



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Kokemäenjoen suiston kehitys, maaperämuodostumat ja niiden kemialliset piirteet

Catherine Cripps, Janita Peltonen, Matti Räsänen,
Pekka Huhta, Janne Niinikoski

Kokemäenjoen suiston kehitys, maaperämuodostumat ja niiden kemialliset piirteet

Catherine Cripps
Janita Peltonen
Matti Räsänen
Pekka Huhta
Janne Niinikoski

13/2011

Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne-
ja ympäristökeskuksen julkaisuja

ISBN 978-952-257-416-9 (painettu)
ISBN 978-952-257-417-6 (PDF)

ISSN-L 1798-8004
ISSN 1798-8004 (painettu)
ISSN 1798-8012 (verkkajulkaisu)

Julkaisu on saatavana myös verkkajulkaisuna:
<http://www.ely-keskus.fi/varsinais-suomi/julkaisut>
<http://www.ely-centralen.fi/egentliga-finland/publikationer>

Taitto: Päivi Lehtinen
Paino: Kopijyvä Oy, Jyväskylä 2011

Sisältö

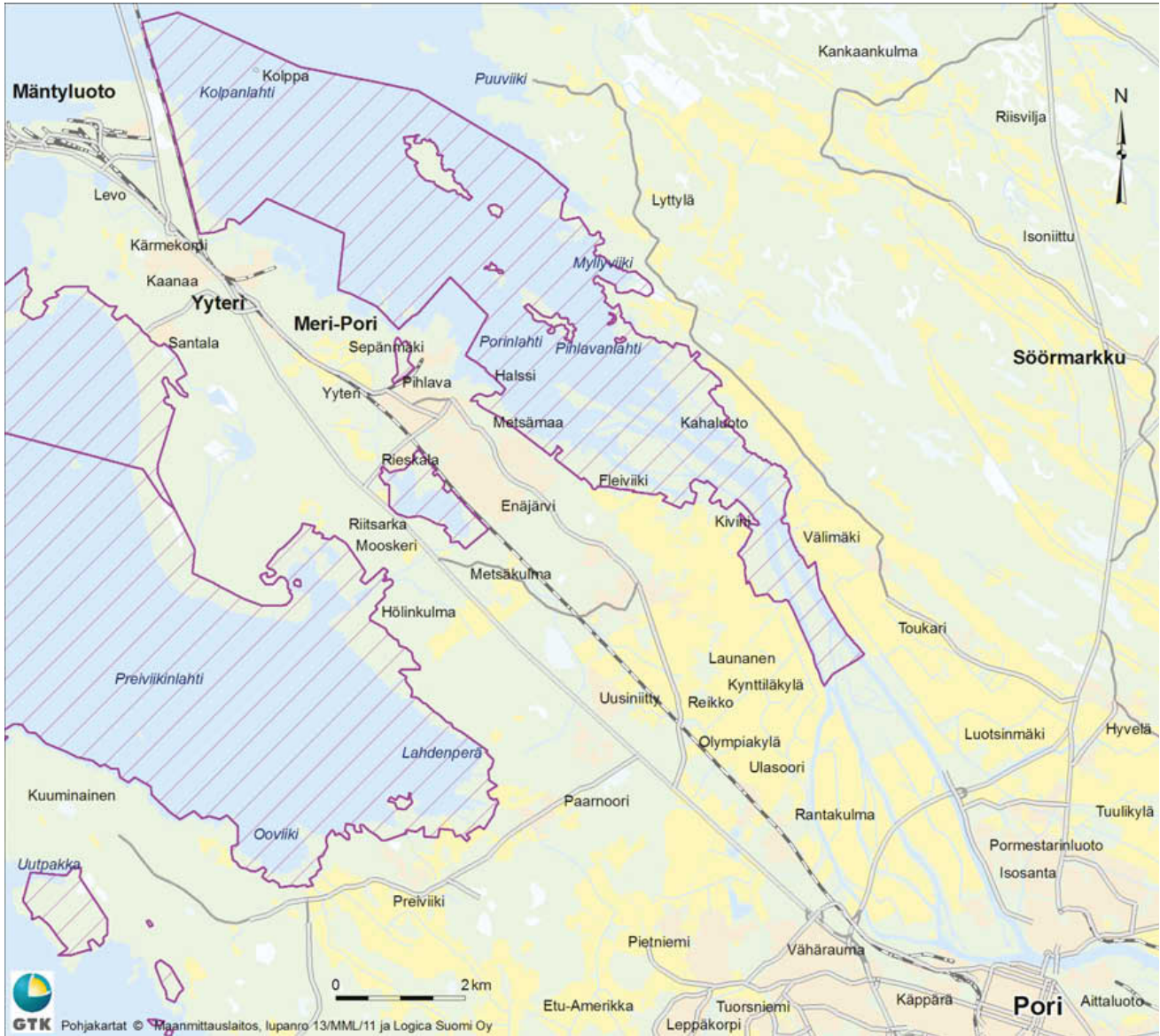
1 Johdanto	5
2 Aineisto ja menetelmät	7
2.1 Tutkimusalueen nykytilan kuvaus	7
2.2 Tutkimusalueen historia	10
2.3 Tutkimusmenetelmien kuvaus	13
2.3.1 Maastotyömenetelmät	13
2.3.2 Laboratoriotyömenetelmät	17
3 Tulokset	19
3.1 Toukari–muodostuma (Jääjärven kerralliset siltit ja savet)	20
3.2 Vainio-Mattila–muodostuma (Rantavyöhykkeen litoraaliset hiekat)	26
3.3. Hevosluoto-muodostuma (Suiston pääuomien välisten poukamien ja suiston edustan sedimentit)	29
3.4 Lanajuopa–muodostuma (Suiston uomien hiekkaiset kerrostumat)	36
3.5 Säikkä–muodostuma (Uomien ulkopuoliset tulvakerrostumat)	42
3.6 Suistomuodostumien paksuus Ulasoorin kairauspisteellä	46
4 Tulosten tarkastelu	50
4.1 Tutkimusalueelta kuvattujen maaperämuodostumien geokemiallisten piirteiden merkitys	50
4.2 Kokemäenjoen suiston tuleva kehitys	55
Lähteet	58
Kuvailulehdet	59



1 Johdanto

Porissa sijaitseva Kokemäenjoen suisto on yksi Suomen tärkeimmistä linnustonsuojelualueista ja se on kaakkoisosiltaan osa suosittua kaupunkipuistoa. Suiisto on yksi viidestä Kokemäenjoki-LIFE –hankkeeseen kuuluvasta Natura-alueesta (kuva 1). Kokemäenjoki-LIFE on Kokemäenjoen varressa sijaitsevien arvokkaiden luontokohteiden kunnostus- ja hoitohanke, jota Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus (ELY) koordinoi. Hanketta rahoittaa EU:n LIFE Luonto-rahasto ja siihen sisältyy myös suiston sedimenttiselvitys, josta vastaavat Geologian tutkimuskeskus (GTK) sekä Turun yliopiston Geologian osasto. Sedimenttiselvitykseen liittyy suiston kehityshistorian ja etenemisen selvittäminen sekä tulevan etenemismuutoksen ja -tavan arvioiminen. Keskeisenä tarkoituksena on määrittää suistoon kerrostuneen maa-aineksen luonne ja kemialliset ominaisuudet (raskasmetallit, elohopeapitoisuudet sekä orgaaniset ympäristömyrkyt). Sedimenttiselvitystä tarvitaan alueella tehtävän hoito- ja käyttösuunnitelman tueksi. Sen perusteella voidaan arvioida tarve jokisuiston kunnostustöille sekä alueen mahdollisten kaivu- ja ruoppaustöiden toteuttamiskelpoisuus. Suiiston ympäristö on Suomen herkimpiä tulva-alueita (Suomen ympäristökeskus 2007) ja selvitys edesauttaa myös tulvahaittojen vähentämiseen tähtäävien toimenpiteiden suunnittelua.

Tämän Kokemäenjoen suiston sedimenttiselvityksen maastotyöt ja raportoinnin ovat tehneet pääasiassa Turun yliopiston Geologian osaston opiskelijat Catherine Cripps ja Janita Peltonen, jotka tekevät aiheesta pro gradu -opinnäytetyönsä Turun yliopistoon. Heidän osuutensa maastotöiden toteutuksessa ja raportoinnissa ovat samansuuruiset ja he esiintyvät raportin tekijöinä aakkosjärjestyksessä. Maastotöihin ja raportointiin ovat pienemmällä osuudella osallistuneet prof. Matti Räsänen Turun yliopistosta ja geologi Pekka Huhta Geologian tutkimuskeskuksesta, jotka ovat myös ohjanneet tutkimuksen suunnittelua ja toteutusta. Osa raportin kuvien selitysteksteistä on englanniksi toisen päätekijän ollessa englanninkielinen. Tutkimuksen loppuvaiheessa suoritettujen kairaustutkimusten tulosten raportoinnista on vastannut geologian opiskelija Janne Niinikoski.



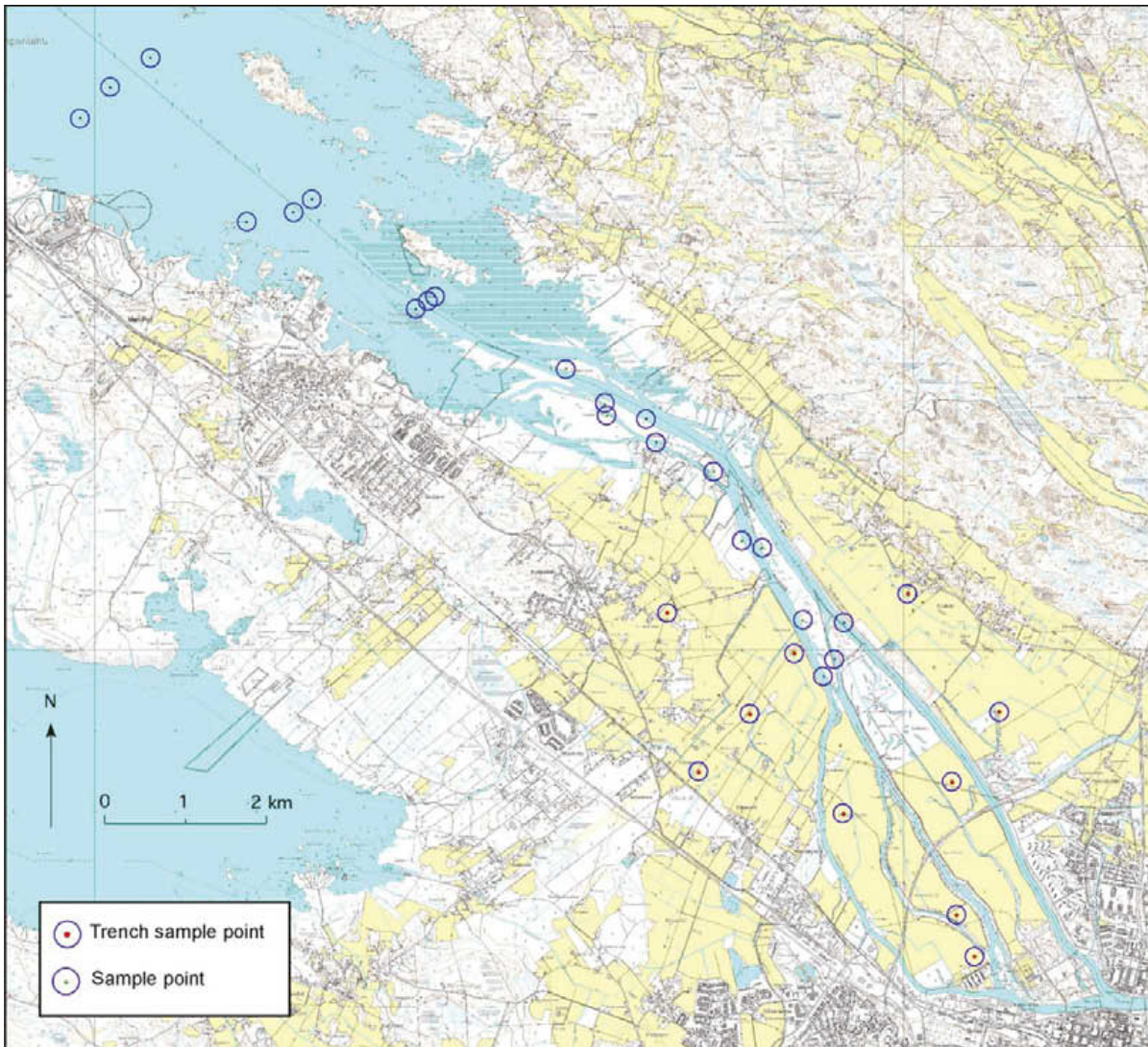
Kuva 1. Natura-alueen rajaus Meri-Porin alueella.

2 Aineisto ja menetelmät

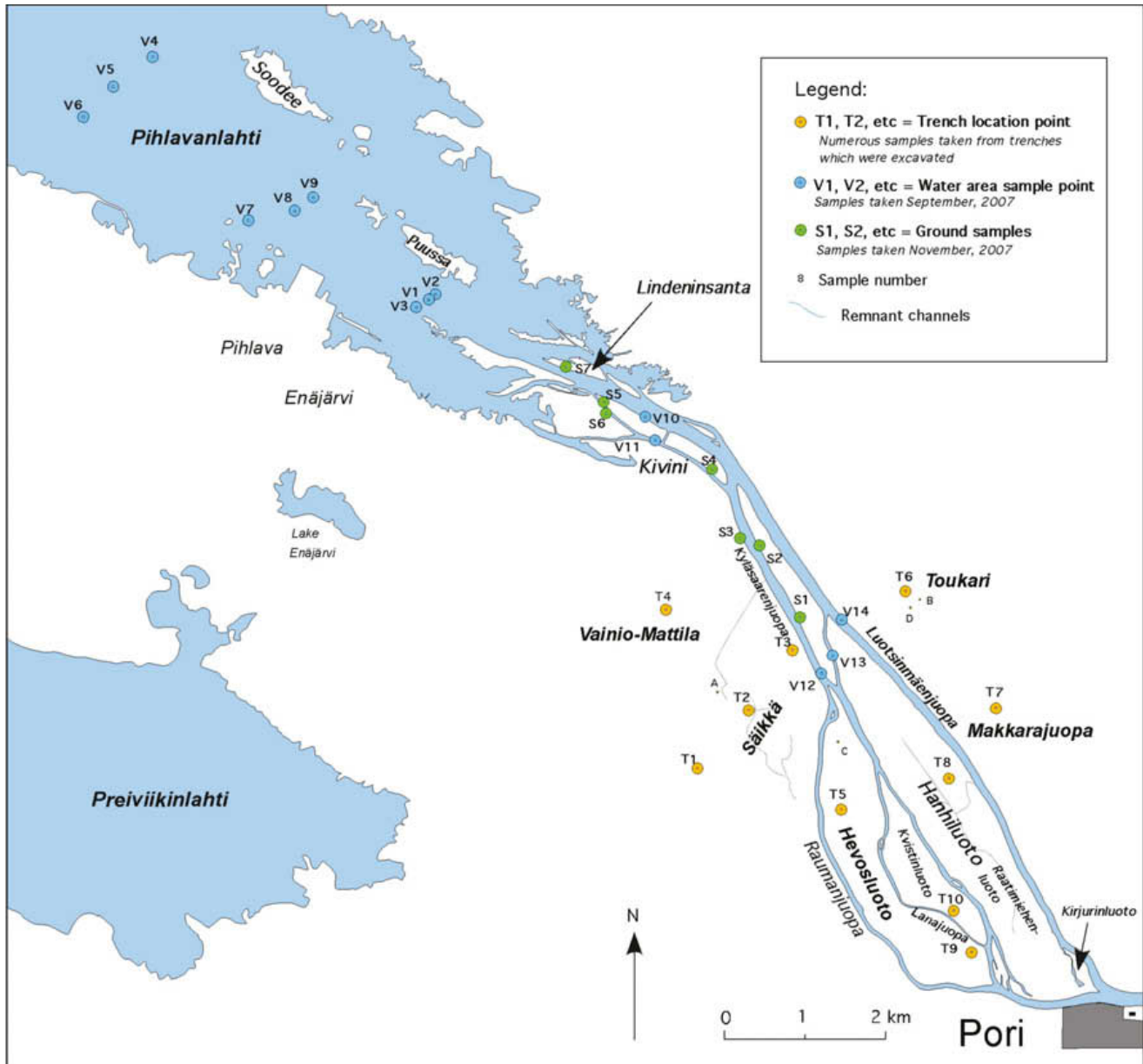
2.1 Tutkimusalueen nykytilan kuvaus

Kokemäenjoen suisto sijaitsee Porin kaupungin alueella Länsi-Suomen läänissä Pohjanlahden rannikolla. Kyseessä on joen synnyttämä, hienoaineksesta koostuva suistoalue, jota pidetään Pohjoismaiden

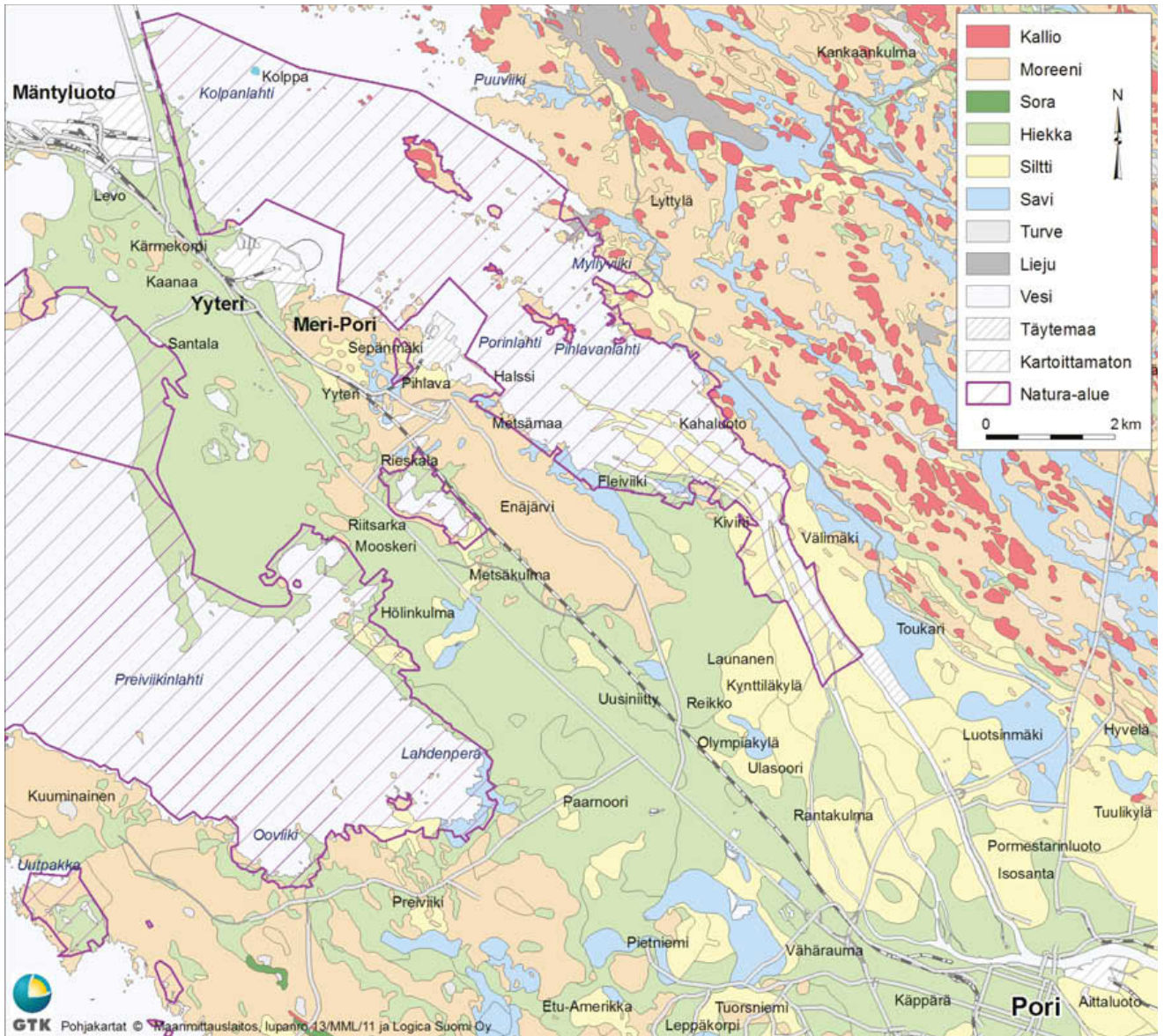
suurimpana ja edustavimpana jokisuistona (<http://www.pori.fi/ymparisto/vesistot/>). Kokemäenjoki on Suomen viidenneksi suurin joki ja sen vesistöalue on kooltaan 27 000 km², josta järvien osuus on 11 %. Tärkeimmät jokeen laskevat sivujoet ovat Loimijoki, Kavatsanjoki sekä Harjunpäänjoki. Tutkimusalue kattaa alueen Porin kaupungista luoteeseen aina Pihlavanlahdelle saakka. Tutkimusalue näkyy kuvissa 2 ja 3, alueen pintamaalajit kuvassa 4.



Kuva 2. Kokemäenjoen suiston alue ja tärkeimpien tutkimuspisteiden sijainti tutkitulla suistolla ja sen edustan vesialueella. Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupa nro 13/MML/11 ja Logica Suomi Oy. Trench sample point= tutkimuskaivanto. Sample point= näytteenottopiste.



Kuva 3. Kokemäenjoen suiston vesialueet ja erityyppisten tutkimuspisteiden sijainti. Pohjakartta © Maanmittauslaitos, lupa nro 13/MML/11 ja Logica Suomi Oy. Trench = tutkimuskaivanto, Water area samples = vesialueiden näytteet, Ground samples = maaperänäytteet. Pisteet A-D ovat erillisiä tutkimuspisteitä, jotka myös on näytteistetty.



Kuva 4. Pintamaaperäkarta tutkimusalueesta ja Natura-alueen rajat. Kartassa kuvataan pintamaan raekolajitteiden jakautumista Koke-mäenjoen suiston ja sen ympäristön osalta.

2.2 Tutkimusalueen historia

Kokemäenjoen synty ja kehitys on ollut pitkälti maankohoamisen määrittelemää. Nykyinen maankohoaminen on alueella n. 5.5 mm/vuodessa. Liekovesi, josta joen katsotaan saavan alkunsa, lienee kuroutunut Litorinamerestä noin 7 000 vuotta sitten. (Alhonen 1986) Joen suu on aikojen saatossa siirtynyt yhä edemmäs länteen kohti nykyistä meren rantaviivaa ja Porin kaupungin kohdalla se on ollut kaupungin perustamisen aikoihin 1500-luvulla. Kokemäenjoen edetessä kohti luodetta sen suistoon on kerrostunut deltakerrostumia, jotka nykyisin ovat kuivaa maata ja joiden halki samainen joki virtaa.

Kuvassa 5 on esitetty rantaviivan siirtyminen nykyisen jokisuiston alueella. Lähteinä on käytetty karttoja vuosilta 1558 (Lagström 1957), 1663 (Hannunpoika 1663), 1724 (Ekman 1724), 1836 (von Schantz 1836) ja 1859 (Wahlroos 1859) sekä 1897 (Lindström 1897). Tummansininen väri kuvaa aluetta, jonka poikki rantaviiva siirtyi ennen vuotta 1558 ja vaaleansininen rantaviivan siirtymistä vuodesta 1558 vuoteen 1724. Vaaleanvihreä alue kuvaa suiston etenemistä vuodesta 1724 vuoteen 1836. Tummanvihreä väri kuvaa aluetta, joka syntyi vuosien 1836 ja 1897 välillä. Valkoinen alue edustaa aluetta, jonka poikki rantaviiva on siirtynyt vuosien 1897 ja 2006 välillä.

Kuvan suistomuodostumien uloimpien tulvavallien kärjistä (lähinnä Luotsinmäenjuovassa) karkeasti laskettuna rantaviiva on edennyt aikavälillä 1558-1724 keskimäärin n. 14 m vuodessa, aikavälillä 1724-1836 noin 35 m (Säntin 1954 mukaan 24 m/v) vuodessa. Säntin mukaan vuosien 1836-1859 aikana eteneminen oli n. 60 m vuodessa, vuosien 1859-1905 välillä noin 27 m vuodessa ja vuosien 1905-1947 aikana n. 78 m vuodessa (Säntti 1954). Kuvasta 5 saadaan aikavälille 1836-1897 suiston keskimääräiseksi etenemisvauhdiksi n. 36 m ja vuodesta 1897-2001 noin 38 m vuodessa. Peruskartoista laskettuna eteneminen oli vuosien 1958-1982 välillä n. 40 m/vuosi ja vuodesta 1981 vuoteen 2001 eteneminen oli noin 30 m vuodessa.

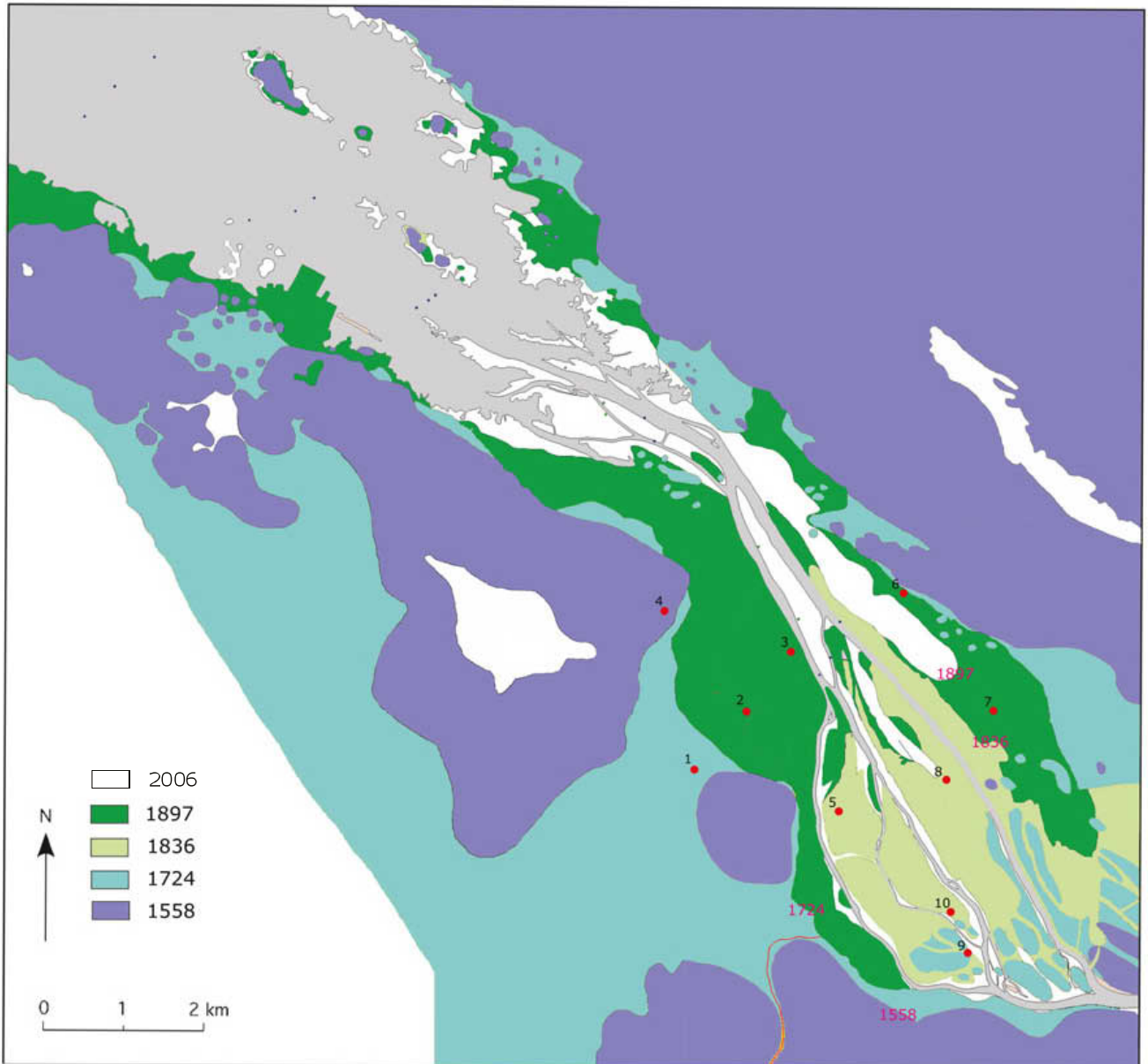
Teollistuminen Kokemäenjoen vesistön alueella alkoi Tampereen seudulla 1700-luvun loppupuolella ja voimistui 1850-luvulla. Vuosisadan puolivälissä rakennettiin myös ensimmäiset suuret vesivoimalaitokset Tammerkoskeen. Paperituotteiden valmistus, jossa käytettiin hyväksi lipeää ja natriumsulfaattia, voimistui 1870- ja 1880-luvuilla. Vähitellen teollisuus lisääntyi myös muissa Kokemäenjoen vesistön alueen kaupungeissa. Puunjalostusteollisuus sai Porissa alkunsa vuonna 1856 ja siihen vahvasti liittyvä laaja-alainen tukinuitto jokea pitkin jatkui aina 1960-luvulle saakka (Kaipainen ja Ristmeri 1986).

Kokemäenjoen varteen perustettiin runsaasti muitakin teollisuuslaitoksia, kuten esimerkiksi Outokumpu Oy:n metallitehdas, joka rakennettiin vuosina 1939-1941 Poriin ja saman yrityksen kuparisulatto, joka aloitti toimintansa vuonna 1944 Harjavallassa. Harjavaltaan perustettiin myös rikkihappo- ja fosfaattitehtaat. Kemira Oy:n titaanioksidipigmenttitehdas perustettiin Pihlavanlahden rannalle vuonna 1961. (Kaipainen ja Ristmeri 1986) Äetsän kloorialkalitehdas aloitti toimintansa vuonna 1939.

Maataloudessa peltoviljely tehostui 1700- ja 1800-luvuilla. Tämä lisäsi maatalouden aiheuttamaa pintavalumaa jokeen. Keinolannoitteiden ja kasvin suoje-luaineiden käyttö kasvoi tasaisesti 1950-luvulta aina 1970-luvulle saakka, jonka jälkeen käyttömäärät ovat vakiintuneet (Kaipainen ja Ristmeri 1986).

Kokemäenjoen koskien perkaaminen alkoi jo 1700-luvulla ja joki valjastettiin myös vesivoiman lähteeksi. Vesivoimalaitosten rakentaminen on aiheuttanut suurimmat muutokset joen virtaamien jakautumiseen (Raunio 1992). Nykyisin käytössä on neljä voimalaitosta, joista Äetsän voimalaitos aloitti toimintansa vuonna 1921, Harjavallan vuonna 1939, Kokemäen Kolsin voimala 1945 ja Vammalan Tyrvään voimalaitos vuonna 1950.

Metallien, esimerkiksi elohopean ja kuparin, kuormitus joessa alkoi kasvaa 1930–1940-lukujen taitteessa suurten teollisuuslaitosten, kuten Outokummun tehtaiden sekä Äetsän klooritehtaan perustamisen seurauksena ja suurimmillaan se oli 1960- ja 1970-luvuilla. Tällöin myös vedenlaatu suiston alueella oli huono. 1970-luvulla alkoi jätevesien puhdistus, joka on tehostunut näihin päiviin saakka. Tämä on vai-

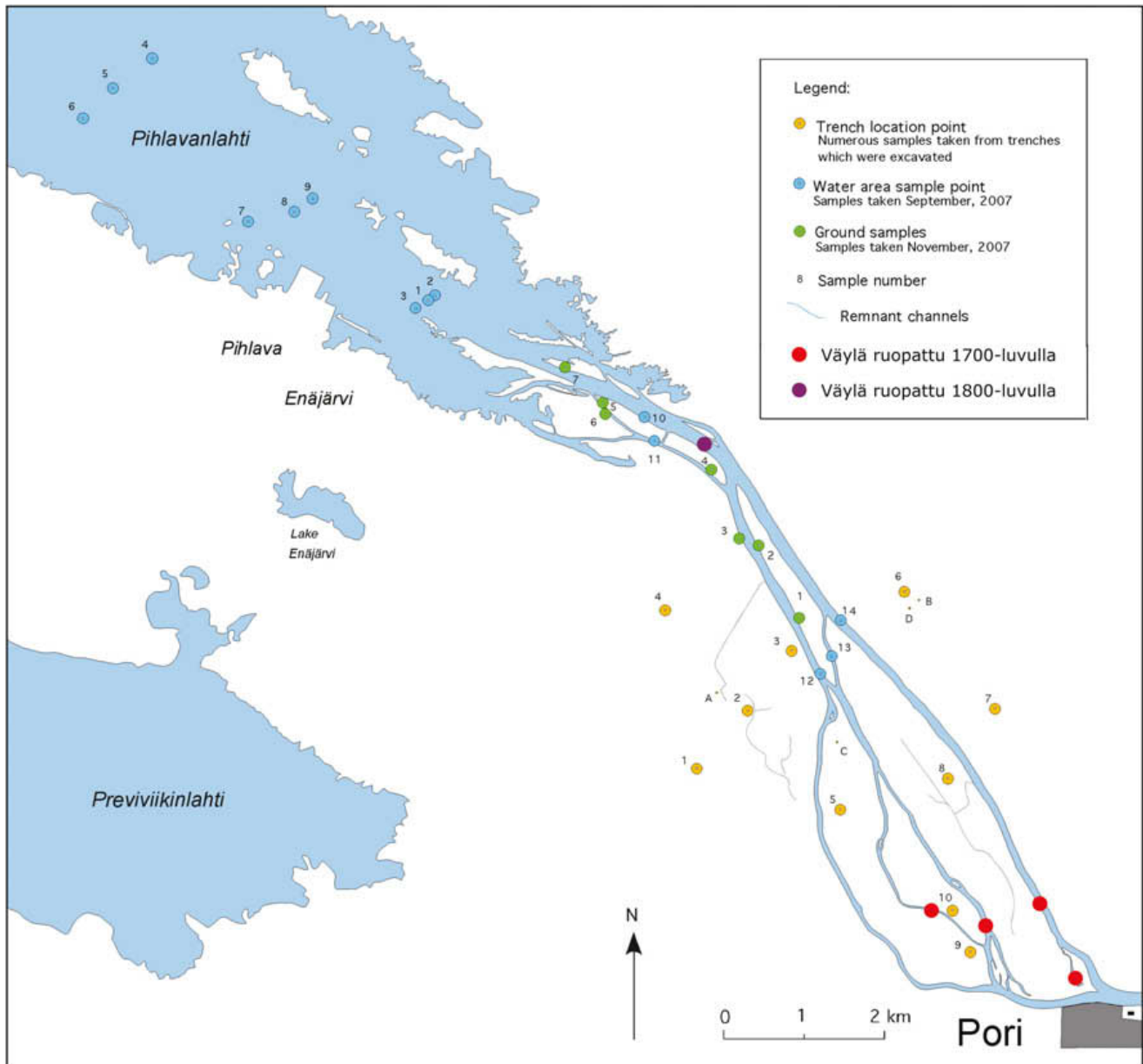


Kuva 5. Rantaviivan siirtyminen tutkimusalueella sekä tärkeimpien tutkimuskaivantojen sijoittuminen suiston alueella (kts. teksti).

kuttanut positiivisesti Kokemäenjoen veden laatuun (Raunio 1992).

Kokemäenjoen madaltuminen koettiin ongelmaksi jo 1700-luvulla (Saarinen 1972) ja Porin kaupungin kohdalta ja siitä alajuoksulle päin jokea alettiin ruopata laivaliikenteen sujumisen turvaamiseksi. Ensimmäiset ruoppaukset suoritettiin 1770- ja 1780-lukujen taitteessa silloisissa Luusourin- ja Kokemäensaarenyvälissä sekä Raatimiehenluodon ja Kirjurinluodon välisellä alueella. 1790-luvulla alettiin ruopata myös Lanajuopaa (Ruuth 1899). Pienimuotoisia ruoppauksia jatkettiin 1800-luvulla ja vuosisadan loppupuolella

toteutettiin niin kutsuttu suurmutaus, joka suoritettiin lähinnä Luotsinmäenhaarassa (Saarinen 1972). Ruoppausta suoritettiin myös 1900-luvulla useaan otteeseen. Ruoppausmassoja läjitettiin yleisesti lähiympäristöön. Joen rannoille rakennettiin lisäksi penkereitä ja pumppaamoita 1950-1970-luvuilla. Tulvavallit joen pohjois- ja eteläpuoliselle alueelle rakennettiin 1950-luvulla (Säntti 1954). Viimeisimpänä joen pienistä sivuhaaroista on perattu ja ruopattu Lanajuopa vuonna 2000 (Koivunen ym. 2006). Kuvassa 6 on esitetty kyseisten juopien ensimmäisten ruoppausten ajankohdat.



Kuva 6. Väylien ensimmäisten ruoppausten ajankohdat. Ruoppausten sijainti kartassa on suuntaa antava.

2.3 Tutkimusmenetelmien kuvaus

2.3.1 Maastotyömenetelmät

Tutkimuskaivantojen kuvaus

Maaperän kerrosjärjestyksen tutkimiseksi kaivettiin kaivinkoneella 10 tutkimuskaivantoa. Kaivantojen sijaintipaikat valittiin siten, että ne mahdollisimman hyvin edustaisivat suiston eri osien eri-ikäisiä kerrostumisympäristöjä ja kattaisivat mahdollisimman suuren osan tutkimusalueesta. Kaivupaikkojen valintaa rajoittivat muutamat tekijät, kuten kaivuluvan saaminen maanomistajilta sekä salaojakohtien välttäminen peltoalueilla. Valmiin kaivannon seinämät puhdistettiin veitsillä ja niiden kerrosjärjestyksestä piirrettiin profiilikuvat. Valokuvia otettiin profiilikuvan täydentämiseksi. Näytteitä otettiin kattavasti seinämän eri osista maaperän raakoostumuksen ja geokemian analysointia varten. Kun kaivannon kuvaus ja näytteenotto saatiin valmiiksi, kaivualue palautettiin alkuperäiseen tilaansa. Esimerkkejä tutkimuskaivannoista kuvissa 7 ja 8.

Hajapisteet, pintamaakartoitus

Kaivantojen lisäksi suoritettiin pintamaakartoitusta kartoitussauvalla (kuva 9), joka työnnettiin maahan, pyöritetiin ja nostettiin ylös pintasedimentin tarkastelua varten. Usein maaperä oli kuitenkin liian kovaa sauvan käyttämiseen ja tällöin kartoitusta jatkettiin kaivamalla lapiolla kuoppia (kuvat 10 ja 11). Tämä oli pintamaan näytteistämisen pääasiallinen menetelmä. Joen keskellä olevilta saarilta kaivetut maaperänäytteet on tässä raportissa nimetty kirjaimella S sekä juoksevalla numerolla.



Kuva 7. Tutkimuskaivanto T9 Hevosluodossa. Sijainti kuvassa 3. Kuva: Janita Peltonen



Kuva 8. Työskentelyä Hanhiluodon kaivannossa T8. Sijainti kuvassa 3. Kaivannon sedimenttiprofiili on esitetty kuvassa 46 (s. 44). Kuva: Caherine Cripps



Kuva 9. Kartoitussauvan maanäyte Hevosluodon pohjoiskärjestä. Kuva: Catherine Cripps



Kuva 10. Tyypillinen lapiolla kaivettu kuoppa Säikän alueella.
Kuva: Catherine Cripps



Kuva 11. Näytteenottoa joen keskellä olevalta saarelta.
Näytepiste 4. Kuva: Catherine Cripps

Ulasoorin kairaus

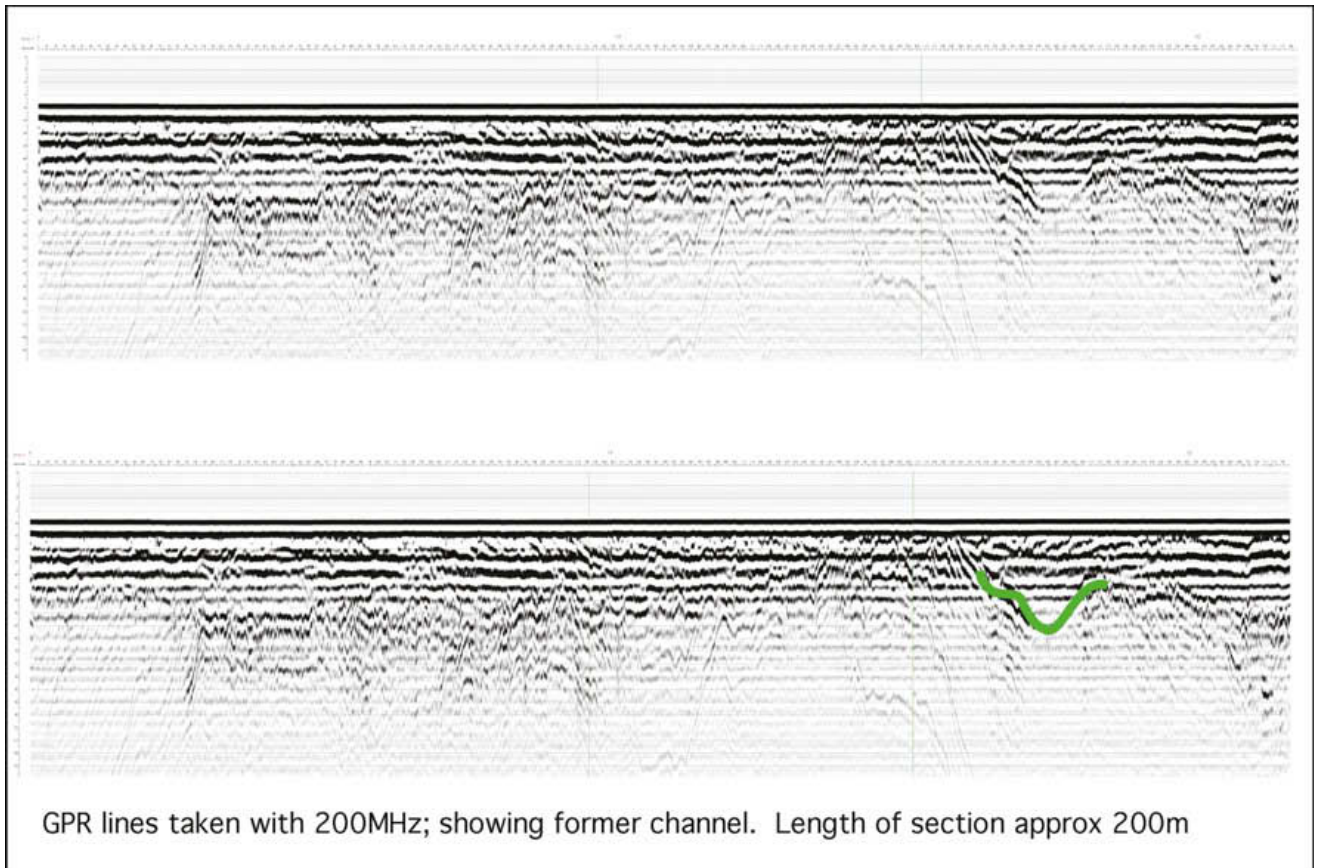
Yhdessä pisteessä suoritettiin kairaus Destian ras-
kaalla kairakalustolla 15 m syvyyteen asti. Kairauk-
sesta saatiin jatkuva näytesarja joka kuvattiin labo-
ratoriossa. Kairausreikään asennettiin pohjavesiputki
josta suoritettiin maaperän luonnollisen gammasätei-
lyn mittausta Geovistan sondilla.

Suiston ja sen edustan vesialueen eri maaperäyksiköt ja niiden litostratigrafia

Tutkimuskaivannoista sekä kairauksen ja pintamaa-
kartoituksen yhteydessä kerätyn informaation pohjal-
ta hahmottui yleiskäsitys alueen maaperäyksiköiden
määrästä ja laadusta. Maaperäyksiköt jaettiin geolo-
giassa käytettävän kuvailevan luokittelun ns. litostrati-
grafisen luokittelun perusteella eri muodostumiksi, joi-
den alueellista laajuutta ja syvyyssuorittuvuutta voidaan
havainnollistaa karttaesityksin ja poikkileikkauksin
alueelta (<http://www.stratigraphy.org>). Luokittelussa
litostratigrafinen yksikkö määritellään litologisten piir-
teidensä (tärkeimpinä raekokojakauma ja kerrosra-
kenteet) perusteella. Litostratigrafisia perusyksiköitä
eli muodostumia tulkittiin tutkimusalueella ulottuvan
maanpinnalle tai kaivantoihin asti viisi. Muodostumat
nimettiin niiden kaivantojen mukaan, joissa kysei-
nen muodostuma esiintyi edustavasti. Esimerkiksi
tutkimuskaivanto T9 muodostui hyvin lajittuneesta
hiekkasta, joka edusti yhtä alueella esiintyvää litostra-
tigrafista muodostumaa hyvin. Lähimpänä kaivantoa
oleva paikallinen kohde oli Lanajuopa, jolloin muodos-
tumalle annettiin nimi Lanajuopa–muodostuma, joka
edustaa suiston uomiin, paikallista termiä käyttäen
juoppiin, kerrostunutta tietyn raekokoista hiekkaa.

Maatutkaus

Maatutkauksella pystytään tutkimaan maanpinnan
alapuolisia sedimenttejä sekä kallioperää käyttämällä
hyödyksi tietoa korkeataajuksisten elektromagneettis-
ten aaltojen kulkeutumisesta väliaineessa. Maa-alu-
eiden maatutkauksessa käytettiin RAMAC/maatutka-
–yhdistelmää sekä kannettavaa tietokonetta. Käytetyt
taajuudet olivat 50 MHz ja 200 MHz. Menetelmän
avulla oli tarkoitus tehdä maaperäkartoitusta sekä sel-
vittää vanhojen hiekasta koostuvien juoppien sijainteja.
Tämä onnistui osittain. Kuvassa 12 nähdään maatut-



Kuva 12. Maatutkaprofiili Säikän alueelta. Profiilissa näkyy deltan pieni uoma, joka on nähtävissä myös maaston topografiassa.

kaprofiili, josta hahmottuvat yhden suiston vanhan uoman kerrostumat. Ongelmalliseksi maatutkauksessa osoittautui tutkimusalueen sedimenttien pieni raekoko. Savi ja siltti heikentävät maatutkan signaalia ja näin estävät sitä läpäisemästä maa-ainesta. Savisilta ja silttisilta maa-alueilta ei näin ollen pystytty saamaan merkittävää hyötyä maatutkalla. Kuvassa 13 maatutka käytössä.



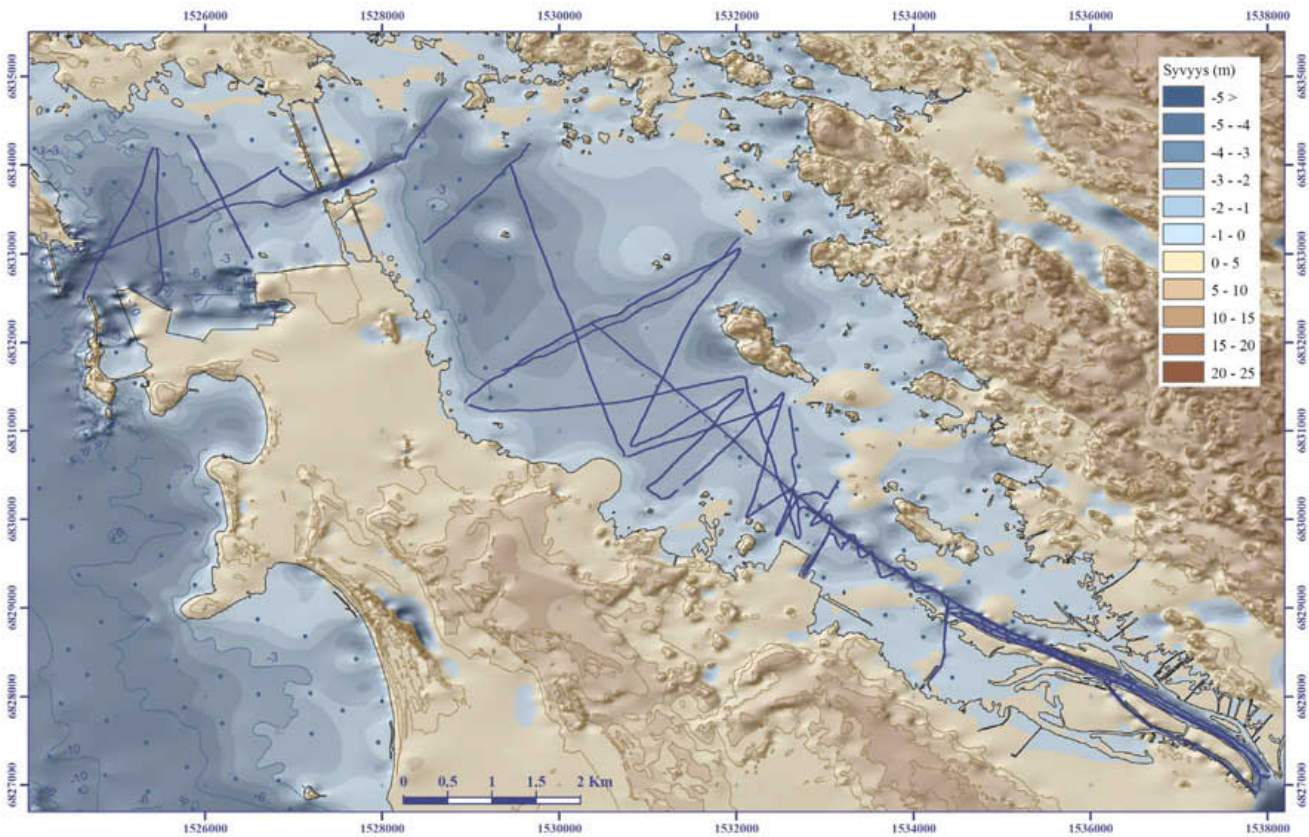
Kuva 13. Maatutkausta Säikän alueella. Kuva: Janita Peltonen

Maatutkaus vesialueilla

GTK suoritti vesialueen maatutkausta kesällä 2007 veneeseen kiinnitetyllä maatutkalla muiden fyysikaalisten mittausten ohessa. Maatutkaluotauksella voidaan tutkia makeiden vesialueiden pohjasedimenttejä aina kymmenen metrin syvyyteen asti. Tutkasignaali vaimenee nopeasti veden sähkönjohtavuuden noustessa eli veden suolapitoisuuden noustessa. Maatutkaluotaus onnistui hyvin Kokemäenjoen suistossa Pihlavan sahan satamaan asti ja vielä puoli kilometriä sen ohi. Tämän jälkeen lahden pohjassa oli matalam-

pi sedimenttisärkkä, jonka merenpuolella pohjalla olevan veden sähkönjohtavuus oli pääsääntöisesti niin suuri, että se pysäytti maatutkasignaalin.

Veden syvyyttä ja pohjan laatua Pihlavanlahdella ja muualla suistossa mitattiin kaksitaajuisella kaikuluotaimella. Luultavasti pohjalla olevan orgaanisen aineksen hajoamisen johdosta (metaanikuplat) pohjan laatua ei pystytty tällä menetelmällä määrittämään. Tulos saatiin ainoastaan vesisyvyydestä. Kuvassa 14 on esitetty syvyyskartta ja kartoituslinjojen sijainti.



Kuva 14. Syvyyskartta ja kartoituslinjojen sijainti Pihlavanlahdella. Pohjakartta ja korkeusmalli © Maanmittauslaitos, lupa nro 13/MML/11 ja Logica Suomi Oy.

Vesialueen näytteenotto

Vesialueen näytteenotosta huolehti GTK. Näytteet otettiin 26.-27.9.2007. Näytepisteitä oli yhteensä neljätoista (Kuva 3), joista kuudesta pisteestä näytteitä otettiin kahdelta syvyydeltä siten, että syvemmältä oleva näyte otettiin ensin. Näytteet otettiin ankkuroidusta veneestä metallisella venäläisellä suokairalla. Kairasta näytteet siirrettiin muovikauhalla muovipusseihin, joita säilytettiin kylmälaukussa. Näytteet nimettiin juoksevin numeroin 1-14 näytepisteen mukaan. Jokaisen näytepisteen ensimmäinen näyte joka otettiin normaalisti 0.5-1.0 m syvyydeltä sedimentin pinnasta sai viivan jälkeen lisänumeron 1 ja toinen näyte joka edusti yleensä sedimentin 0-0.5 m pintaosaa lisänumeron 2, esimerkiksi näyte 4-2. Tässä raportissa vesialueen näytepisteiden numerot saavat lisäksi kirjaimen V eteensä, esim. V4.

2.3.2 Laboratoriotyömenetelmät

Raekokomääritys

Näytteiden raekokojen selvittämiseksi ne analysoitiin Coulter-merkkisellä laserdiffraktioon perustuvalla hiukkasmittarilla (kuva 15). Noin 1 cm³ kokoiset näytteet esikäsiteltiin orgaanisen materiaalin poistamiseksi vetyperoksidilla (H₂O₂), jonka annettiin vaikuttaa näytteessä tarvittava aika orgaanisen aineksen hajottamiseksi. Seuraavaksi näytteisiin lisättiin tislattua vettä ja ne laitettiin ultraäänihajottajaan viiden minuutin ajaksi. Välittömästi tämän jälkeen näytettä pipetoitiin hiukkasmittariin raekoostumuksen selvittämiseksi. Analysoinnin mahdollisena virhelähteenä saattaa olla hienomman ja karkeamman sedimentin valikoitu pipetointi näyteastiasta. Yleensä kuitenkin tulosten toistettavuus on hyvä.

Geokemian näytteet

Geokemiallisia analyysyjä varten kaikki kaivantojen ja vesialueen sekä osa pintamaakartoituksen näytteistä lähetettiin Labtium Oy:n laboratorioon. Näytteet kuivattiin alle 40°C lämpötilassa, mineraalinen aines seulottiin alle 2 mm fraktioon ja kuningasvesiliuotus suoritettiin 90°C lämpötilassa. Monialkuainemäärityk-



Kuva 15. Coulter LS 200

set tehtiin ICP-MS- ja ICP-AES –tekniikoilla. Kosteusprosentti määritettiin gravimetrisesti, samoin hehkutushäviö 550°C lämpötilassa. Hiili- ja typpimääritys tehtiin hiili-typpianalysaattorilla. Elohopea määritettiin pyrolyttisesti (Labtium Oy 2008). Tuloksista esitetään keskeisimmät tulokset diagrammeina. Kaikki tulokset on esitetty muualla (Peltonen, valmistella).

Orgaaniset yhdisteet

Orgaaniset muuttujat määritettiin Nab Labs Oy:n laboratoriossa. Näytteitä tutkittiin yhteensä 10 kappaletta, joista osa oli peräisin kaivannoista, osa vesialueilta ja osa oli pintamaakartoitusnäytteitä joen keskellä olevilta saarilta. Polyklooratut dibentsodiksiinit ja -furaanit (PCDD ja PCDF) määritettiin niiden heksaaniasetoniutteista kaasu-kromatografia-massaspektrometrisesti SIM-tekniikalla. Uutteet puhdistettiin hapansilika/silika- ja alumiinipylväs-kromatografisesti ennen analysointia. Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH) ja polyklooratut bifenyylit (PCB) määritettiin näytteistä GC/MS –menetelmällä. Näytteistä analysoitiin myös tributyyliini (TBT) ja trifenyylitina (TPHT) (Nab Labs Oy 2008). Valtioneuvoston asetuksessa VNA

214/2007 kynnys- ja ohjearvot maaperän haitallisille PCDD- ja PCDF –yhdisteille on annettu WHO-TEQ – ekvivalentteina, joten myös tässä raportissa kyseisten haitta-aineiden pitoisuuksia käsitellään edellä mainitussa muodossa. Tulosten käsittelyssä mainitaan näytteet, joissa on ollut mainittavia pitoisuuksia, kaikkien näytteiden tulokset esitetään muualla (Peltonen, valmisteilla).

Tulosten käsittely

Näytteistä määritettyjä geokemiallisia tuloksia verrattiin Valtioneuvoston asetuksessa 214/2007 määritettyihin maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien kynnys- ja ohjearvoihin. Asetusta ei sovelleta vesistön pohjakerrosten pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin. Tässä raportissa myös vesialueen sedimenttejä verrataan asetuksessa määritettyihin rajoihin koska ne suiston edetessä joutuvat ja ovat joutuneet kohtuullisen nopeasti kuivalta maalta tapahtuvien kaivuoperaatioiden piiriin. Asetuksessa mainitut, raportin kannalta olennaisimmat arvot on esitetty taulukossa 1.

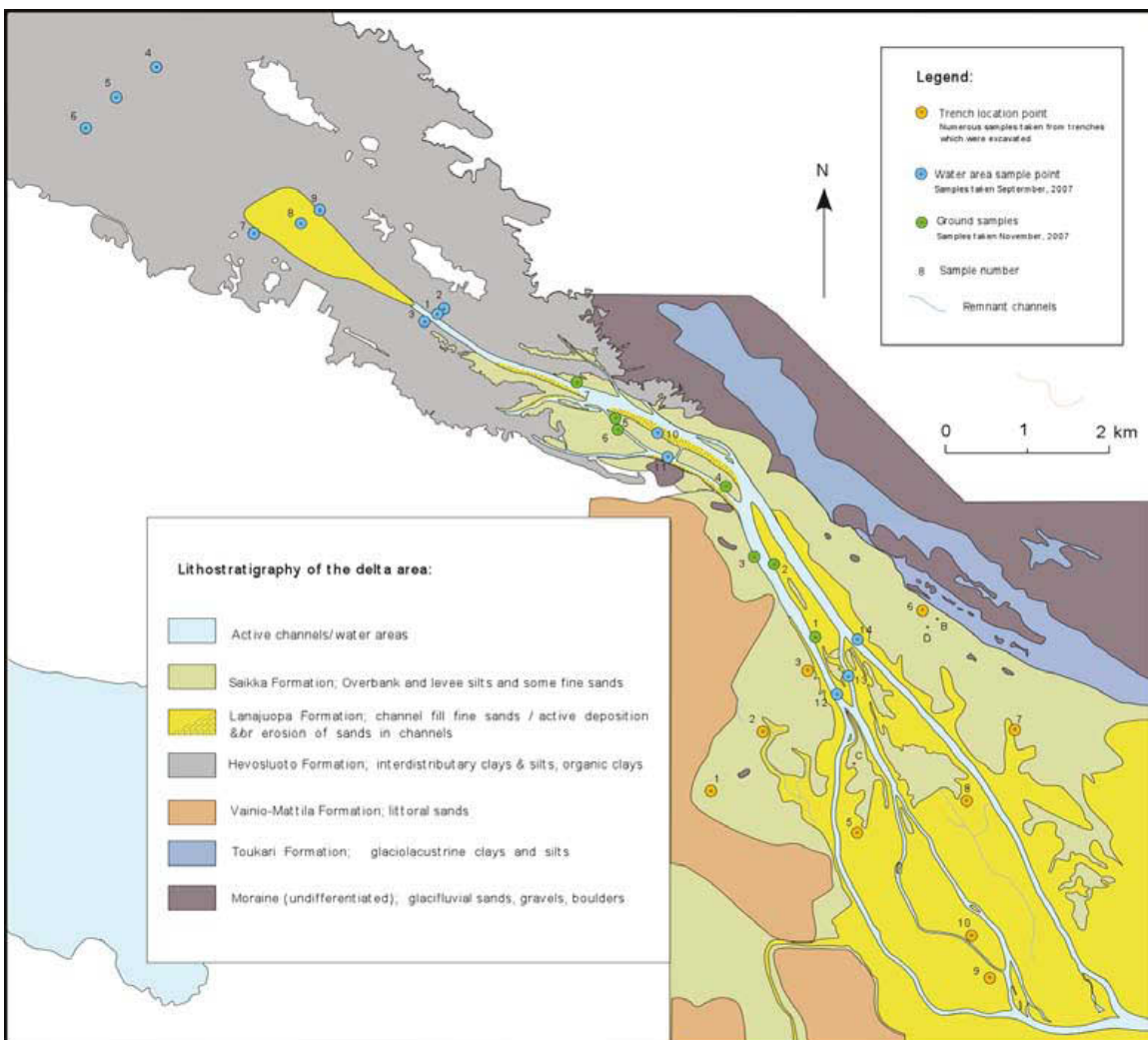
Taulukko 1. VNA 217/2007 mukaisia maaperän haitallisten aineiden kynnys- ja ohjearvoja.

Aine	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg
Arseeni	5	50	100
Elohopea	0,5	2	5
Kadmium	1	10	20
Kromi	100	200	300
Kupari	100	150	200
Lyijy	60	200	750
Nikkeli	50	100	150
Sinkki	200	250	400
PAH	15	30	100
PCB	0,1	0,5	5
PCDD-PCDF--PCB	0,00001	0,001	0,0015
TBT-TPT	0,1	1	2

3 Tulokset

Maaperätutkimusten tulosten perusteella tutkimus-alue on jaettu viiteen maanpinnalle tai tutkimuskai- vantoihin ulottuvaan litostratigrafiseen muodostu-

maan ja suistoa ympäröivään moreeniin kuvan 16 mukaisesti. Tutkimusalueen moreeni on normaali- tai runsaskivistä, löyhää hiekkamoreenia, jonka paksuus kallion päällä vaihtelee välillä 1-5 metriä.



Kuva 16. Kokemäenjoen suiston ja sen edustan vesialueen maaperämuodostumien litostratigrafinen kartta. Säikkä-muodostuma – joen tulvavallin ja tulvakerrostuman kerroksellista silttiä ja hienoa hiekkää, Lanajuopa-muodostuma – jokiuomien ja suiston edustan ristikerroksellista hienoa hiekkää, Hevosluoto-muodostuma – suiston edustan kerroksellista savea ja silttiä, Vainio-Mattila-muodostuma – rantavyöhykkeen vaakakerroksellista hiekkää, Toukari-muodostuma – mannerjäätiköstä Itämeren altaaseen rytmisesti kerrostunutta lustosavea ja silttiä, Moreeni – jäätikön kerrostama lajittumaton hienoaineksen, hiekan, soran ja lohkareiden kerrostuma.



Kuva 17. Lähikuva Toukari–muodostuman kerroksellisesta savesta ja siltistä tutkimuskaivannolla T6 (Toukari). Sedimentti koostuu hienon siltin ohuista välikerroksista, jotka vähitellen hienonevat ylöspäin saveksi. Kuva: Catherine Cripps

3.1 Toukari–muodostuma (Jääjärven kerralliset siltit ja savet)

Visuaaliset yleispiirteet ja alueellinen vaihtelu

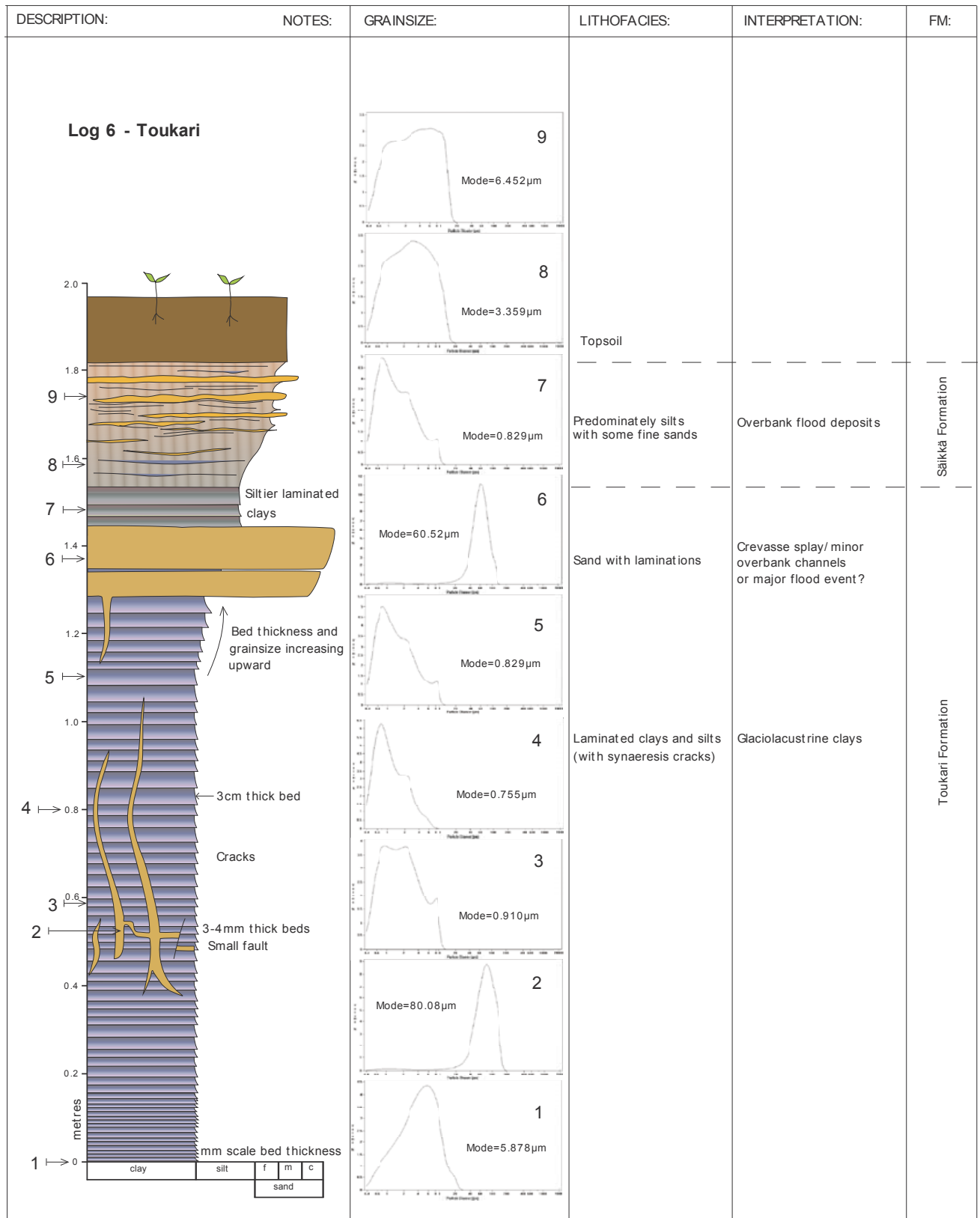
Toukari–muodostuma edustaa Kokemäenjoen suistoalueen alinta muodostumaa. Alueellisesti se sijaitsee maanpinnalla litostratigrafisen kartan (kuva 16) koillisosassa. Tutkimusalueella sitä tavattiin tutkimuskaivannoissa T2 (Säikkä II), T6 (Toukari) ja T7 (Makkarajuopa). Kyseessä on Kokemäenjoen suistoalueen laaja-alaisin muodostuma. Toukari-muodostuman siltit ja savet sijaitsevan stratigrafisesti Kokemäenjoen suuntaisesti alueella kulkevan harjun kerrostumien päällä. Harjukerrostumien ja Toukari-muodostuman kontakti havaittiin tutkimusalueella vain yhdessä syvämmässä kairauspisteessä. Toukari-muodostuma on siis delta-alueen alin kerrostuma jonka päälle varsinaiset joen tuomat sedimentit ovat laajalti kerrostuneet. Muodostuman kerrossarja käsittää selkeästi kerroksellista savea ja siltiä kuten nähdään kuvissa 17, 18 ja 19. Muodostuman profiilit on esitetty kuvissa 20, 21 ja 22.



Kuva 18. Toukari–muodostumaa tutkimuskaivannolla T2 (Säikkä II). Kuva: Catherine Cripps



Kuva 19. Toukari–muodostuman kerrallista siltiä ja savea Porin kaupungin jätevedenpuhdistamon rakennustyömaalla Luotsinmäenjuovan läheisyydessä. Kuva: Matti Räsänen



Kuva 20. Toukarin alueella sijaitsevan tutkimuskaivannon T6 kerrosjärjestystä kuvaava profiili. Sijainti kuvassa 3. Näytepisteiden numerot 1-9 kuvaavat mistä tasoista näytteet raekokoanalyysiin ja geokemiallisiin analyysiin on otettu.

DESCRIPTION:	NOTES:	GRAINSIZE:	LITHOFACIES:	INTERPRETATION:	FM:
<p>Log 7 - Makkarajuopa</p>	<p>Topsoil</p> <p>Discontinuous sand layers showing faint ripples</p> <p>Pebble found - long axis 7mm in length</p> <p>Gradually coarsening upward and becoming more silty</p> <p>Clay layers showing additional internal laminations and normal grading</p>		<p>Topsoil</p> <p>Predominately silts with fine sands</p> <p>Laminated clays and silts</p>	<p>Overbank flood deposits</p> <p>Glaciolacustrine clays</p>	<p>Saikka Formation</p> <p>Toukari Formation</p>

Kuva 21. Makkarajuovan alueella sijaitsevan tutkimuskaivannon T7 kerrosjärjestystä kuvaava sedimentologinen profiili. Sijainti kuvassa 3.

DESCRIPTION:	NOTES:	GRAINSIZE:	LITHOFACIES:	INTERPRETATION:	FVI:
<p>Log 2 - Saikka II</p>	<p>Topsoil</p> <p>sub-parallel lamination</p> <p>Faint ripples Pebbles 7mm length</p> <p>Gutter clasts</p> <p>Bed thickness decreasing upwards</p> <p>Clay layers showing additional internal laminations and normal grading</p> <p>No section due to collapse of trench wall</p>		<p>Topsoil</p> <p>Fining upwards, well sorted sands and silts</p> <p>Laminated clays and silts</p>	<p>Overbank flood deposits: - distal crevasse splay</p> <p>- proximal crevasse splay</p> <p>Glaciolacustrine clays</p>	<p>Saikka Formation</p> <p>Toukari Formation</p>

Kuva 22. Säikän alueella sijaitsevan tutkimuskaivannon T2 (Säikkä II) kerrosjärjestystä kuvaava sedimentologinen profiili.

Raekokojakauman luonne ja vaihtelut

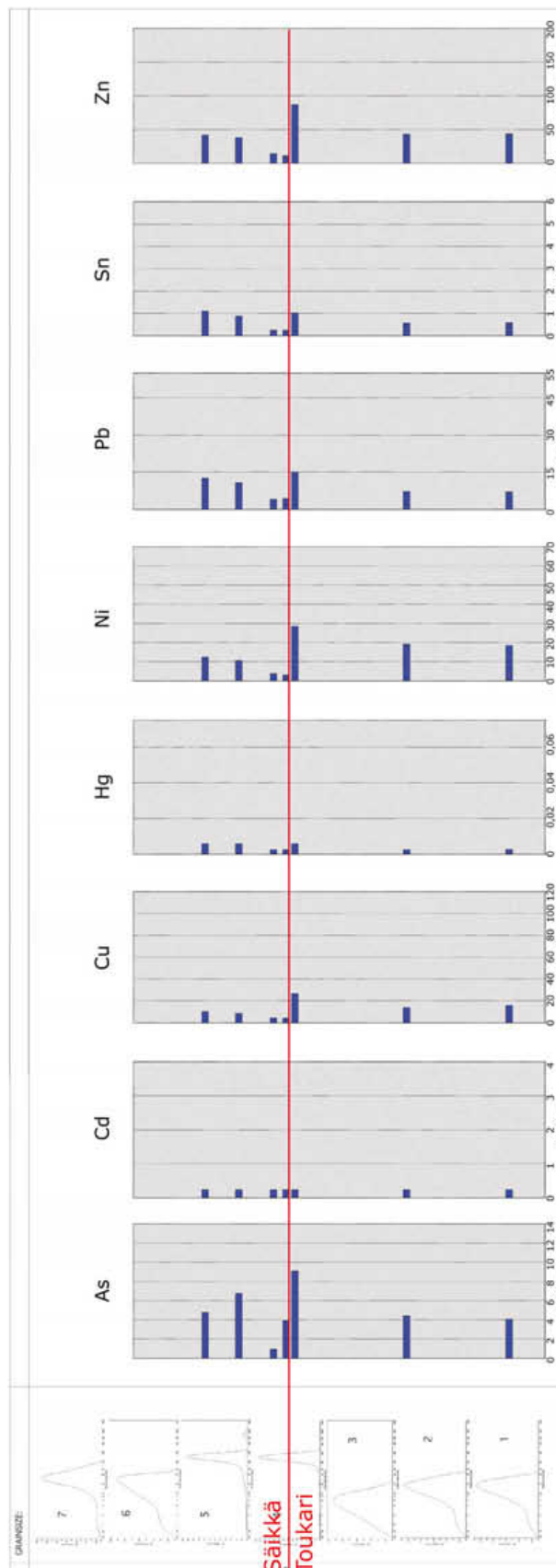
Muodostuma on suistoalueen maaperäyksiköistä hienorakeisin ja koostuu selvästi kerrallisesta savesta ja siltistä. Yksittäisten kerrosten sisällä raekoko pienenee alhaalta ylöspäin. Yleisesti raekoko on keskimäärin <math><6 \mu\text{m}</math>, vaikka joissain näytteissä siltti onkin dominoivampaa raekoon ollessa noin 20 $\mu\text{m}</math>. Todellisuudessa aines on todennäköisesti hieman hienompaa kuin tulokset osoittavat, sillä laserdiffraktioon perustuvan menetelmän on todettu antavan jonkin verran karkeampia tuloksia hienoissa raekoissa kuin muiden menetelmien (Blott ja Pye 2006).$

Geokemialliset piirteet ja niiden vaihtelu

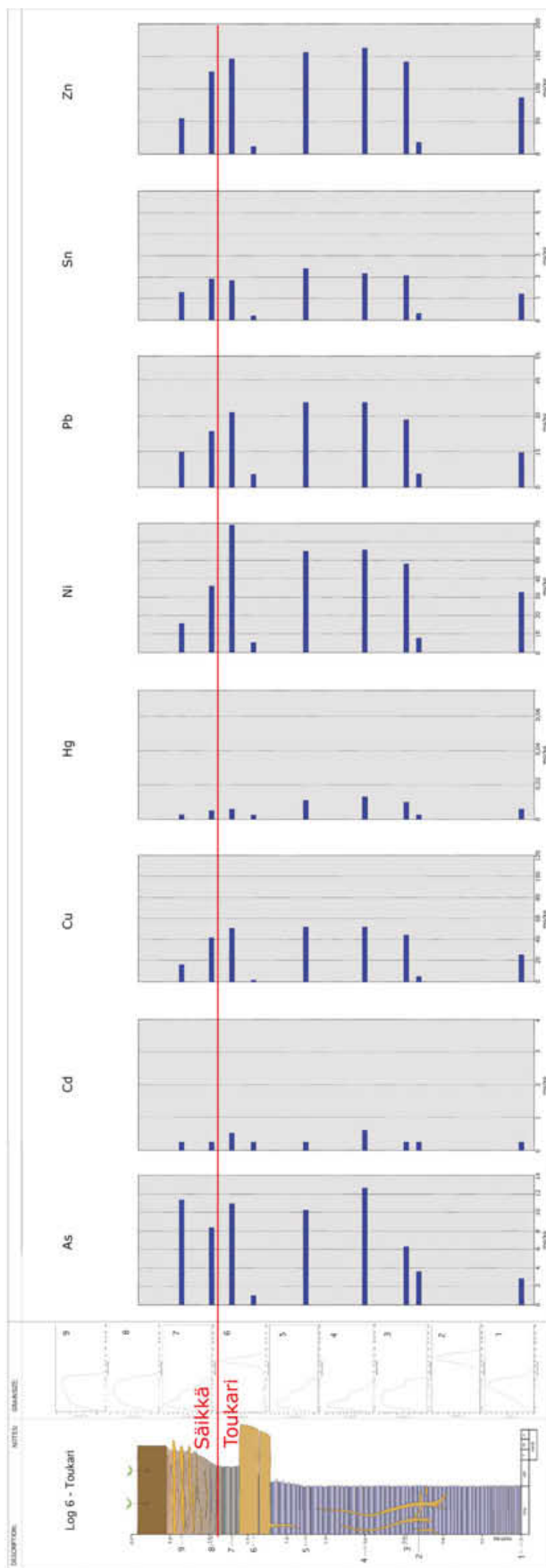
Kolmessa Toukari-muodostuman ainesta edustavassa tutkimuskaivannossa yleinen trendi diagrammissa esitettyjen alkuaineiden osalta on pitoisuuksien kasvaminen mentäessä alhaalta ylöspäin kohti maanpintaa. Poikkeuksen tässä suhteessa muodostaa rikki, jossa pitoisuus kasvaa alaspäin mentäessä. Kuvissa 23, 24 ja 25 on esitetty muodostumaan kuuluvien tutkimuskaivantojen T2, T6 ja T7 (Säikkä II, Toukari sekä Makkarajuopa) pitoisuuksien vaihtelu kahdeksan alkuaineen osalta.

Kaivannossa T2 (Säikkä II) Toukari-muodostuman välittömän yläosan näytteen arseenipitoisuus (9,14 mg/kg) ylittää valtioneuvoston asetuksen kynnyksen (5 mg/kg). Kadmiumpitoisuus jää alle määrittämissä rajan (<math><0,5 \text{ mg/kg}</math>), samoin elohopean pitoisuudet Toukari-muodostuman alimmassa osassa (määrittämissä raja <math><0,005 \text{ mg/kg}</math>).

Tutkimuskaivannossa T7 (Makkarajuopa) arseenin kynnyksenarvo 5 mg/kg ylittyy kaikissa Toukari-muodostuman näytteissä. Lisäksi muodostuman välittömän yläosan näytteen osalta myös nikkelin kynnyksenarvo (50 mg/kg) ylittyy hieman (50,3 mg/kg). Kadmiumpitoisuudet ovat alle määrittämissä rajan muodostuman alaosassa. Ylimmässä näytteessäkin on vain pieni pitoisuus (0,55 mg/kg).



Kuva 23. Tutkimuskaivannon T2 (Säikkä II) geokemiaa



Kuva 24. Tutkimuskaivannon T6 (Toukari) geokemiaa

Kaivannossa T6 (Toukari) arseenin kynnysarvo ylittyy Toukari-muodostuman kaikissa muissa paitsi alimmaisessa näytteessä. Myös nikkelin kynnysarvo ylittyy muodostuman yläosan näytteissä (55,1-68,9 mg/kg). Kadmiumin pitoisuudet jäävät alle määrittämissä lähes kaikissa näytteissä. Muodostuman yläosan näytteestä (näyte 7) tutkittiin myös orgaaniset haitta-aineet, jotka jäivät kaikki alle määrittämissä rajojen.

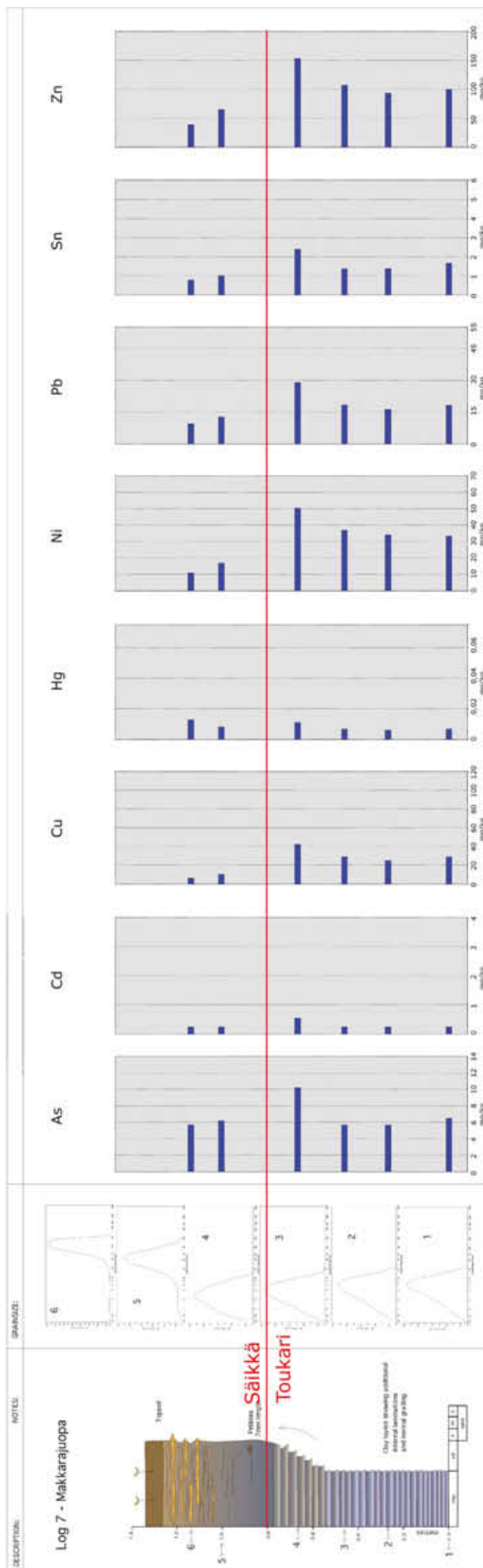
Alkuainepitoisuudet ovat yleisesti suurimpia tutkimuskaivannossa T6 (Toukari) ja pienimpiä kaivannossa T2 (Säikkä II).

Synnyin tulkinta ja geokemiallisten piirteiden selitys

Toukari-muodostuma koostuu Itämeren ns. Yoldia-meri-vaiheessa jäätikön reunan eteen kerrostuneesta kerroksellisesta savesta ja siltistä. Muodostuma näkyy tyypillisimmillään tutkimuskaivannossa T6 Toukarissa (kuva 20). Muodostumalle tyypillinen kerroksellisuus syntyy yksittäisten vuotuisten ja vuodensisäisten jäätiköltä tulevien sulavesisykliä aiheuttamasta siltin ja hienomman saven kerrostumisesta.

Toukari-muodostumaan leikkautuvien kaikkien kolmen tutkimuskaivannon T2, T6 ja T7 arvioidaan edustavan Toukari-muodostuman n. 10 000 vuotta sitten tapahtunutta sedimentaatiota (kuva 20). Toukarin raekoot ovat muita kaivantoja pienemmät jolloin alkuaineiden sitoutumiskyky sedimentissä on myös parempi.

Kaiken kaikkiaan Toukari-muodostumassa alkuainepitoisuudet ovat alhaisella luonnollisella tasolla ja vain arseenin ja nikkelin arvot ylittävät valtioneuvoston asetuksen antamat kynnysarvot. Ne osoittavat kuitenkin alueen luonnollisen taustapitoisuuden olevan tavallista korkeampi (Kuusisto ym. 2007).



Kuva 25. Tutkimuskaivannon T7 (Makkarajuopa) geokemiaa

3.2 Vainio-Mattila–muodostuma (Rantavyöhykkeen litoraaliset hiekat)

Visuaaliset yleispiirteet ja alueellinen vaihtelu

Vainio-Mattila–muodostuma käsittää tutkimusalueen läntisen osan. Muodostuman reuna-alueet seuraavat karkeasti 1:20 000 peruskartassa 2,5 metrin korkeuskäyrää. Litostratigrafisessa kartassa (kuva 16) nähdään muodostuman alueellinen levinneisyys. Tutkimuskaivannoista kaivanto T4 edustaa Vainio-Mattila–muodostumaa. Kaivannon sijainti on esitetty kuvissa 2 ja 3. Muodostuman laajuutta tutkittiin kaivannon lisäksi kartoitussauvalla sekä ilmakuvia tarkastelemalla (kuva 26). Vainio-Mattila-muodostuman (tutkimuskaivanto T4) kerrosjärjestystä kuvaava sedimentologinen profiili on esitetty kuvassa 27.

Raekokojakauman luonne ja vaihtelut

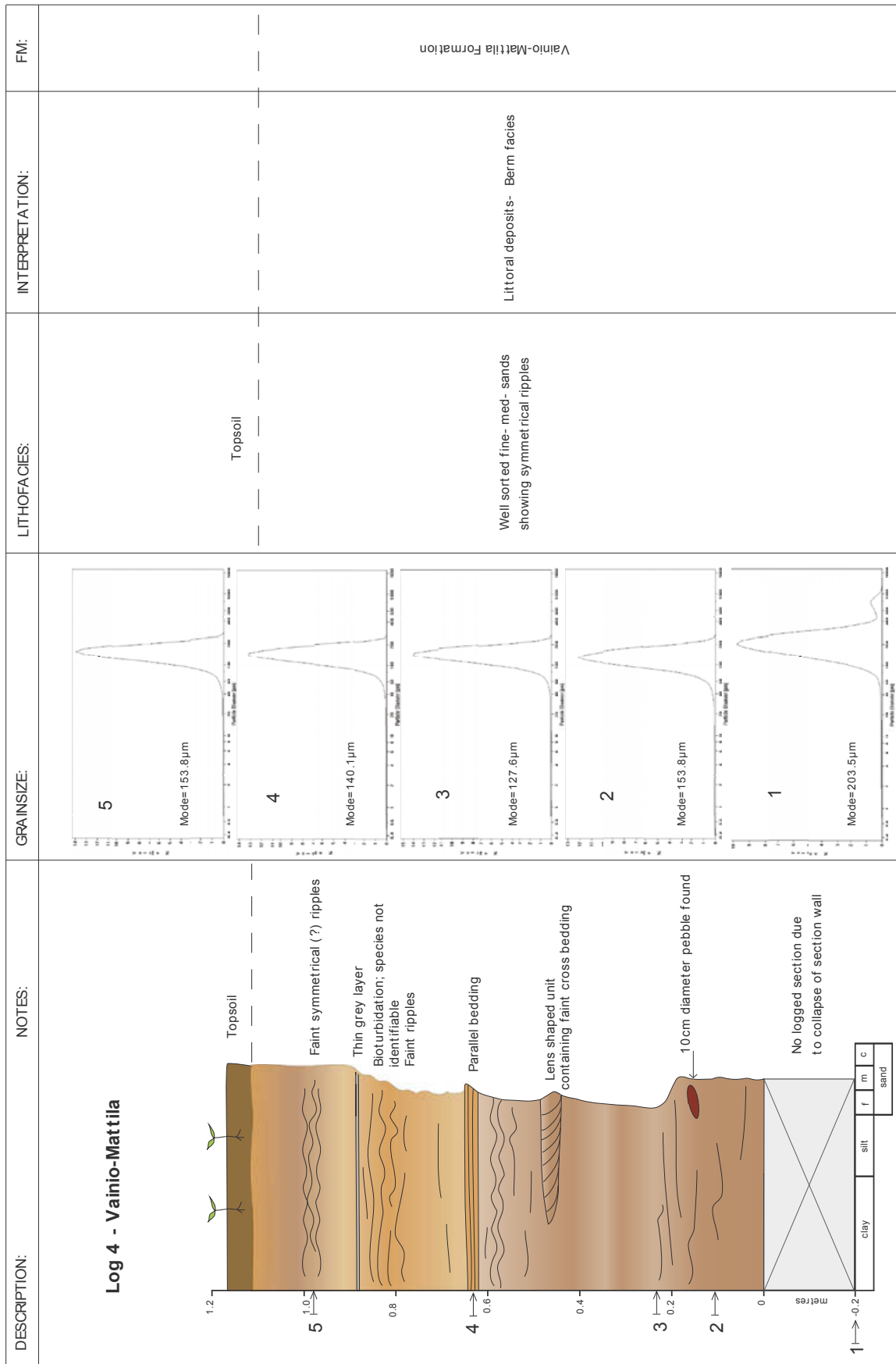
Muodostuma koostuu väriltään oransseista ja vaaleanpunaisista hiekoista, jotka ovat hyvin lajittuneita ja rakeet pyöristyneitä. Raekoko vaihtelee hienosta hiekasta keskikarkeaan. Maastossa tutkimuskuopan seinämän materiaalin havaittiin olevan ylöspäin karkeeneva. Koko kaivannon alueella oli havaittavissa symmetrisiä väreitä, esiintymistiheyden kasvaessa ylöspäin mentäessä. Havaittavissa oli myös hieman bioturbaatiota sekä pienessä osassa kaivantoa ristikerroksellisuutta. Näytteiden raekoko vaihtelee keskimäärin välillä 203.5 µm - 127.6 µm (rakennusteknisessä luokittelussa hieta).

Geokemialliset piirteet ja niiden vaihtelu

Vainio-Mattila–muodostuman hiekkaisissa aineksissa alkuainepitoisuudet ovat kauttaaltaan pieniä. Kuvassa 28 on esitetty kahdeksan eri alkuaineen pitoisuudet kaivannon näytteissä. Arseenin (As), kadmiumin (Cd) ja elohopean (Hg) pitoisuudet jäävät jokaisessa näytteessä alle määrittäysrajan (määrittäysrajat: As <2 mg/kg, Cd <0,5 mg/kg, Hg <0,005 mg/kg), samoin myös osa kuparin (Cu) ja lyijyn (Pb) pitoisuuksista (määrittäysrajat: Cu <1 mg/kg, Pb <4 mg/kg).



Kuva 26. Keväällä 2005 otettu ilmakuva, jossa nähtävissä Vainio-Mattila-muodostuman pintatopografiasta erottuvat suurin piirtein itä-länsisuuntaiset mutkittelevat rakenteet. Rakenteiden on tulkittu edustavan 1500-luvulla välittömästi vedenpinnan tason alapuolelle syntyneitä rannansuuntaisia hiekkasärkkiä. Tutkimuskaivanto 4 merkitty kuvaan punaisella pisteellä. (TRUE ORTO 13.5.2005 Porin kaupungin Mittaustoimi)



Kuva 27. Vainio-Mattilan tutkimuskaivannon T4 kerrosjärjestystä kuvaava sedimentologinen profiili.

Synnyn tulkinta ja geokemiallisten piirteiden selitys

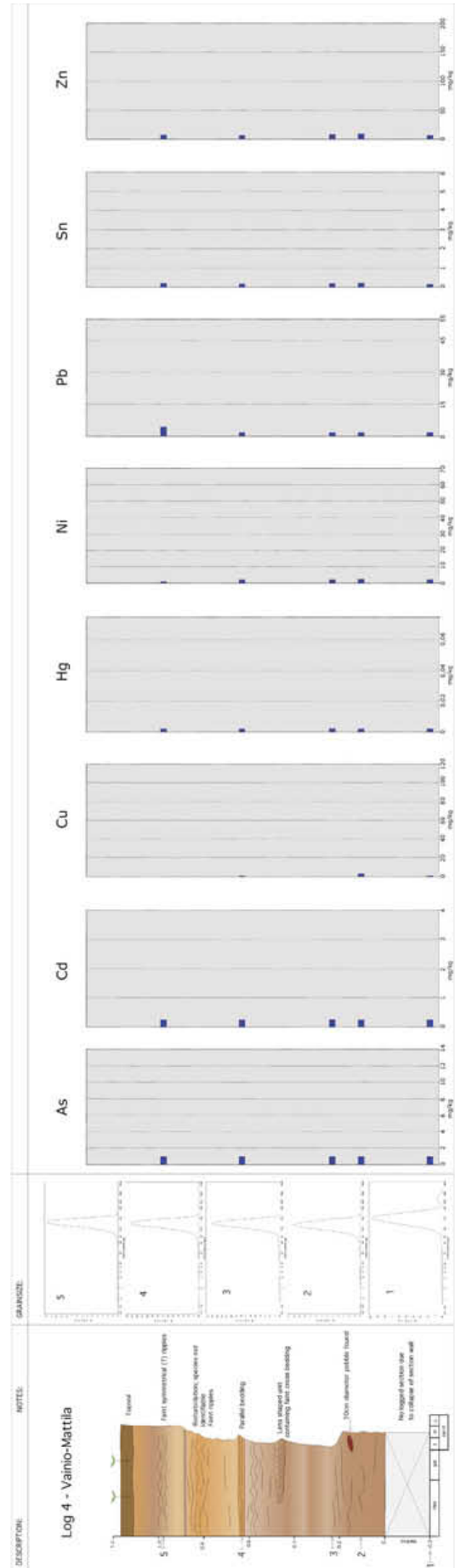
Kaivannon seinämästä havaittujen piirteiden: lajittuneisuuden, pyörityneisyyden, ylöspäin karkenevuuden sekä rakenteen perusteella kyseessä on matalaan veteen kerrostunut rantakerrostuma. Kyseessä on Pihlavanlahden aikaisempi rantaviiva ajalta, jolloin jokisuisto ei vielä ollut edennyt nykyiseen mittaansa alueelle. Symmetriset väreet ilmentävät aaltojen vaikutusta. Keväällä 2005 otetusta ilmakuvasta (kuva 26) nähtävästä muodostuman pintatopografiasta ja sen aiheuttamasta pintakuviosta voidaan päätellä kaivannon edustavan yläosiltaan vedenalaisia matalia särkkiä.

Vainio-Mattilan muodostuma edustaa Kyläsaaren (Kokemäensaaren) hiekkaista rantaviivaa 1500-luvulta kun Kokemäenjoen delta sijaitti vielä nykyisen Porin kaupungin alueella ja jää näin ollen suistoalueen ulkopuolelle. Ihmistoiminta ei ole vaikuttanut muodostuman geokemiallisiin ominaisuuksiin. Suiston sedimentit, jotka Kokemäenjoki on alueelle kuljettanut, rajautuvat Vainio-Mattila-muodostumaan sen itäreunalla.

3.3. Hevosluoto-muodostuma (Suiston pääuomien välisten poukamien ja suiston edustan sedimentit)

Visuaaliset yleispiirteet ja alueellinen vaihtelu

Hevosluoto-muodostumaa havaitaan tutkimuskaivannossa T5 (Hevosluoto), tutkimuskaivannossa T3 (Säikkä III) ja tutkimuskaivannossa T8 (Hanhiluoto) sekä vesialueen uloimmilla näytteenottopisteillä V2, V4, V5, V6 ja nykyisen jokiuoman pisteillä V10, V11, V12 ja V13 sekä todennäköisesti vedenalaisilla alueilla saarien lähistöllä ja suojaisten lahdelmien perukoissa. Muodostumalle on luonteenomaista massiivinen musta, sulfidirikas savinen siltti tai massiivinen tai heikosti kerroksellinen savinen siltti (kuvat 29 ja 30). Parhaiten muodostumaa kuivalla maalla edustaa Hevosluodon tutkimuskaivanto T5. Hevosluoto-muodostuman aines on siis astetta karkeampaa ja orgaanisempää kuin sen alla esiintyvän Toukari-muodostuman



Kuva 28. Vainio-Mattila muodostuman geokemiaa (tutkimuskaivanto T4)



Kuva 29. Tutkimuskaivannon T5 (Hevosluoto) alaosassa Hevosluoto-muodostuman tummaa sulfidipitoista savista silttiä. Kuva: Catherine Cripps



Kuva 30. Hevosluoto-muodostuman nykyisin kerrostuvaa kerroksellista savea ja silttiä suiston kairauspisteessä 12-1. Näyte syvyydeltä 0.4-0.8 m. Kuva P. Huhta

aines. Näiden muodostumien kontaktia ei kuitenkaan tavoitettu tämän tutkimuksen kaivantojen yhteydessä. Tutkimuskaivannon T5 (Hevosluoto) profiili on kuvassa 31, tutkimuskaivannon T3 (Säikkä III) kuvassa 32 ja tutkimuskaivanto T8 on kuvattu kuvassa 46.

Raekokojakauman luonne ja vaihtelut

Muodostumalle on ominaista heikosti kerroksellinen, orgaanista materiaalia sisältävä savinen siltti, jossa nähdään useasti myös järviruo'on (*Phragmites communis*) jäänteitä. Raekoko vaihtelee välillä 18-28 µm. Muodostumaan leikkautuvissa kaikissa kaivannoissa havaitaan aineksen ylöspäin karkeneva rakenne.

Nykyisin suiston edustan vesialueella kerrostuva Hevosluoto-muodostuman aines on kerroksellista sulfidipitoista savista silttiä (kuva 30).

Geokemialliset piirteet ja niiden vaihtelu

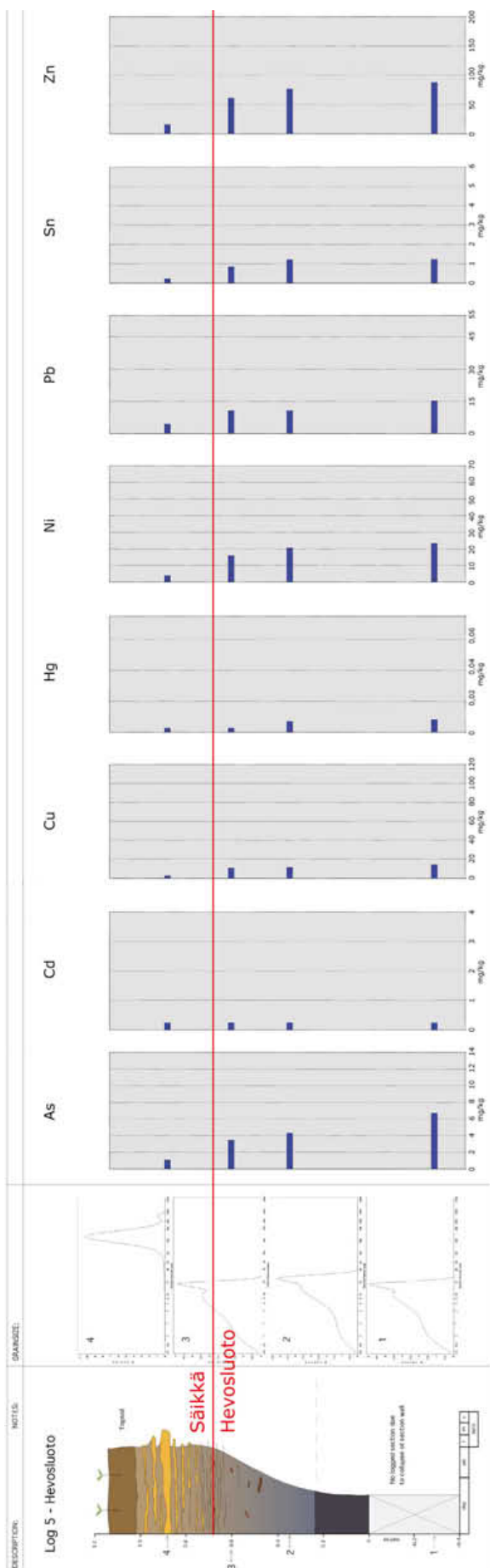
Kuvissa 33, 34 ja 35 on esitetty Hevosluoto -muodostuman pitoisuudet kahdeksan alkuaineen osalta. Kaivantojen alkuainepitoisuudet ovat hyvin samansuuntaisia. Tutkimuskaivannon T5 (Hevosluoto) Hevosluoto-muodostuman alaosa sisältää arseenia (6,64 mg/kg) joka on hieman yli valtioneuvoston asetuksessa 214/2007 määritetyn kynnsarvon (5 mg/kg), samoin tutkimuskaivannon T8 (Hanhiluoto) näyte (7,02 mg/kg). Kaikkien näytteiden kadmiumpitoisuudet jäävät alle määritysrajan (<0,5 mg/kg), samoin tutkimuskaivanto T5:n (Hevosluoto) kaivannon yläosan elohopeapitoisuudet (määritysraja <0,005 mg/kg). Muissa näytteissä pitoisuuksia on, mutta ne ovat melko pieniä (0,005-0,008 mg/kg). Tutkimuskaivanto T5:n (Hevosluoto) alaosan savesta mitattu hehketus-häviö on kaikkiin tässä tutkimuksessa analysoituihin muodostumiin verrattuna suurimpia (6,77 %) ja sama havaitaan myös tutkimuskaivanto T3:ssa (Säikkä III) muodostuman yläosassa (6,72 %). Tutkimuskaivannossa T3 (Säikkä III) Hevosluoto- muodostuman ala- osasta on analysoitu myös orgaaniset haitta-aineet, jotka jäävät kaikki määritysrajojen alapuolelle.

DESCRIPTION:	NOTES:	GRAINSIZE:	LITHOFACIES:	INTERPRETATION:	FACIES:
<p>Log 5 - Hevosluoto</p>		<p>Topsoil</p> <p>Interbedded silts and fine sands</p> <p>Silty clay</p> <p>Black sulphide rich clay</p>	<p>Overbank flood deposits</p> <p>Distal part of prograding levee with Phragmites</p> <p>Increasing influence of the delta front</p> <p>Interdistributary bay area</p>	<p>Saikkä Formation</p> <p>Hevosluoto Formation</p>	

Kuva 31. Tutkimuskaivannon T5 (Hevosluoto) sedimentologinen profiili

DESCRIPTION:	NOTES:	GRAINSIZE:	LITHOFACIES:	INTERPRETATION:	FM:
<p>Log 3 - Saikka III</p>	<p>Topsoil</p> <p>Plant fragments of <i>Phragmites</i> resting on bedding plane</p> <p>Discontinuous sand ripples several mm thick</p> <p>Faint laminations</p>		<p>Topsoil</p> <p>Silt with sand ripples</p> <p>Clayish silt: ~50% clay; 50% silt</p>	<p>Present day erosion/deposition surface</p> <p>Overbank flood deposits</p> <p>Interdistributary bay area Brackish clays and silts</p>	<p>Saikka Formation</p> <p>Hevosluoto Formation</p>

Kuva 32. Tutkimuskaivannon T3 (Säikkä III) sedimentologinen profiili



Kuva 33. Hevosluoto-muodostuman geokemiaa tutkimuskaivannossa T5.

Sitä vastoin Pihlavanlahdella, nykyisen jokisuiston edustalla vielä veden alla sijaitsevassa Hevosluoto–muodostuman osassa (vesialueen sedimenttinäytteet) arseenin kynnysarvo ylittyy näytettä V13-2 lukuun ottamatta kaikissa. Pitoisuus on suurimmillaan 12,8 mg/kg (näyte V10-2). Näytepisteiden V4 ja V5 pinnimmaisissa näytteissä ylittyy myös kadmiumin kynnysarvo (1 mg/kg) lievästi (1,11 ja 1,69 mg/kg). Samoissa näytteissä ylittyy myös elohopean kynnysarvo (0,5 mg/kg). Tinan pitoisuudet vaihtelevat näytepisteissä välillä 1,29-5,40 mg/kg, nikkelin välillä 14,2-47,6 mg/kg ja kuparin välillä 11-91,5 mg/kg. Lyijyä on 9,52-52,4 mg/kg ja sinkkiä 50,4-181 mg/kg.

Orgaanisia haitta-aineita löytyy näytteestä V6-2 jonkin verran (PAH yht. 155 µg/kg, PCDD- ja PCDF-yhdisteitä 2,3 pg/g), mutta pitoisuudet eivät ylitä kynnysarvoja. Samoin PCDD- ja PCDF –yhdisteitä on hieman näytteissä V4-1 ja V10-2 (2,1 ja 2,5 pg/g).

Elohopean pitoisuus on Hevosluoto-muodostuman vedenalaisissa nuoremmassa osassa (vesialueen sedimentinäytteet) selvästi korkeampi kuin kuivan maan tutkimuskaivannoissa.

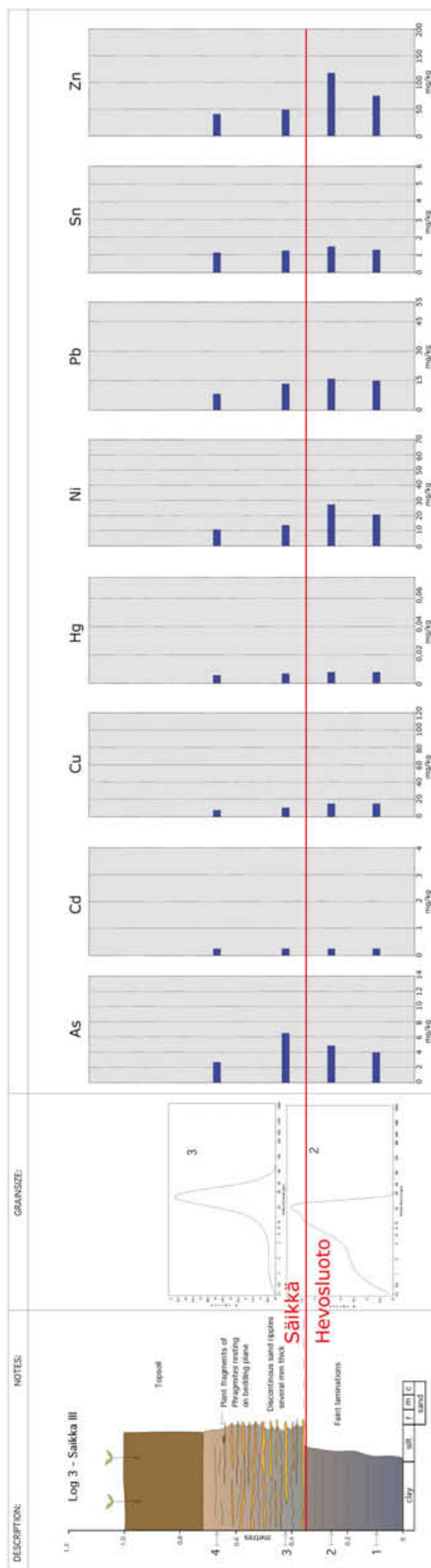
Synnyn tulkinta ja geokemiallisten piirteiden selitys

Hevosluoto–muodostuman tulkitaan olevan makeaan ja murtoveteen kerrostunut savinen hieno siltti-kerrostuma, joka on syntynyt Pihlavanlahteen etenevän Kokemäenjoen suiston pääuomien välisten suojaisten lahdelmien ja suiston edustan ympäristössä. Lahdelma on sijainnut mm. Hevosluodon saaren alueella 1700-luvun loppupuolella ja 1800-luvun alussa kahden uoman (Raumanjuopa ja Lanajuopa) välisessä poukamassa. Paikallisen maanviljelijän mukaan Hevosluoto-muodostuma esiintyy kattavasti sen päällä olevan Säikkä-muodostuman alla laajasti Hevosluodon saaren alueella. Tämä tukee tässä työssä tehtyjä havaintoja ja tutkimuskaivantojen T3 ja T8 dokumentaatio osoittaa Hevosluoto-muodostuman sedimenttien esiintyvän hyvin laajalti suiston alueella. Hevosluoto-muodostumaa syntyy nykyään vedenalaisilla alueilla suiston suojaisissa poukamissa joissa vesikasvillisuus on runsasta sekä suiston edustan vesialueella.

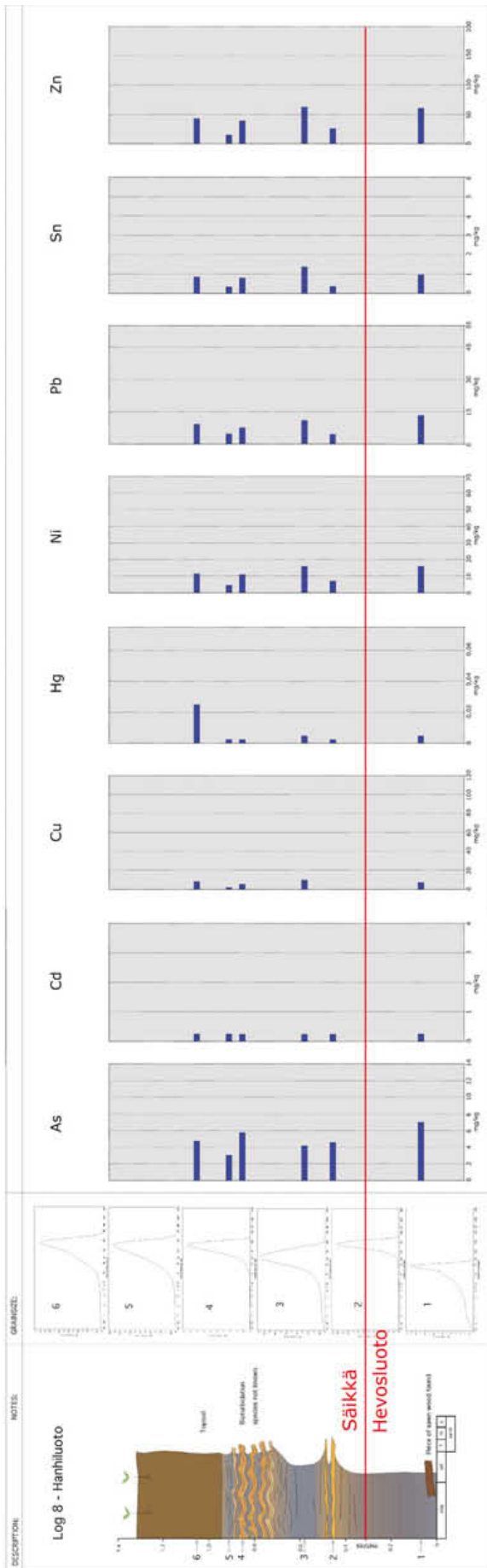
Tässä tutkituista Hevosluoto–muodostuman osista tutkimuskaivannoissa T5 (Hevosluoto), T3 (Säikkä III) ja T8 (Hanhiluoto) kaivantojen T5 ja T8 Hevosluoto-muodostumien sedimentit ovat kerrostuneet noin 1700-luvun lopussa tai 1800-luvun alussa. Tutkimuskaivannon T3 aines edustanee 1800-luvun puolivälin tai loppupuolen sedimentaatiota. Arseenin kynnysarvon ylitys tutkimuskaivannossa T5 saattaa johtua sen luontaisesta taustapitoisuudesta, joka on usein Satakunnan alueen savipitoisilla mailla korkeahko (Kuusisto ym. 2007)

Hevosluoto-muodostuma kerrostuu siis pääasiassa suiston edustalle, mutta osittain myös suiston pääuomien laidoille syntyneisiin suiston sulkeutuneisiin lahdelmiin. Nämä lahdetmat ovat nähtävissä historiallisissa kartoissa (Lindström 1897) ja ne ovat sijainneet pääasiassa Säikän, Hevosluodon ja Toukarin alueilla. Hevosluoto-muodostuman siltti–savi-kerroksia muodostuu laajalti nykyisen suiston vesialueella, esimerkiksi vesialueen sedimenttipisteiden V2 ja V6 paikkeilla. Muodostuman vedenalaista laajuutta on arvioitu kuvassa 16. Vedenalainen laajuus on kuitenkin toistaiseksi puutteellisesti kartoitettu.

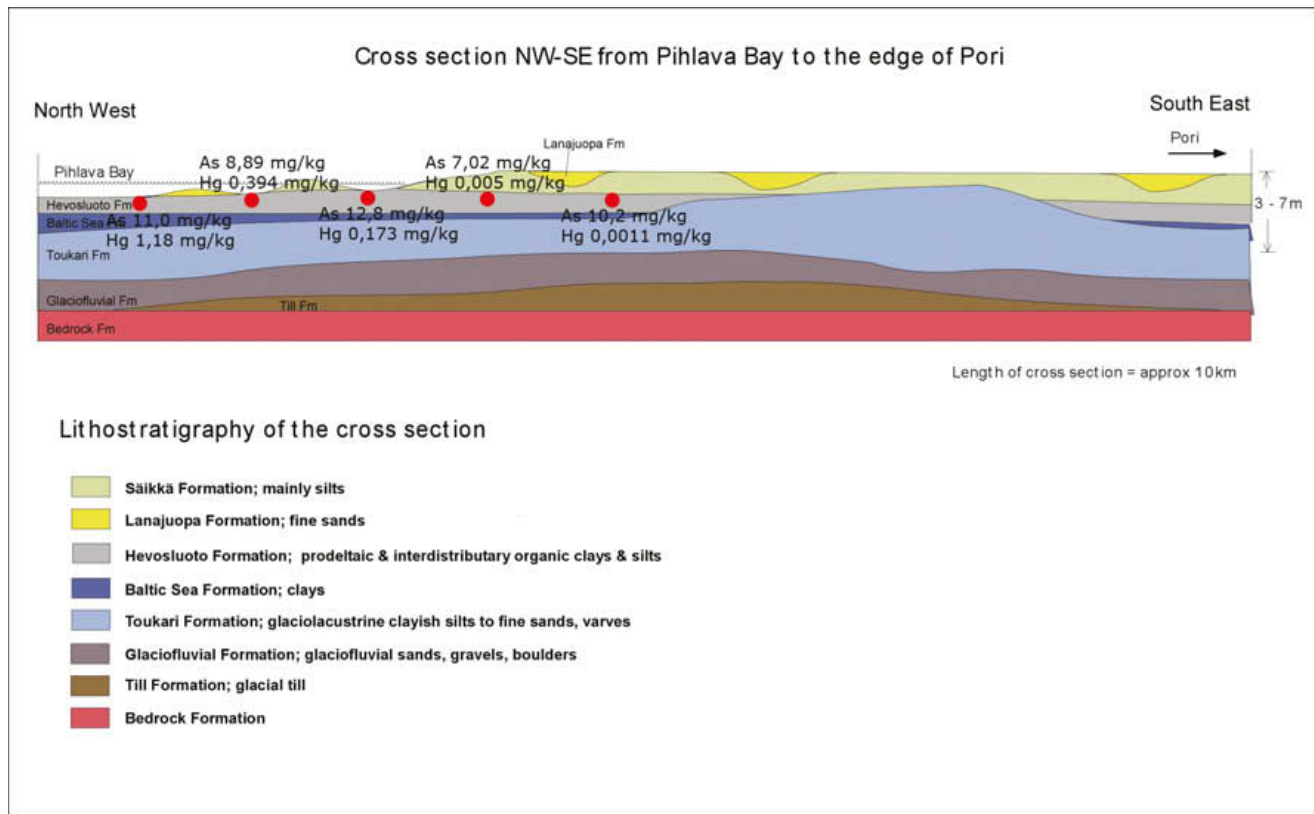
Hevosluoto muodostuman alkuainepitoisuudet kasvavat vanhimmista sedimenteistä nuorempiin päin mentäessä. Tämä on arseenin, elohopean, nikkelin, lyijyn, tinan ja sinkin osalta viite siitä, että niiden pitoisuuksien kasvu liittyy teollistumiseen ja ihmistoimintaa (Raunio 1992). Esimerkiksi Pb-pitoisuuksien kasvu vesialueen sedimenteissä nykyisen vesialueen Hevosluoto-muodostuman 52,4 ppm:n arvoin viittaa ihmistoiminnan vaikutukseen. Myös orgaanisten myrky-yhdisteiden esiintyminen vesialueen Hevosluoto-muodostumassa todistaa samaa. Elohopeapitoisuudet ovat joen vesinäytteissä olleet erittäin kohonneet aina 1980-luvulle saakka ja nykyään elohopeaa on sitoutuneena pohjasedimentteihin. Kuvassa 36 on esitetty arseeni- ja elohopeapitoisuuksien muutos Hevosluoto–muodostumassa. Elohopeapitoisuuksien kasvu kohti Hevosluoto muodostuman nuorempia osia viittaa ihmistoiminnan vaikutukseen.



Kuva 34. Tutkimuskaivannon T3 (Säikkä III) geokemiaa



Kuva 35. Tutkimuskaivannon T8 (Hanhiluoto) geokemiaa



Kuva 36. Arseeni- ja elohopeapitoisuuksien muutos Hevosluoto-muodostumassa.

3.4 Lanajuopa–muodostuma (Suiston uomien hiekkaiset kerrostumat)

Visuaaliset yleispiirteet ja alueellinen vaihtelu

Hiekkaista Lanajuopa–muodostumaa tavataan suiston kuivanmaan alueilla lähinnä tutkimusalueen kaakosisissa (kuvat 3 ja 16). Kuvissa 38 ja 39 on muodostumaan kuuluvien tutkimuskaivantojen T1 (Säikkä I) ja T9 (Hevosluoto II) kerrosjärjestystä kuvaavat profiilit. Lanajuopa-muodostuma on tyypillisimmillään nähtävissä kaivannossa T9 (Hevosluoto II).

Lanajuopa-muodostumaan katsotaan kuuluvaksi myös vedenalaiset hiekkakerrostumat Puussan luodosta länteen. Nämä Lanajuopa muodostuman hiekat näkyvät esimerkiksi Pihlavan sahan kohdalla Kokemäenjoen päävirtausuoman reunoilla maatutkaluotaustuloksissa. Lanajuopa-muodostuman hiekkojen voidaan todeta täällä olevan noin 60 cm paksuisena kerrostumana. Ne hahmottuvat tutkasignaalin pohjaheijasteen amplitudimaksimien lukumäärän perusteella. Tuloksista nähdään, että pohjalla on kaksi maakerrosta, joista ylempi on Lanajuopa-muodostuman hiekkaa ja alempi hienoainesrikasta Hevosluoto-muodostumaa. Tutkasignaalin tunkeutuminen loppuu Lanajuopa-muodostuman alapintaan. Koska ruopattun väylän reunat ovat säilyneet jyrkkinä, maa-aines on hienoainesta. Väylän reunoilla näkyy paikoin, miten uutta Lanajuopa-muodostuman hiekkaista maa-ainesta on alkanut uudelleen kasaantua ruopattuun uomaan (Hänninen ym. 2009).

Raekokojakauman luonne ja vaihtelut

Lanajuopa-muodostuma koostuu raekooltaan hienosta keskikarkeaan vaihtelevasta kerroksellisesta hiekasta. Pääosin raekokojen moodi on vajaa 200 mikrometriä. Kerroksellisuus koostuu kaltevista ylöspäin hienonevista hiekan ja hienoaineksen kerroksista. Hiekoissa on mm. ristikerroksellisuutta ja kiipeäviä väreitä. Tutkimuskaivannot T1 (Säikkä I) ja T9 (Hevosluoto II) leikkautuvat Lanajuopa-muodostuman kerrostumiin (kuvat 37 ja 40). Suiston edustan vesialueella Lanajuopa-muodostuman nykyisin kerros-



Kuva 37. Lanajuopa-muodostumaa tutkimuskaivanto T1:ssä (Säikkä I). Kuva: Catherine Cripps

tuvien hiekkojen topografia näkyy maatutkalinjoissa epäsymmetrisenä dyynirakenteina (kuva 41). Näiden vedenalaisten Lanajuopa-muodostuman osien raekoko on myös vajaan 200 mikronin luokkaa (kuva 42).

DESCRIPTION:	NOTES:	GRAINSIZE:	LITHOFACIES:	INTERPRETATION:	FM:
<p>Log 1 - Saikka I</p>			<p>Topsoil</p> <p>Fine sand showing inclined heterolithic stratification</p>	<p>Clay layers represent periods of deposition from suspension only</p> <p>Laterally migrating channel margin of a small distributary</p> <p>Lag gravel</p>	<p>a</p> <p>b</p> <p>c</p> <p>Lanajuopa Formation</p>

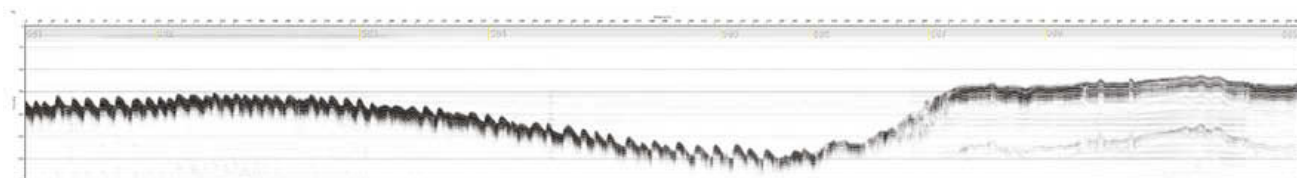
Kuva 38. Lanajuopa-muodostuman sedimentologinen profiili tutkimuskaivannossa T1 (Säikkä I)

DESCRIPTION:	NOTES:	GRAINSIZE:	LITHOFACIES:	INTERPRETATION:	FM:
<p>Log 9 - Hevosluoto II</p> <p>1.4 1.2 8 7 1.0 6 5 0.8 0.6 4 0.4 3 0.2 metres 1 → 0</p> <p>clay silt f m c sand</p>	<p>Topsoil</p> <p>Some soft sediment deformation (load and flame structures on bottom of sand layers)</p> <p>Inclined heterolithic stratification</p>	<p>8 Mode=185.3µm</p> <p>7 Mode=269.2µm</p> <p>6 Mode=324.3µm</p> <p>5 Mode=185.3µm</p> <p>4 Mode=429.2µm</p> <p>3 Mode=203.5µm</p> <p>2 Mode=168.8µm</p> <p>1 Mode=185.3µm</p>	<p>Topsoil</p> <p>Fine sands and silts</p> <p>Medium sands showing inclined heterolithic stratification</p>	<p>Overbank/ crevasse splay deposits</p> <p>Laterally migrating channel</p>	<p>Saikkä Formation</p> <p>Lanajuopa Formation</p>

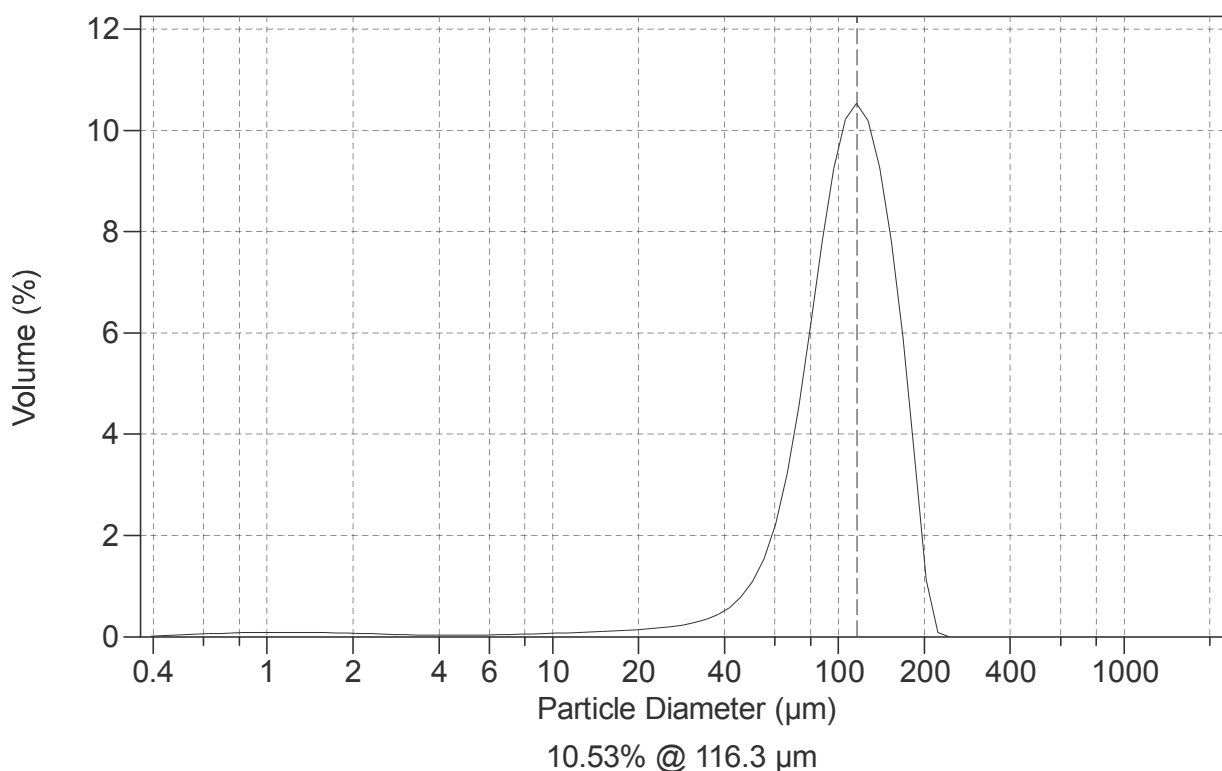
Kuva 39. Tutkimuskaivanto T9 (Hevosluoto II), jossa Lanajuopa-muodostuman hiekat esiintyvät profiilin alaosassa.



Kuva 40. Lanajuopa-muodostumaa kaivannossa T9 (Hevosluoto II). Kuvassa näkyy ristikerroksellista hiekkaa, joka tulkitaan kerrostuneeksi suiston uoman pohjalla.



Kuva 41. Maatutkalinja Pihlavanlahdelta jokisuiston ruopatun pääuoman suuosasta. Linjan suunta on kohti luodetta suiston pääuoman suunnassa ja siinä nähdään uoman pohjan pintaosan koostuvan hienosta hiekasta, joka kerrostuu epäsymmetristen noin 10 metriä pitkien ja arviolta 20-40 cm korkeiden vedenalaisten hiekka-aaltojen vaeltamisen seurauksena.



Kuva 42. Vesialueen sedimentinäytteen V8 välittömässä läheisyydessä olevan pohjan pintahiekan raekokomäärityksen tulos

Geokemialliset piirteet ja niiden vaihtelu

Lanajuopa-muodostumassa tutkimuskaivannossa T1 (Säikkä I) (kuva 43) pitoisuudet ovat kautta linjan melko pieniä. Kaikkien näytteiden arseeni-, kadmium- sekä elohopeapitoisuudet ovat alle määritysrajan. Lisäksi lyijy on alle määritysrajan (<4 mg/kg) kaivannon keskivaiheilla.

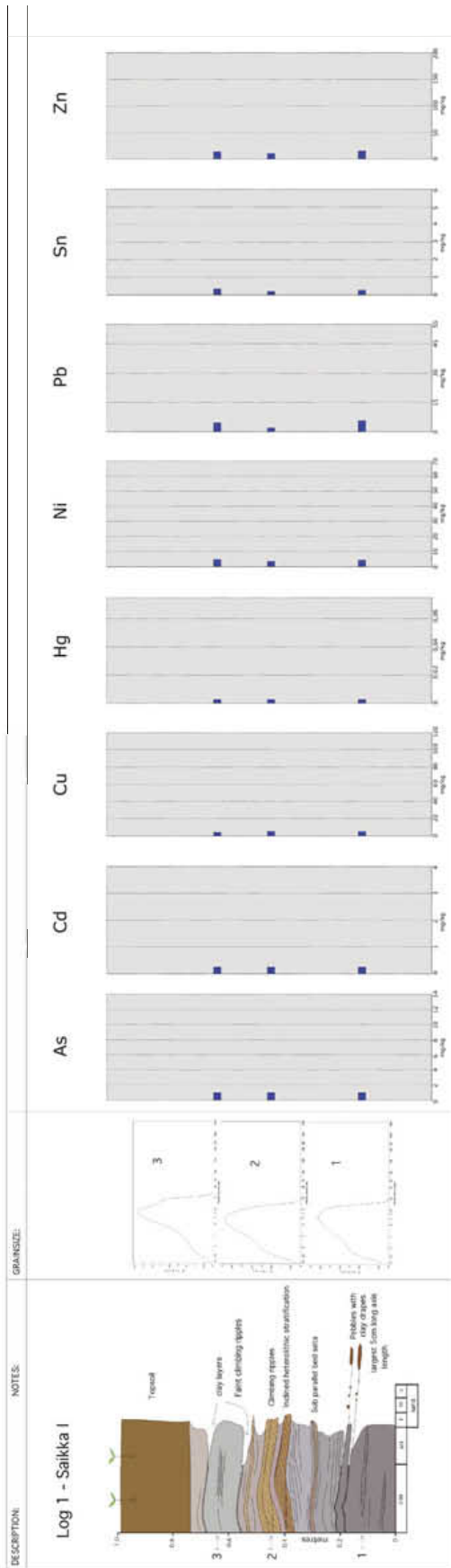
Tutkimuskaivannossa T9 (Hevosluoto II) (kuva 44), Lanajuopa-muodostuman pitoisuudet ovat yleisesti melko samaa luokkaa tai lievästi pienempiä kuin tutkimuskaivannossa T1 (Säikkä I). Ainoastaan arseenia on hieman enemmän kaivannon alaosassa (4,01 mg/kg).

Vesialueen näytteessä V8-1 ylittyy lievästi PCB-yhdisteiden kokonaispitoisuuden kynnysarvo (0,1 mg/kg). Samoin ylittyy PCDD- ja PCDF – yhdisteiden kynnysarvo (10 pg/g). Näitä yhdisteitä on näytteessä 15 pg/g (pitoisuudet WHO-TEQ ekvivalenttina). PAH-

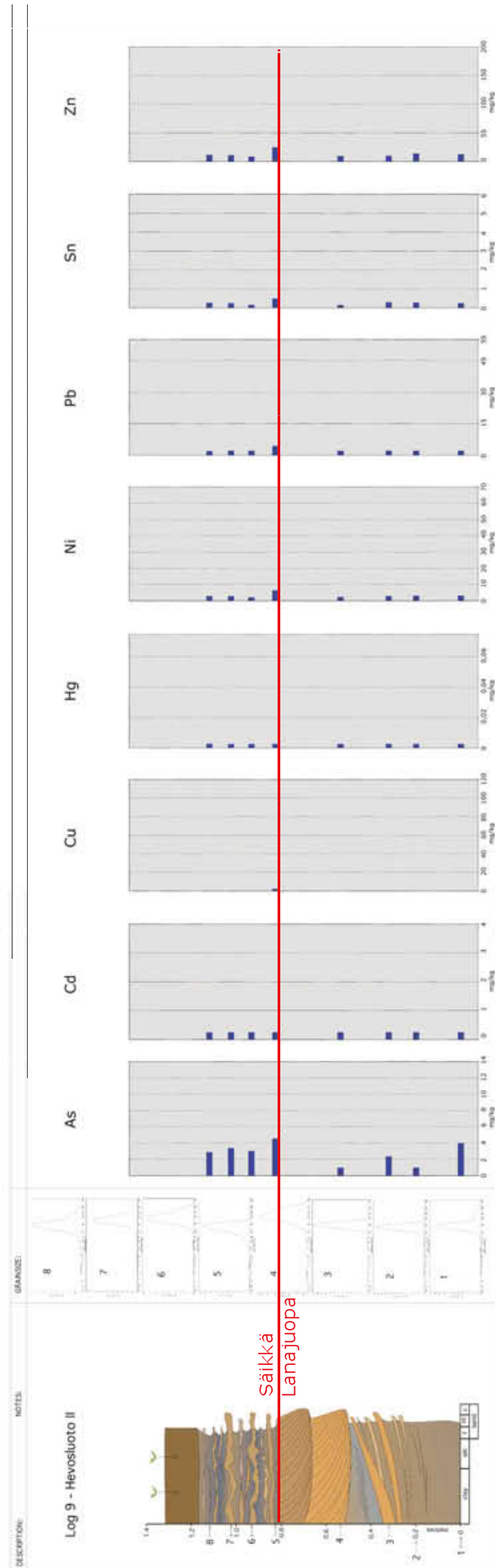
yhdisteitä näytteessä on 191 µg/kg ja tämä pitoisuus jää alle kynnysarvon.

Synnyn tulkinta ja geokemiallisten piirteiden selitys

Lanajuopa-muodostuman kuivalla maalla sijaitseva osa on syntynyt pääuomien välillä siirtyvien pienempien uomien eli juopien kerrostumisen seurauksena. Kalteva hiekan ja hienoaineksen kerroksellisuus kertoo yksittäisten jokitulvien historiasta ja vuotuisesta kerrostumisen vaihtelusta. 1940-luvun ilmakuvista (Salokangas 1946) nähdään suistossa virranneen lukuisia sivu-uomia, erityisesti sen keskiosissa. Näiden kuvien perusteella on myös Lanajuopa-muodostuman alueellista laajuutta pyritty tulkitsemaan (kuva 16). Kuvassa 3:1 on esitetty muodostuman maksimaalinen kattavuus ja on todennäköistä että sen sisällä esiintyy laikuittaisesti vähemmän hiekkaista Säikkä-muodostumaa. Pienten sivujuopien lukumäärä ja levinneisyys ovat sitten 1900-luvun alkupuoliskon jälkeen selvästi



Kuva 43. Lanajuopa-muodostuman geokemiaa tutkimuskaivannossa T1 (Saikka I).



Kuva 44. Hevosluoto II:sen geokemiaa (tutkimuskaivanto T9)



Kuva 45. Lapiolla kaivetussa kuopassa nähdään Säkki-muodostumalle tyypillinen siltin ja hiekan vuoroittainen kerros-sarja. Sijainti tutkimuskaivantojen T2 ja T3 välisellä alueella. Kuva: Catherine Cripps

pienentyneet joen virtausolojen tasoittumisen vuoksi. Virtausoloja ovat muuttaneet muun muassa virtauksen huippujen tasoittuminen Harjavallan voimalaitoksen myötä, tulvavallien rakentaminen 1950-luvulla, sivujuopien täytyminen, pääuoman ruoppaus ja suiston alueen ojittaminen.

Suiston edustan vedenalaisilla alueilla Lanajuopa-muodostuman hiekat kerrostuvat nykyisin tilanteessa, jossa uoman suuosassa jokiveden virtaus hidastuu ja siinä osin suspensiossa ja saltaatiassa kulkeutunut hieno hiekka siirtyy pohjanläheiseen kuljetukseen ja lopulta kerrostuu dyynimäisinä muotoina Hevosluoto-muodostuman kerroksellisten savisten silttien päälle.

Lanajuopa-muodostuman sedimentit ovat kaivannoissa T1 (Säikkä I) ja T9 (Hevosluoto II) kerrostumisiältään todennäköisesti lähellä toisiaan ja edustanevat 1600- ja 1700-lukujen sedimentaatiota. Esitettyjen alkuaineiden pitoisuudet ovat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta samankaltaisia.

3.5 Säkki-muodostuma (Uomien ulkopuoliset tulvakerrostumat)

Visuaaliset yleispiirteet ja alueellinen vaihtelu

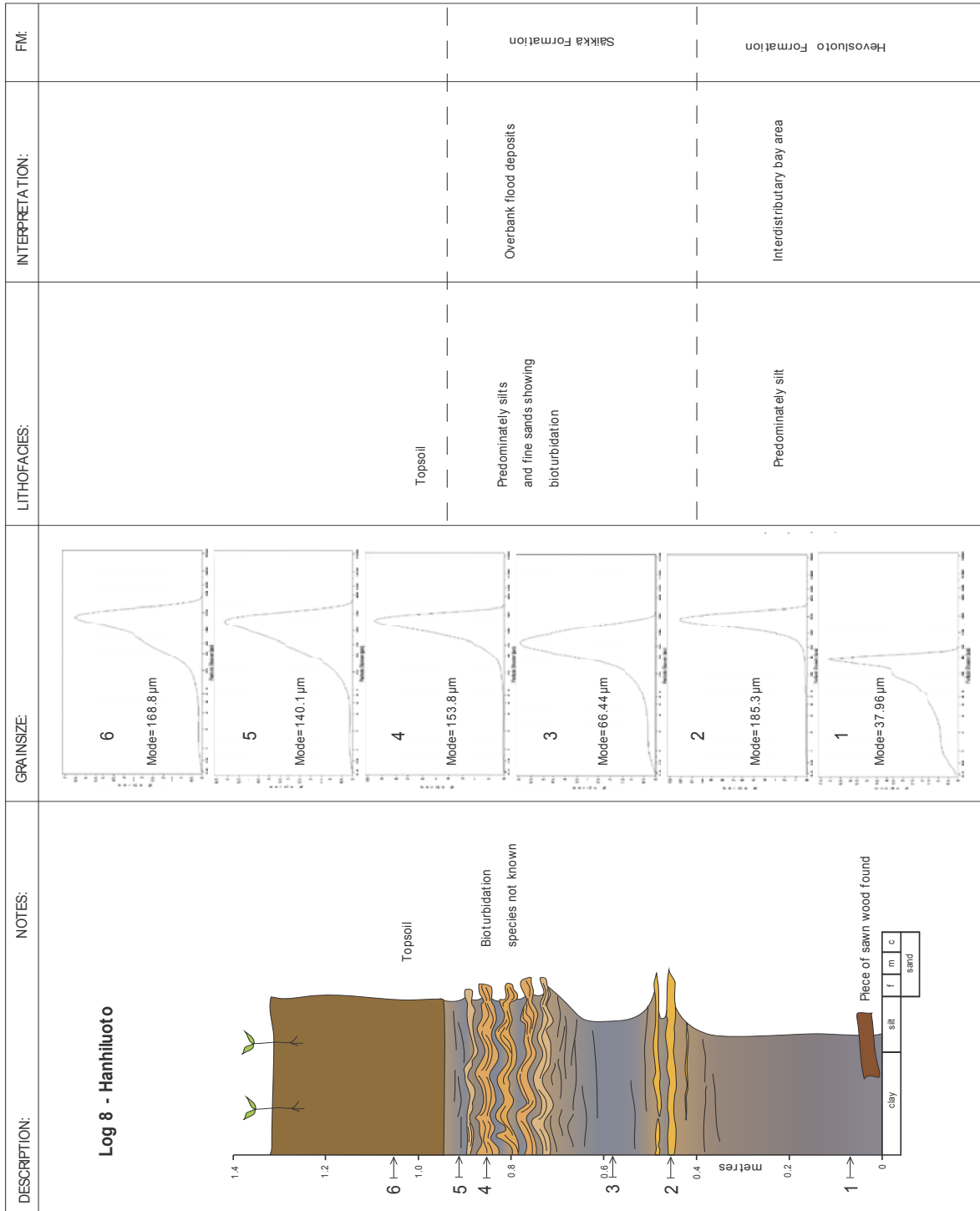
Säkki-muodostuma peittää suuren osan suiston alueesta kohtuullisen ohuena n. 30-50 cm paksuisena yksikkönä. Se koostuu lähinnä silttisestä aineksesta, jossa on ohuita hiekkakerroksia (kuva 45). Muodostuma esiintyi pinnimmaisena kerrostumana kaikilla kaivannoilla, lukuun ottamatta tutkimuskaivantoja T1 (Säikkä I) ja T4 (Vainio-Mattila). Sen laaja esiintyminen todettiin myös pintamaakartoituksen yhteydessä. Esimerkkinä Säkki-muodostuma tutkimuskaivannoissa T8 (Hanhiluoto) (kuva 46) ja T10 (Kvistinluoto) (kuva 47).

Raekokojakauman luonne ja vaihtelut

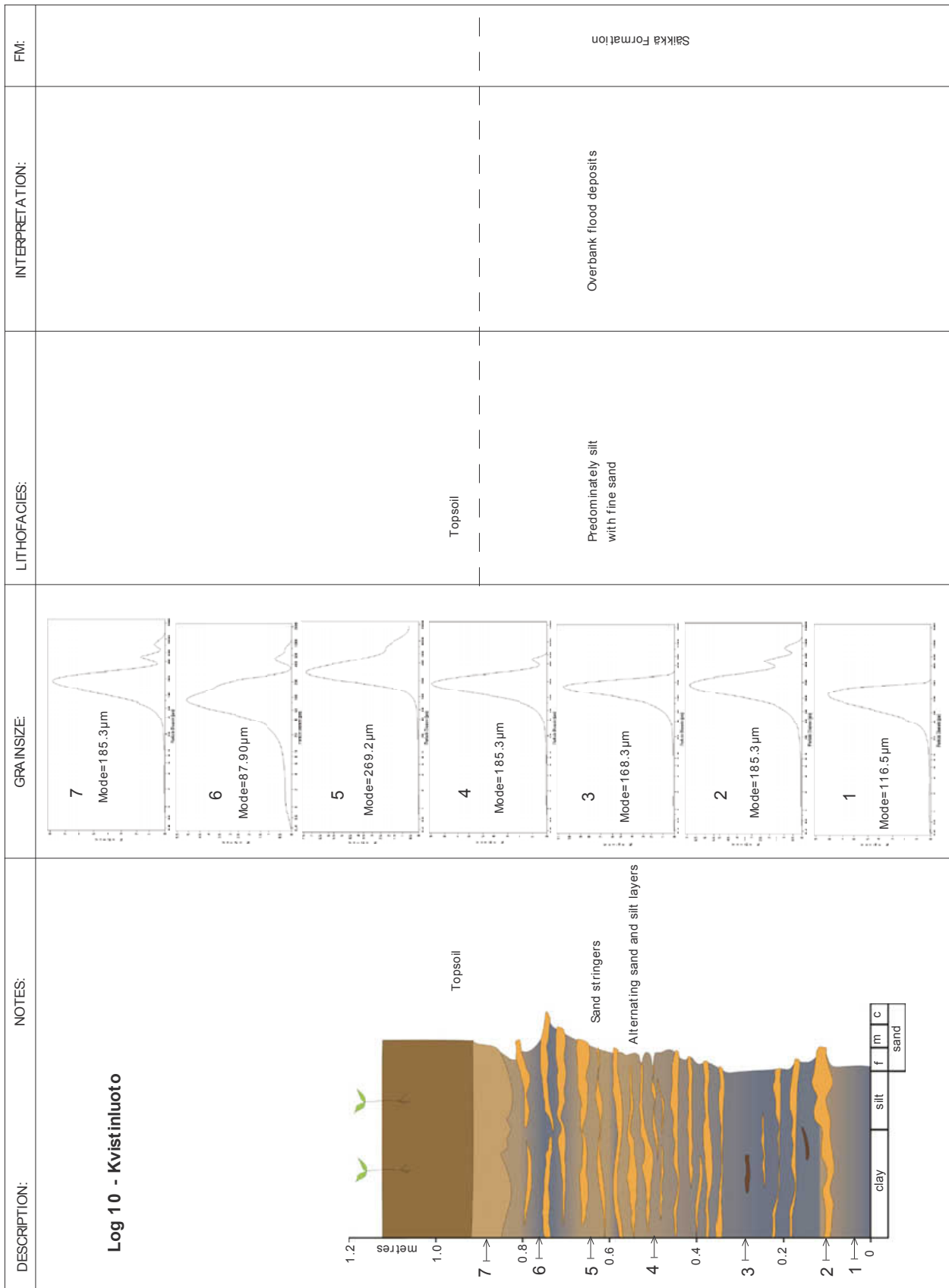
Kerrostumat koostuvat pääosin harmahtavasta silttistä, jossa on pieniä linssimäisiä kerroksia hienoa kellertävää hiekkaa. Sedimentti sisältää kautta muodostuman myös pieniä hapettuneita juuritorvia.

Geokemialliset piirteet ja niiden vaihtelu

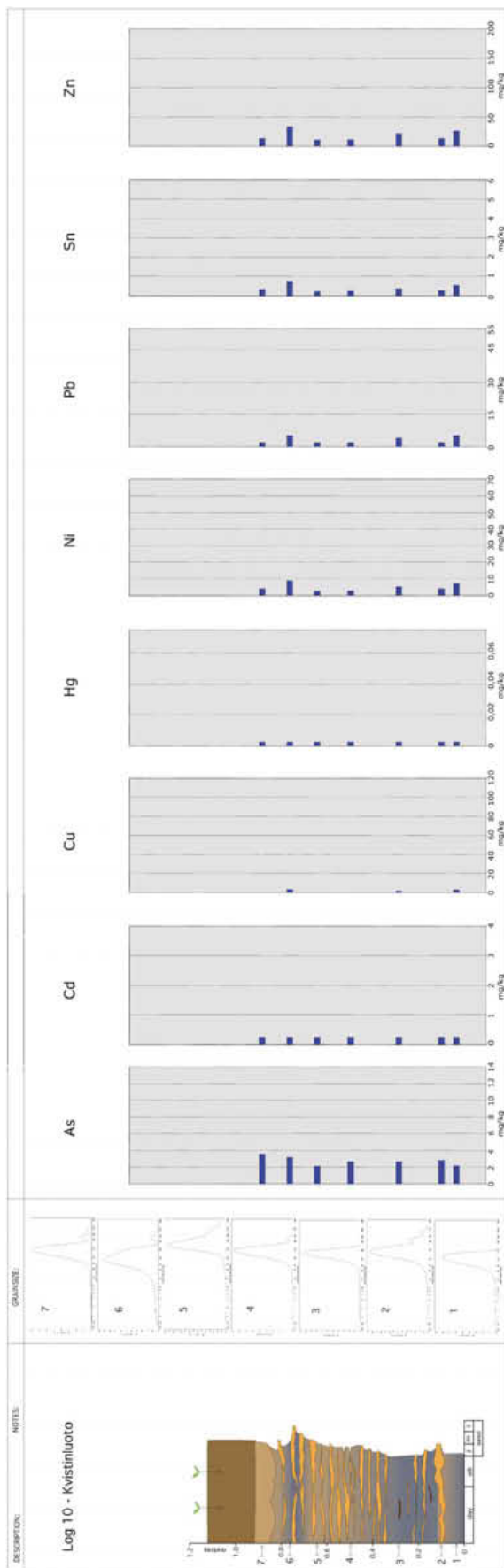
Säkki-muodostuman kaivannoissa, T9 (Hevosluoto II, kuva 44), T10 (Kvistinluoto, kuva 48), T5 (Hevosluoto I, kuva 33), T8 (Hanhiluoto, kuva 35), T2 (Säikkä II, kuva 23), T7 (Makkarajuopa, kuva 25), T3 (Säikkä III, kuva 34) sekä T6 (Toukari, kuva 24), voidaan laajimmin verrata muodostuman geokemiallisen luonteen muutosta suhteessa kerrostumisen ikään. Aivan viimeaikainen muutos Säkki-muodostuman geokemiassa näkyy verrattaessa suiston pääuoman tulvavallisaarten pintasedimenttien geokemiaa.



Kuva 46. Tutkimuskaivanto T8:n sedimentologinen profiili (Hanhiluoto)



Kuva 47. Tutkimuskaivanto T10:n sedimentologinen profiili (Kvistinluoto)



Kuva 48. Kaivannon T10 geokemiaa (Kvistinluoto)

Mistään Säikkä-muodostuman kuivalta maalta otetusta näytteestä ei löydetty kadmiumia. Sitä oli ainoastaan vesialueen näytteessä V3-1 (3,58 mg/kg, yli kynnysarvon 1 mg/kg) Lyijyä oli tutkimuskaivannoissa T9 (Hevosluoto II) ja T10 (Kvistinluoto) vain muutamassa näytteessä yli määrittysrajan (<4 mg/kg). Pitoisuus kasvoi tasaisesti muiden kaivantojen alueella ja se oli suurin kaivannossa T6 (Toukari) (23,7 mg/kg). Uoman tulvavalleissa lyijyn pitoisuudet olivat välillä 4,11-22,6 mg/kg.

Kuparissa, nikkeliissä ja tinassa on havaittavissa samankaltaiset trendit. Myös sinkkiä oli eniten tutkimuskaivanto T6:ssa Toukarissa (127 mg/kg) ja vähiten tutkimuskaivanto T9:ssä (Hevosluoto II) (7,90 mg/kg). Elohopeaa oli eniten (0,013 mg/kg) kaivannon T7 (Makkarajuopa) kaivannon yläosassa, muissa pitoisuudet olivat alle tai juuri yli määrittysrajan (<0,005 mg/kg).

Arseeni muodosti poikkeuksen alkuaineissa. Sitä oli alle määrittysrajan (<2 mg/kg) tutkimuskaivannossa T5 (Hevosluoto I) ja vähän tai kohtalaisesti kaivannossa T10 (Kvistinluoto) (max. 3,56 mg/kg kaivannon yläosassa). Kaivannossa T9 (Hevosluoto II) arseenia oli kohtalaisesti (kaivannon alaosassa 4,56 mg/kg). Arseenin kynnysarvo (5 mg/kg) ylittyi kaivannossa T8 (Hanhiluoto) ja kaivannossa T2 (Säikkä II) muodostuman keskivaiheilla, tutkimuskaivannon T3 (Säikkä III) alaosassa sekä kaivannoissa T6 (Toukari) ja T7 (Makkarajuopa) koko muodostuman alueella. Suurin arseenipitoisuus oli tutkimuskaivannossa T6 (Toukari, 11,4 mg/kg). Tutkimuskaivannon T3 (Säikkä III) yläosasta ja kaivannon T6 (Toukari) alaosasta määritettiin myös orgaaniset tekijät, jotka jäivät kaikki alle määrittysrajojen.

Joen keskellä olevien saarien pintasedimentit voidaan raekoostumuksensa ja rakenteensa perusteella katsoa kuuluvan Säikkä-muodostumaan. Näytepisteiden sijainnit on esitetty kuvassa 3. Pitoisuudet näiden saarien pintasedimenteissä ovat korkeampia kuin tutkimuskaivantojen pitoisuudet ja hyvin samankaltaisia vesialueen Säikkä-muodostuman sedimenttien kanssa (näytepiste V3). Kuparia (max. 19,8 mg/kg, näyte S6) ja elohopeaa (max. 0,071 mg/kg, näyte S2a) saarinäytteissä on vähemmän kuin vesialueen sedimenteissä ja kadmium jää alle määrittysrajan (<0,5 mg/kg). Arseenin kynnysarvo (5 mg/kg) ylittyi

näytepisteillä S1, S2, S4, S5, S6 ja S7, joista pisteillä S2 ja S4 vain pinnimaisten näytteiden osalta. Näissä kahdessa näytteessä arseenipitoisuus on myös saarinäytteiden suurin (6,60 mg/kg). Näytepisteet S2 ja S4 sijaitsevat kumpikin Kyläsaarenjuovan varrella. Näytteestä S3, joka on joen Kyläsaaren puoleisella rannalla ja näytteestä 4a analysoitiin myös orgaaniset haitta-aineet. Näytteessä S4a oli pieni pitoisuus PCDD- ja PCDF-yhdisteitä (1,9 pg/g) muiden pitoisuuksien jäädessä alle määritysrajojen.

Nykyisen suiston pääuoman suuosan vedenalaisessa särkässä uoman laiteella Säikkä-muodostumaa edustavissa vesialueen pohjasedimenttinäytteessä arseenin kynnysarvo (5 mg/kg) ylittyy näytteellä V3-1, ollen 11,9 mg/kg. Näytteestä mitattiin kadmiumpitoisuus 3,58 mg/kg ja elohopeapitoisuus 0,739 mg/kg kyseisten alkuaineiden kynnysarvojen ollessa 1 mg/kg (Cd) ja 0,5 mg/kg (Hg).

Synnyin tulkinta ja geokemiallisten piirteiden selitys

Säikkä-muodostuman kerrostumat edustavat eri ikäisiä tulvakerrostumia suiston alueella. Ohuet hiekkakerrokset ovat syntyneet tulvan voimakkaimmassa virtausvaiheessa tulvavesien edetessä osin vedenalaisista uomista laajemmalle suiston etuosassa ja toisaalta suiston ylemmissä osissa uomista suiston tasaiselle normaalisti kuivana oleville alueille. Silttisemmät osat ovat kerrostuneet hiljaisemmän virtauksen aikana veden seisoessa tai poistuessa tulvan peittämiltä alueilta. Tulvien aikana syntyvät näin uomien reunoille tulvavallit, joista konkreettisimmat esimerkit ovat nykyiset matalat kärkisärkät suiston pääuoman kärjessä. Muodostumaa tyypillisimmillään edustaa tutkimuskaivanto T3 (kuva 32). Historiallisesta aineistosta selviää joen tulvineen säännöllisesti rantapenkereiden yli ennen tulvavallien rakentamista 1950-luvulla. Säikkä-muodostuma edustaa tämän kaltaisten tulvien synnyttämää kerrostumaa.

Muodostumaan leikkautuvat kaivannot vaihtelevat kerrostumisiältään, tutkimuskaivanto T8:n (Hanhiluoto II) ja T10 (Kvistinluoto) edustaessa Säikkä-muodostuman vanhinta osaa, jonka arvellaan kerrostuneen 1800-luvulla ja tutkimuskaivannon T6 (Toukari) nuorinta osaa, joka kerrostui 1900-luvun alkupuolella. Vieläkin nuorempaa kerrostumista 1900-luvulta nyky-

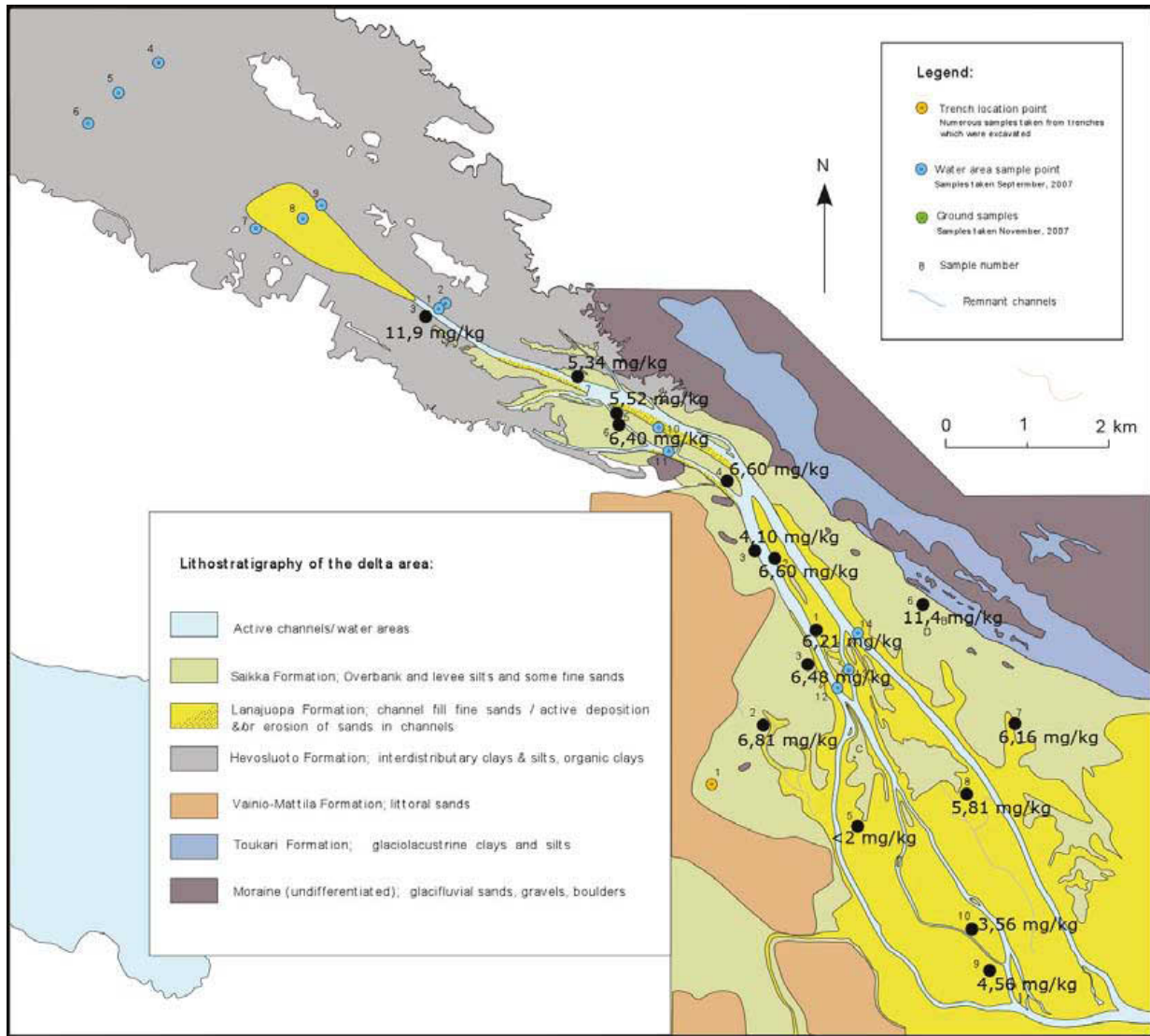
aikaan edustavat pääuoman saarten näytepisteiden pitoisuudet sekä aivan nykyhetkeen yltävät pääuoman vedenalaisen kärkisärkän kerrostumat.

Kuvissa 49 ja 50 on esitetty arseenin ja lyijyn pitoisuuksien kasvu Säikkä-muodostumassa tultaessa vanhimmista kerrostumista nuorempiin. Arseenipitoisuudet ovat selvästi suurimpia lähellä joen nykyistä suuosaa viitaten mahdolliseen ihmistoiminnan vaikutukseen.

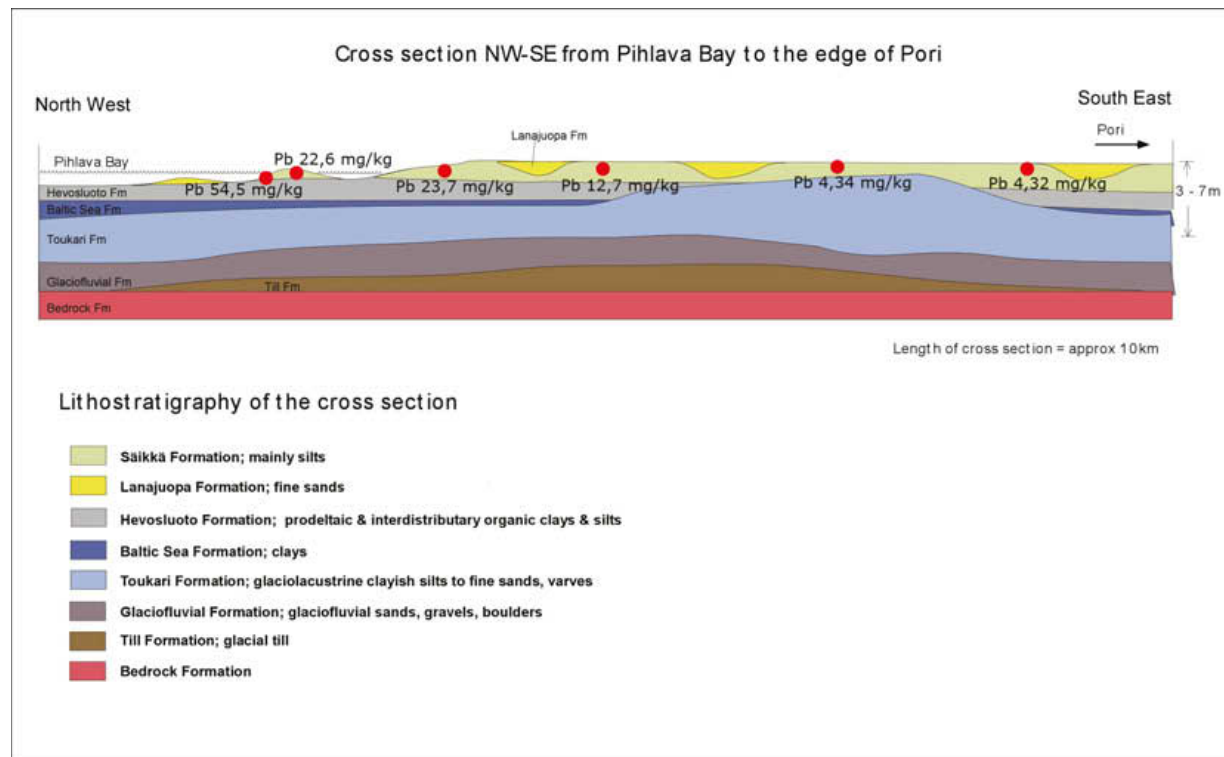
3.6 Suistomuodostumien paksuus Ulasoorin kairauspisteellä

Kartoitettujen litostratigrafisten muodostumien paksuutta tarkasteltiin yhdellä kairauspisteellä nykyisen valtatie 8:n varrella Ulasoorin alueella (kuva 51). Jatkuva näytteenotto ulotettiin 15 metrin syvyyteen. Kuvassa 51 esitetään myös välittömässä läheisyydessä valtatie 8:n varrella suoritetun painokairauksen tulokset. Kerrossarjasta havaittiin kaikki kartoituksen ja maanpinnan tutkimuskaivannoista tämän tutkimuksen yhteydessä havaitut litostratigrafiset muodostumat. Lisäksi tässä tutkimuspisteessä on Toukari- ja Hevosluoto-muodostumien välissä säilyneenä Itämeren altaaseen kerrostuneita hyvin hienojakoisia savia. Nämä muinaisen Itämeren aidot savet ovat painokairaustulosten perusteella tulkiten yleisiä tutkimusalueella. Maanpinnan tutkimuskaivannoista niitä ei yleensä kuitenkaan tavata koska Itämeren rantavoimat ja/tai Kokemäenjoen uomien virtauksen aiheuttama eroosio on ne yleensä kuluttanut pois.

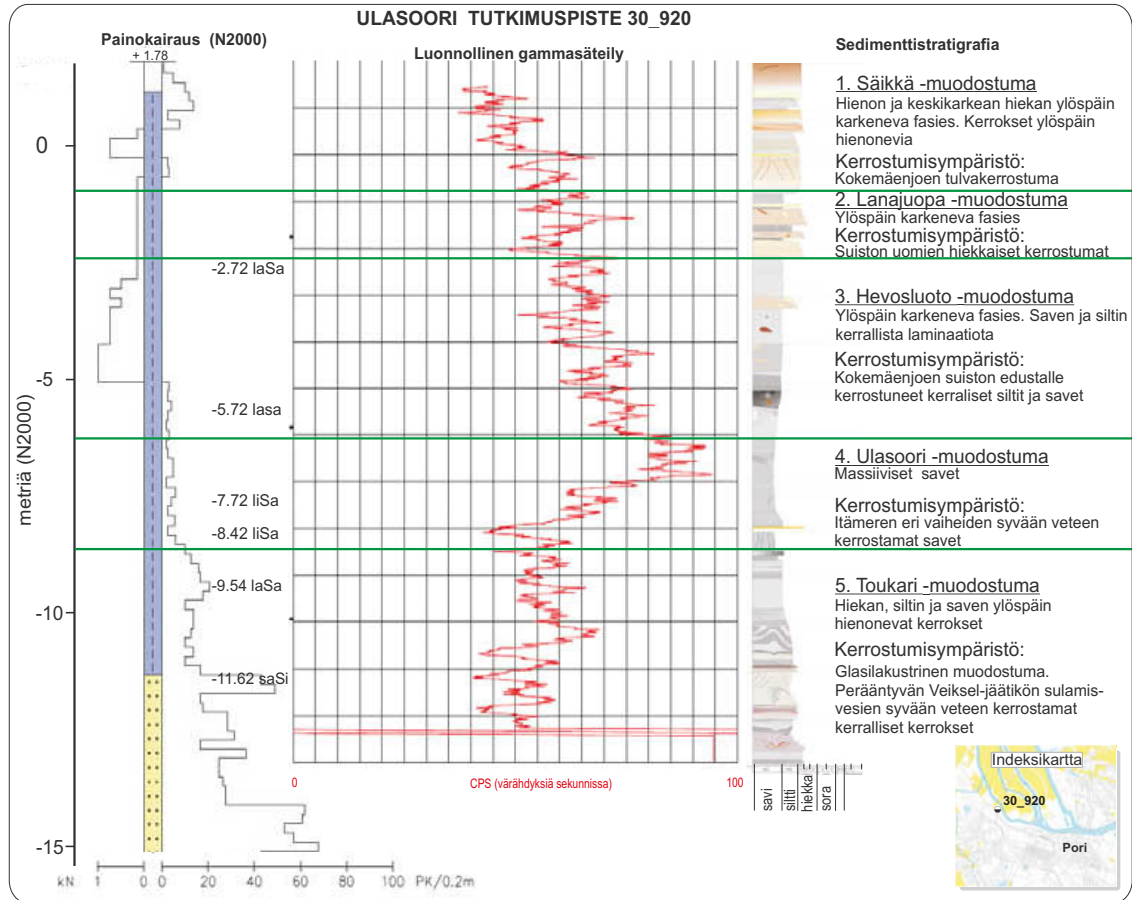
Tarkemmin tutkittu kairauspiste osoittaa, että Kokemäenjoki on tähän pisteeseen kerrostanut noin 8 metrin paksuudelta joen suiston ja uomien sedimenttejä. Kairaus helpottaa Kokemäenjoen suistoalueen periaatteellisen alueellisen stratigrafian hahmottamista. Tätä alueellista stratigrafiaa on hahmotettu kuvien 52 ja 53 poikkileikkausprofiileissa.



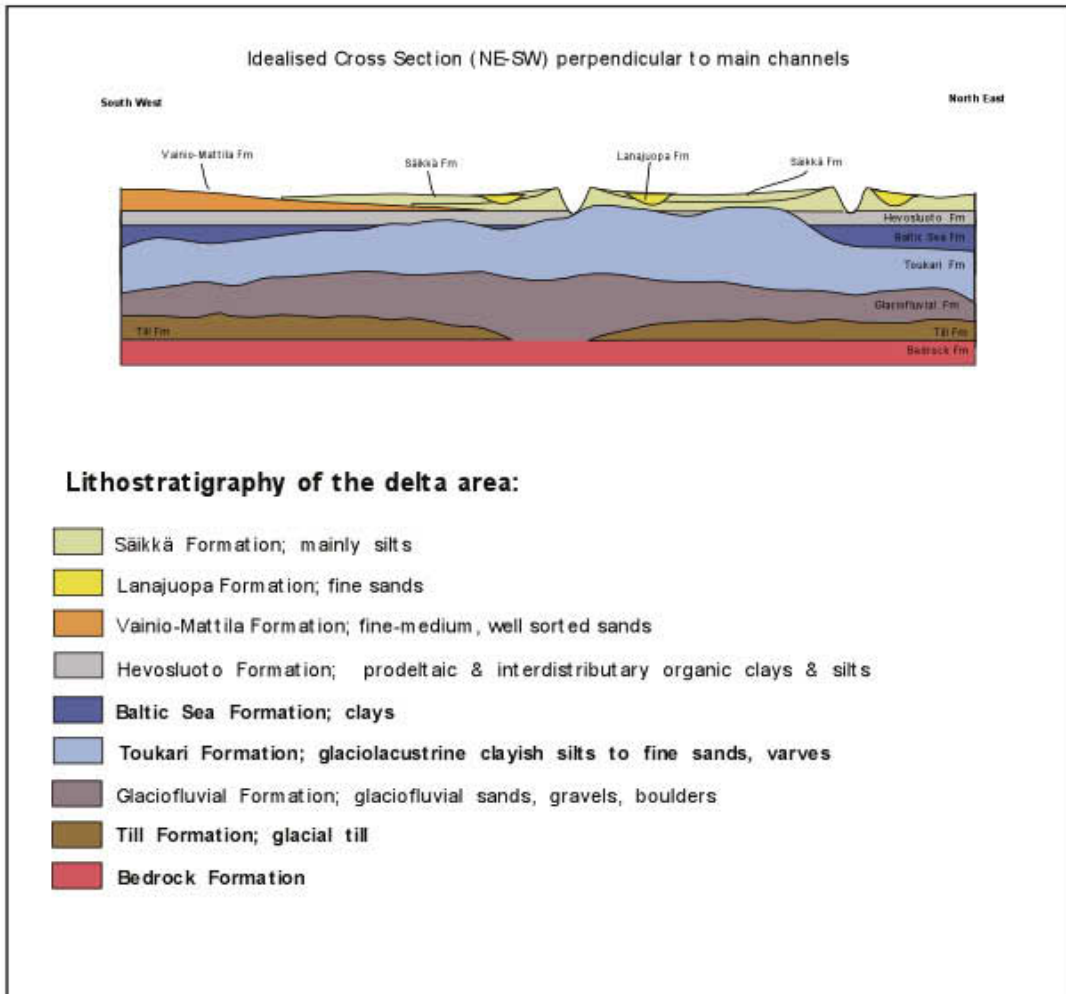
Kuva 49. Arseenipitoisuuden muutos Säikkä-muodostumassa.



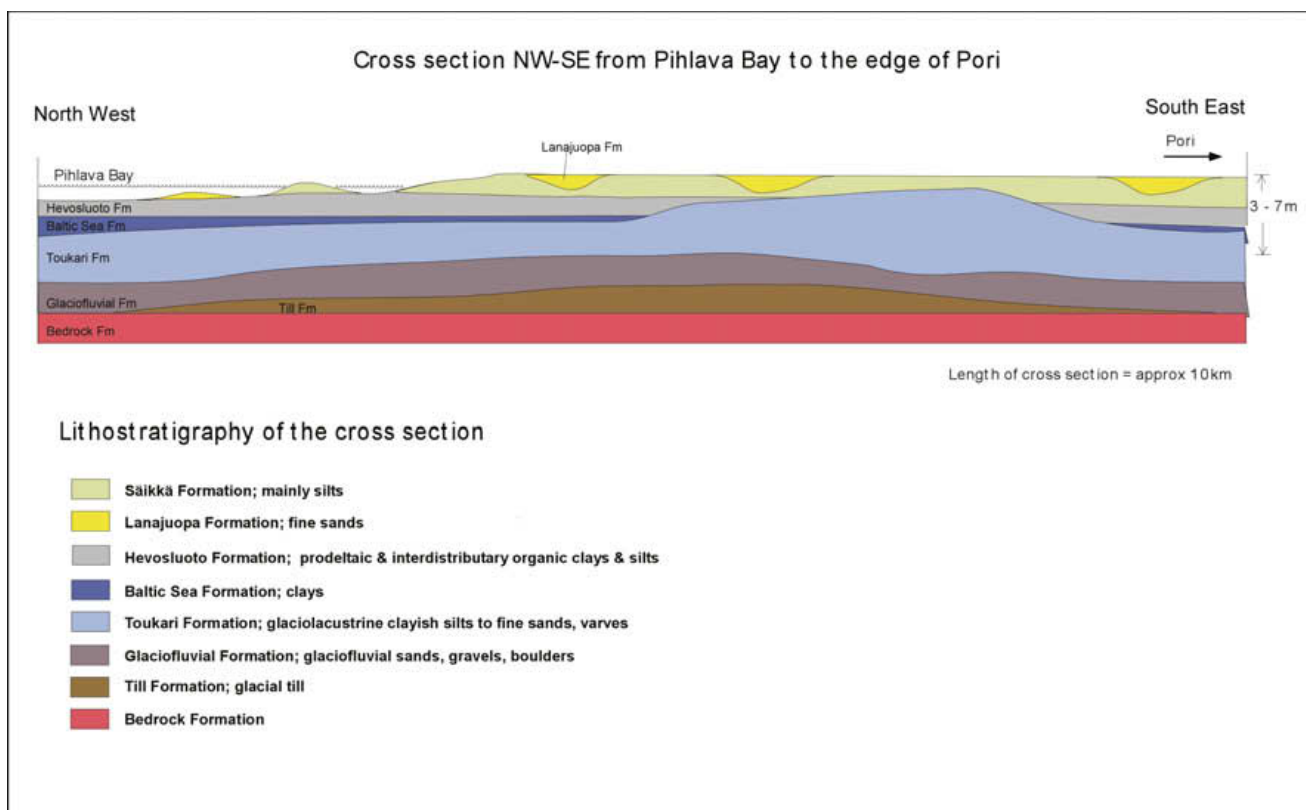
Kuva 50. Lyijypitoisuuden muutos Säikkä-muodostumassa.



Kuva 51. Oikealla painokairausvastuksen muutokset, maaperän luonnollisen gammasäteilyn intensiteetin vaihtelut ja litostratigrafiset muodostumat eri syvyyksillä. Painokairauksen osalta on esitetty myös painokairauksen perusteella suoritettu tulkinta maaperän aineksesta. Sininen väri edustaa hienoainesta ja keltainen hiekkaa. Gammasäteilyn intensiteetin vaihtelut heijastavat hienoaineksen suhteellista osuutta kussakin litofasieksessa. Tulokset havainnollistavat kuinka paljon yksityiskohtaisempaa tietoa maaperän muodostumien rakenteesta saadaan jatkuvalla häiriintymättömällä näytteenotolla, maaperäaineksen tarkalla sedimentologisella kuvauksella ja gammasäteilymittauksella.



Kuva 52. Periaatteellinen poikkileikkaus tutkimusalueen keskiosasta. Kuvassa näkyvät eri muodostumien suhteet toisiinsa nähden.



Kuva 53. Periaatteellinen pitkittäisleikkaus pääuoman suunnassa pääuoman kärkeen.

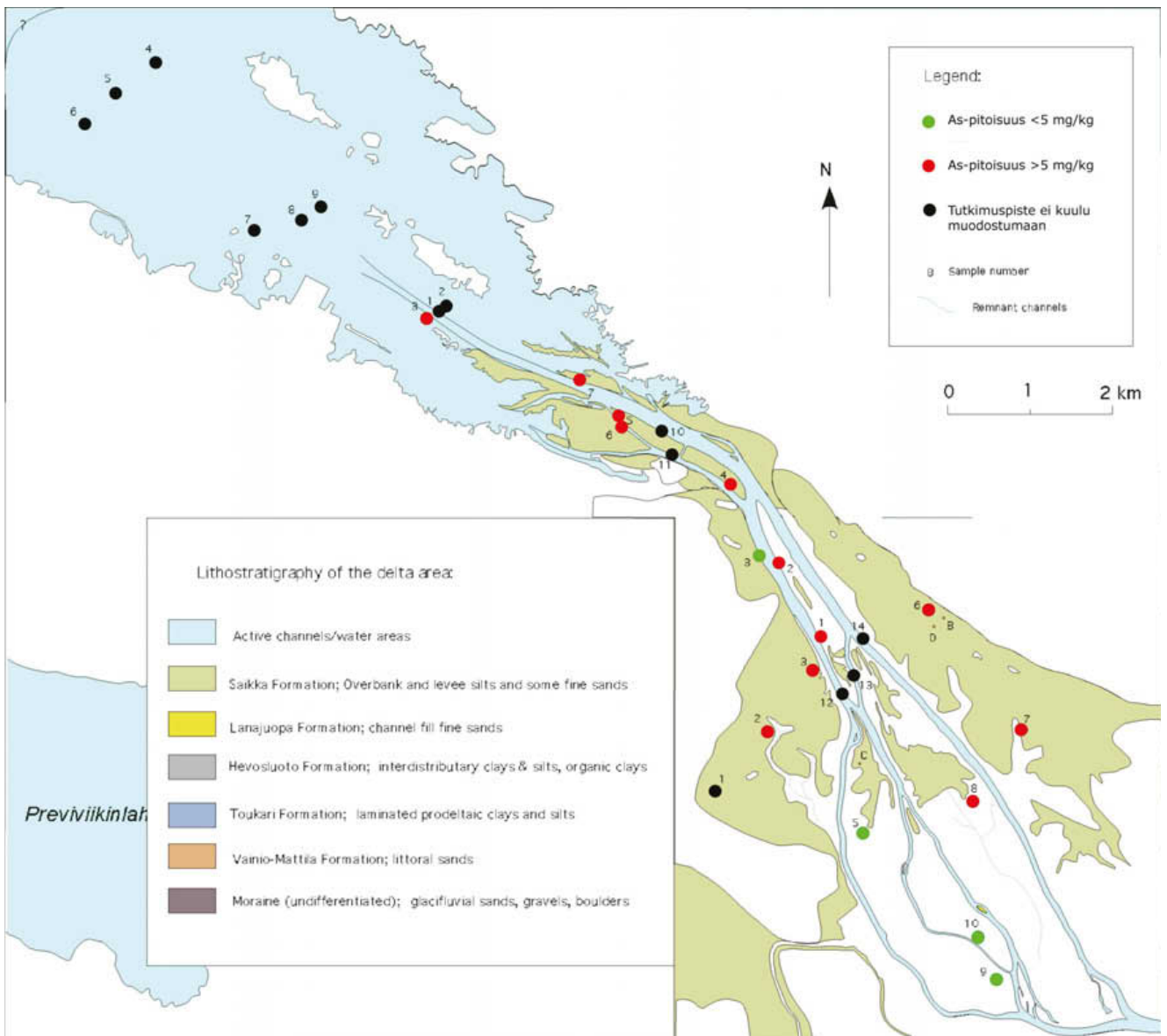
4 Tulosten tarkastelu

4.1 Tutkimusalueelta kuvattujen maaperämuodostumien geokemiallisten piirteiden merkitys

Maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava, mikäli yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus maaperässä ylittää valtioneuvoston asetuksessa määritetyn kynnsarvon. Alueilla, joilla taustapitoisuus on kynnsarvoa korkeampi, arviointikynnyksenä pidetään taustapitoisuutta. Teollisuus-, varasto- tai liikennealueena tai muuna vastaavana

alueena käytettyä maata pidetään pilaantuneena, mikäli yhden tai useamman aineen pitoisuus ylittää ylemmän ohjearvon. Muita kuin edellä mainittuja alueita pidetään pilaantuneena, mikäli yhden tai useamman aineen pitoisuus ylittää alemman ohjearvon. (VNA 214/2007)

Asetuksessa esitetyt kynnsarvot pilaantuneelle maaperälle ylittyvät arseenin osalta useassa näytteessä. Arseenin luonnollinen taustapitoisuus Satakunnan alueen savimailla on kuitenkin usein suurempi kuin kynnsarvo (Kuusisto ym. 2007) saven pelkistävien olosuhteiden vuoksi. Arseenin pitoisuudet Säikkä-, Hevosluoto- ja Toukari -muodostumissa on esitetty kuvissa 54, 55, ja 56. Säikkä-muodostuman osalta

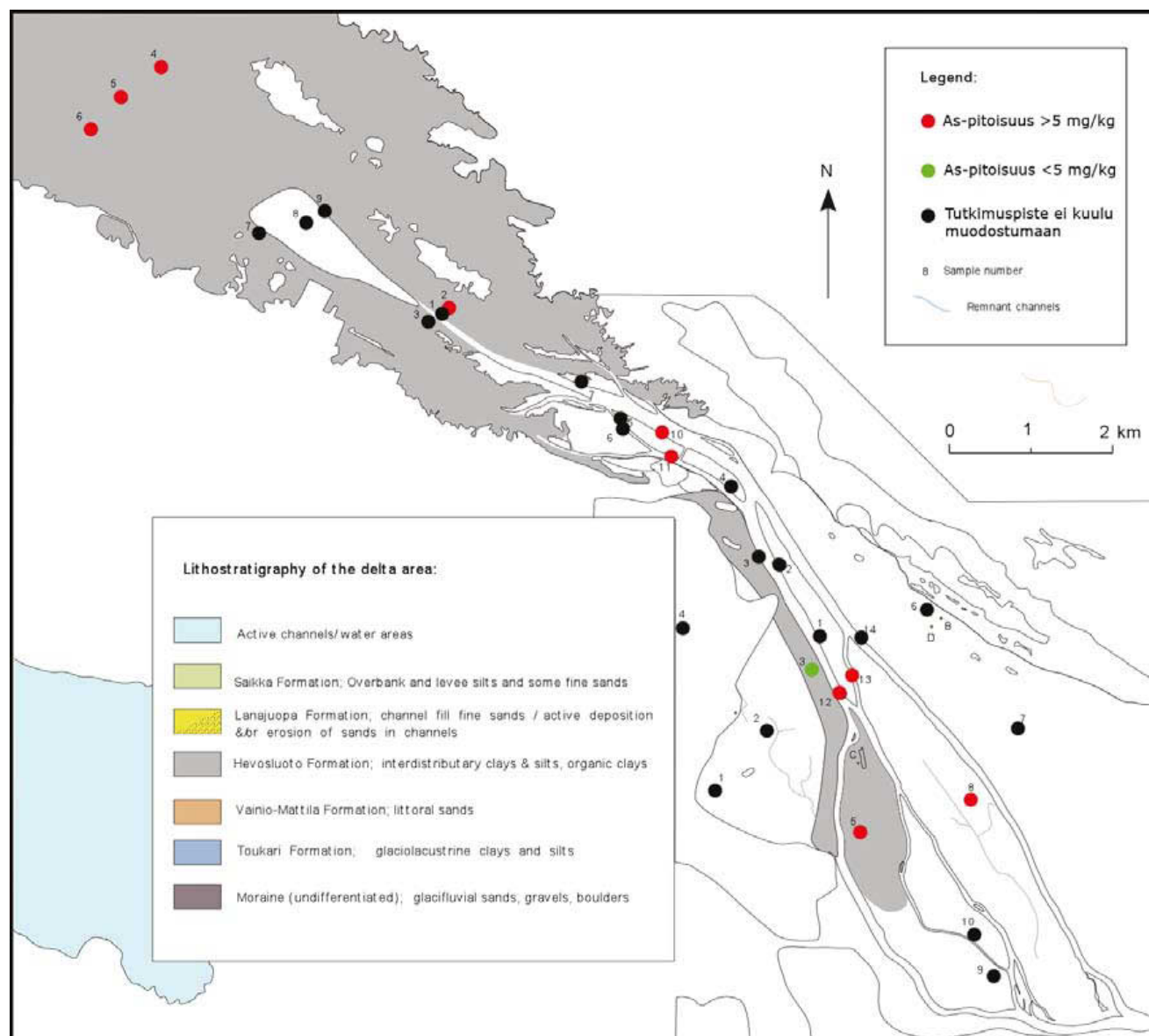


Kuva 54. Arseenipitoisuus Säikkä-muodostuman alueella.

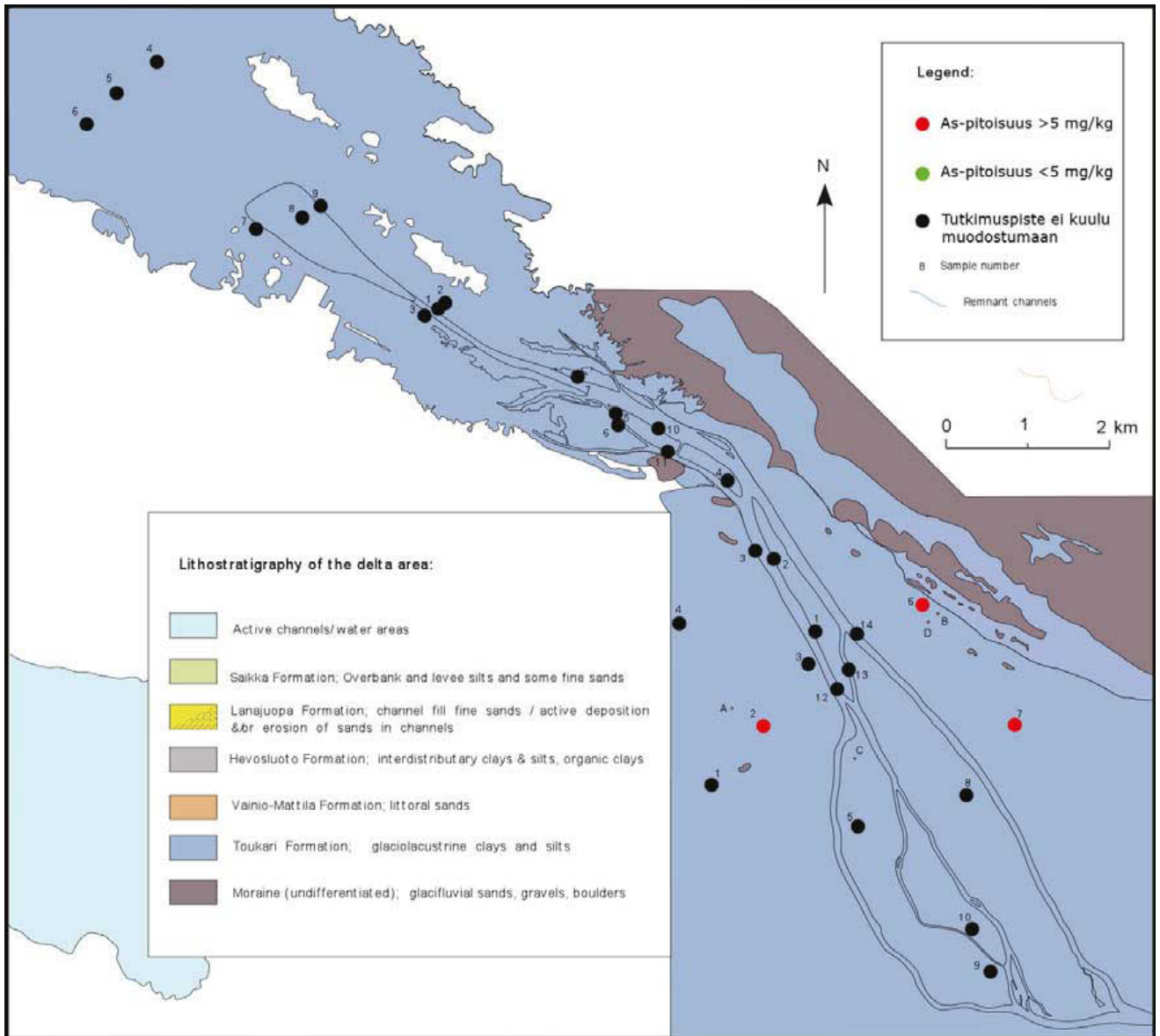
arsenipitoisuudet kasvavat kohti nuorempia kerrostumia mikä viittaa siihen, että kasvu on ihmisen toiminnan aiheuttamaa. Hevosluoto-muodostumassa on havaittavissa lievästi samaa trendiä, mutta Toukari-muodostuman arvojen on tulkittava edustavan alueen luonnollista arseenin taustapitoisuutta tässä muodostumassa.

Kynnysarvot ylittyvät myös nikkelin osalta neljässä Toukari-muodostuman näytteessä, jotka on otettu joen pohjoispuolen tutkimuskaivannosta T6 (Toukari) ja tutkimuskaivannosta T7 (Makkarajuopa). Nikkelin pitoisuudet Toukari-muodostuman alueella on esitetty kuvassa 57 ja niiden on tulkittu edustavan alueen luonnollista taustapitoisuutta tässä muodostumassa.

Kadmiumin kynnysarvo ylittyy kahdessa vesialueen Hevosluoto-muodostuman sedimentinäytteessä (näytteet: V4-2 ja V5-2) sekä joenpohjasedimentissä V14-1, joka edustanee myös Hevosluoto -muodostumaa. Kadmiumin kynnysarvo ylittyy myös Säikkä-muodostumassa (näyte V3-1). Näytteet on otettu syvyyksiltä 0-0,90 m. Samojen neljän näytteen osalta ylittyvät myös elohopean kynnysarvot. Yleisesti vesisedimentinäytteistä pinnimmaisissa Hevosluoto-muodostuman näytteissä on pohjimmaisista suurempia pitoisuuksia.



Kuva 55. Arseenipitoisuus Hevosluoto-muodostuman alueella.

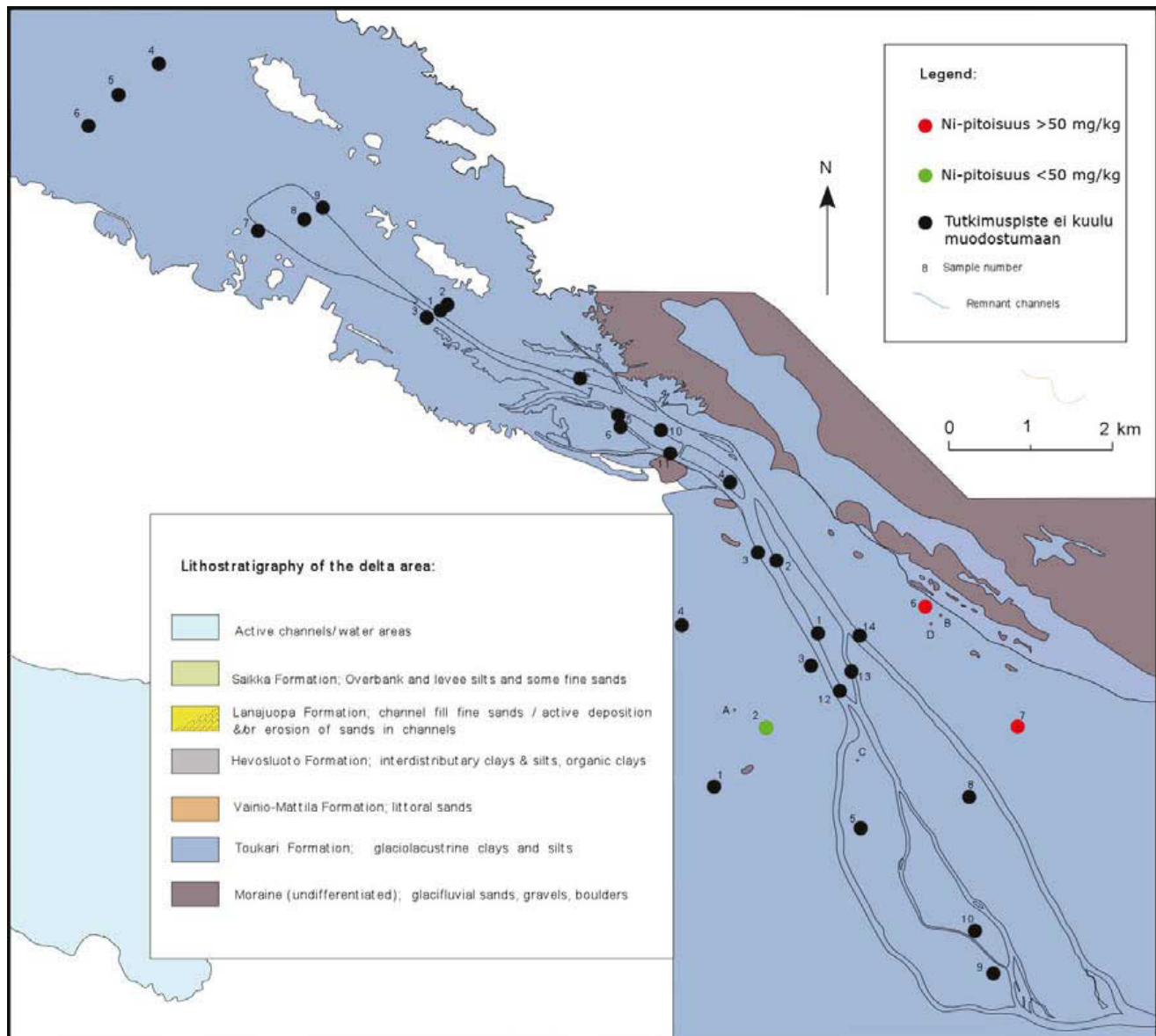


Kuva 56. Arseenipitoisuus Toukari-muodostuman alueella.

Neljästä Hevosluoto muodostuman vesialueen sedimentinäytteestä (V4-1, V6-2, V8-1 ja V10-2) tutkittiin myös orgaaniset tekijät. Kaikissa havaittiin pieniä pitoisuuksia dioksiineja ja furaaneja (PCDD ja PCDF). Tributyylitina ja trifenyylitina jäävät kaikissa näytteissä alle määritysrajojen. PCB-yhdisteiden kokonaisuuspitoisuuden kynnysarvo ylittyy näytteessä, joka edustaa Hevosluoto-muodostuman sedimenttejä Pihlavanlahdella (näyte V8-1). Kaivantojen näytteissä orgaaniset haitta-aineet jäävät alle määritysrajojen. Tämä indikoi vahvasti ihmistoiminnan vaikutusta nuorimpien sedimenttien pitoisuuksien nostajana. Kaikki

tutkimusalueella havaitut haitta-aineiden kynnysarvojen ylitykset on esitetty kuvassa 58.

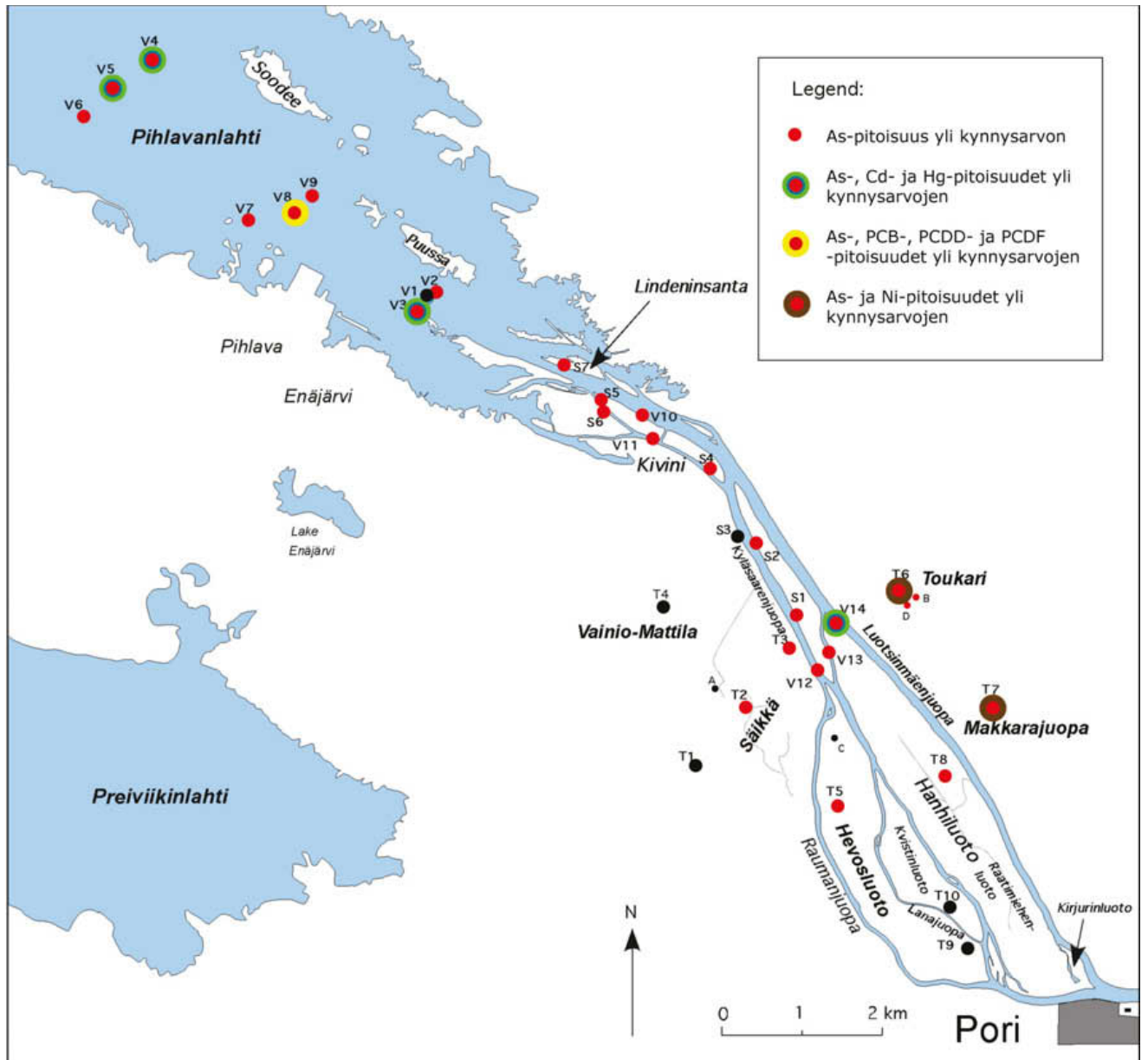
Aikaisemmissa Kokemäenjoen pohjasedimentin tutkimuksissa todettiin normalisoiduissa näytteissä kynnysarvojen ylitys elohopean, arseenin, kuparin, kadmiumin sekä lyijyn osalta Pihlavanlahdella Ahlströmin tehtaasta edustalla sekä elohopean, arseenin ja kadmiumin pitoisuuksien osalta Hevosluodonjuovassa. (Oravainen 2006) Tulokset ovat samansuuntaisia tämän tutkimuksen kanssa, lukuun ottamatta kuparia ja lyijyä, joiden kynnysarvot ylittäviä pitoisuuksia ei havaittu.



Kuva 57. Nikkelpitoisuus Toukari-muodostuman alueella.

Mikäli jokea aiotaan tulevaisuudessa ruopata, olisi haitta-ainepitoisuudet normalisoitava. Koska sedimentissä haitallisilla aineilla on taipumus kiinnittyä sedimentin hienoimpiin raekokoihin, erilaisista sedimenteistä mitatut haitta-ainepitoisuudet tulisi saattaa keskenään vertailtavaan muotoon normalisoimalla tulokset raekoon suhteen. Tämä on suositeltavaa etenkin ruoppausmassojen läjittämistä suunniteltaessa (Siiri ja Kohonen 2003). Joen pohjasta otettujen näytteiden osalta tulee normalisoinnissa ja ar-

vojen vertailussa noudattaa Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjetta. (Ympäristöministeriö 2004) Tässä yhteydessä sitä ei tehdä, koska raekoostumustietoa ei vedenalaisista näytteistä ole kattavasti.



Kuva 58. Tutkimusalueella havaitut kynnyksarvojen ylitykset.

Metallien osalta normalisointi voidaan kuivan maan näytteiden osalta suorittaa seuraavalla kaavalla:

$$C_{stb} = [(C_m - z) / (0,02L_m + 0,05O_{Sm})] + z$$

jossa

C_{stb} = metallipitoisuus normalisoidussa sedimentissä

C_m = mitattu metallipitoisuus sedimentissä

L_m = saven (< 2 µm) prosenttiosuus sedimentissä

O_{Sm} = orgaanisen aineksen prosenttiosuus sedimentissä

z = määrätty vakio eri metalleille

Esimerkkinä eniten nikkeliä sisältänyt näyte T6/25 (nikkelin vakio 2,5):

$$C_{stb} = [(68,9 - 2,5) / (0,02 \times 66,13 + 0,05 \times 4,72)] + 2,5$$

$$= 45,10 \text{ mg/kg}$$

Toisena esimerkkinä eniten elohopeaa sisältänyt näyte 5-2 (elohopean vakio 0)

$$C_{stb} = [(1,18 - 0) / (0,02 \times 18,61 + 0,05 \times 6,09)] + 0$$

$$= 1,74 \text{ mg/kg}$$

Orgaanisten haitta-aineiden osalta normalisointi voidaan suorittaa seuraavalla kaavalla:

$$C_{stb} = 10 \times C_m / O_{Sm}$$

jossa

C_{stb} = orgaanisen haitta-aineen pitoisuus normalisoidussa sedimentissä

C_m = mitattu orgaanisen haitta-aineen pitoisuus sedimentissä

O_{Sm} = orgaanisen aineksen prosenttiosuus sedimentissä

Esimerkkinä PCB-yhdisteiden osalta näyte 8-1, jonka pitoisuus ylittää kynnyksen:

$$C_{stb} = 10 \times 105 / 3,76$$

$$= 279,26 \text{ µg/kg}$$

Normalisoitu tulos jää alle valtioneuvoston asetuksen alemman ohjearvon.

Normalisoitujen näytteiden pitoisuuksista suurin osa on alkuperäisiä pitoisuuksia hieman korkeampia. Tämä on todettu aikaisemmissakin tutkimuksissa (Oravainen 2006).

Näyttää selkeästi siltä, että suiston sedimenttimuodostumien tietyt edellä mainitut alkuainepitoisuudet erityisesti Hevosluoto- ja Säikkä-, mutta paikoin myös Lanajuopa-muodostumissa ovat kasvaneet ihmistoiminnan vaikutuksesta niin, että pitoisuudet ovat ylittäneet taustapitoisuudet. Tulevissa kuivan maan kaivutoimenpiteissä tämä pitää valtioneuvoston asetuksen mukaisesti huomioida. Toukari-muodostuman osalta kynnyksiarvoja korkeammat arseeni- ja nikkelipitoisuudet heijastelevat korkeampia luonnollisia taustapitoisuuksia.

Suiston kunnostustöiden suunnittelun yhteydessä olisi hyvä selvittää tässä kuvattujen eri muodostumien tarkemmat alueelliset laajuudet sekä syvyysulottuvuudet näiden muodostumien ja samalla haitta-ainepitoisuuksien esiintymisten rajaamiseksi. Tämä voidaan toteuttaa kohtuullisen keveällä kairauskalustolla. Samalla voidaan arvioida eri muodostumien kokonaiskuutiomäärää mahdollisten kaivutöiden varalta.

4.2 Kokemäenjoen suiston tuleva kehitys

Suiston etenemisvauhti luoteeseen merelle päin määrytyy paljolti sen mukaan kuinka laajalle ja kuinka monen suiston uoman kautta kerrostuminen tapahtuu. Suuret suiston pääuoman (n. 80 m/vuodessa) etenemisvauhdit vuosina 1905-1947 johtuivat pääosin siitä, että suiston kärkiosan kerrostuminen pakkau-

tui Kivinin kapeikkoon, jossa kallioperä on lähellä maanpintaa ja Pihlavanlahti näin ollen matala. Suiston sedimenteille ei ollut kapeikossa paljon tilaa ja eteneminen pidemmälle Pihlavanlahteen oli nopeaa. Aiemmin 1600-1800 -luvuilla silloisen moniuomaisen suiston pääuoman (Luotsinmäenjuopa) etenemisvauhti oli hitaampaa vaihdellen 14 m (1600-luku) ja 40 m välillä vuodessa. Tällöin moniuomainen suisto eteni avartuvaan ja kohtalaisen leveään Pihlavanlahden edeltäjään nykyisen Porin keskustan ja Kivinin välillä. Nykyiset 1950-luvulta 2000-luvulle arvioidut pääuoman noin 30-40 m/vuodessa olevat etenemisvauhdit eivät eroa kovin merkittävästi 1700- ja 1800-lukujen etenemisnopeuksista, mutta ovat kuitenkin olleet hieman keskimääräistä suurempia. Nykytilanteessa sedimentit leviävät Puussin ja Soodeen saarten ja Pihlavan väliselle alueelle, joka on jossain määrin ahtaampi kuin 1600- ja 1700-lukujen Pihlavanlahdea edeltänyt lahdella. Tämä saattaa osaltaan selittää kohtuullisen nopean deltan etenemisen arvot 1900-luvulla ja nykyisin. Tällä hetkellä pääosa Kokemäenjoen kuljettamista sedimenteistä kerrostuu Kolpan saaren ja suiston suuosan väliselle alueelle ja tulevaisuudessa Pihlavanlahti avartuu laajempaan luoteeseen etenevän suiston edustalla. Jos suisto kehittyisi luonnontilaisena, aiheuttaisi sen sedimentaatiotilan kasvu avartuvaan Pihlavanlahteen suiston etenemisvauhdin hidastumisen ja deltan muuttumisen moniuomaiseksi. Tällöin saatettaisiin tulla lähemmäs 20 m vuotuisen etenemisen vauhtia joka muistuttaisi tilannetta 1600-luvulla Porin edustalla.

Kokemäenjoen suiston kehitykseen on kuitenkin vaikutettu ruoppauksin merkittävästi jo 1800-luvulta lähtien (Säntti 1954) ja tarve ylläpitää ruopaten selkeää veneilyliikenteen mahdollistavaa pääuomaa on todennäköisesti ilmeinen tulevaisuudessakin. Pääuomaa on tähän mennessä ruopattu n. 3-4 metrin syvyyseksi 1800-luvun lopusta lähtien. Nykytilanteessa, kun joen tulviminen on tulvavalleilla ehkäisty Porin ja Kivinin välillä, ei tulvien aikaista hiekan kerrostumista enää tapahdu Toukarin ja Säikän peltoalueille. Tällä hetkellä kulkeutuu pääosa joen suspensiassa kuljettamasta hienosta hiekasta pääuoman laiteiden särkkien edustalle ja kerrostuu noin 1.5-2 km pituiselle merelle päin levenevälle keilamaiselle alueelle (Lanajuopa-muodostuma vesialueella, kuva 16). Kerrostumisnopeudet ovat tällä alueella keskimäärin 3-4 cm:stä muutamaan cm:iin vuotuisesti (vrt. Säntti 1954). Paikallisesti esiintyy epäilemättä nopeam-

piakin kerrostumisnopeuksia. Tulvavallit ja suiston pääuoman jatkuva ruoppaus siis kokonaisuudessaan nopeuttavat pääuoman suuosan särkkien ja sedimentaation etenemistä merelle päin. Pääuoman suuosan sedimentaatio etenee tällä hetkellä noin 30 m vuodessa. Jos pääuomaan vesialueella kerrostuvat Lanajuopa -muodostuman hiekat ruopataan edelleen pois jo ruopatusta veneilyväylästä, kuten on tähän mennessä tehty, tulee suiston kärkiosa etenemään Pihlavalahdelle Ahlströmin tehtaan edustalle seuraavan 30 vuoden kuluessa noin 900 m (300 m/10 vuodessa). Tämän jälkeen kerrostumistilaa tulee lisää Pihlavanlahden leventyessä ja on odotettavissa, että eteneminen tämän jälkeen hieman hidastuisi.

Jos nykyistä suiston pääuoman kohtuullisen nopeaa etenemistä halutaan hidastaa pitkällä tähtäimellä (50-100 vuotta eteenpäin) pitäisi sedimentaation antaa tapahtua luonnollisesti niin, että nyt ruopatun pääuoman annettaisiin sedimentoitua Pihlavanlahdella umpeen. Tästä aiheutuisi nykyisen Pihlavassa sijaitsevan Ahlströmin tehtaan eteen syntyvän hiekkaisen poikittaissärkän alueen huomattava veden syvyyden mataloituminen (Lanajuopa-muodostuman kerrostuminen). Pääuoman laiteiden tulvasärkkien edettyä tälle alueelle noin 30 vuoden kuluttua pääuoma todennäköisesti tehostetusti haaroittuisi useammaksi uomaksi. Nykyisen tilanteen pysyessä ennallaan ja ruoppausten jatkuessa, pääuoman sivuhaaroja syntyyne samassa mitassa kuin tällä hetkellä Kivinin ja Pihlavan välillä pääuoman eteläpuolella nähdään tapahtuvan.

Suiston tekeminen kaivuoperaation moniuomaisemmaksi on erittäin haasteellista. Nykyinen pääuoman koillispuoli Pihlavanlahdesta (Lindeninsannan ja Puussin välissä) on hyvin matalaa. Jos osa nykyisen pääuoman virtauksesta haluttaisiin suunnata tälle alueelle, edellyttäisi se tilanteen tarkkaa mallintamista, jotta järjestelystä tulisi pysyvä. Virtauksen vastuksien ollessa kaivetuissa uomissa liian suuria, sedimentoituvat tällaiset uomat nopeasti umpeen.

Lähteet

- Alhonen, P. 1986: Kokemäenjoen vesistöalueen syntyvaiheet ja tärkeimmät tapahtumat. Teoksessa: Ristmeri, J-P., (toim.): Vesi ja ihminen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys Ry. Pori: 4-12.
- Blott, S. J. ja Pye, K. 2006: Particle size distribution analysis of sand-sized particles by laser diffraction: an experimental investigation of instrument sensitivity and the effects of particle shape. *Sedimentology* vol. 53. Nro 3. Blackwell Publishing. Oxford: 671-685.
- Ekman, D. 1724: Delineations jämbwel Distausje Charta uthi Björneborgs lähn nedre Sattagunda. Satakunnan Museon kokoelmat.
- Hannunpoika, H. 1663: Porin ja sen ympäristön kartta. Satakunnan Museon kokoelmat.
- Hänninen, P., Äikää, O., Majaniemi, J. ja Huhta, P. 2009: Kolpaneenlahden geofysikaaliset mittaukset kesinä 2006 – 2007 ja Porin Toejen seuranta-asetat. Geologian tutkimuskeskus, Etelä-Suomen yksikkö. Raportti Q 16.2/2009/4
- Kaipainen, O. ja Ristmeri, J-P. 1986: Teollistumisen historia. Teoksessa: Ristmeri, J-P., (toim.): Vesi ja ihminen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys Ry. Pori: 13-36.
- Koivunen, S., Nukki, H. ja Salokangas, S. 2006: Satakunnan vesistöt – Käyttö ja kunnostustarpeet. Pyhäjärvi-instituutti, Sarja B nro 12. Eura. 111 s.
- Kuusisto, E., Tarvainen, T. ja Huhta, P. 2007: Alkuaineiden taustapitoisuudet eri maalajeissa Satakunnan alueella. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti S41/1141/2007/11. Espoo. 25 s.
- Labtium Oy. 2008: Tutkimusseloste, tilausnumero 212070.
- Lagström, H. 1957: Porin seutu vuonna 1558. 1:20 000. Satakunnan Museon kokoelmat.
- Lindström, P. J. 1897: Porin kaupungin ympäristön ja tilusten kartta v. 1897. Satakunnan Museon kokoelmat.
- Nab Labs Oy. 2008: Tutkimusselostus nro 2008-346.
- Oravainen, R. 2006: Raportti Kokemäenjoen suuosan sedimenttiselvityksestä 23.3.2006. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys Ry. Kirje nro 562. 4 s.
- Peltonen Janita (valmisteilla) Pro-gradu opinnäytetyö, Geologian osasto, Turun yliopisto
- Raunio, A. 1992: Ympäristötietoa Kokemäenjoesta. Satakunnan luonnonsuojelupiirin Kokemäenjoki-projektin raportti. Satakuntaliitto, Sarja A: 189. Pori. 165 s.
- Ruuth, J.W. 1899: Porin kaupungin historia. Uusi suomenkielinen laitos: Jokipii, M. 1958: Porin kaupungin historia II. Porin kaupunki. Pori. 684 s.
- Saarinen, J. 1972: Porin historia III (1809-1939). Porin kaupunki. Pori.
- Salokangas, P. 1946: M 72 kuvat: 1-438. Pori-Friitala. Kuvattu 27.5.1946. Satakunnan Museon kokoelmat.
- Schantz von, P. W. 1836: Karta öfver Björneborgs stads Ängar Reglerade efter Ärs Mätning År 1836 af Ph: Wilh: von Schantz. Satakunnan Museon kokoelmat.
- Siiro, P. ja Kohonen, T. 2003: Selvitys rannikkosedimenttien haitta-ainepitoisuuksien normalisointimenetelmistä. Suomen ympäristökeskuksen moniste 274. Helsinki. 29 s.
- Suomen ympäristökeskus. 2007: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=245756>
- Päivitetty 13.7.2007. Luettu 3.12.2007.
- Säntti, A.A. 1954. Die rezente Entwicklung des Kokemäenjoki-Deltas. Turun yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja no. 29, 61 s. Valtioneuvoston asetus 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista
- Wahlroos, J. H. 1859: Karta öfver Staden Björneborg tillhörige ängar upprättad år 1859 af Joh: Henr: Wahlroos genom Klas von Schantz och Achilles Wahlroos. Satakunnan Museon kokoelmat.
- Ympäristöministeriö. 2004: Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöopas 117. Helsinki. 121 s.

KUVAILULEHTI

Julkaisusarjan nimi ja numero Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisu 13/2011				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Catherine Cripps, Janita Peltonen, Matti Räsänen, Pekka Huhta, Janne Niinikoski		Julkaisuaika Joulukuu 2011		
		Julkaisija Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja/toimeksiantaja		
Julkaisun nimi Kokemäenjoen suiston kehitys, maaperämuodostumat ja niiden kemialliset piirteet				
Tiivistelmä <p>Suurelta osin Natura-alueeseen kuuluvan Kokemäenjoen suistoalueen kuivan maan ja suiston edustan vesialueen erityyppisten maaperäkerrostumien kerrosjärjestys ja alueellinen jakautuminen selvitettiin pintamaaperän kartoituksella, tutkimuskaivannoilla ja kairauksella. Suiston kerrostumat luokiteltiin viiteen maaperämuodostumaan. Vanhimmissa nuorimpaan, Toukari, Vainio-Mattila, Hevosluoto, Lanajuopa ja Säikkä muodostumaan. Nämä edustavat vanhoja Itämeren altaan ja nuorempia merelle päin etenevän suiston eri osien kerrostumisympäristöjä. Eri muodostumien fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet kuvattiin ja ne eroavat luonteeltaan ratkaisevasti toisistaan. Suiston etenemistä edustavat Hevosluoto- ja Säikkä-muodostumat ovat kontaminoituneet 1900-luvun alkupuolelta lähtien yhä voimakkaammin ihmistoiminnasta kertyvistä raskasmetallipitoisuuksista ja orgaanisista haitta-aineista. Tämä näkyy erityisesti elohopean, kadmiumin, arseenin, lyijyn, sinkin, nikkelin, dioksiinien ja furaanien kokonaispitoisuuksien kasvuna näissä muodostumissa. Pitoisuudet ovat suurimpia muodostumien nuorimmissa osissa. Kuivalla maalla raskasmetallipitoisuudet ylittävät paikoin valtioneuvoston pilaantuneelle maaperälle asettamat kynnysarvot, jolloin säädökset on huomioitava suiston maaperää muokattaessa. Vesialueella nämä kynnysarvot ylittyvät myös orgaanisten haitta-aineiden osalta. Tietyin osin ovat esimerkiksi arseenin ja nikkelin osalta taustapitoisuudet suistoalueen vanhimmassa Toukari muodostumassa jo luontaisesti kynnysarvoja suuremmat. Tämä pitää osata ottaa huomioon maansiirtotoimenpiteitä suunniteltaessa. Suistoon kerrostuvan maa-aineksen ja nopean maankohoamisen vuoksi suisto etenee nykyisin 30-40 m vuodessa merialueelle päin. Tämä mataloittaa vääjäämättömästi suiston edustan vesialueita kerrostumisen siirtyessä merelle päin. Näin myös Natura-alueen ainutlaatuiset biotoopit vähitellen siirtyvät merelle päin.</p>				
Asiasanat suistot, maaperä, geologia, saastuneet alueet				
ISBN (painettu) 978-952-257-416-9	ISBN (PDF) 978-952-257-417-6	ISSN-L 1798-8004	ISSN (painettu) 1798-8004	ISSN (verkkojulkaisu) 1798-8012
Kokonaissivumäärä 61		Kieli Suomi		Hinta (sis. alv 8%)
Julkaisun myynti/jakaja Lemminkäisenkatu 14-18 B, PL 523, 20101 Turku Julkaisu on saatavana myös verkossa: www.ely-keskus.fi/varsinais-suomi/julkaisut				
Julkaisun kustantaja Varsinais-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus				
Painopaikka ja -aika Kopijyvä Oy, Jyväskylä 2011				

PRESENTATIONSBLAD

Publikationens serie och nummer Närings-, trafik- och miljöcentralen i Egentliga Finlands publikationer 13/2011				
Ansvarsområde Miljö och naturresurser				
Författare Catherine Cripps, Janita Peltonen, Matti Räsänen, Pekka Huhta, Janne Niinikoski		Publiceringsdatum December 2011		
		Utgivare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Egentliga Finland		
		Projektets finansör/uppdragsgivare		
Publikationens titel Utvecklingen av Kumo älvs delta, dess kvartära sediment och deras kemiska karaktärer				
Sammandrag Lagerföljderna och den spatiala fördelningen av de olika avlagringarna som utformar Kokemäki älvs deltaområde, på torrt land och inom vattenområden framför åns mynning, undersöktes med att kartlägga jordytans kvalitet, med att utföra undersöknings schakten och en djupborring. Avlagringarna inom deltaområdet, som hör till stor del till ett Natura-område, klassificerades till fem geologiska formationer. De är från det äldsta till det yngsta, Toukari, Vainio-Mattila, Hevosluoto, Lanajuopa och Säikkä formationer. De representerar, olika sedimentationsmiljöer inom det äldre Östersjöbäckenet och den yngre mot havet prograderande deltar. De fysikaliska och kemiska karaktärerna av formationerna dokumenterades och de avskiljer från varandra avsevärt. Hevosluoto och Säikkä formationer som representerar progradering av deltan har kontaminerats från början av 1900-talet med allt högre mängder av antropogena tungmetall utsläpp och utsläpp av organiska skadliga ämnen. Det här syns speciellt i tillväxt av totalinnehållet av kvicksilver, kadmium, arsin, bly, sink, nickel, dioksiner och furaner i de här formationerna. Innehållen är de största inom de yngsta delarna av formationerna. På torra land, värden av tungmetaller överskrider ställvist de tröskelvärden som statsrådet har bestämt för förorenade jord. Inom vattenområden överskrider värden av de organiska skadliga ämnena också dessa tröskelvärden. I dessa fall måste man ta detta till hänsyn när man planerar grävningens åtgärder på deltaområdet. För en del är redan de naturliga bakgrundsvärdena av t.ex. arsin och nickel i Toukari formationen högre än de tröskelvärdena som statsrådet har bestämt. I dessa fall måste man ta dessa högre naturliga bakgrundsvärdena till hänsyn när man planerar åtgärder. På grund av sedimentet, som anrikas på deltas mynning och det pågående landförhöjning, prograderar åns mynning nuförtiden 30-40 m årligen mot havet. Det här kommer oundvikligt att förminska vattendjupen inom vattenområdet framför deltat. Samtidigt kommer de enastående biotoper av Natura- området så småningom at migrera mot havet.				
Nyckelord delta, kvartär avlagring, geologi, förorenade jordarter				
ISBN (tryckt) 978-952-257-416-9	ISBN (PDF) 978-952-257-417-6	ISSN-L 1798-8004	ISSN (tryckt) 1798-8004	ISSN (webbpublikation) 1798-8012
Sidantal 61	Språk Finska		Pris (inneh. moms 8%)	
Beställningar/distribution Lemminkäinenengatan 14-18 B, PB 523, 20101 Åbo Publikationen finns också på webben: www.ely-centralen.fi/egentliga-finland/publikationer				
Förläggare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Egentliga Finland				
Tryckeri, ort och tidpunkt Kopijyvä Oy, Jyväskylä 2011				

DOCUMENTATION PAGE

Publication series and numbers Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Southwest Finland, Publications 13/2011				
Area(s) of responsibility Environment and Natural Resources				
Author(s) Catherine Cripps, Janita Peltonen, Matti Räsänen, Pekka Huhta, Janne Niinikoski		Date December 2011		
		Publisher Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Southwest Finland		
		Financier/commissioner		
Title of publication Development of the river Kokemäki delta, its Quaternary sediments and their chemical characteristics				
Abstract <p>The onshore and offshore stratigraphical units and their regional extent forming the Kokemäenjoki delta region were investigated by surficial mapping, excavations and drillings. The Kokemäenjoki delta forms a protected site within the European Natura 2000-network. The depositional units of the delta were classified into five informal lithostratigraphical units. They are from oldest to youngest, the toukari, vainio-mattila, hevosluoto, lanajuopa and säikkä formations. They represent the different depositional environments of the older deposition of the Baltic Sea basin and the younger deposition of the prograding Kokemäenjoki delta. The physical and chemical characteristics of the different formations were described and they differ remarkably from each other. From the first part of 20th century the hevosluoto and säikkä formations which represent the progradation of the delta have been contaminated more and more by anthropogenic heavy metals and harmful organic substances. This can be seen especially in the total concentrations of mercury, cadmium, arsenic, lead, zinc, nickel dioxin and furan. The concentrations are the highest in the youngest parts of the formations. Onshore the values of heavy metals locally exceed the threshold values defined by the government for contaminated soil. In these cases, this must be taken into consideration when earthmoving operations are being planned in the delta region. In the offshore areas, the organic harmful substances exceed these threshold values also. Locally the natural background concentrations of arsenic and nickel are higher than the threshold values, which must also be taken into account when earthmoving operations are planned. Due to the sedimentation of the delta and the glacioisostatic land uplift the delta is annually prograding towards the sea 30-40 m. This will inevitably shallow down the water areas in front of the delta when the sedimentation moves towards the sea. At the same time, the unique biotopes of the Natura reserve gradually migrate seawards.</p>				
Keywords delta, Quaternary deposits, geology, contaminated deposits				
ISBN (print) 978-952-257-416-9	ISBN (PDF) 978-952-257-417-6	ISSN-L 1798-8004	ISSN (print) 1798-8004	ISSN (online) 1798-8012
Number of pages 61		Language Finnish		Price (incl. tax 8 %)
For sale at/distributor Lemminkäisenkatu 14-18 B, PL 523, 20101 Turku tel. +358 20 636 0060				
Financier of publication Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Southwest Finland				
Printing place and date Kopijyvä Oy, Jyväskylä 2011				



Julkaisu kuuluu EU:n LIFE Luonto-rahaston tukemaan Kokemäenjoki LIFE -hankeeseen.
Rahasto tukee Natura 2000-verkoston toteuttamista.

Varsinais-Suomen elinkeino-,
liikenne- ja ympäristökeskus
Lemminkäisenkatu 14-18 B
PL 523, 20101 Turku
puh. 020 636 0060
www.ely-keskus.fi

ISBN 978-952-257-416-9 (painettu)
ISBN 978-952-257-417-6 (PDF)

ISSN-L 1798-1698-8004
ISSN 1798-8004 (painettu)
ISSN 1798-8012 (verkkajulkaisu)