, imelä	Rauta., kalkki	Savi-lieju	Makea ruoho, sammal	
Maku 25 C, tyypit		Ruoste, rauta	Vahvasti rautainen	Rauta, rikkim.	Karvas, savi	Pihkain. puu	

HELSINGIN VESI		TATTARISUON POHJAVEDEN LAADUNTARKKAILU TULOSRAPORTIT 1993-1997					
Näytteet mg/l ellei toisin mainita		11.5. 1993	9.5. 1994	7.5. 1995	7.5. 1996	13.5. 1997	ka
Lämpötila	C	5,4	4,8	5	4,8	6	5,2
Väri	Pt mg/l	0	3	2	17	5	5,4
Sameus	FTU	0,11	0,6	0,5	3,4	1,96	1,314
Sähkönjohtavuus	mS/m	51	58,1	56	58,1	47,8	54,2
pH	yksikköä	6	5,8	6	6,4	6,03	6,046
Alkaliteetti	mval/l	0,7	0,67	0,64	0,8	0,61	0,684
Kovuus	dH	5,3	5,3	4,7	6	5	4,334
Epäorg. hiili, TIC		14	14,6	13,5	10,5	15,7	13,66
Org. kok. hiili, TOC		2,4	2	2,3	1,9	2	2,12
Happi, O ₂		3,6	4,8	3,8		4,4	3,32
Hapen kyll. aste	%O ₂	28	37	30		35,5	26,1
Kloridit, Cl		100	109,7	98	115	109	106,34
Sulfaattirikki, SO ₄ -S		13,4	13	12,7	14,5	36	17,92
Nitriittityppi NO ₂ -N		<0,01	<0,01	<0,001	<0,01	<0,01	
Nitraattityppi NO ₃ -N		0,7	0,69	0,61	0,6	0,57	0,634
Kokonaistyyppi, N		0,7	0,83	0,56	0,58	0,55	0,644
Alumiini, Al		0,03	0,04	0,04	0,01	0,004	0,0248
Kalsium, Ca		25,6	27,2	23,2	32,7	25,7	26,88
Magnesium, Mg		6,5	6,4	5,6	6	6	6,1
Kalium, K		3,8	3,8	2,6	3,5	3,5	3,44
Natrium, Na		55	71	55,8	67,4	72,6	64,36
Rauta, Fe		0,24	0,04	0,05	1	0,14	0,294
Magnaani, Mn		0,004	0,005	0,009	0,035	0,007	
Kupari, Cu		0,001	0,007	0,001	0,001	0,001	
Sinkki, Zn		0,01	<0,01	<0,01	0,049	0,005	
Lyijy, Pb		<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	
Kromi, Cr		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Kadmium, Cd		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Kolimuotoiset bakteerit, TC	kpl/100 ml	0	0	0	0	14	2,8
Fekaaliset kolim. bakt. FC	kpl/100 ml	0	0	0	0	0	0
Kokonaispesäkeluku 20 C	kpl/ml	2	5	62	12	0	16,2
Kokonaispesäkeluku 35 C	kpl/ml	2	1	4	2	1	2
Haju 25 C, kynnsarvo		1	2	3	3	1	2
Maku 25 C, kynnsarvo		1	2	3	2	1	1,8
Haju 25 C, tyypit		Kalkki	Tunkkai- nen kuiva olki	Kalkki, rikkim	Tunkkai- nen, imelä	Makeahko ruoho	
Maku 25 C, tyypit		Hapahko, Makea	Karvas, hapahko	Imelä, kalkki	Hapahko, kalkkim.	Lievem., suolain.	

**VUOSAAREN POHJAVESIALUETTA KOSKEVIA AIEMMIN TEHTYJÄ
TUTKIMUKSIA****Helsingin kaupunki,**

geotekninen osasto GEO 4861/15.6.1995, Itämetro, plv 19200-19700
pohjavesiselvitys.
GEO 4997/30.1.1996, Vuosaaren metroasema, pohjaveden
hallintasuunnitelma.
GEO 5208/31.12.1996, Vuosaarentien ja Kallvikintien alueen
maaperän laatututkimus.

Maa ja Vesi Oy: D 651/28.2.1957, Pohjavesitutkimus toimihenkilöopistolla.
2260/21.3.1961, Pohjavesitutkimus.
2759/26.11.1963, Bastön alueen pohjavesitutkimus.
2987/23.3.1965, V. 1961 ja 1964 suunniteltujen
pohjavesikaivojen siirtämismahdollisuuksien tutkiminen.
F 20319/14.9.1975, Vuosaaren pohjavedenottamoiden Hautala ja
Huvilamäki suojaaminen kaavoituksen yhteydessä.
F 20478/29.8.1980, Vuosaaren pohjavesiesiintymän nykytilan
selvitys.
F 20549/6.1.1981, Hautalan vedenottamon käyttökelpoisuuden
selvitys.
F 20670/15.1.1982, Vuosaaren, Vartiokylänlahden ja
Tattarisuon pohjavesiesiintymien tutkiminen.

Vesi-Hydro Oy: 6477/1971, Vuosaaren pohjavesiottamoiden suojaaminen.

**TATTARIHARJUN JA TATTARISUON ALUETTA KOSKEVIA AIEMMIN
TEHTYJÄ TUTKIMUKSIA****Helsingin kaupunki,**

geotekninen osasto: 3238/20.6/1985, Tattarisuon teollisuusalue, selvitys ylemmän pohjaveden pinnan tasosta.

3829/29.1.1988, Tattarisuon alue, selvitys pohjaveden pinnan tasosta.

3904/25.10.1988, Tattarisuon teollisuusalue, pohjaveden hallintasuunnitelma.

3904/12.2.1994, Tattarisuon teollisuusalue, pohjavesitarkkailu 1993.

Maa ja Vesi Oy: F 20670/15.1.1982, Vuosaaren, Vartiokylänlahden ja Tattarisuon pohjavesiesiintymien tutkiminen.

VUOSAAREN KAATOPAIKKAA KOSKEVIA AIEMMIN TEHTYJÄ TUTKIMUKSIA

**Helsingin kaupunki,
geotekninen osasto:**

4126/20.3.1990, Vuosaaren kaatopaikka, kuivatussuunnitelma.

C4125/30.5.1990, Vuosaaren kaatopaikan itäpuolinen täyttöalue.

Pohjarakennus- ja täyttösuunnitelma.

3822/2.9.1991, Vuosaaren kaatopaikan itäpuolinen täyttöalue.

Rikinpoistotuotteen sijoittaminen. Pohjarakennussuunnitelma_

GEO 4618/8.8.1994, Vuosaaren kaatopaikka ja täyttöalue.

Pohjaveden tarkkailuputket.

4731/20.1.1994, Vuosaaren kaatopaikka ja maanlajitysalue.

Suotovesien määrän vähentäminen.

5188/27.9.1996, Vuosaaren täyttömäki, laajennus,
pohjarakenneselvitys.

**Helsingin kaupunki,
vesi- ja viemärilaitos/**

käyttöosasto: 1992, Vuosaaren kaatopaikka-alueen pinta- ja pohjavesien
laaduntarkkailu vuonna 1991.

**Helsingin kaupunki,
ympäristökeskus/**

vesistötutkimus: 6.2.1997, Vuosaaren kaatopaikka-alueen pinta- ja pohjavesien
tarkkailu vuonna 1997.
17.2.1997, Vuosaaren kaatopaikka-alueen suoto-, pinta- ja
pohjavesien tarkkailu vuosina 1995-1996.

Maa ja Vesi Oy:

F 20329/10.8.1979, Vuosaaren kaatopaikan valuma- ja suotovesien johtaminen ja käsittely, pinta- ja pohjavesien tarkkailuohjelma.

F 20422/30.1.1980, Vuosaaren kaatopaikka-alueen pohjavesien nykytilantutkimus.

F 20329/15.2.1980, Vuosaaren kaatopaikan valuma- ja suotovesien johtaminen ja käsittely sekä pinta- ja pohjavesien tarkkailuohjelma.

Julkaisija HELSINGIN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖVIRASTO GEOTEKNINEN OSASTO MALMIN ASEMATIE 3 A 00700 HELSINKI PUHELIN (09) 1691, FAX (09) 169 4555 http://www.kv.hel.fi/geo	Julkaisusarja, numero ja julkaisu-aika Geoteknisen osaston tiedotteet 78/1998 Toukokuu 1998 Projektinnumero(t) 6159
Tekijä(t) Terhi Svanström Pekka Raudasmaa	Julkaisija HELSINGIN KAUPUNKI KIIINTEISTÖVIRASTO GEOTEKNINEN OSASTO
Nimike POHJAVESI HELSINGIN KAUPUNKIYMPÄRISTÖSSÄ: Esiintyminen, käyttö, suoje-lu ja vaikutus ra- kentamiseen	
Tiivistelmä Tämä tutkielma on tehty Helsingin kaupungin kiinteistöviraston geoteknisellä osastolla tavoitteena luoda yleiskuva Helsingin alueen pohja- ja pohjavesiolosuhteista ja koota yhteen aiempi tutkimusmateriaali. Tar- kemmin työssä on lisäksi keskitytty ajankohtaisiin esimerkkikohteisiin. joita ovat Vuosaaren pohjavesialue, Vuosaaren entinen yhdyskuntajätteen kaatopaikka sekä Tattarisuon ja Tattariharjun alue. Pohjavettä esiintyy Helsingissä toisaalta luonnonmuodostumissa eli maaperässä ja kalliossa sekä toisaalta tekemuodostumissa kuten erilaisissa täytöissä. Tässä tutkielmassa pohjavedet on jaettu kuuteen ryhmään esiintymisympäristöjensä perusteella. Ryhmiä ovat savenalaiset pohjavedet, sora- ja hiekka-alueiden pohja- vedet, moreenialueiden pohjavedet, orsivedet, kalliopohjavedet ja kaatopaikkojen sisäiset vedet. Pohjavettä ei käytetä Helsingissä normaaliajan vesihuollossa, vaan suurin osa talouksista saa vetensä vesi- johtoverkon kautta Päijänteestä. Kriisiaikoina pohjavesiä on kuitenkin varauduttu käyttämään. Vesilain si- sältämien pohjaveden pilaamis- ja muuttamiskieltojen velvoittama suoje-lu onkin Helsingissä keskittynyt tärkeille eli kriisiaikojen pohjavesialueille. Pohjaveden suoje-lu aiheuttaa rajoituksia rakentamiselle tärkeillä pohjavesialueilla. Pohjavesi myös vaikeuttaa rakentamista aiheuttaen tiettyjen työnaikaisten toimenpiteiden tarpeen. Vuosaaren pohjavesialue on yksi Helsingin tärkeistä pohjavesialueista, jolla toisaalta on käynnissä intensii- vinen rakentaminen. Tässä tutkielmassa on uudistettu arvioita pohjaveden muodostumisalueen ulottuvuuk- sista ja virtaussuunnista. Muodostumisalueen on arvioitu ulottuvan kauemmaksi pohjoiseen ja länteen, kuin mitä aiemmin on esitetty. Tattarisuon ja Tattariharjun alueella kriisiaikojen pohjavesialueen pohjavedet ovat yhteydessä suon päälle perustetun teollisuusalueen pohja- ja orsivesien kanssa. Suurin osa Tattariharjulla muodostuvasta pohjave- destä virtaa todennäköisesti Tattarisuon alle paineelliseksi pohjavedeksi. Jos pohjavedenottamolta otetaan liikaa vettä, Tattarisuolla voi tapahtua painumista ja toisaalta otettava vesi voi olla likaantunutta. Vuosaaren entinen kaatopaikka on esimerkki läpäisemättömän savikon päälle ilman lisätiivistyksiä peruste- tusta kaatopaikasta, jonka sisäisen veden on havaittu jossain määrin pääsevän kuivatusjärjestelmän ohi ym- päristönsä. Kaatopaikan eteläpuolella on yhdessä pisteessä havaittu typpipitoisuuden kohonneen. Tässä tutkielmassa on arvioitu typpipitoisen veden alkuperää ja kulkeutumisreittejä. Tässä tutkimuksessa esitettyä Helsingin alueen yleiskuvausta ja erityisesti esimerkkikohteiden kuvauksia voidaan käyttää pohjamateriaalina tuleville yksityiskohtaisemmille tutkimuksille.	
Avainsanat pohjavesi, orsivesi, pohjavesialue, muodostumisalue, tekemuodostuma, sisäinen vesi	
ISSN 0788-6209	ISBN 951-718-100-0 Luokitus (UDK) 628
Kieli suomi, engl. tiivistelmä	Sivuja 106 s. + liitt. 7 s.

Published by HELSINKI CITY REAL ESTATE DEPARTMENT GEOTECHNICAL DIVISION MALMIN ASEMATIE 3 A FIN-00700 HELSINKI PHONE +358-9-1691, FAX +358-9-169 4555 http://www.kv.hel.fi/geo		Series title, number and date Geoteknisen osaston tiedotteet 78/1998 May 1998
Author(s) Terhi Svanström Pekka Raudasmaa		Project number(s) 6159
Commissioned by HELSINKI CITY REAL ESTATE DEPARTMENT GEOTECHNICAL DEPARTMENT		
Title GROUNDWATER IN THE URBAN ENVIRONMENT OF HELSINKI Occurrence, use, conservation and effect on building		
Abstract This study has been drawn up at the geotechnical department of the real estate office of the City of Helsinki aiming at creating an overview of the ground- and groundwater circumstances and also gathering the pre-existing material. A more detailed study has been made of three example areas which are the groundwater basin of Vuosaari, the Tattariharju and Tattarisuo area and the old community waste dumping-ground of Vuosaari. Groundwater occurs in natural formations and in man-made formations. In this study groundwater zones are divided into six groups according to their surroundings. The groups are groundwater in gravel and sand areas, groundwater overlain by a bed of clay, groundwater in tills, groundwater in hard rock, perched groundwater and the inner water of dumping-grounds. The water law prohibits changing and smearing groundwater and obliges to groundwater conservation, which in Helsinki is concentrated mainly on the groundwater basins with significance in the crisis situation water supply. The conservation of groundwater causes limitations to building activities at groundwater basins. The occurrence of groundwater also renders building and causes a need for certain special measures during the building work. The groundwater basin of Vuosaari is one of the important groundwater basins in Helsinki. There is also intensive building concentrated on the Vuosaari area. New estimations about the extent of the recharge area are presented in this study. The recharge area is wider to the west and the north than has been suggested in earlier estimations. In the Tattarisuo and Tattariharju area the groundwater of the important groundwater basin is linked to the groundwater and perched groundwater of the industrial area build on a swamp. Most of the groundwater that originates from the Tattariharju recharge area flows under the Tattarisuo area and becomes confined groundwater. If groundwater is pumped excessively from the southern end of the recharge area, the flow system will change so that no water flows to the Tattarisuo direction. This would cause depressions in the Tattarisuo area and on the other hand the pumped water might be dirty. The Vuosaari dumping-ground is an example of an old dumping-ground built on a clay horizon with no extra tightening and which inner water has passed the draining system and leaked to the surroundings. In one spot on the south side of the dumping-ground nitrogen content has risen. In this study the possible flow paths of the nitrogen-bearing water are illustrated. The overview of Helsinki and especially the detailed illustration of the example areas presented in this study can be used as base material in further investigations of the areas in the future.		
Keywords groundwater, perched groundwater, groundwater basin, recharge area, man-made formation, inner water		
ISSN 0788-6209	ISBN 951-718-100-0	Class (UDC) 628
Language Finnish, Engl. Abstr.	Pages 106 p. + app. 7 p.	

1	<i>Anttikoski, Usko</i>	Geoteknilliset kartat ja niiden käyttäminen	1973	
2	<i>Anttikoski, Usko</i>	Kaupunkisuunnittelun geoteknillinen tutkimus ja suunnittelu	1973	*
3	<i>Anttikoski, Usko</i>	Kunnallistekniikan geoteknillinen tutkimus ja suunnittelu	1974	*
4	<i>Mäkinen, Reino</i>	Täyttömäkien rakentaminen kaupunkialueella	1974	*
5	<i>Saarelma, Matti</i>	Melusuojarakenteiden perustamistapaselvitys	1974	*
6	<i>Hartikainen, Jorma</i>	Kitkapaalujen kantavuus	1976	
7	<i>Petäjä, Jouko</i>	Putkijohtojen pohjarakenteiden mitoittaminen	1977	
8	<i>Raudasmaa, Pekka</i>	Metrotunnelien injektointi	1977	*
9	<i>Anttikoski, Usko</i>	Kalliotunnelien käyttö varastointiin	1977	*
10	<i>Tikkunen, Heikki</i>	Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa	1978	
11	<i>Arkima, Olli</i>	Kluuvin ruheen jäädytys	1978	*
12	<i>Raudasmaa, Pekka</i>	Puiset perustusrakenteet	1979	
13	<i>Havukainen, Jorma</i>	Voimalalaitostuhkan ja polttolaitoskuonan hyötykäyttö rakentamisessa	1979	
14	<i>Vähäaho, Ilkka</i>	Pehmeikölle perustettavan pientalon painumien laskeminen	1979	*
15	<i>Raudasmaa, Pekka</i>	Pohjavesitarkkailu -80	1980	
16	<i>Anttikoski, Usko</i>	Katsaus tunnelien rakentamistekniikan nykytilaan Atlantan kansainvälisen tunnelikonferenssin kokemusten perusteella	1979	*
17	<i>Roinisto, Jarmo</i>	Matkakertomus tutustumismatkalta Tukholman yhteiskäyttötunneliisiin	1981	
18	<i>Havukainen, Jorma</i>	Kivihiilivoimalan tuhkan käyttö maarakenteissa	1981	*
19	<i>Roinisto, Jarmo</i>	Yhteiskäyttötunnelien teknis-taloudellinen selvitys	1981	
20	<i>Vuola, Pekka</i>	Talonrakennuksen maarakenteet ja niiden laadunvalvonta	1981	
21	<i>Havukainen, Jorma & Korhonen, Osmo</i>	Tonttialueiden maarakenteet	1981	
22	<i>Havukainen, Jorma</i>	Esimerkkejä jätteiden hyötykäytöstä raaka-aineena ja energianlähteenä	1981	
23	<i>Havukainen, Jorma</i>	Kivihiilivoimalan tuhkien hyötykäyttöselvitys kunnallistekniikassa	1982	
24	<i>Laivala, Ahti</i>	Rakennusjätteen alustava hyötykäyttöselvitys	1982	
25	<i>Havukainen, Jorma & Härmäläinen, Alpo & Sulamäki, Antti</i>	Alustava selvitys polttolaitoskuonan hyötykäyttömahdollisuuksista maarakentamisessa	1982	
26	<i>Halkola, Hannu</i>	Kunnallistekniikan geotekniikkaan liittyvät koerakentamiskohteet Torpparinmaässä	1982	*
27	<i>Paavola, Pertti</i>	Kunnallisteknisten tunnelien louhintakustannus selvitys	1982	
28	<i>Vähäaho, Ilkka</i>	Maarakennusta koskeva mallityöselitys	1982	*
29	<i>Gulm, Kai</i>	Rakentamisen vaikutus pohjaveden tasoon ja rakennusten painumiin Helsingin Puistolassa	1982	
30	<i>Halkola, Hannu</i>	Syvästabiloinnin laadun ja lujuuden valvontamenetelmät	1982	
31	<i>Havukainen, Jorma</i>	Kivihiilituhkan käyttö maarakentamisessa, tekniset ohjeet	1983	
32	<i>Havukainen, Jorma</i>	Användning av stenkolsaska vid anläggningsarbeten. tekniska anvisningar	1983	
33	<i>Havukainen, Jorma</i>	The utilization of coal ash in earth works, technical guidelines	1983	
34	<i>Salmela, Juha</i>	Helsingin kallioalan geologiasta ja kivilajien lujuusominaisuuksista porattavuuden kannalta	1983	
35	<i>Havukainen, Jorma</i>	Matkakertomus kivihiilituhkan ympäristövaikutuskonferenssista	1983	
36	<i>Hytti, Pekka</i>	Esi-injektoinnin suoritus ja sen huomioiminen urakka-asiakirjoissa	1984	
37	<i>Leinonen, Jukka</i>	Kalliomekaaniset mittaukset Hanasaaren syvävarastossa	1984	
38	<i>Pirinen, Jussi</i>	Kelluvan rantapenkereen rakentaminen	1984	*
39	<i>Laivala, Ahti</i>	Geotekninen kustannustiedosto, Geo-kuti	1984	*
40	<i>Korpela, Juakko & Schuller, Mikael</i>	Jäykkien liitosjohtojen pohjarakennus selvitys (Jäli-selvitys)	1984	
41	<i>Lahtinen, Eeva-Riitta</i>	Maanalaiset tilat ja yhdyskuntarakentaminen (MARASU-tutkimus, väliraportti)	1985	
42	<i>Korpi, Juha</i>	In Situ -kuormituskoe painumien määrittämiseksi	1985	
43	<i>Havukainen, Jorma</i>	Esirakentamisen kehittäminen	1985	
44	<i>Vähäaho, Ilkka</i>	Jäähdytysmenetelmän käyttö	1987	
45	<i>Havukainen, Jorma & Härmäläinen, Alpo & Laivala, Ahti</i>	Kivihiilituhkan käyttökokemukset kunnallistekniikan maarakenteissa	1987	*
46	<i>Julkunen, Ario</i>	Geofysiikan tutkimusmenetelmät kalliorakentamisessa	1987	
47	<i>Huri, Kaisa-Leena</i>	Vuosaaren kivilajien soveltuvuus asfalttipäällysteisiin	1988	
48	<i>Melander, Kari</i>	Puristin-heijarikairaus kairausmenetelmänä	1989	
49	<i>Leppänen, Mikko</i>	Vahvisinkaiden käyttö Vanhankaupunginlahden ranta-alueen rakentamisessa	1989	
50	<i>Vähäaho, Ilkka & Ryhänen, Hannu</i>	Sulamiskonsolidaation vaikutukset savessa	1989	
51	<i>Vähäaho, Ilkka</i>	Effects of Thaw Consolidation on Geotechnical Properties of Clay	1989	
52	<i>Koskela, Pekka</i>	Routastabiloinnin vaikutus ruoppausmassaan	1989	
53	<i>Saari, Mauri & Korhonen, Osmo</i>	Paalujen dynaaminen koetus PDA-laitteistolla	1990	
54	<i>Saari, Mauri & Volanen, Nilo</i>	Ruoholahden koepaalu	1990	
55	<i>Yrjänä, Jouni & Korhonen, Osmo</i>	Pystyjoitus Pikku-Huopalahdessa	1991	
56	<i>Ninimäki, Risto & Raudasmaa, Pekka</i>	Viikinkimäen keskuspuhdistamon rakennusgeologiset kalliotutkimukset	1992	
57	<i>Nieminen, Jarmo & Johansson, Erik & Holopainen, Pekka</i>	Viikinkimäen keskuspuhdistamon louhinnan aikainen kalliomekaaninen seuranta	1992	

58	Ahola, Jukka & Vimala, Raimo	Lujitus- ja tiivistysmäärät Helsingin pientunneleissa	1992
59	Ravea, Timmo & Korhonen, Osmo	Helsingin tulvapadon rakentamisen edellytykset	1992
60	Taipale, Hannu & Korhonen, Osmo	Paalutustärinan arviointi kirjallisuuden ja mittausten perusteella	1992
61	Karlstedt, Paul & Halkola, Hannu	Ylijäämäsavien massastabilointi	1993
62	Leiskallio, Antti & Lehtonen, Jouko	Maankäytön geotekninen suunnittelu	1993
63	Anttikoski, Usko & Kumar, Seppo & Saarela, Seppo	Kalliokaivanto jätehuollossa (esiraportti)	1993 *
64	Rekonen, Rita & Halkola, Hannu	Saven ominaisuuksien parantaminen massastabiloinnilla	1994
65	Ulmala, Ota & Halkola, Hannu	Puristin-porakonekairaus	1994
66	Havukainen, Jorma	Katsaus ympäristötekniikkaan kansainvälisen kongressin valossa (matkakertomus)	1995
67	Korkeakoski, Pasi & Lehtonen, Jouko	Asuinrakennusten tontti- ja pohjarakennuskustannukset	1996
68	Puumalanen Nina & Havukainen Jorma	Vakuumikonsolidointikoe Helsingin Torpparinmäessä	1996
69	Mehtälä, Jari & Korhonen, Osmo	Puotilan metroaseman pohjavesivaikutusten arviointi numeerisilla menetelmillä	1996
70	Nieminen, Jarmo & Anttikoski, Usko	EÜ:n rahoitustuki Helsingin kaupungin tutkimustoiminnassa	1996
71	Junnila, Antti & Lehtonen, Jouko	Geotekninen kustannustiedosto, Geokuti 96	1996
72	Wegelius, Arto & Vimala, Raimo	Kallioluokitusmenetelmien käyttö tunnelien lujituksessa	1996
73	Vähuaho, Ilkka	Savien stabilointi eri sideaineilla, kenttäkokeiden tulokset	1996
74	Rantala, Kalle & Halkola, Hannu	Paalun kantavuuden arviointi puristin-heijarikairalla	1997
75	Wegelius, Arto & Holopainen, Pekka	Paisuvat kalliosavet	1997
76	Leivo, Pekka & Halkola, Hannu	Maa- ja kallioperätietojen tulkinta porakonekairauksen rekisteröintituloksista	1998
77	Nauksa, Jari & Havukainen, Jorma	Esirakentaminen 1998	1998
78	Svanstrom, Terhi & Raudasmaa, Pekka	Pohjavesi Helsingin kaupunkiympäristössä: esiintyminen, käyttö, suojele ja vaikutus rakentamiseen	1998

GEO 10 K	Kallioperäkartta - Berggrundskarta 1:10.000, Helsinki - Helsingfors	1978
GEO 10 M	Maaperäkartta - Jordmänskarta - Geotechnical Atlas of Soil Deposits 1:10.000, Helsinki - Helsingfors	1989

*) painos loppuunmyyty

Hinnat

tiedotteet 1 kpl 90 mk, 2-3 kpl 80 mk, 4-6 kpl 70 mk, 7- kpl 65 mk (sis. alv)
karttakirjat 450 mk/kpl (sis. alv)

Tilauslomake <http://www.kv.hel.fi/geo/tilaus.html>