geoteknikka
KIINTEISTÖVIRASTO
HELSINGIN KAUPUNKI
Fastighetskontoret
Helsingfors stad

PIKKU-HUOPALAHDEN ESIRAKENTAMISKOKEMUKSET

Perttu Juntunen
Osmo Korhonen

Julkaisu 86/2002

PIKKU-HUOPALAHDEN ESIRAKENTAMISKOKEMUKSET

Perttu Juntunen
Osmo Korhonen

TIIVISTELMÄ

Tämän työn tavoitteena on koota informatiivinen yhteenveto Pikku-Huopalahden esirakentamisesta suunnittelun, rakentamisen ja rakennuttamisprosessin osalta, sekä selvittää miksi erilaisiin ratkaisuihin on lopulta päädytty. Työn toisena tavoitteena on tarkastella esirakentamisen työnaikaisia sekä etenkin esirakentamisen jälkeen saatuja kokemuksia ja tuloksia mm. painumien, sivusiirtymien ja alueella havaittujen ongelmien avulla. Ongelmien esittämisen lisäksi työssä on pyritty löytämään syitä ja ratkaisuja esitettyihin ongelmiin, jotta niitä voitaisiin vastaavissa kohteissa tulevaisuudessa vähentää.

Tutkimus perustuu kirjallisuuteen, paikan päällä tehtyihin havaintoihin painumaongelmista, geoteknisen osaston painuma- ja sivusiirtymämittaustuloksiin sekä esirakentamisen aikana tai sen jälkeen kerättyyn aineistoon. Aineisto koostuu suurimmaksi osaksi rakennus- ja korjausselostuksista ja niihin liittyvistä piirustuksista sekä muista rakentamiseen liittyvistä dokumenteista. Korjauskustannusten osalta aineistoa on kerätty erilaisilla kyselyillä ja haastatteluilla. Aineiston avulla on koottu yhteenveto tehdyistä toimenpiteistä sekä laadittu painuma- ja sivusiirtymäennusteet alueelle.

Alueellisen painumaennusteen mukaan suurin osa alueesta tulee jäämään esirakentamisen yhteydessä painumalle asetettujen tavoiterajojen alle. Laadittujen sivusiirtymäennusteiden mukaan alueen sivusiirtymät ovat suurimmaksi osaksi tapahtuneet ja jäljellä olevien sivusiirtymien suuruudet eivät ole merkityksellisiä alueen toiminnan tai vakavuuden kannalta. Vaikka esirakentaminen on painumien suhteen onnistunutkin tavoitteen mukaisesti, niin alueella esiintyy ongelmia. Yhtenä ratkaisuna ongelmiin työssä esitetään uudeksi painumakriteeriksi tonttialueille enintään 200 mm painumaa. Toimenpiteellä ei kuitenkaan pystytä poistamaan niitä ongelmia, jotka eivät aiheudu käytetyistä esirakentamismenetelmistä, vaan puutteellisista siirtymärakenteista sekä suunnittelussa tai rakentamisessa tehdyistä virheistä. Näiden ongelmien välttämiseksi annettujen rakentamisohjeiden ja –määräysten noudattamista tulisi tehostaa.

Esirakentamisprojekti oli Helsingin kaupungin talouden kannalta onnistunut, sillä asetetuissa budjeteissa pysyttiin. Esirakentamisessa käytetty laatu- ja kustannustaso vastasivat siihen aikaan vallinneita standardeja. Tältä pohjalta valitut esirakentamismenetelmät ovat toimineet melko hyvin lukuun ottamatta Tilkankadun alueen pilaristabiloitu osaa, jossa esirakentaminen ei ole onnistunut toivotusti ja korjauskustannukset ovat nousseet kohtuuttoman suuriksi. Tämä tukee käsitystä, että esirakentamisen onnistumisvarmuuden tulisi olla etusijalla valittaessa käytettävää esirakentamismenetelmää.

ABSTRACT

The aim of this study is to present a text, which includes different aspects of the prebuilding project in Pikku-Huopalahti. Aspects considered here are design, construction and building of the Pikku-Huopalahti area as well as the reasons that led to different prebuilding decisions that were later carried out. The second object of this study is to explain and clarify some of the experiences and results that were obtained during and after the project completion. Obtained results and experiences are portrayed in detail by showing some common problems in the area caused by ground settlement. In addition to showing the problems, some reasons and solutions to the problems are presented as well.

This study is based on literature, field surveys, settlement- and lateral deflection measurements carried out by the geotechnical division of City of Helsinki. Other related material includes construction drawings and reports drawn up during the project. Some data concerning the repair costs were gathered by interviews and mail. Data and other acquired material were later used to draw up settlement- and lateral deflection forecasts for the area, as well as to explain the chosen prebuilding methods and the basis for their selection.

According to the settlement forecasts major proportion of the area will remain within the settlement limits that were imposed for the area before the prebuilding. Lateral deflections have for the most part already happened and the remaining deflections are insignificantly small. Even though the regional settlement limits will not be exceeded problems still exist. As a solution to the problems a new maximum allowed settlement limit of 200 mm for the building ground is introduced. However this solution cannot eliminate those problems that are not consequence of the prebuilding methods used but by the fact that design or construction of the necessary transition structures are done poorly or neglected altogether. To avoid these problems existing building rules and regulations should be followed more carefully.

In financial terms the prebuilding project in Pikku-Huopalahti was successful, because the budgets were met. The quality- and cost levels of the chosen prebuilding methods correspond to the standards that were acceptable at that time. The used methods have for the most part worked quite well except in the deep stabilized part of the Tilkankatu area. In this area the repair costs have accumulated quite high and give evidence that the reliability of the appropriate prebuilding method to be used is the most important factor for making selection decision.

ALKUSANAT

Pikku-Huopalahden esirakentaminen on suurimpia ellei suurin Suomessa tähän mennessä toteutettu alueellinen esirakentamiskohde. Helsingin kaupungin kiinteistöviraston geotekninen osasto on ollut mukana Pikku-Huopalahden esirakentamishankkeessa aivan sen alkuajoilta 1980-luvulta saakka. Tässä julkaisussa esitetyt ajatukset perustuvat Pikku-Huopalahden esirakennetulla alueella suoritettuihin mittauksiin ja esirakentamisesta saatuihin kokemuksiin. Erityispiirteinä tässä tutkimuksessa ovat esirakentamisen kustannukset sekä esirakentamisen- ja korjauskustannusten optimointi. Geoteknisen osaston tutkimustoiminnalla pyritään mm. kokoamaan tietoja ja kokemuksia esirakentamisesta sekä jakamaan tätä tietoa eteenpäin.

Tämä julkaisu perustuu tekn. yo. Perttu Juntusen diplomityöhön, joka on tehty geoteknisellä osastolla toimistopäällikkö Osmo Korhosen ohjauksessa. Työn valvojana on toiminut professori Olli Ravaska Teknillisestä korkeakoulusta.

Helsingissä joulukuun 30. päivänä 2002

Ilkka Vähäaho
osastopäällikkö

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ 5
ABSTRACT 6
ALKUSANAT 7
SISÄLLYSLUETTELO 8
KÄYTETYT MERKINNÄT 11
1. JOHDANTO 12
2. ESIRAKENTAMINEN 14
2.1 Esirakentaminen käsitteenä 14
2.2 Esirakentamisen tavoitteet 14
2.2.1 Alueellisen stabiliteetin varmistaminen 14
2.2.2 Painumien rajoittaminen 15
2.2.3 Esirakentamisen muut tavoitteet 16
2.3 Tyypilliset esirakennettavat alueet 16
2.4 Esirakentamisen ja pohjanvahvistuksen periaatteet 17
2.5 Esirakentamisen menetelmiä 18
3. ESIRAKENTAMISPROSESSI 19
3.1 Esirakentamishankkeen osapuolet 19
3.2 Esirakentamisen liittyminen kaavoitukseen 20
3.3 Esirakentamisen rahoitus 22
3.3.1 Kustannusten kohdistaminen ja käytetyt rahoitusmallit 22
3.4 Esirakentamishankkeen budjetointi 23
3.5 Esirakentamislupakäsittely ja esirakentamisen toteuttaminen 23
4. PIKKU-HUOPALAHDEN SUUNNITTELU 26
4.1 Lähtötilanne alueellisen esirakentamisen suunnittelulle 26
4.1.1 Pikku-Huopalahden sijainti ja alueen laajuus 26
4.1.2 Pikku-Huopalahden alueen toiminnallinen historia 27
4.1.3 Pikku-Huopalahden geotekninen kuvaus 28
4.1.4 Pikku-Huopalahden osayleiskaavan tavoitteet 29
4.2 Alueellisen esirakentamisen suunnittelu 29
4.2.1 Suunnittelun kulku 29
4.2.2 Painumien määrittäminen ketjulaskennalla 30
4.2.3 Stabiliteetin määrittäminen 31
4.3 Painumat Pikku-Huopalahdessa 32
4.3.1 Pikku-Huopalahden painumat ilman esirakentamista 32
4.3.2 Pikku-Huopalahden esirakentamisen painumatavoitteet 33
4.4 Alueellinen stabiliteetti Pikku-Huopalahdessa 33
4.4.1 Yleistä Pikku-Huopalahden stabiliteettitarkasteluista 33
4.4.2 Pikku-Huopalahden pääongelma-alueet 34
4.5 Alueellinen kuivatus 36
4.5.1 Alueellisen kuivatuksen periaate 36
4.5.2 Korkeusasemien määrittäminen 36
4.6 Massatalous Pikku-Huopalahden esirakentamisessa 38
4.7 Esirakentamisvaatimusten yhteensovittaminen 38
4.8 Saastuneet maa-alueet Pikku-Huopalahdessa 39

4.9 Painumaerot ja niiden merkitys rakenteille ... 41
4.10 Siirtymärakenteet ... 42
4.10.1 Siirtymärakenteiden periaate ... 42
4.10.2 Erilaisia siirtymärakenteita ... 43
4.11 Putkijohtojen painumavaurioiden ehkäiseminen ... 47
4.12 Pikku-Huopalahden pääesirakentamismenetelmät ... 49
4.12.1 Pystyojitus ... 49
4.12.2 Massanvaihto ... 53
4.12.3 Pengerpaalutus ... 55
4.12.4 Pilaristabilointi ... 57

5. PIKKU-HUOPALAHDEN ESIRAKENTAMINEN ... 61
5.1 Esirakentamisalueet ja esirakentamisen aikataulu ... 61
5.2 Korppaanmäen kaava-alue ... 63
5.3 Kytösuontien kaava-alue ... 64
5.4 Tilkantorin alue ... 68
5.5 Mätäpuro ... 71
5.6 Tilkankadun kaava-alue ... 72
5.7 Pikku-Huopalahden vesialue ... 76
5.8 Paciuksen kaava-alue ... 77

6. KOKEMUKSIA PIKKU-HUOPALAHDESTA ... 79
6.1 Pikku-Huopalahden suunnitteluohjeet ... 79
6.1.1 Suunnitteluohjeiden sisältö ... 79
6.1.2 Suunnitteluohjeiden merkitys eri osapuolille ... 79
6.2 Pikku-Huopalahden alueen vaikutus rakentamistyöhön ... 81
6.3 Saatujen kokemusten hyväksikäyttö suunnittelussa ... 82
6.4 Pikku-Huopalahden tarkkailumittaukset ja niiden merkitys ... 82
6.5 Painumat esirakentamisen aikana ja sen jälkeen ... 83
6.6 Sivusiirtymät ... 86
6.6.1 Yleistä sivusiirtymistä ja niiden mittaamisesta ... 86
6.6.2 Sivusiirtymäennusteiden laadinta ... 88
6.6.3 Mittaustulokset ja laaditut ennusteet ... 90
6.7 Esirakentamisen taloudellinen onnistuminen ... 92
6.7.1 Taloudelliset lähtökohdat esirakentamiselle ... 92
6.7.2 Esirakentamismaksut ja -kustannukset ... 92
6.7.3 Tonttien vuokra- ja myyntitulot ... 93

7. ONGELMAT PIKKU-HUOPALAHDESSA ... 96
7.1 Yleistä Pikku-Huopalahden painumaongelmista ... 96
7.2 Paalutetut putkijohtolinjat ... 96
7.3 Paalutettujen rakenteiden vierustat ... 99
7.4 Paalutettuun rakenteeseen kiinnitetyt painuvat rakenteet ... 102
7.5 Esirakentamisen liittyminen talonrakentamiseen ... 109
7.6 Eri esirakentamistapojen rajakohdat ... 117
7.7 Painuman huomioonottaminen kuivatuksessa ... 119
7.8 Rakentamistyöstä aiheutuneet vauriot ... 122
7.9 Putkijohdoille aiheutuneet painumavauriot ... 124
7.10 Yhteenveto ongelmista ja uusi painumakriteeri ... 125

8. PIKKU-HUOPALAHDEN ESIRAKENTAMISMENETELMIEN VALINTA ... 128
8.1 Esirakentamismenetelmien valintaperusteet ... 128
8.2 Esirakentamismenetelmien elinkaaren kustannukset ... 129
8.3 Esirakentamismenetelmien keskimääräiset kustannukset ... 130
8.4 Pikku-Huopalahden painumakorjaukset ... 131

8.4.1 Yleistä Pikku-Huopalahden painumakorjauksista 131
8.4.2 Esimerkkejä Pikku-Huopalahdessa tehdyistä korjauksista 132
8.5 Arvio esirakentamismenetelmien valinnasta 143
8.5.1 Tilkankadun pilaristabiloinnin onnistuminen 143
8.6 Muut alueet Pikku-Huopalahdessa 145

9. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET 146

LÄHDELUETTELO 148

LIITTEET

Liite A. Vakavuuden laskennassa käytetty maastomalli
Liite B. Sivusiirtymäennusteiden laskennassa käytetyt sovitussuorien kuvaajat
Liite C. Tilkankadun alueen pilaristabiloitujen tonttien kustannukset
Liite D. Esitettyjen painumaongelmien sijaintikartta
Liite E. Pikku-Huopalahden tarkkailumittauspisteiden sijaintikartta

KÄYTETYT MERKINNÄT

s	Leikkauslujuus [kPa]
τ	Leikkausjännitys [kPA]
F	Kokonaisvarmuuskerroin liukusortumaa vastaan tai routanousun korkeus
V_p	Huokostilavuus [m^3]
V_s	Maanäytteen kiintoaineksen tilavuus [m^3]
e	Huokosluku
q	Penkereestä maapohjaan aiheutuva kuormitus [kN/m^2]
S_i,	Maanpinnan painuma aikavälillä t_i [mm]
$S(t)$	Painuma aikahetkellä t [mm]
$SS(t)$	Sivusiirtymä aikahetkellä t [mm]
S_f,	Lopullinen painuma ajan lähestyessä ääretöntä [mm]
SS_f,	Lopullinen sivusiirtymä ajan lähestyessä ääretöntä [mm]
R	Leikkauslujuuden redusointikerroin
H	Pengerkorkeus [m]
S_p	Painumavara pystyojituksen yhteydessä [m]
ΔH	Ylipenkereen korkeus [m]
a	Paaluhatun leveys tai putken halkaisijan puolikas [m], sivusiirtymän tai painuman kuvaajan sovitussuoran vakiotermi
r_v	Paaluhattujen rakoväli [m]
b	Paalujen etäisyys toisistaan pengerpaalutuksessa [m], sivusiirtymän tai painuman kuvaajan sovitussuoran kulmakerroin
γ	Tilavuuspaino [kN/m^3]
φ	Kitkakulma [°]
GW	Pohjavedenpinnan taso
U	Konsolidaatioaste
Tv	Turve
Sa	Savi
Si	Siltti
Hk	Hiekka
Mr	Moreeni
TSV	Tien tasausviiva
Δ, δ	Painumaero [mm]
k/k	Stabilointipilarien tai pystyojien keskipisteiden etäisyys [m]
c	Koheesio [kN/m2]
SS_i	Sivusiirtymä mittaushetkellä i [mm]
A_i, B_i	Sivusiirtymän komponentit suunnissa A ja B [mm]
v_0	Painuman alkunopeus [mm/s]
v_{0SS}	Sivusiirtymän alkunopeus [mm/s]

1. JOHDANTO

Helsinki sijaitsee merenranta-alueella, jossa esiintyy monin paikoin heikosti kantavia savipehmeikköjä. Koska suuri osa rakentamiseen kelvollisesta rakennusmaasta on jo käytetty ja tonttimaasta alkaa olla pula, on rakentamista jouduttu yhä useammin siirtämään alueille, jotka painuma- ja vakavuussyistä sopivat huonosti rakentamiseen. Yksi tällainen kohde on Pikku-Huopalahden alue, joka on yksi suurimmista ellei suurin alueellisesti toteutettu esirakentamishanke Suomessa. Pikku-Huopalahden historiaan on mahtunut monenlaista toimintaa niin kaatopaikkana kuin pienteollisuusalueenakin. Alueen vaikeat pohjasuhteet pitivät rakentajat pois alueelta aina 1980-luvulle asti, jolloin esirakentamismenetelmät olivat kehittyneet niin pitkälle, että alueen esirakentaminen suuressa mittakaavassa tuli mahdolliseksi. Kaupunki päätti ottaa alueen rakennuskäyttöön, minkä seurauksena alueella aiemmin olleet vuokralaiset joutuivat siirtymään toisaalle ennen esirakentamisen aloittamista. Alueen esirakentamisen aloitettiin vuonna 1986 ja saatettiin päätökseen vuonna 1996.

Koska Pikku-Huopalahti oli taloudellisesti merkittävä ja ajallisesti laaja esirakentamishanke, on järkevää pyrkiä hyödyntämään esirakentamisprojektin aikana saatuja kokemuksia ja tietoutta muissa samankaltaisissa kohteissa. Lisäksi alueen esirakentamisesta on vuoden 2002 loppuun mennessä kulunut kaikissa kohteissa jo vähintään kuusi vuotta ja pystyojitetuilla ja stabiloiduilla osilla jo hieman kauemminkin, joten alueen esirakentamistulokset alkavat olla suurelta osin nähtävissä ja niistä voidaan tehdä erilaisia johtopäätöksiä esirakentamisen onnistumisesta. Tämän työn ensisijaisena tavoitteena onkin koota yhteen informatiivinen tietopaketti esirakentamisen aikana ja etenkin sen jälkeen saaduista kokemuksista. Lisäksi työn yhtenä tavoitteena on, että se toimisi Pikku-Huopalahden esirakentamisen ja yleensä esirakentamisen tietolähteenä myös niille ryhmille, joilla ei ole perustietoja maamekaniikasta ja pohjarakentamisesta.

Esirakentamisen pääongelmat liittyvät painumien ja alueellisen vakavuuden hallintaan, joten työn yhtenä tavoitteena on laatia ajantasainen raportti painumien ja sivusiirtymien nykyhetken tilasta ja niiden arvioidusta kehittymisestä tulevaisuudessa. Tavoitteena on em. tietojen pohjalta arvioida esirakentamisen onnistumista asetettuihin tavoitteisiin nähden sekä esirakentamisen onnistumista yleensä, sillä asetetuissa tavoitteissa pysyminen ei takaa, etteikö alueella esiintyisi ongelmia. Nykytilanteen ja ennusteen esittämisen lisäksi tavoitteena onkin kuvata maan painumisen mukanaan tuomia ongelmia pihoille, piharakenteille ja putkijohdoille. Yleisimpiä painumaongelmia ovat esim. pihojen kuivatuksen toimimattomuus, epätasaisuudet päällysterakenteissa, rakenteiden vääntyminen ja murtuminen sekä putkijohtojen taipuminen. Ongelmien kuvaamisen lisäksi tavoitteena on analysoida ongelmien pääsyyt sekä mahdollisia keinoja ongelmien vähentämiseksi tai poistamiseksi kokonaan.

Painumavaurioiden seurauksena esirakennetulle alueelle joudutaan yleensä tekemään erilaisia korjauksia, joiden laajuus voi vaihdella suurestikin pienistä päällystepaikkauksista aina kokonaisten putkijohtolinjojen ja piha-alueiden uusimisiin. Työn yhtenä tavoitteena on koota kustannustietoja korjauksista ja kuvata niiden merkitys esirakentamisen kokonaistaloudellisuudelle ja esirakentamismenetelmän valinnalle sekä arvioida Pikku-Huopalahden esirakentamisen onnistumista esirakentamisesta ja korjauksista syntyvien koko elinkaaren kustannusten avulla.

Tästä työstä on jätetty pois likaantuneen maaperän kunnostukseen liittyvät toimet, vaikka yleensä esirakentaminen suunnitellaan siten, että myös alueen ympäristöhygieniset seikat tulevat huomioon otetuiksi. Pikku-Huopalahdessa saastuneita maiden käsittelyä ei kuitenkaan suunniteltu yhdessä muun esirakentamissuunnittelun kanssa. Työssä esitetyt saastuneita alueita koskevat toimenpiteet suunniteltiin ja toteutettiin jälkikäteen esirakennetulle alueelle. Koska työn tarkoituksena ei ole toimia mitoitusohjeena eri esirakentamismenetelmille, työstä on jätetty pois suuri osa eri esirakentamismenetelmien teoreettisista taustoista, mitoitusohjeista ja laskentakaavoista. Menetelmiä kuvataan sen verran, että lukijalle välittyy kuva käytettyjen esirakentamismenetelmien suunnittelun, rakentamisen ja laadunvalvonnan päävaiheista sekä menetelmien hyvistä ja huonoista puolista.

2. ESIRAKENTAMINEN

2.1 Esirakentaminen käsitteenä

Esirakentamisen sisältö ja tarkoitus vaihtelevat hieman tilanteen ja eri lähteiden mukaan. Suppeasti ajateltuna esirakentamiseen sisällytetään vain ne pohjanvahvistustoimet, joilla parannetaan maan geoteknisiä ominaisuuksia. Laajassa mielessä esirakentamiseen voidaan lukea kaikki ne toimenpiteet, joilla käyttöön otettavan alueen rakentamisen tai muunlaisen hyödyntämisen edellytyksiä parannetaan. /4/ Esirakentamiseen sisältyvät em. perusteella kaikki ne ennen varsinaista rakentamista tehtävät maa- ja pohjarakennustoimenpiteet, joiden jälkeen maa- ja vesialueet on rakennettavissa yleisesti käytössä olevin menetelmin. Esirakentamista ovat siten myös esimerkiksi pehmeikköjen ja ranta-alueiden laadun parantaminen, pohjanvahvistustyöt, kaivu- ja louhintatyöt, sekä täyttötyöt lisämaan hankkimiseksi. Myös saastuneiden alueiden kunnostaminen voidaan tulkita esirakentamiseksi. /61/, /71/

Riippumatta käytetyistä menetelmistä esirakentamisen tavoitteena on rakennuskelvottoman maan muuttaminen rakentamiskelpoiseksi ja luoda rakentamiselle taloudellisesti ja ympäristöllisesti paremmat edellytykset. /47/ Tässä työssä esirakentaminen ymmärretään edellä esitetyn laajan määritelmän puitteissa, jonka mukaan esimerkiksi pengerpaalutus ja massanvaihto ovat esirakentamista, vaikka ne eivät varsinaisesti parannakaan esirakennettavan maan geoteknisiä ominaisuuksia. Näiden menetelmien avulla voidaan kuitenkin ottaa käyttöön muuten rakennuskelvoton maa-alue.

2.2 Esirakentamisen tavoitteet

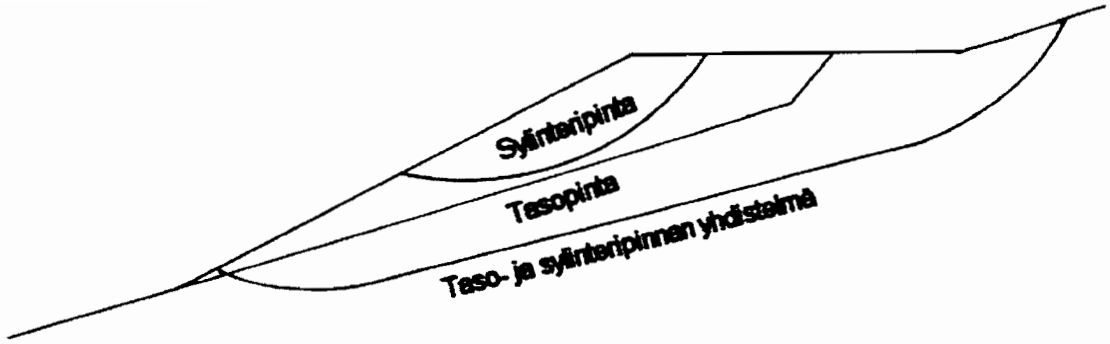
2.2.1 Alueellisen stabiliteetin varmistaminen

Alueellisen stabiliteetin varmistaminen on ensimmäinen kahdesta esirakentamisen päätavoitteesta, jotka vaaditaan alueen saattamiseksi rakennuskelpoiseksi. Alueellinen stabiliteetti joudutaan tarkistamaan aina suunniteltaessa alueen korkeusasemia sekä erilaisia rakentamisen aikaisia työvaiheita. Alueellisen stabiliteetin lisäksi joudutaan varmistamaan myös paikallinen stabiliteetti rakentamisen eri vaiheissa. Alueellisia esirakentamisen työvaiheita ovat esim. painopenkereen rakentaminen ja vesialueen ruoppaus. Paikallisia stabiliteettitarkasteluja vaativia töitä ovat esim. putkijohtokaivantojen kaivaminen ja pienet työnaikaiset läjitykset.

Alueellista ja paikallista stabiliteettia tutkitaan tavallisimmin tarkastelemalla luiskan vaarallisimmalla liukupinnalla vallitsevaa maan tai kallion leikkauslujuuden s ja leikkausjännityksen τ suhdetta. Kyseistä suhdetta kutsutaan luiskan varmuusluvuksi F. Varmuusluvun laskeminen esitetään kaavassa 1. /100/ Kuvassa 1 esitetään tavanomaiset stabiliteettilaskennassa käytettävät liukupintojen muodot. Homogeenisessä koheesiomaassa perinteisesti käytetään sylinteri- eli ympyräliukupintaa, kuten on tehty Pikku-Huopalahden stabiliteettitarkasteluissakin.

$$\frac{s}{\tau} = F \qquad (1)$$

jossa s on maan leikkauslujuus liukupinnalla
τ on liukupinnalla vallitseva leikkausjännitys
F on luiskan varmuusluku liukusortumaa vastaan



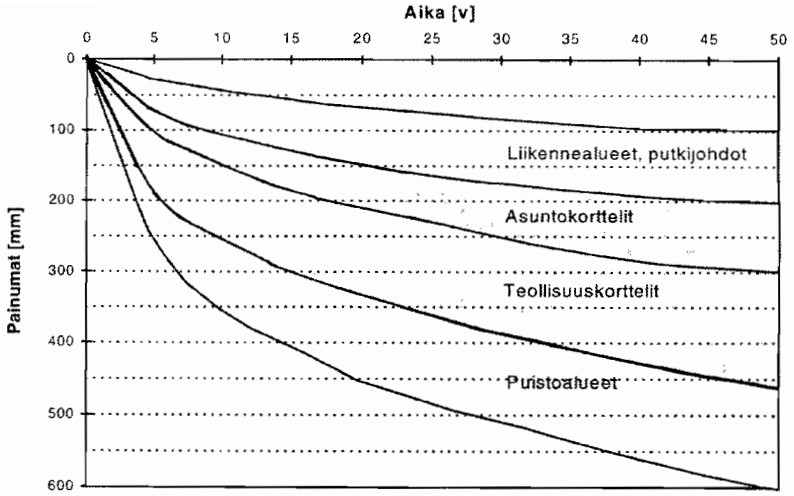
Kuva 1 Tavanomaiset vakavuuslaskennassa käytettävät liukupintojen muodot /23/

Liukupinnalla vallitsevat leikkausjännitys ja leikkauslujuus riippuvat mm. luiskan muodosta, jyrkkyydestä, korkeudesta ja maan huokospaineesta ja tilavuuspainoista. Jos laskettu varmuusluku on suurempi kuin yksi, niin luiska on vakaa. Muussa tapauksessa on odotettavissa sortuma. Käytännössä vaaditaan eri tekijöistä johtuen suurempaa varmuusmarginaalia eli suurempaa varmuuslukua. /100/ Pohjarakennusohjeissa /96/ tämä esitetään siten, että kokonaisvarmuusluvun tulisi pitkäaikaisessa tilanteessa olla vähintään 1,8 rakennusalueen alueellista sortumaa vastaan. Työnaikaisessa tilanteessa voidaan tilanteen mukaan sallia pienempiäkin varmuuslukuja. Kokonaisvarmuuslukumenetelmä ottaa huomioon vain rakenteen kokonaisvarmuuden ominaiskuormien aiheuttamien jännityksien ja kapasiteetin suhteen. Sallittujen jännitysten menetelmä sen sijaan ottaa huomioon ominaiskuormien aiheuttamien jännitysten lisäksi myös sen, että muodonmuutokset pysyvät sallituissa rajoissa. Laskelmia joudutaan usein vaihtoehtojen vertailemiseksi ja vaarallisimman liukupinnan määrittämiseksi laatimaan suuria määriä, minkä vuoksi stabiliteettianalyysit suoritetaan yleensä tietokoneohjelmilla.

Alueelliseen vakavuuteen voidaan vaikuttaa merkittävästi myös alueen rakentamisjärjestyksellä ja –tavalla. Esimerkiksi tilanteessa, jossa maan leikkauslujuus on alkutilassaan riittämätön vakavuuden kannalta, saatetaan ongelmasta päästä vaiheittain rakentamalla. Menetelmässä kuormitusta lisätään pengerkorkeutta kasvattamalla konsolidaation etenemisen myötä, samalla kun maan leikkauslujuus kasvaa konsolidaation seurauksena. /70/

2.2.2 Painumien rajoittaminen

Toinen ja näkyvin esirakentamisen tavoitteista on saattaa alueellinen painuma hyväksyttäviin raja-arvoihin. Hyväksyttävien painumien ja alueiden vähimmäislaatutason saavuttamiseksi on tehtävä esirakentamistarpeen kartoitus, jossa verrataan alueen arvioituja tulevia painumia ohjeellisiin raja-arvoihin. Näin voidaan erottaa toisistaan alueet, jotka vaativat esirakentamista. /4/ Painumilla tarkoitetaan tässä pehmeikköalueilla viidenkymmenen vuoden aikana syntyvää painumaa. Kuvassa 2 esitetään eri aluetyypeille painumarajat, joiden ylittyessä esirakentamista suositellaan. Ohje on lähinnä viitteellinen ja vastaa Pikku-Huopalahden suunnitteluvaiheessa vallinnutta tilannetta ja sitä käytetään alueellisen esirakentamistarpeen arvioimiseen. Rakenteen painumien raja-arvot määritetään tarkasti yksityiskohtaisen suunnittelun yhteydessä tilannekohtaisesti. Eri käyttötarkoituksiin varattujen alueiden painumien raja-arvot määräytyvät joko alueen rakenteiden ominaisuuksista tai alueen ulkonäköseikkojen laatuvaatimuksista. /71/



Kuva 2 Suositellut painumarajat esirakennetulla alueella /71/

Yleensä rakenteiden tekniset vaatimukset asettavat tiukempia painumarajoitteita kuin alueen ulkonäölliset seikat. Esimerkiksi liikennealueille tai putkijohdoille painumista aiheutuvat toimintahäiriöt ovat selvästi merkityksellisempiä, kuin hieman suurempienkin painumien aiheuttamat ulkonäköongelmat puistoalueella.

2.2.3 Esirakentamisen muut tavoitteet

Painumien ja stabiliteetin hallinnan lisäksi esirakentamisella parannetaan yleisesti alueen rakennettavuutta ja turvataan kunnallistekniikan järjestelmien ja liikenneväylien toimivuus. Erittäin huonoilla pohjamailla esirakentaminen on alueen rakentamiskelpoisuuden ehdoton edellytys. Esirakentamisesta saadaan suoria ja epäsuoria hyötyjä: /71/,/61/,/59/

- Kuntarakenteen laatu paranee kun palvelujen lähellä sijaitsevat rakennuskelvottomat ja rakentamiseen huonosti soveltuvat alueet saadaan käyttöön.
- Tiiviimpi ja toimivampi yhdyskuntarakenne lisää alueiden taloudellisia toimintamahdollisuuksia ja kunnallisteknisen rakentamisen taloudellisuutta, koska liittymien rakentaminen nykyisiin verkkoihin on helppoa.
- Alueiden kuivatusjärjestelmien sekä muiden rakenteiden kunnossapitotarve ja –kustannukset vähenevät alueiden teknisen laadun parantuessa.
- Alueiden käytön turvallisuus, viihtyisyys, terveellisyys yms. tekijät paranevat ympäristön laadun parantuessa.
- Kelvollisen tonttimaan määrä lisääntyy kaupungeissa, joissa siitä on pulaa.
- Kaupunki saa suoraa taloudellista hyötyä esirakentamisesta, koska kaupungin tonttien myynnistä ja -vuokrauksesta saamat tulot kasvavat.
- Esirakennetulle alueelle tai muualle kuntaan syntyy seurannaistyöpaikka. Samalla matka-ajat lyhenevät, polttoaineen kulutus pienenee ja kunnallistekniikan ja julkisen liikenteen palvelujen rakentaminen halpenee.

2.3 Tyypilliset esirakennettavat alueet

Huonot pohjasuhteet lisäävät pohjarakentamiskustannuksia, koska perustamissyvyys kasvaa pehmeikön syvyyden mukana. /114/ Alueellisen esirakentamisen taloudellisena edellytyksenä on se, että esirakentamisesta saadaan kasvaneita pohjarakennuskustannuksia vastaava lisähyöty. Tämä lisähyöty on saatavissa yleensä silloin, kun alueen sijainti on pohjasuhteita lukuun ottamatta edullinen. Esirakennettavat alu-

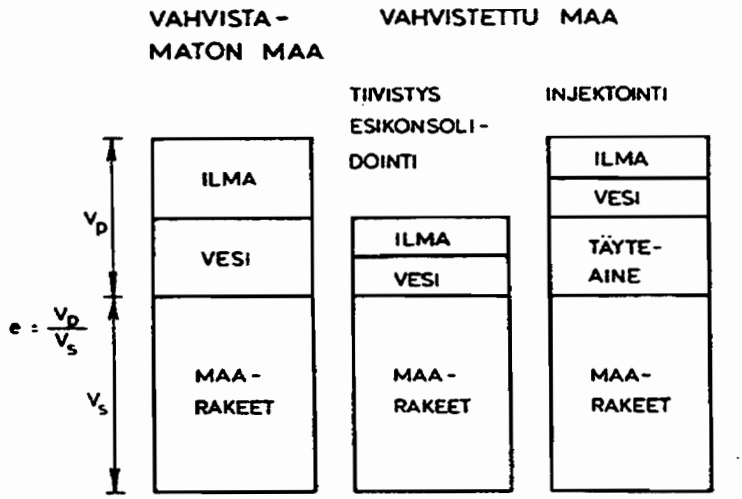
eet ovat siis tyypillisesti alueita, jotka sijaintinsa puolesta ovat potentiaalisesti arvokasta tonttimaata.

Hyvän sijainnin lisäksi alueen esirakentamisen taloudellisuus vaatii, että rakennettava alue on riittävän laaja. Kannattavuusrajana voidaan pitää n. 1,0 ha aluekokoa. Tällöin alueen esirakentamistoimenpiteiden kustannukset muodostuvat tonttikohtaisesti suoritettavia erillisiä toimenpiteitä edullisemmiksi. Suurin esirakentamistarve kohdistuu geoteknisesti ongelmallisille pehmeikköalueille, joita ovat /4/

- savi-, turve- ja liejupehmeiköt
- ranta-alueet ja matalikot
- suunnittelemattomasti rakennetut täytöt
- edellä mainittujen yhdistelmät
- mäet, kalliot ja painanteet.

2.4 Esirakentamisen ja pohjanvahvistuksen periaatteet

Pohjanvahvistusta voidaan pitää esirakentamisen osa-alueena. Geotekniikassa pohjanvahvistuksella tarkoitetaan maakerrosten geoteknisten ominaisuuksien parantamista. Maaperän rakenne koostuu maarakeista sekä niiden välissä olevasta veden ja/tai ilman täyttämästä huokostilasta, kuten kuvassa 3 esitetään.



Kuva 3 Maaperän rakennekoostumus ja pohjanvahvistuksen periaate /92/

Kuvassa 3 kirjain *e* eli huokosluku tarkoittaa huokostilavuuden (V_p) suhdetta kiinteiden maarakeiden tilavuuteen (V_s). Varsinainen kiviaines muodostaa niin lujan rungon, että se ei tarvitse vahvistamista. Maaperän heikko kantavuus ja painumisalttius johtuvatkin lähinnä maan huokosista. Maaperän vahvistamistarvetta onkin erityisesti silloin, kun maan huokostilavuuden suhteellinen osuus on suuri, eli kun huokosluku on suuri. Maapohjaa pyritään siis lujittamaan pienentämällä huokostilavuutta tai täyttämällä huokostila sopivalla injektointiaineella ennen varsinaisen pengerkuormituksen lisäämistä. Stabiloinnissa maahan lisätään sideainetta, jonka sitoutumisreaktion seurauksena savirakeet liittyvät toisiinsa kiinteämmin ja maa saa karkeamman rakenteen. Huokosvesi pääsee poistumaan karkearakeisemmasta maasta helpommin ja toisaalta osa vedestä sitoutuu kemiallisessa reaktiossa sideaineen kanssa, jolloin huokosissa olevan veden määrää edelleen vähenee. Huokostilavuuden pienenemisen seurauksena maan kantokyky ja stabiliteetti kasvavat sekä painumat pienentyvät. /92/

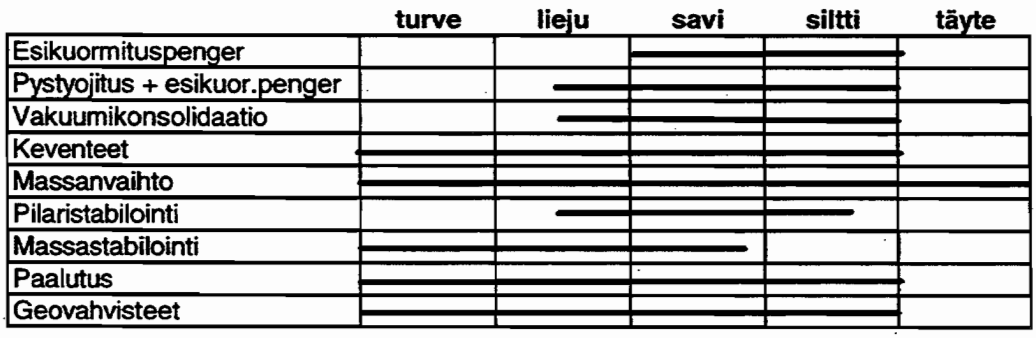
Maapohjan vahvistaminen voi tapahtua mm. tiivistämällä, esikonsolidoimalla ja stabiloimalla. Maapohjan vahvistamisen lisäksi esirakentaminen sisältää toimenpiteitä, joilla ei varsinaisesti muokata maan geoteknisia ominaisuuksia, mutta joilla saatetaan rakennuskelvoton maapohja rakennuskelpoiseksi. /92/

2.5 Esirakentamisen menetelmiä

Esirakentamismenetelmien kirjo on laaja jo senkin vuoksi, että itse käsite esirakentaminen on määritelty hyvin laajasti. Alla on lueteltu muutamia nykyisin käytössä olevia esirakentamismenetelmiä, joista käytetään yksin tai yhdistettynä toiseen menetelmään kuten esim. pystyojitus ja ylipenger. Osa menetelmistä soveltuu kitkamaiden ja osa koheesiomaiden esirakentamiseen. /92/

Syvätiivistys	**Injektointi**
Täryhuuhtelu	Sementti-injektointi
Pudotustiivistys	Kemiallinen injektointi
Tiivistyspaalutus	Syrjäytysinjektointi
Esikonsolidointi	**Stabilointi**
Pystyojitus	Massastabilointi
Ylipenger	Syvästabilointi
Vakuumikonsolidaatio	Terminen stabilointi
Elektro-osmoosi	**Pengerpaalutus**
Geovahvisteet	**Kevennys**
Massanvaihto	

Tässä työssä tarkastellaan lähemmin vain niitä esirakentamismenetelmiä, joita Pikku-Huopalahdessa käytettiin. Kyseessä ovat siis lähinnä koheesiomaille soveltuvat menetelmät, joiden käyttöalueet esitetään kuvassa 4. Pikku-Huopalahdessa on käytetty näistä menetelmistä kaikkia lukuun ottamatta vakuumikonsolidaatiota. /71/ Keventeitä ei ole käytetty varsinaisesti alueellisena esirakentamistoimenpiteenä, vaan niitä on käytetty lähinnä siirtymärakenteina ja paikallisten ongelmakohtien ratkaisuissa.

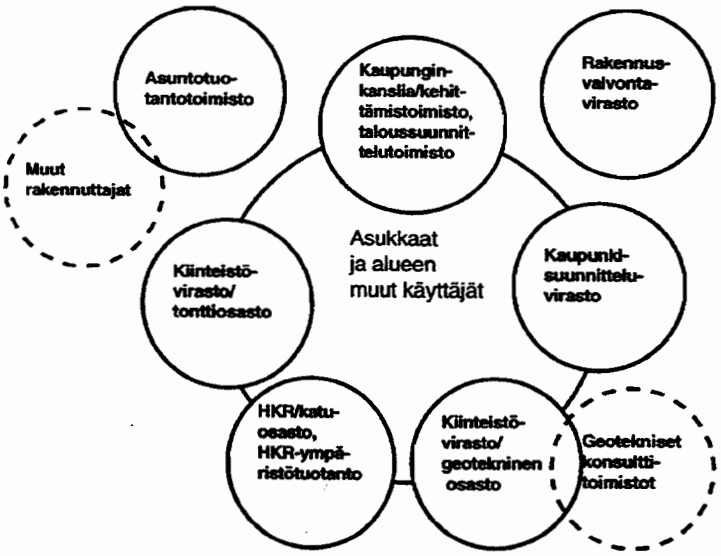


Kuva 4 Koheesiomaiden esirakentamismenetelmät ja käyttöalueet /71/

3. ESIRAKENTAMISPROSESSI

3.1 Esirakentamishankkeen osapuolet

Esirakentamishanke on yleensä melko suuri ja pitkäkestoinen projekti, jossa on useita eri osapuolia. Helsingin kaupungin esirakentamishankkeissa tyypillisesti esiintyvät osapuolet esitetään kuvassa 5. Esirakentamisprosessin selventämiseksi eri osapuolten yleisiä tehtäviä rakentamis- ja esirakentamishankkeessa kuvataan alla.



Kuva 5 Helsingin kaupungin esirakentamisen osapuolet /71/

Kiinteistöviraston tonttiosasto huolehtii siitä, että kaupungin kehittymisen edellyttämät maa-alueet ovat oikeaan aikaan käytettävissä. Tonttiosasto siis ostaa, myy ja vuokraa maa-alueita eri tarkoituksiin. Esirakentamisprojektissa tonttiosasto vastaa tonttien hankinnasta, vaihdosta ja vuokrasopimusten teosta tonttien vuokraajien kanssa. /20/

Kiinteistöviraston geotekninen osasto palvelee kaupungin muita hallintokuntia pohja- ja kalliorakennusta koskevissa tutkimus-, suunnittelu- ja valvontatehtävissä. /19/ Esirakentamisen yhteydessä geotekninen osasto tai geoteknisen alan konsulttitoimisto laatii kaavasuunnitteluun ja toteutukseen liittyvät esirakentamissuunnitelmat. Geotekninen osasto lisäksi tekee tarvittavat pohjatutkimussuunnitelmat, -tutkimukset ja mittaukset, sekä koordinoi ja toimii asiantuntijatehtävissä hankkeen eri vaiheissa. Pikku-Huopalahdessa geotekninen osasto keskittyi lähinnä pohjatutkimuksiin ja työn valvontaan.

Helsingin kaupungin rakennusviraston katuosasto toimii esirakentamishankkeessa rakennuttajana ja töiden käynnistäjänä, sekä yhdessä geoteknisen osaston kanssa hoitaa varsinaisen esirakentamisen suunnittelun. /115/

Kaupunkisuunnitteluvirasto ohjaa ja valvoo Helsingin kaupungin yleiskaavoitusta, asemakaavoitusta sekä liikennesuunnittelua. Esirakentamishankkeessa kaupunki-

suunnitteluvirasto vastaa kaavojen laatimisesta ja kaavoituksen ajallisesta etenemisestä muiden osastojen myötävaikutuksella. /18/

Kaupunginkanslian talous- ja suunnitteluosasto huolehtii taloussuunnittelusta, hallinnon kehittämisestä, atk-toiminnan koordinoinnista, raha- ja laskentatoimesta, sisäisestä tarkastuksesta, aluerakentamisen ohjauksesta, asunto-ohjelmasta ja elinkeinopoliittisesta suunnittelusta sekä näihin liittyvästä päätösvalmistelusta. Osasto toimii kaupunginhallituksen yleisenä suunnittelu-, valmistelu-, toimeenpano- ja seurantaelimenä ja se huolehtii kaupungin kehittämistä koskevien tavoitteiden ja strategiavaihtoehtojen valmistelusta ja yhteensovittamisesta. /17/ Esirakentamishankkeissa osasto huolehtii esirakentamiseen tarvittavien rahojen budjetoinnista ja ohjauksesta.

Asuntotuotantotoimiston tehtävänä on vastata kaupungin oman asuntotuotannon rakennuttamisesta kaupungin tavoitteiden mukaisesti. Tavoitteena on tuottaa laadukkaita, viihtyisiä ja kohtuuhintaisia vuokra-, omistus- ja asumisoikeusasuntoja asuntoohjelman vuosittain edellyttämä määrä. Asuntotuotantotoimisto vastaa kohteiden teknisistä ja hallinnollisista rakennuttajatehtävistä ja käyttää niiden suunnittelussa ja rakentamisessa asuntotuotantoon erikoistuneita suunnittelutoimistoja ja urakoitsijoita. /16/ Esirakentamisen yhteydessä asuntotuotantotoimisto huolehtii asuntotuotantoohjelman toteutumisesta.

Rakennusvalvontaviraston tehtävänä on varmistaa, että rakentajat noudattavat hyvää rakennustapaa ja että rakennettu ympäristö on terveellinen, turvallinen ja kestävä. Lisäksi rakennusvalvontavirasto valvoo, että kaupunkikuvan muutokset vahvistavat Helsingin omaleimaisuutta ja asemaa yhtenä maailman viihtyisimmistä kaupungeista. /21/ Esirakentamisen ja varsinaisen rakentamisenkin aikana rakennusvalvontavirasto vastaa rakennuslupien myöntämisestä ja rakennustöiden valvonnasta.

Geotekniset konsulttitoimistot suorittavat kaavasuunnitteluun ja esirakentamiseen liittyvää suunnittelua. Pikku-Huopalahdessa geoteknisen mitoituksen on tehnyt insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy (IPT). Alueen kunnallisteknisestä suunnittelusta on puolestaan vastannut Oy Vesi-hydro Ab. /115/

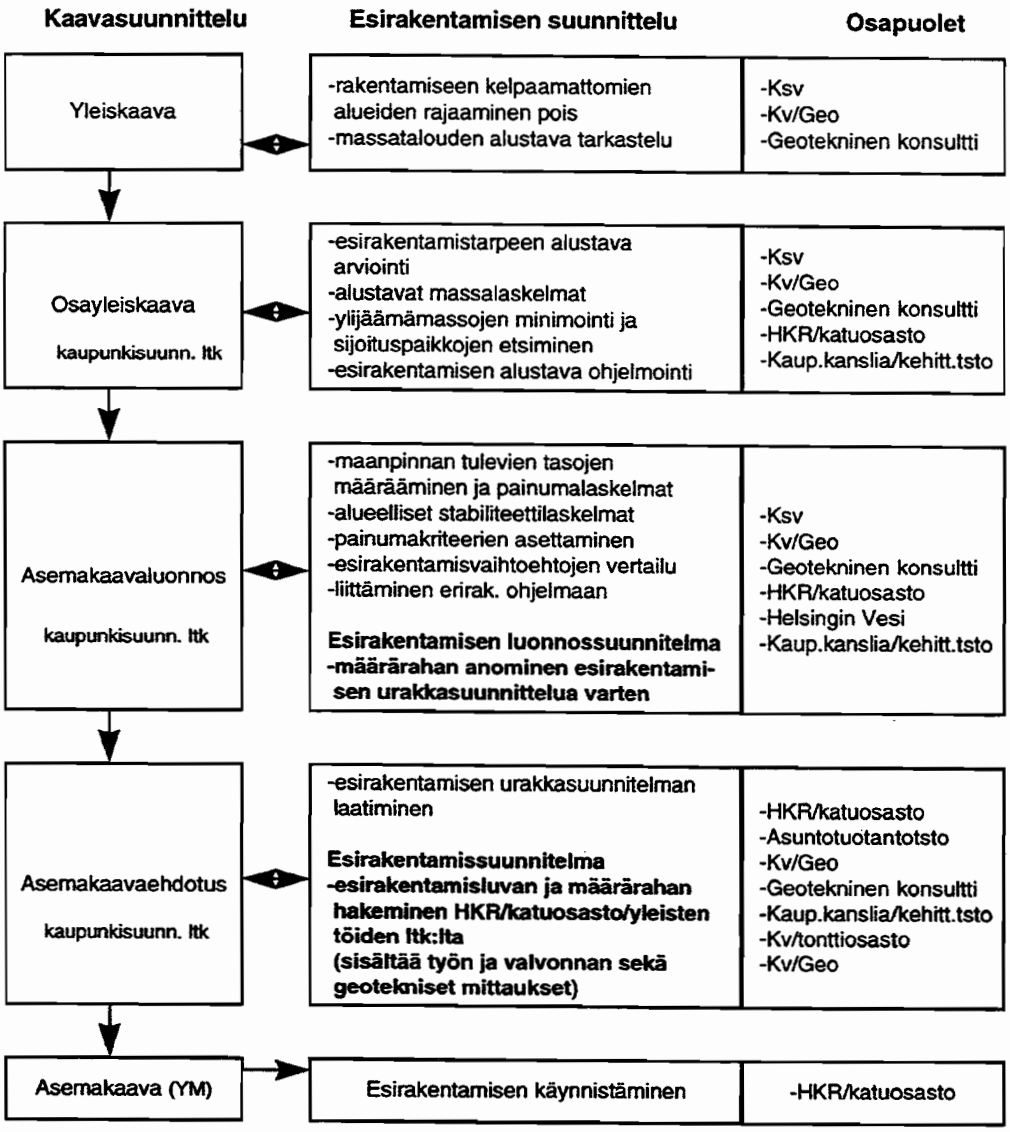
Muut rakennuttajat viittaavat tässä yhteydessä lähinnä yksityisiin rakennuttajiin, jotka suorittavat esirakentamisen omien rakennusalojensa sisällä, sekä toimivat urakoitsijoina varsinaisessa alueellisessa esirakentamistyössä. Urakoitsijat kilpailutetaan yleensä tavanomaisen urakkatarjousmenettelyn kautta. Pikku-Huopalahdessa on kaupungin virastojen ulkopuolisia rakennuttajia ja urakoitsijoita ollut useita.

Esirakentaminen ohjelmoidaan vuosittain ja sen valmistelee kiinteistöviraston geotekninen osasto ja tonttiosasto yhdessä kaupunginkanslian kehittämistoimiston ja taloussuunnittelutoimiston sekä kaupunkisuunnitteluviraston kanssa. Rahantarpeen arvioimiseksi tulee olla käytettävissä asemakaavaluonnos tai ehdotus ja vastaavantasoinen esirakentamisen luonnossuunnitelma. /71/

3.2 Esirakentamisen liittyminen kaavoitukseen

Erilaisten esirakentamistoimenpiteiden vaatimat ajat vaihtelevat noin kolmesta kuukaudesta jopa kolmeen vuoteen. Esirakentamisen suunnittelu sekä rakentamistoimet tulisikin aloittaa mahdollisimman aikaisin, jolloin käytettävissä olevien esirakentamismenetelmien määrä on mahdollisimman laaja. Näin saadaan valintaan mukaan myös pitkäkestoiset, mutta samalla myös yleensä halvimmat menetelmät. /71/,/4/

Esirakentamisen valmistelu ja suunnittelu sekä tähän liittyvien pohjatutkimustietojen hankinta kulkee rinnan maankäytön suunnittelun kanssa. Kaavasuunnitteluun liittyvät esirakentamissuunnitelmat laatii joko kiinteistöviraston geotekninen osasto tai geoteknisen alan konsulttitoimisto kaupunkisuunnitteluviraston (Ksv) toimeksiannosta. Esirakentamisen toteutusvaiheen suunnitelmat laatii vastaavasti geotekninen osasto tai konsulttitoimisto Helsingin kaupungin rakennusviraston (HKR) katuosaston toimeksiannosta. Kuvassa 6 esitetty esirakentamisen liittyminen kaavoitukseen. /71/



Kuva 6 Esirakentamisen suunnittelun liittyminen kaavoitukseen /71/

Yleiskaavavaiheessa rajataan rakentamiseen kelpaamattomat alueet pois ja saadaan alustava kuva maaperän kustannusvaikutuksista rakentamiseen. Vaiheen aikana muodostuu karkea kuva pehmeikköjen sijainnista sekä täyttö-, louhinta- ja leikkaustarpeista. /71/

Osayleiskaavavaiheessa tehdään esirakentamistarpeen arviointi alustavien korkeustasosuunnitelmien ja maaperätietojen pohjalta. Esirakentamisen ohjelmointi käynnistyy tässä vaiheessa kuntasuunnitelman tasolla, joka laaditaan seuraaviksi viideksi vuodeksi. Mahdollisuuksien mukaan ohjelmoidaan myös pitkäaikaista esirakentamis-

tapaa vaativat kohteet vuosittaisen budjetin tasolla. Se käsittää osayleiskaavavaiheessa olevien alueiden esirakentamistarpeen arvioinnin koko kaupungin alueen osalta sekä alustavan arvion esirakentamiskustannuksista ja aikataulusta. Osayleiskaavavaiheeseen liittyy myös alustavien massalaskelmien teko sekä ylijäämämassojen minimointi ja sijoituspaikkojen etsiminen. /71/

Asemakaavaluonnoksen laatimisvaiheessa määritetään tulevat maanpinnan korkeustasot sillä tarkkuudella, että voidaan tehdä alueen painumalaskelmat. Tässä yhteydessä tarkastellaan alueellisen kuivatuksen ja viemäröinnin toteutettavuutta ja mahdollisten pumppaamojen tarvetta ja määritellään lopullinen esirakentamistarve. Jos esirakentamiseen päädytään, laaditaan esirakentamisen luonnossuunnitelma, joka sisältää esirakennettavien alueiden rajauksen, esirakentamisvaihtoehtojen teknistaloudellisen vertailun sekä esityksen toteuttamiskelpoisimmasta esirakentamistavasta. /71/

Asemakaavaehdotuksen laatimisvaiheessa laaditaan esirakentamisen urakkasuunnitelmat sekä haetaan tarvittava esirakentamislupa sekä esirakentamiseen osoitettu määräraha.

Asemakaavan vahvistamisen jälkeen voidaan viimeistään käynnistää esirakentaminen. Esirakentaminen voidaan aikaisintaan aloittaa asemakaavaluonnosvaiheessa, tällöin on kuitenkin riskinä asemakaavaluonnoksen ja vastaavan esirakentamissuunnitelman muuttuminen rakentamisen aikana. Vähemmän riskialtis tapa on aloittaa esirakentaminen hyväksytyn asemakaavaehdotuksen pohjalta. Suositeltavin tapa on kuitenkin aloittaa esirakentaminen vasta valtuuston hyväksymän asemakaavaan sisältyvän esirakentamissuunnitelman pohjalta kaupunginhallituksen annettua siihen luvan. /71/,/4/

3.3 Esirakentamisen rahoitus

3.3.1 Kustannusten kohdistaminen ja käytetyt rahoitusmallit

Esirakentaminen edellyttää ennen varsinaista rakentamista huomattavia investointeja. Investointien tulee olla perusteltuja ja niiden rahoituksen tulee olla kunnossa. Yleensä alueen maa- ja pohjarakennus- sekä rakentamiskustannukset kohdentuvat useille mahdollisille maksajille, joita ovat mm. valtio, kunta, yhdistys, yritys tai asukkaat. Yleensä asukkaat maksavat maa- ja pohjarakennuskustannuksista sen osan, joka kohdistuu asuinrakennusten perustamiseen, piha-alueisiin sekä rakennuksiin tuleviin huoltorakenteisiin. Kunta maksaa puolestaan yleisten alueiden kuten kunnallistekniikan ja puistojen sekä julkisen rakentamisen maa- ja pohjarakennuskustannukset sekä niiden esirakentamiskustannukset. /61/

Esirakentamiskustannusten kohdistaminen kuitenkin poikkeaa hieman edellä esitetystä, sillä vaikka esirakentamistoimet kohdistuvat tonttialueille, niin toimenpiteiden rahoitus voidaan hoitaa myös kaupungin toimesta. Käytännössä rahoitus hoidetaan noudattaen kahta periaatetta: /61/,/71/

1. Esirakentamisesta saatu hyöty kohdentuu ainoastaan kunnalle tai alueen omistajalle, jolloin tavoitteena on rakennusmaan lisääminen. Tällöin esirakennustoimenpiteen maksajana tulisi olla alueen omistaja eli kunta, joka rahoittaa esirakentamistoimenpiteet kaavoituksen ansiosta saatavalla maan arvonnousulla.

2. Esirakentamisella saavutettu hyöty kohdentuu sekä alueen omistajalle, että käyttäjille, jolloin tavoitteena on parantaa alueen laatutasoa ja saavuttaa kustannussäästöjä. Tällöin esirakentamiskustannukset voidaan periä kokonaan tai osittain takaisin alueen käyttäjiltä. Jos kunta toteuttaa esirakentamisen, voidaan kustannukset periä käyttäjiltä takaisin erillisillä etukäteen perittävillä esirakentamismaksuilla, lainarahoituksella tai myöhemmin tontin vuokran yhteydessä. Lisäksi osa esirakentamisinvestoinnista saadaan takaisin käytön aikana säästyvinä korjaus- ja huoltokustannuksina.

Edellä mainittuja periaatteita noudattaen Helsingin kaupunki on käyttänyt esirakentamishankkeissaan neljää erilaista rahoitus-, menetelmä- ja toteuttamistapaa. /61/

1. Alueen käyttäjä on maksanut kaikki esirakentamiskustannukset.
2. Esirakennettavan alueen käyttäjä ja samalle kaava-alueelle hyvälle maaperälle rakentavat naapurit ovat maksaneet esirakentamiskustannukset.
3. Käyttäjä on maksanut esirakentamiskustannuksista kohtuullisen osan ja kaupunki loput.
4. Kaupunki on maksanut kaikki esirakentamisesta aiheutuneet kustannukset.

Helsingin kaupunginhallitus on hyväksynyt periaatteen, jonka mukaan esirakentamisesta aiheutuvat kustannukset pyritään aina perimään tonttien vuokramiehiltä takaisin. /61/ Esirakentamiskustannukset voidaan siten sisällyttää tontin hintaan, jolloin esirakentamiseen käytetty raha palautuu tontin myynnin tai vuokrauksen kautta kaupungille. Lisäksi on ehdotettu, ettei esirakentamismaksua perittäisi jälkikäteen erillisenä esirakentamismaksuna. /71/

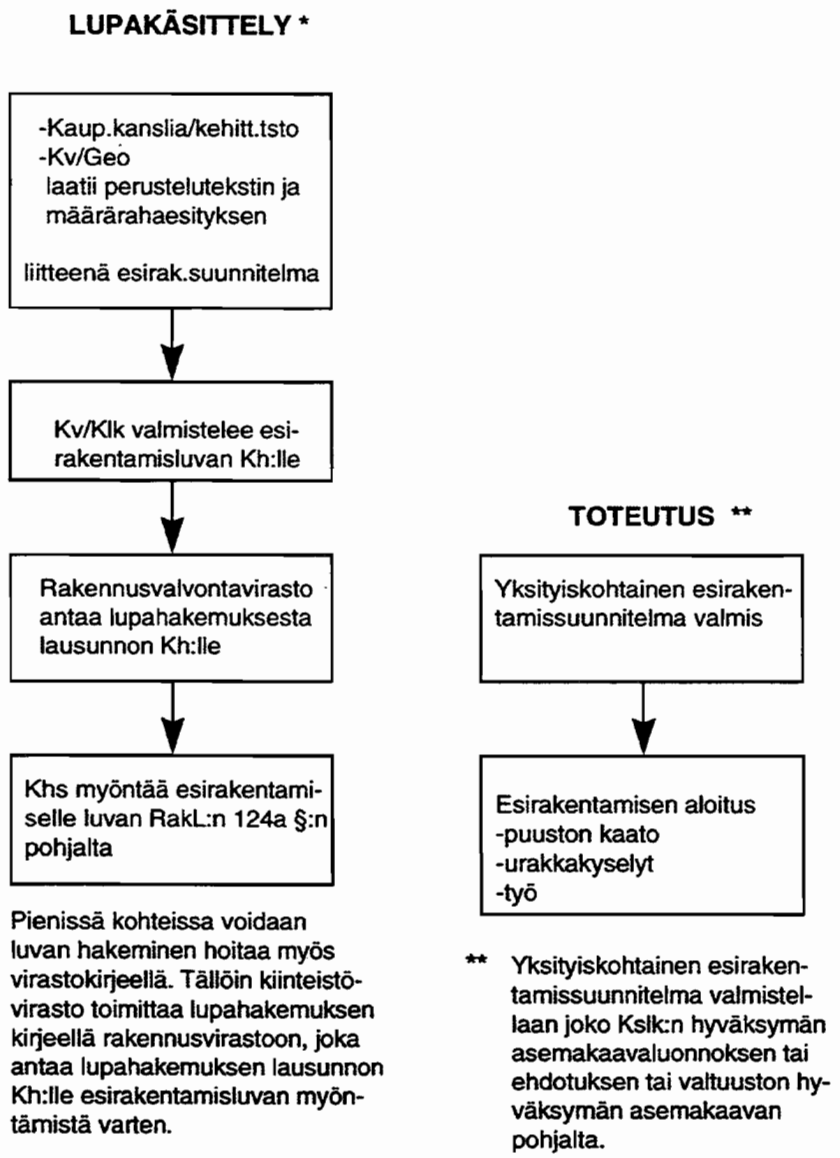
3.4 Esirakentamishankkeen budjetointi

Esirakentamiskohteet ja määrärahat esitetään Helsingin kaupungin vuosittain laadittavassa talousarviossa sekä viiden vuoden ajanjaksoille laadittavissa taloussuunnitelmassa. Koska kaupunki vastaa esirakennettavien alueiden suunnittelusta, rahoituksesta, rakentamisen laatuvaatimuksista sekä alueen käyttöönoton ajankohdasta, on sillä tätä kautta myös mahdollisuus vaikuttaa käytettäviin esirakentamismenetelmiin ja niiden kustannuksiin. /71/, /61/

Saastuneiden alueiden kunnostus voidaan nähdä yhtenä esirakentamisen muotona. Lääninhallitus voi jätelain 23§:n mukaan velvoittaa saastumisen aiheuttajan, saastuneen alueen haltijan tai kunnan selvittämään alueen puhdistustarpeen ja puhdistamaan alueen. /51/ Kustannusten kohdistuminen on tilanneriippuvaista, mutta viime kädessä kustannuksista vastaa kuitenkin kunta. Helsingin kaupunki onkin viime vuosina varannut budjettiin varoja saastuneiden alueiden puhdistamiseksi. Näiden alueiden toimenpiteet ja rahoitusmenettely kulkevat rinnan esirakentamistoiminnan rahoitusmenettelyn kanssa. /71/

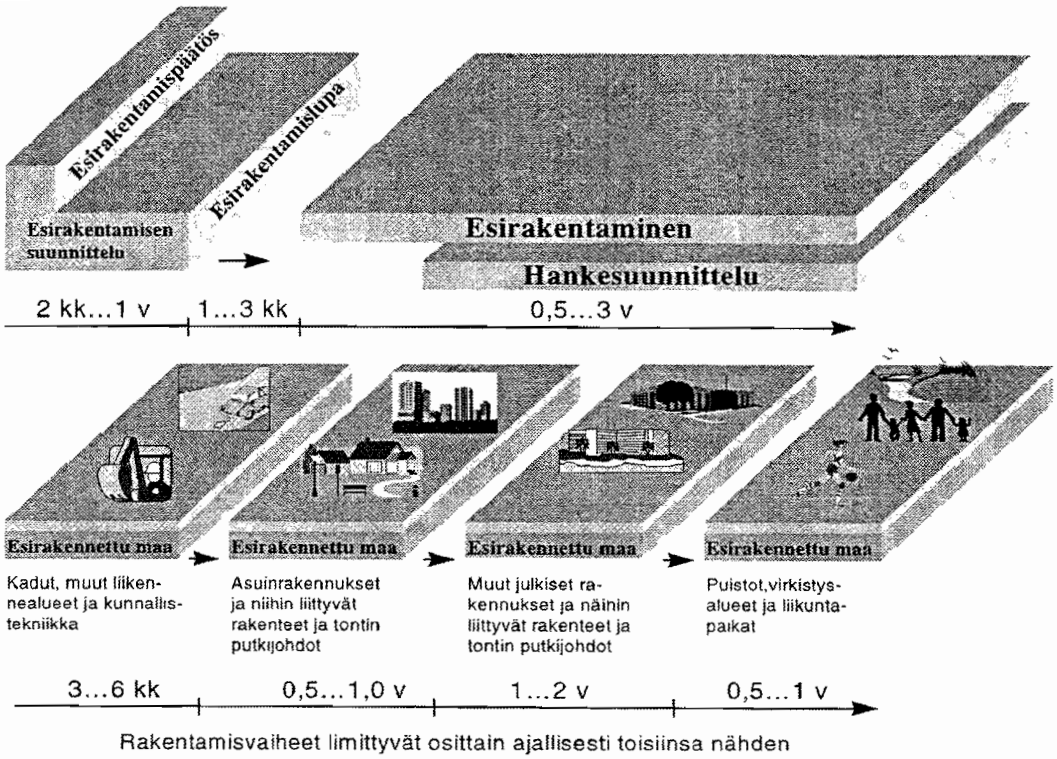
3.5 Esirakentamislupakäsittely ja esirakentamisen toteuttaminen

Tonttien esirakentaminen voidaan tehdä kaupungin toimesta alueellisena tai tontin rakennuttajan toimesta tonttikohtaisesti. Kummassakin tapauksessa esirakentamispäätös tai –velvoite tulee kaupungin taholta. Alueellisessa tapauksessa rahoitus tulee kaupungilta ja tonttikohtaisessa kaupungilta tai rakennuttajalta. Esirakentamisen käynnistäminen vaatii esirakentamisluvan ja määrärahapäätöksen lisäksi yleensä alueelle vahvistetun asemakaavan sekä kaupunginhallituksen hyväksymän esirakentamisen urakkasuunnitelman. /71/ Esirakentamislupakäsittelyn ja toteutuksen kulku esitetään kuvassa 7.



Kuva 7 Esirakentamislupakäsittely ja toteutuksen kulku /71/

Esirakentaminen ajoittuu muun rakentamisen suhteen siten, että esirakentamisen ollessa käynnissä on myös tonttien, katujen ja muiden yleisten alueiden hankesuunnittelu käynnissä. Rakentaminen voidaan aloittaa esirakentamisen päätyttyä tai osittain ajallisesti limittyen. Esirakentamista seuraavat katujen ja kunnallistekniikan rakentaminen, joilla mahdollistetaan toiminta alueella. Näiden jälkeen tulevat asuinrakennukset ja tonttien putkijohdot sekä pienellä viiveellä muut julkiset rakennukset. Puistot, virkistysalueet ja liikuntapaikat rakennetaan viimeisenä. /71/ Kuvassa 8 esitetään rakentamisen vaiheet ja esirakentamisen ajoittuminen muuhun rakentamiseen.



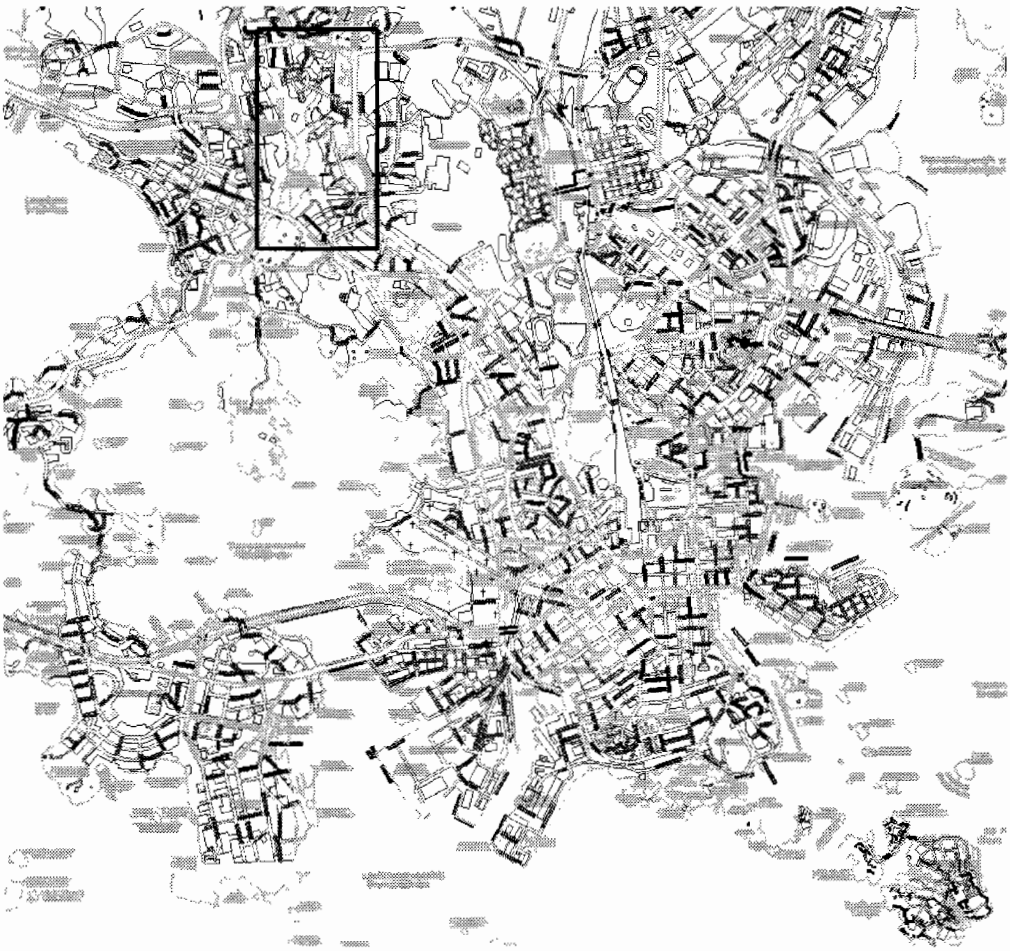
Kuva 8 Esirakentamisen liittyminen muuhun rakentamiseen /71/

4. PIKKU-HUOPALAHDEN SUUNNITTELU

4.1 Lähtötilanne alueellisen esirakentamisen suunnittelulle

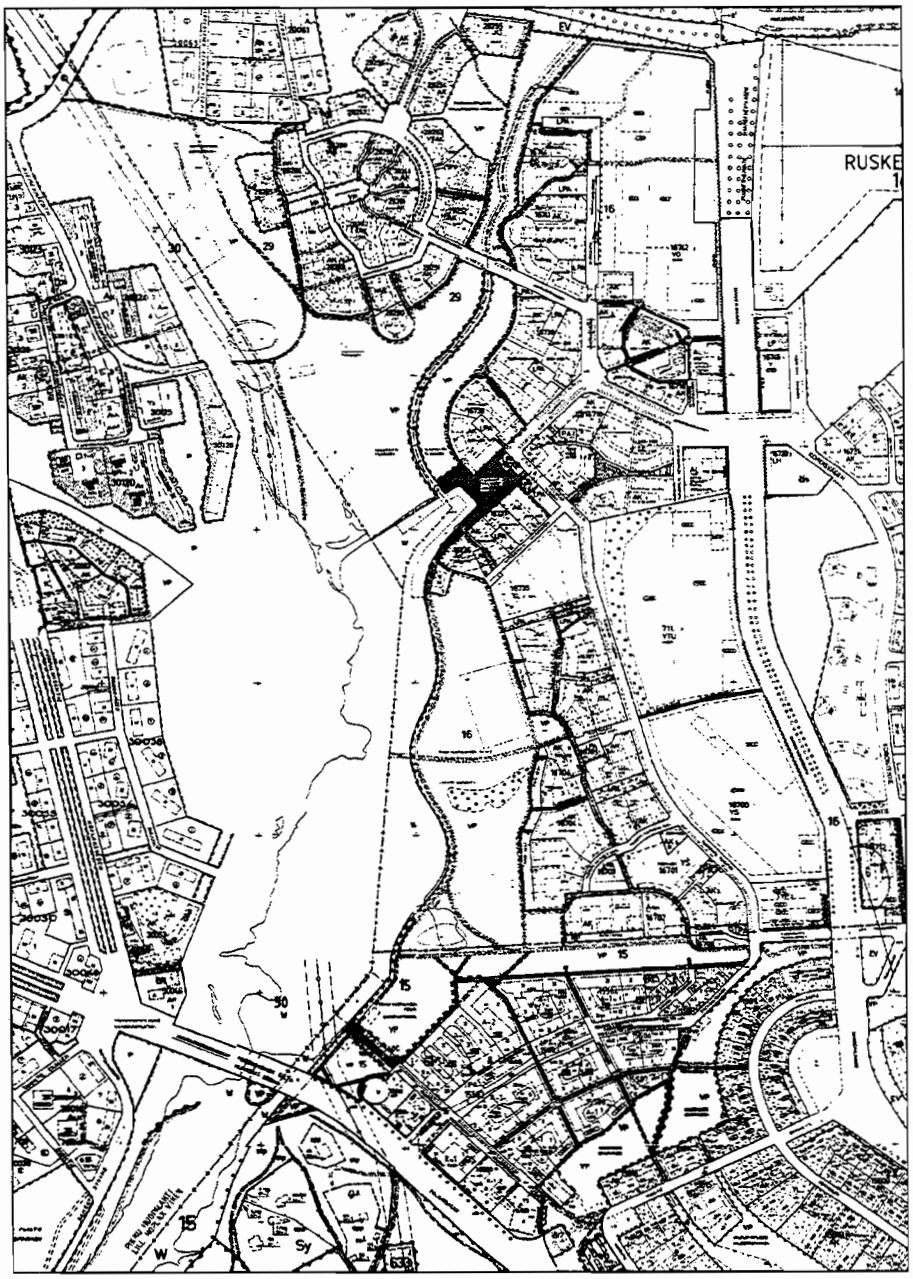
4.1.1 Pikku-Huopalahden sijainti ja alueen laajuus

Pikku-Huopalahti sijaitsee hieman yli neljän kilometrin päässä Helsingin keskustasta luoteeseen. Aluetta rajoittavat pohjoisessa Vihdintie, idässä Mannerheimintie, eteläs-sä Paciuksen katu ja lännessä Pikku-Huopalahden vesialue. Alueen sijainti Helsingin keskustaan nähden esitetään kuvassa 9.



Kuva 9 Pikku-Huopalahden sijainti Helsingin keskustasta /15/

Etenkin Helsingin alueella kaksi tärkeintä rakennustonttien hintaan vaikuttavaa tekijää ovat alueen etäisyys keskustasta ja toisaalta alueen pohjasuhteet. /60/ Tässä tapauksessa alue on maantieteelliseltä sijainniltaan hyvä rakennuspaikka, sillä etäisyys keskustaan on pieni ja kulkuyhteydet ovat hyvät. Alueelle oli sen sijainnin vuoksi helppo rakentaa kadut ja liittää se kunnalliseen vesi- ja viemäriverkkoon. Lisäksi alue sijaitsee meren äärellä suojaisen lahden rannalla, joka luonnollisena vesialueena tarjoaa mahdollisuuden veneilyyn ja virkistäytymiseen. Hyvän sijainnin lisäksi Pikku-Huopalahti on riittävän iso alue, jotta alueellinen esirakentaminen tuli taloudelliseksi. Alueen käsittää n. 36 ha, josta n. 26 ha on sittemmin esirakennettu. Pikku-Huopalahden itärannan rantaviivan pituus on noin 850 m. Pikku-Huopalahden asemakaava-alueen tilanne 15.1.2000 on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10 Pikku-Huopalahden asemakaava 15.1.2000 /65/

Sijaintinsa ja kokonsa puolesta Pikku-Huopalahti tarjosikin hyvät mahdollisuudet asuntorakentamiselle. Alueen kaavoittamista ja käyttöönottoa estivät aiemmin lähinnä vaikeat pohjasuhteet, jotka väistämättä nostavat alueen pohjarakennuskustannuksia.

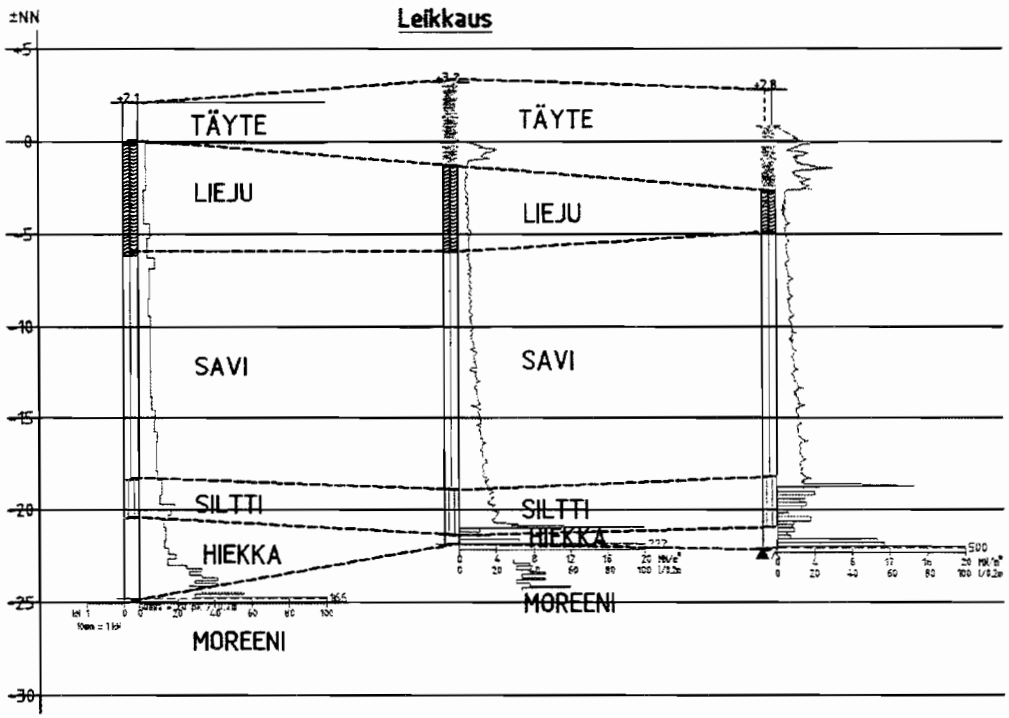
4.1.2 Pikku-Huopalahden alueen toiminnallinen historia

Pikku-Huopalahden alue oli suurimmaksi osaksi kaupungin omistuksessa lukuun ottamatta Mannerheimintien varressa olleita tontteja, joilla sijaitsevat Keskussotilassairaala, Kansanterveyslaboratorio ja Yliopiston hammas- ja oikeuslääketieteen laitokset. Aikaisempi rakentaminen oli sijoittunut näille valtion tonteille, niiden muuta aluetta huomattavasti parempien pohjasuhteiden vuoksi. Vaikeat pohjasuhteet lykkäsivät muuta asuntorakentamista, jonka sijaan kaupunki vuokrasi aluetta muuhun toimintaan. Hyvä sijainti houkuttelikin alueelle erilaista liiketoimintaa mm. tilapäisen teollisuus- ja varastointialueen eli ns. "köyhän Stockmannin" muodossa. Vuosina 1937-

1949 alueella on sijainnut kaatopaikka, minkä lisäksi alueella on ollut huoltamo, energialaitoksen varasto, taksiasema ja lumenkaatopaikka. /85/ Täyttömaan kaatopaikkana aluetta käytettiin jo 1940-luvulta lähtien. Suurimmat täytöt sijaitsevat Pikku-Huopalahden itärannalla, Munkkiniemen sillan pohjoispuolella ja Tilkan keskussotilassairaalan edustan pohjoispuolella. Täyttö oli ennen esirakentamista painunut useita metrejä, mutta täyttöalue oli edelleen liiketilassa. Alueen rantaviivan kehitys ja saven alapinnan korkeuskäyrästöt esitetään kuvassa 15. /47/

4.1.3 Pikku-Huopalahden geotekninen kuvaus

Pikku-Huopalahti on kapeita reuna-alueita lukuun ottamatta geoteknisesti erittäin huonoa ja 3/4 osayleiskaava-alueen uudisrakentamisalueista oli ilman erityistoimenpiteitä rakentamiseen kelpaamatonta. Luonnontilaisista maakerroksista päällimmäisenä on paksuimmillaan 6 m paksu hyvin pehmeä savinen liejukerros, jonka alla on pehmeä savikerros. Liejun ja saven yhteispaksuus on suurimmillaan n. 23 m. Savikerroksen alla ovat siltti- ja hiekkakerrokset ennen kantavaa moreenikerrosta. Kerrokset ovat paksuimmillaan lahden keskikohdilla ja ohenevat siitä reunoille päin kuvan 15 mukaisesti. Luonnontilaisen maan päälle on tehty runsaasti suunnittelemattomia täyttöjä, joiden laatu vaihtelee runsaasti aina louheesta rakennusjätteisiin asti. Näiden täyttöjen paksuus on välillä 0...7 m ja ne vaikeuttivat alueen esirakentamista. Kuvassa 11 on Pikku-Huopalahden tyypillinen maan poikkileikkaus, josta käyvät ilmi maanpinnan korkeustasot sekä geotekniset kerrokset maalajeineen. Pohjavedenpinta alueella on lähellä merenpintaa n. +0.65...+1,0. /83/,/85/ Taulukossa 1 on lueteltu eri maalajien keskimääräisiä geoteknisiä mitoitusarvoja Pikku-Huopalahden alueelta.



Kuva 11 Tyypillinen maan kerrosrakenne Pikku-Huopalahdessa /15/

Taulukko 1 Pikku-Huopalahden maalajikerrokset ja niiden geotekniset ominaisuudet

Maalaji	Kerroksen paksuus [m]	Tilavuuspaino [kN/m^3]	Leikkauslujuus [kN/m^2]	Vesipitoisuus [%]
Täyttö	0..7	18	---	---
Lieju	2..8	12...14	2...10	100...190
Savi	0...15	14...17	6...35	50...120
Siltti	0...6	18	---	---
Hiekka	0...6	---	---	---
Moreeni	---	---	---	---

Alue on ennen esirakentamista ollut alavaa maanpinnan ollessa lähellä merenpintaa. Maanpinta kohoaa rantavyöhykkeeltä itään päin mentäessä. Esirakentamisen aikana maanpinta nostettiin +1,2...3,9 m:iin. /47/ Alueen länsilaidalla sijaitsee Pikku-Huopalahden vesialue, jonka syvyys ennen esirakentamista oli noin 0,3...0,4 m (vrt. kuva 63). /82/ Lahden pohjoispäähän laskee Mätäpuro, joka alkuperäisellä paikallaan halkaisi Kytösuontien alueen pohjoisosan aina Vihdintielle asti (vrt. kuva 15). /83/

4.1.4 Pikku-Huopalahden osayleiskaavan tavoitteet

Pikku-Huopalahden alueen osayleiskaavan laatiminen käynnistyi jo vuonna 1979, jolloin kaupunkisuunnittelulautakunta hyväksyi ensimmäisen suunnitteluvaiheen ohjelman. Lopullisesti alueen osayleiskaava hyväksyttiin kaupunginvaltuustossa 8.10.1986. Sen keskeinen sisältö oli seuraava: /85/,/80/

- Pikku-Huopalahdesta rakennetaan asumispainotteinen kantakaupungin jatke, joka täydentää nykyistä kaupunkirakennetta.
- Maiseman avoimuus ja maiseman suurmuodot säilytetään korostaen niitä rakentamisella.
- Alueelle luodaan monipuolinen ja korkeatasoinen virkistysalue puistorakentamisella ja matala merenlahti kunnostetaan ruoppaamalla.

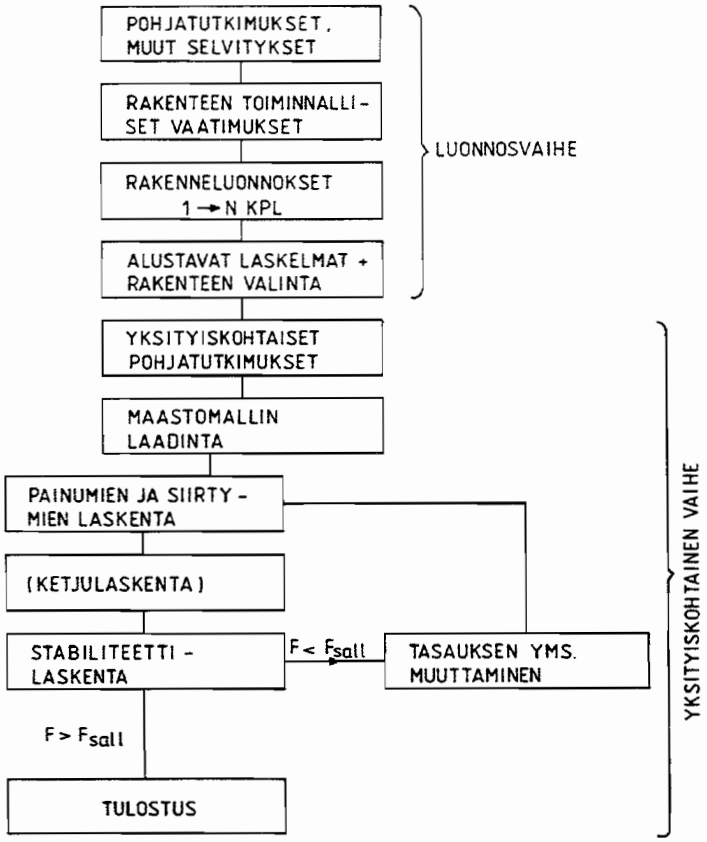
Osayleiskaava-alue jakaantuu neljään pienempään asemakaava-alueeseen esirakentamisen, rakentamisen ja kaavoituksen hallitsemiseksi. Alueet on nimetty Kytösuontien-, Korppaanmäen-,Tilkankadun- ja Paciuksenkadun kaava-alueiksi. /80/

4.2 Alueellisen esirakentamisen suunnittelu

4.2.1 Suunnittelun kulku

Esirakentamisen suunnitteluvaiheita kaavoituksen edetessä on jo tarkasteltu kappaleessa 2. Tässä kappaleessa esitetään itse esirakentamiseen liittyvät suunnitteluvaiheet. Esirakentamisen suunnittelu jakautuu kahteen vaiheeseen, joita ovat luonnosvaihe ja yksityiskohtainen vaihe. Luonnosvaiheessa tehdään yleispiirteinen pohjatutkimus ja muut selvitykset sekä asetetaan rakenteelle toiminnalliset vaatimukset. Tämän jälkeen kartoitetaan mahdolliset maa- ja pohjarakentamisen vaihtoehdot sekä tehdään niistä rakenneluonnokset. Rakenneluonnosten ja pohjatutkimustulosten avulla tehdään alustavat laskelmat ja valitaan rakennetyyppi eli maa- ja pohjarakentamisen periaateratkaisu, jota aletaan sitten suunnitella tarkemmin yksityiskohtaisessa vaiheessa. /56/, /105/ Suunnittelun kulku esitetään kuvassa 12. Tulevan rakenteen ollessa tiedossa, voidaan alueella suorittaa yksityiskohtaiset pohjatutkimukset, joiden perusteella on mahdollista laatia maastomalli tilanteesta. Liitteessä A esitetään esimerkki maastomallista, jota on käytetty määritettäessä varmuuslukua F=1,8 vas-

taavaa suojaraja Pikku-Huopalahden osayleiskaavaan liittyvässä suunnittelussa, ruoppaustasolla –1,5 ja maanpinnan korkeustasolla +3,0. /83/



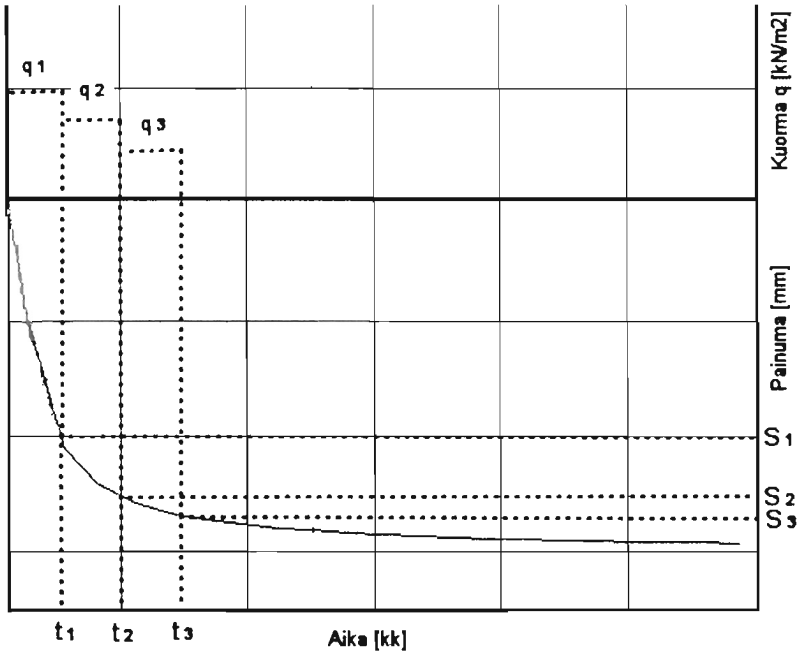
Kuva 12 Suunnittelun kulku esirakentamishankkeessa /56/

4.2.2 Painumien määrittäminen ketjulaskennalla

Koheesiomaiden primaaripainuman laskennassa käytetään yleensä ns. tangenttimoduulimenetelmää, jossa tarvittavat painumalaskentaparametrit moduuliluku ja jännitysekspo nentti saadaan määritettyä ödometrikoetuloksista. /115/ Jännityslisäys maassa kuormituksen alussa saadaan suoraan ajetun penkereen korkeuden ja maan tilavuuspainon tulona. Jos painumat ovat pieniä, voidaan tätä jännitystä käyttää koko painumalaskennan ajan. Suuret pehmeikköpaksuudet sekä saven suuri kokoonpuristuvuus aiheuttavat kuitenkin sen, että täyttöpenger painuu yleensä niin paljon, että osa penkereestä jää painuessaan pohjavedenpinnan alapuolelle. Maan painuessa maapohjaan tuleva tehokasjännitys vähenee pohjavedenpinnan alle jäävään maanosaan kohdistuvan huokosvedenpaineen verran ja tämä muuttaa painumalaskelmista saatavia tuloksia oleellisesti. Tällaisissa tilanteissa painuman laskeminen vaatii nosteen huomioimisen ns. ketjulaskennan avulla.

Ketjulaskennalla tarkoitetaan tilannetta, jossa painuma lasketaan tietyin aikavälein tapahtuvina painumina. Aikavälien sisällä kuorman oletetaan pysyvän vakiona eli nosteen vaikutus pysyy samana. Kuorma tarkistetaan vain aikavälien lopussa. Kuvassa 13 esitetään ketjulaskennan periaate. Aikavälillä nollasta t_1:een on maahan kohdistuva kuorma q_1 ja vastaava painuma on S_1. Aikavälin lopussa määritetään lasketun painuman S_1 avulla uusi kuorma q_2, jossa on otettu huomioon nosteen vaikutus. Kuormaa q_2 käytetään sitten seuraavan aikavälin t_1:stä t_2:een painumalaskennassa. Tämän jälkeen voidaan taas laskea uutta kuormaa vastaava painuma S_2

ajanhetkellä t_2. Painumaa S_2 vastaa uusi kuorma q_3 jne. Laskentaa voidaan jatkaa samalla tavoin haluttu määrä kierroksia tai kunnes arvioidaan ettei painumaa enää tapahdu.



Kuva 13 Periaatekuva painumalaskennan suorittamisesta ns. ketjulaskentana

Painumalaskenta suoritetaan kerroksittain ja laskennassa joudutaan jokaisen aikavälin alussa tarkistamaan edellisellä aikavälillä saavutettu saven konsolidaatioaste ja huokospainejakauma, jotka vaikuttavat seuraavalla aikavälillä saavutettavaan painuman suuruuteen. Menetelmällä on laskettu mm. alueen painumat ilman esirakentamistoimenpiteitä osayleiskaavan laatimisvaiheessa. Kyseiset painumakäyrät esitetään kuvassa 14.

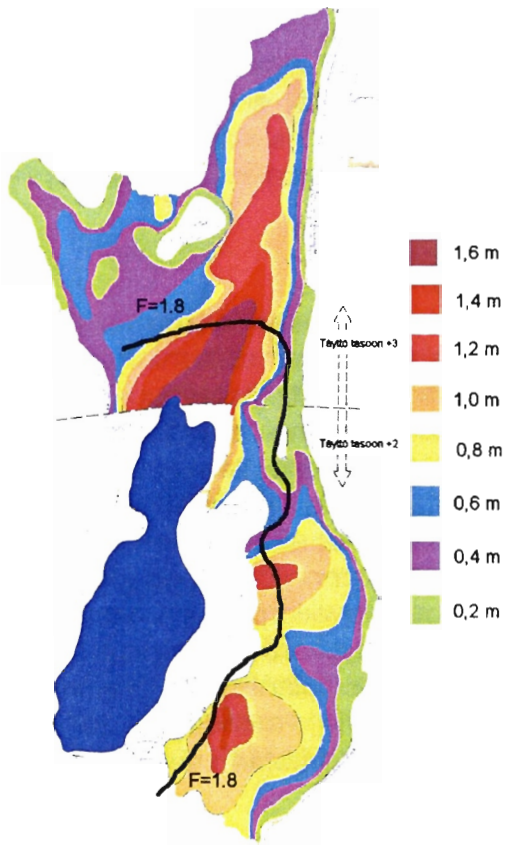
4.2.3 Stabiliteetin määrittäminen

Liukusortuman liukupinta muistuttaa usein ellipsin kaarta. On kuitenkin todettu, että homogeenisessa maassa saadaan lähes samanlaiset tulokset käytettäessä ympyrän muotoisia liukupintoja ja tällöin laskenta helpottuu huomattavasti. Liukupintalaskentamenetelmät perustuvat maamassojen aiheuttamien kaatavien momenttien ja liukupinnalla vallitsevien leikkausvoimien aiheuttamien tukevien momenttien tasapainotarkasteluihin. /100/ Stabiliteettitarkastelut lähtevät liikkeelle painumalaskennan yhteydessä arvioiduista täyttötasoista sekä näistä aiheutuvista kuormituksista ja painumista. Mitoituksen kannalta kriittisin tilanne on ylipengerryksen alkaessa vallitseva tilanne, sillä painuman myötä kuormittavalla puolella olevan täytön paino pienenee nosteen vaikutuksesta painumien edistyessä. Tilannetta tarkastellaan yleensä kuitenkin sekä työnaikaisessa että lopullisessa tilanteessa. Yleisesti käytössä on kaksi erilaista laskentamenetelmää. Koheesiomaille c-menetelmä, jolla määritetään lyhyen ajan vakavuus sekä $c\phi$-menetelmä, jolla määritetään pitkän ajan vakavuus /100/.

4.3 Painumat Pikku-Huopalahdessa

4.3.1 Pikku-Huopalahden painumat ilman esirakentamista

Pikku-Huopalahden tapauksessa alustavissa laskelmissa arvioitiin näytteen painuvan reilusti yli metrin, joten nosteen vaikutus täytyi ottaa tarkemmissa laskelmissa huomioon, kuten edellä on esitetty kappaleessa 4.2.2. Lisäongelman laskennassa muodostivat ennen esirakentamista tehdyt suunnittelemattomat täytöt. Niiden osalta jouduttiin selvittämänään täytön paksuus ja täyttöhetki, jota arvioitiin mm. ilmavalokuvien perusteella. Tietoa tarvittiin arvioitaessa alueella jo olevista täytöistä aiheutuneet ja jäljellä olevat painumat. Tämän jälkeen arvioitiin riittävä pengerkorkeus, joka sisälsi maanpinnan nostamisen tavoitetasoon, ylipenkereen korkeuden sekä edellä mainituista kuormista aiheutuvan painuman painumavaran. Laskemalla tämän penkereen painuma ja summaamalla se yhteen alueella olevien täyttöjen painumien kanssa saatiin alueen lopullinen kokonaispainuma. Lopuksi tarkastettiin, että olemassa olevan maanpinnan korkeusasema lisättynä uuden penkereen korkeudella ja vähennettynä kokonaispainumalla vastasi alueen lopullista tavoitekorkeusasemaa. Esimerkiksi Paciuksenkadun alueella ketjulaskenta suoritettiin yhdeksää kuormitusporrasta käyttäen, siinä vaiheessa kun aluetta vielä suunniteltiin pystyojitettavaksi. /84/ Kuvassa 14 esitetään alueen painumat rakentamisen jälkeen ilman esirakentamistoimenpiteitä. Painumat olisivat 0,4...1,6 m, jos täyttötasoiksi on pohjoisosassa valittu +3,0 m ja muualla +2,0 m. /83/ Verrattaessa tätä suunnittelun yhteydessä hyväksyttyihin painumarajoihin (kuva 2) nähdään, että tonttien painumaraja 300 mm ylittyy moninkertaisesti, joten esirakentaminen oli välttämätöntä.



Kuva 14 Alueelliset painumat ilman esirakentamistoimenpiteitä sekä kokonaisvarmuutta F=1,8 kuvaava suoja-raja, jota lähemmäksi vesialuetta asuntoia ei voida rakentaa /83/

4.3.2 Pikku-Huopalahden esirakentamisen painumatavoitteet

Painumatarkastelujen lähtökohtana on ollut alueen rakentamisen jälkeinen eli 30...50 vuoden aikana tapahtuva painuma. Katualueilla painuma enimmäisrajana oli 100...300 mm, tonteilla alle 300 mm ja puistikossa n. 600 m. /47/ Tärkeimmät katualueet haluttiin painumattomiksi katualueen laatutason varmistamiseksi ja toisaalta katualueille rakennettavien suurten putkijohtojen runkolinjojen toimivuuden vuoksi. Tällaisia katuja ovat esim. Tilkankatu, Paciuksen kaari ja Korppaanmäentie. Tilkantori liittyy saumattomasti Tilkankatuun ja muodostaa laadullisesti tärkeän kohteen Pikku-Huopalahdessa, joten myöskään sille ei haluttu sallia minkäänlaisia painumia.

4.4 Alueellinen stabiliteetti Pikku-Huopalahdessa

4.4.1 Yleistä Pikku-Huopalahden stabiliteettitarkasteluista

Pikku-Huopalahden tapauksessa saven paksuus on suuri, joten muut maakerrokset eivät vaikuta liukupinnan muotoon, lisäksi maata voidaan pitää homogeenisena. Tällaisissa olosuhteissa liukupinnan muoto voidaan olettaa ympyräksi tekemättä merkittävää virhettä. Pikku-Huopalahden stabiliteettia onkin tarkasteltu ympyräliukupintojen avulla. Laskentamenetelmänä on käytetty c-menetelmää, jolla yleensä arvioidaan rakentamisen aikaista varmuutta sortumista vastaan. Pitkäaikaisessa tilanteessa menetelmä antaa hieman lisävarmuutta mitoitukseen, sillä maapohjan leikkauslujuus kasvaa kuormituksen lisäyksen jälkeen tapahtuvan hitaan huokospaineen alentumisen yhteydessä. /100/,/115/ Sen lisäksi, että c-menetelmän antaa hieman ylivarmuutta sortumista vastaan, on siitä myös se hyöty, että alueella syntyvien sivusiirtymien suuruus pienenee. Koska sivusiirtymien arveltiin muodostuvan Pikku-Huopalahdessa melko suuriksi, haluttiin niitä pienentää varmuustasoa nostamalla. /54/ Liitteessä A esitetään c-menetelmän mukaisia ympyräliukupintoja varmuuslukuineen Pikku-Huopalahdesta Tilkankadun alueelta. C-menetelmällä laskettu varmuusrajan F=1,8 etäisyys koko ranta-alueella esitetään kuvassa 14. Tämä raja on sittemmin ohjannut kaavoituksen ja tonttialueiden muodostamista alueella, kuten voidaan havaita kuvista 10 ja 14.

Stabiliteettilaskelmien suorittamiseksi tarvittu maan leikkauslujuus on arvioitu siipikaurauksista saatujen redusoitujen leikkauslujuusparametrien avulla. Redusointi voidaan tehdä plastisuusluvun perusteella ottamalla huomioon leikkausnopeuden-, anisotrooppisuuden- ja progressiivisen murtuman vaikutukset. /100/ Helsingin kaupungin geoteknisellä osastolla redusointeja on kuitenkin tehty hienousluvun ja etenkin vesipitoisuuden perusteella. Pikku-Huopalahdessa käytetyt redusointikertoimet perustuvat VTT:n Vanhankaupunginlahdella suorittamiin nopeisiin ja hitaisiin siipikairauskokeisiin ja niistä saatuihin tuloksiin. Rutiinikokeiden tuloksien redusointikertoimeksi pitkäaikaisessa tilanteessa on saatu arvot R=0,6...0,8. /54/,/57/ Tilkankadun kaava-alueen geoteknisissä laskelmissa vastaava kerroin R on ollut 0,55...0,86. /22/

Pikku-Huopalahden suunnitteluohjeiden mukaan työaikaisena varmuuslukuna käytettiin alueellisesti vähintään 1,5 ja paikallisesti 1,3 tietyin edellytyksin. Työnaikainen varmuus oli kuitenkin niin suuri, että ratkaisuilla ei vaarannettu pysyvien perustusrakenteiden toimintaa. Pysyvässä tilanteessa kortteleiden varmuusluku sortumista vastaan on 1,8, koska alueella on pysyviä rakennuksia. /96/ Puistoalueiden ja rannan osalta voidaan sallia pienempi varmuusluku 1,5, koska sortuman aiheuttamat vahingot jäisivät pienemmiksi. /47/ Varmuusluvun ja sitä kautta rakennusalueen rajan etäisyyden määrittämisen tärkeyttä kuvaa se, että esim. rantaviivan pituuden olleessa 850 m rakentamisrajan kasvattaminen 10 m:llä vähentää rakennuskelpoista aluetta

8500 m^2:llä. Tonttien rakentamistehokkuuden ollessa lähellä ykköstä tarkoittaa tämä vastaavasti yhtä montaa kerrosneliömetriä menetettyä rakennusoikeutta.

Pikku-Huopalahdessa ylimpien luonnollisten maakerrosten liejun ja saven leikkauslujuudet ovat melko pieniä ja tonttien rakentaminen edellytti pihojen korkeusasemien nostamista. Korkeusasemien nostaminen koko alueella muodosti stabiliteettiongelman koko alueella, jota lahden syventäminen ruoppaamalla edelleen pahensi.

4.4.2 Pikku-Huopalahden pääongelma-alueet

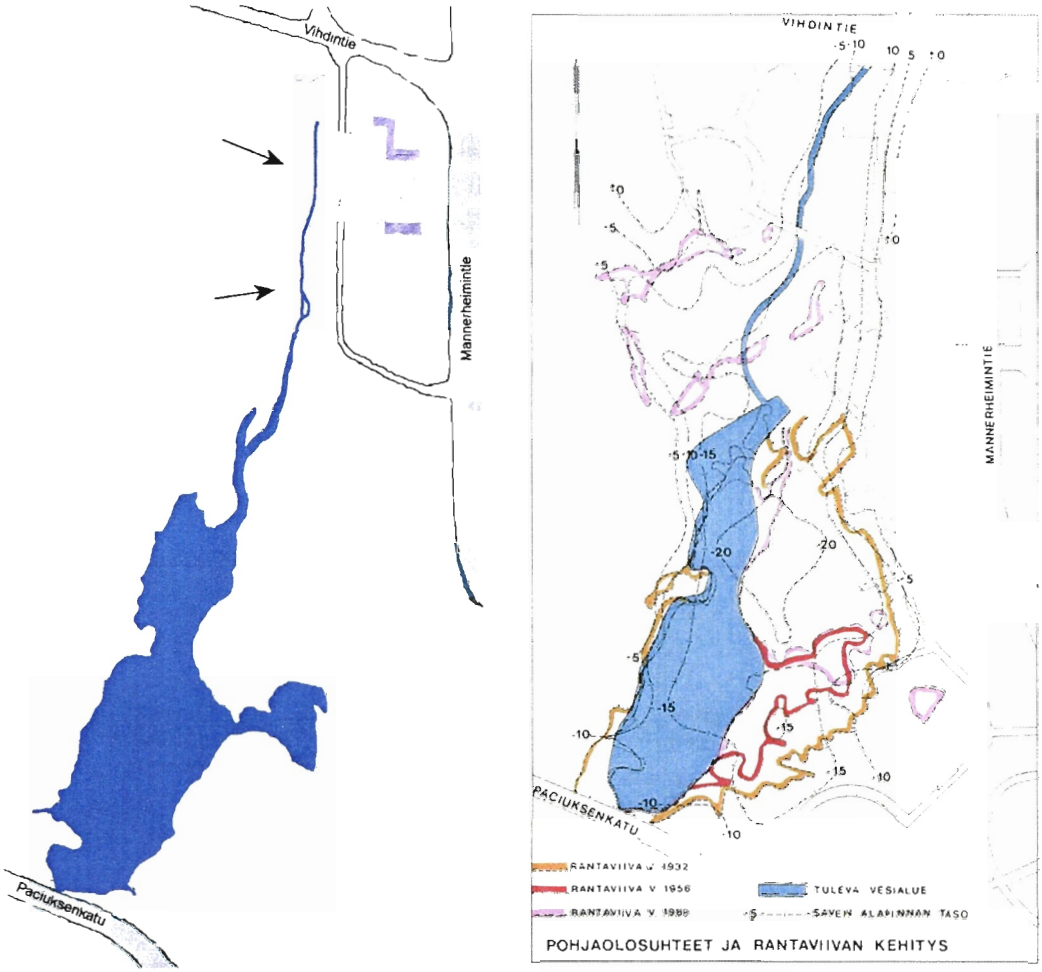
Lahden vesialue

Pikku-Huopalahden saattaminen vesiliikennöitävään kuntoon edellytti lahden syventämistä. Vesialueen pohjan syvyydellä oli kuitenkin huomattava merkitys alueen kokonaisvakavuuden kannalta. Geotekninen osasto on tarkastellut tilannetta kahdella eri vesisyvyydellä ja laskenut näitä vastaavat varmuusvyöhykkeet, joille pysyviä rakenteita ei voi sijoittaa. Kuvassa 14 esitetään tämä varmuusvyöhyke vesisyvyydellä – 1,5m, joka vastaa Pikku-Huopalahden nykytilaa. Varmuusvyöhykkeiden suuruus varmuusluvulla F=1,8 on noin 100 m vesirajasta. /83/ /111/

Varmuusvyöhyke on yksi syy siihen, miksi Pikku-Huopalahden ranta on jätetty vapaaksi asuinrakentamisesta, vaikka rantatontteja pidetään yleensä muita arvokkaampina. Toinen syy on se, että rannan tuntumassa rakennuksille vaadittavat paalupituudet kasvaisivat ja aiheuttaisivat edelleen suuremmat pohjarakennuskustannukset. /114/ Kolmanneksi Pikku-Huopalahteen haluttiin kaavoitustavoitteiden mukaisesti rakentaa puistoalue, joten on ollut luonnollista rakentaa se lahden rantaalueelle, jossa muu rakentaminen ei ollut mahdollista ilman erikoistoimenpiteitä.

Mätäpuro

Mätäpuro vuoden 1980 sijainnissaan muodosti ongelman, sillä puron säilyttäminen tällä paikalla olisi edellyttänyt noin sadan metrin vyöhykkeen rauhoittamista rakentamiselta. /83/ Tällainen vyöhyke olisi halkaissut Kytösuontien alueen keskeltä kahtia, minkä lisäksi se olisi pienentänyt olennaisesti rakennettavissa olevan alueen määrää ja alueen yhtenäisyyttä. Alueen vakavuuden ja yhtenäisyyden lisäämiseksi Mätäpuro siirrettiin uuteen uomaan pohjasuhteiltaan paremmalle paikalle. Lisäksi tarvittavaa suojavyöhykettä pienennettiin esirakentamistoimin. Mätäpuron vuoden 1980 ja nykyinen sijainti esitetään kuvassa 15.



Kuva 15 Vasemmalla on Mätäpuron sijainti vuonna 1980. /83/ Oikealla on Mätäpuron nykyinen sijainti, rantaviivan kehitys ja saven alapinnan korkeuskäyrästöt. /47/

Pikku-Huopalahden ranta

Ranta oli lähtötilanteessa rakennettavissa vain loivapiirteisenä nykyistä ranta-aluetta muotoilemalla. Ruoppausmassojen sijoittaminen alueelle, alueen korkeusaseman yleinen nostaminen kuivatussyistä ja kevyen liikenteen reittien rakentaminen ranta-alueelle edellyttivät kuitenkin rannan rakentamista jyrkkäpiirteisemmäksi. Tästä aiheutuvien vakavuus ja painumaongelmien välttämiseksi ranta esirakennettiin. /83/

Tilkantorin vesialue

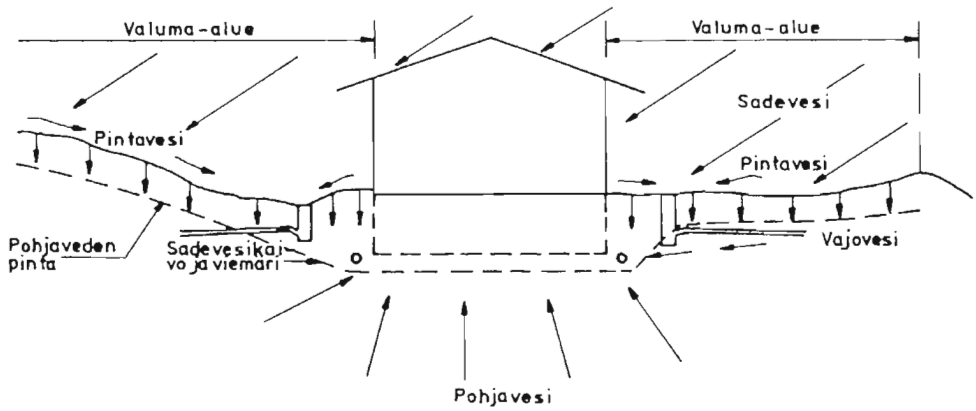
Tilkantorin edustan vesialue syvennettiin virkistyskäyttöön kuten muukin osa Pikku-Huopalahtea. Tilanne poikkesi muusta Pikku-Huopalahdesta siinä, että Tilkantori on ainoa kohta, jossa rakennukset on suunniteltu rakennettavaksi aivan vesialueen reunaan suojavyöhykkeen sisään. Vesialueen syventäminen, rakennusten perustaminen ja tonttien piha-alueiden korkeusasemien nostaminen loivat tilanteen, jossa alueen luonnollinen vakavuus lahden suuntaan muodostui riittämättömäksi, jonka seurauksena torialue olisi liikkunut kohti lahtea. Tämän estämiseksi alueelle suunniteltiin erityisiä esirakentamisratkaisuja. /111/

4.5 Alueellinen kuivatus

4.5.1 Alueellisen kuivatuksen periaate

Tonttialueella esiintyvät erilaiset vedet esitetään kuvassa 16. Kuivatusjärjestelyjen tavoitteena on estää näistä vesistä aiheutuvat haitalliset vaikutukset rakennusten tiloihin ja rakenteisiin, sekä pitää piha-alue käytön ja hoidon kannalta riittävän kuivana. /91/ Hyvillä kuivatusjärjestelyillä saavutetaan etuja, joita ovat mm.: /69/

- piha-alue, jossa sadevedet saadaan johdettua nopeasti viemäreihin tai avo-ojiin
- hyvä nurmikkojen ja puistoalueiden muokattavuus, niin että kasvillisuus viihtyy
- pihatiet ja kenttien alusrakenteet säilyttävät kantavuusominaisuutensa
- pohjamaan routimisesta johtuvien vaurioiden estyminen.



Kuva 16 Veden esiintymismuodot tonttialueella /69/

Tonttien kuivatustarpeen ja –tavan määrittävät mm. seuraavat seikat: /69/

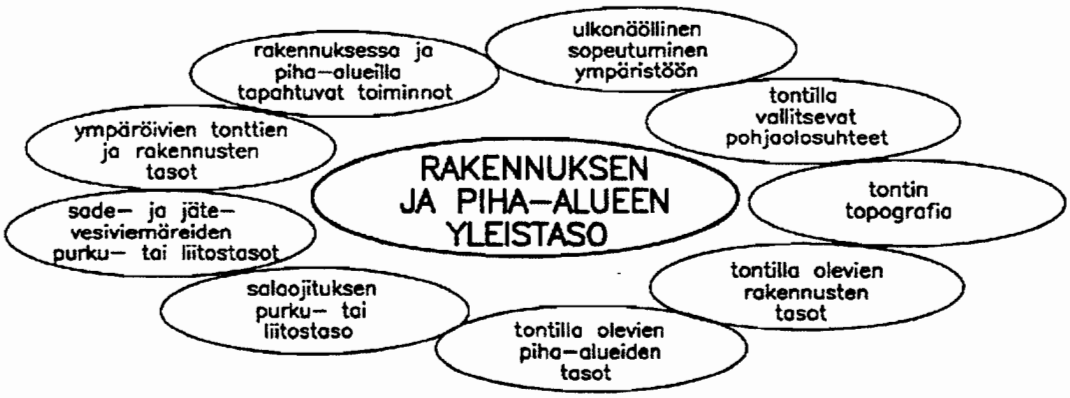
- maaston korkeusvaihtelut
- pohjavedenpinnan korkeusvaihtelut
- pohjasuhteet ja varsinkin maakerrosten vedenläpäisevyys
- putkikanavien sijainti ja korkeustaso
- tonttialueen käyttömuodot, kuten kesto- ja sorapäällystetyt tiet, nurmikot ja istutukset sekä leikki- ja urheilukentät.

Tonttialueella tarvitaan yleensä tehokas kuivatusjärjestelmä, jos pohjavedenpinta on lähellä maanpintaa, maasto on tasaista ja korkeusasemaltaan alavaa tai maaperässä on eloperäisiä tai hienorakeisia ja huonosti vettä läpäiseviä maalajeja. /69/ Kaikki em. tekijät sopivat hyvin kuvaukseen Pikku-Huopalahden kuivatusolosuhteista, joten alueen kuivatusolosuhteita voidaan hyvällä syyllä pitää vaativina. Yleensä mitä vaativammat pohjasuhteet ovat sitä suurempi merkitys on sillä, että rakenteiden sijoittelua (rakennukset, liikennealueet, putkijohdot) tarkastellaan yhteistyössä kaikkien suunnittelijoiden kesken toisaalta kiinteistössä tapahtuvan toimintojen ja niiden sujuvuuden kannalta sekä toisaalta pohjarakennuskustannusten kannalta. /90/

4.5.2 Korkeusasemien määrittäminen

Korkeusasemien määrittäminen muokkaa alueen sellaiseksi kuin se lopputilanteessa koetaan. Korkeusaseman valintaan vaikuttavat suurelta osin kuivatustekniset seikat, mutta myös muita ympäristöllisiä seikkoja otetaan yleensä huomioon. Lähtökohdan

rakennuksen ja piha-alueiden yleistasojen valintaan antaa kaavoitetulla alueella yleensä viranomainen. Helpommin rakennettavilla alueilla toiminnalliset- ja ulkonäkövaatimukset saavat päätöksissä suuremman painoarvon kuin vaikeissa olosuhteissa, joissa korkeusaseman valinta perustuu enemmän tekniseen toteutettavuuteen ja taloudellisuuteen. Alueellinen esirakentaminen suuntautuu pohjarakentamisen kannalta vaikeille alueille, jossa kaavoituksesta vastaavien viranomaisten päätökset korkeusasemasta perustuvat yleensä geoteknisten suunnittelijoiden esityksiin mahdollisista korkeusasemista ja niiden eduista. Näin alueellisen kuivatusjärjestelyn toteutus saadaan sisällytettyä esirakentamistoimenpiteisiin alusta lähtien, mitä voidaan pitää lopputuloksen onnistumisen kannalta järkevänä. /60/ Kuvassa 17 esitetään rakennusten ja piha-alueiden yleistasojen valintaan vaikuttavia seikkoja, joita suunnittelijoiden tulisi ottaa huomioon hankkeen eri vaiheissa.



Kuva 17 Rakennuksen ja piha-alueen yleistason valintaan vaikuttavia seikkoja /90/

Pikku-Huopalahdessa kuivatukselliset lähtökohdat on otettu huomioon jo esirakentamisen ja kunnallisteknisen yleissuunnittelun yhteydessä. Alue on niin alavaa, että hyvään toteutukseen tähtäävät maarakennus- ja esirakentamistoimenpiteet vaativat alkutilanteen muuttamista olennaisesti. Mätäpuro ja Pikku-Huopalahti muodostavat alueen kuivatuksen rungon tarjoamalla luonnollisen laskuvesistön alueen pintavesille. Korkeustasot onkin suunniteltu niin, että maan pinta laskee kaikkialla kohti vesistöjä. /47/ Seuraavassa esitetään kuinka kuivatusvaatimukset ovat lopulta muuttuneet Pikku-Huopalahden korkeusasemavalinnoiksi. /111/

- Pikku-Huopalahden ruoppaus tasolle –1,5 m mahdollisti vesiliikenteen, estää rehevöityrnisen sekä mahdollisti rumpujen ja sadevesiviemäreiden johtamisen lahteen talvella jääkerroksen alapuolelle.
- Ranta rakennettiin tasoon +1,2 m, joka on riittävän korkea estämään tulvan syntymisen rannan painumisen ja merenpinnan ylimpien vedenkorkeuksien seurauksena. Penkereen sallittu jälkipainuma on 0,2...0,4 m, kun kerran kolmessa vuodessa toistuva tulva nousee tasolle +0,8 m.
- Puistoalueen korkeustasot suunniteltiin siten, että sadevedet voidaan johtaa lahteen pintavaluntana. Toinen ja tärkeämpi periaate oli estää korttelialueen sadevesien padottuminen tilanteessa, jossa korttelien sadevesiviemäröinti ei syystä tai toisesta toimi. Puiston korkeustasot vaihtelevat välillä +1,2...2,3 m ja ne sisältävät 0,2...0,8 m ylitäytön jälkipainumien varalta. Tavoitteena oli, että kaikki korttelialueen sadevesiviemärit päättyvät puiston itäreunaan ja jatkuvat kuivatuspainanteena tai avo-ojana Pikku-Huopalahteen. Kevyenliikenteen väylät alitettiin rummuilla, jotka on puiston suurten painumien jälkeenkin todettu

käyttövarmoiksi. Kuivatuksen parantamiseksi rakennettiin puistovyöhykkeelle puiston poikkisuuntaisia salaojakanavia.

- Puiston keskiosan koivikkoalue yritettiin säilyttää ja tämän vuoksi korkeusasema päätettiin tässä kohdassa jättää tasolle +0,8...1,0 m.
- Puistoon rakennettiin –1,3 m syvyinen lammikko, josta on yhteys lahteen ja jota hyödynnettiin kuivatuksen suunnittelussa.
- Korttelit ja kadut rakennettiin tasolle +2,0...4,5 m alueen viettäessä puistoon päin. Korttelien ja katujen pintavedet johdetaan sadevesiviemäreiden kautta puistovyöhykkeen sadevesipainanteisiin ja lopulta lahteen.
- Rakennusten alimmat lattiatasot suunniteltiin kantavina ja ne ovat hieman piha-alueen lopullista korkeusasemaa ylempänä. Tämä estää veden pääsyn rakennuksiin tilanteessa, jossa viemäröinti ei toimi.

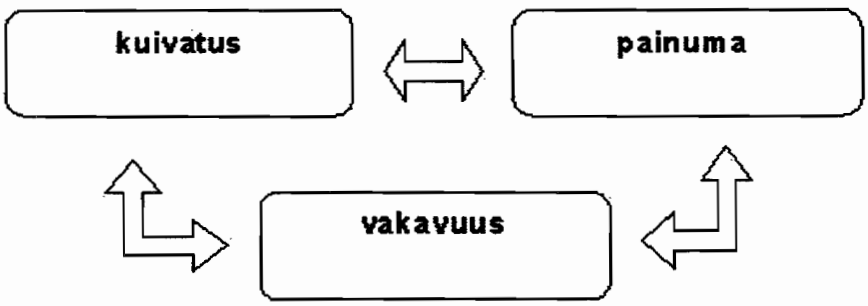
Edellä esitetyt korkeustasot ovat minimikorkeustasoja, jotka määräytyvät Pikku-Huopalahden vedenkorkeuden, katujen ja viemäreiden minimikaltevuuksien ja viemäreiden peitesyvyyksien perusteella. /111/

4.6 Massatalous Pikku-Huopalahden esirakentamisessa

Esirakentamishankkeissa massatalous vaikuttaa voimakkaasti esirakentamisen kustannuksiin, sillä liikuteltavat massamäärät etenkin pystyojitus ja esikuormitusvaihtoehdoissa ovat suuria. Esikuormituksen edullisuus riippuu paljolti massojen kuljetusmatkasta ja massojen saatavuudesta /48/, jonka vuoksi kaikki alueelta saatavat ruoppaus- ja leikkausmassat pyrittiin sijoittamaan alueelle. Alueen nostaminen suunniteltuun tasoon vaati Pikku-Huopalahdessa runsaasti täyttömassoja ja koska alueelta saatavat ruoppaus- ja leikkausmassat kattoivat vain osa massatarpeesta, jouduttiin suurin osa rakentamisen edellyttämistä massoista tuomaan muualta. Massatalouden kustannusten pienentämiseksi hankkeen massatalous pyrittiinkin yhdistämään kaupungin muiden rakennuskohteiden massalaskelmiin. Lisäksi massataloutta pyrittiin parantamaan vaiheistamalla esirakentamista, jolloin samoja ylipengermassoja voitiin käyttää monissa kohteissa peräkkäin, näin kokonaismassatarvetta alueella pieneni. Massojen tarvetta laskettaessa jouduttiin ottamaan huomioon mm. lopullisen tavoitetason korkeus, penkereen painuminen ja tarvittavan ylipenkereen korkeus. /111/

4.7 Esirakentamisvaatimusten yhteensovittaminen

Edellä on esitetty alueellisen esirakentamisen tavoitteita, kuten painumarajat esirakentamisen jälkeen, alueen stabiliteetti työn aikana ja sen jälkeen sekä kuivatuksen toimivuus alueella. Nämä kolme tekijää yhdessä muodostavat esirakentamisen kannalta kokonaisuuden, jossa tekijät ovat suorassa riippuvuudessa toisiinsa kuvan 18 mukaisesti ja ne tulee siten suunnitella yhtäaikaisesti.

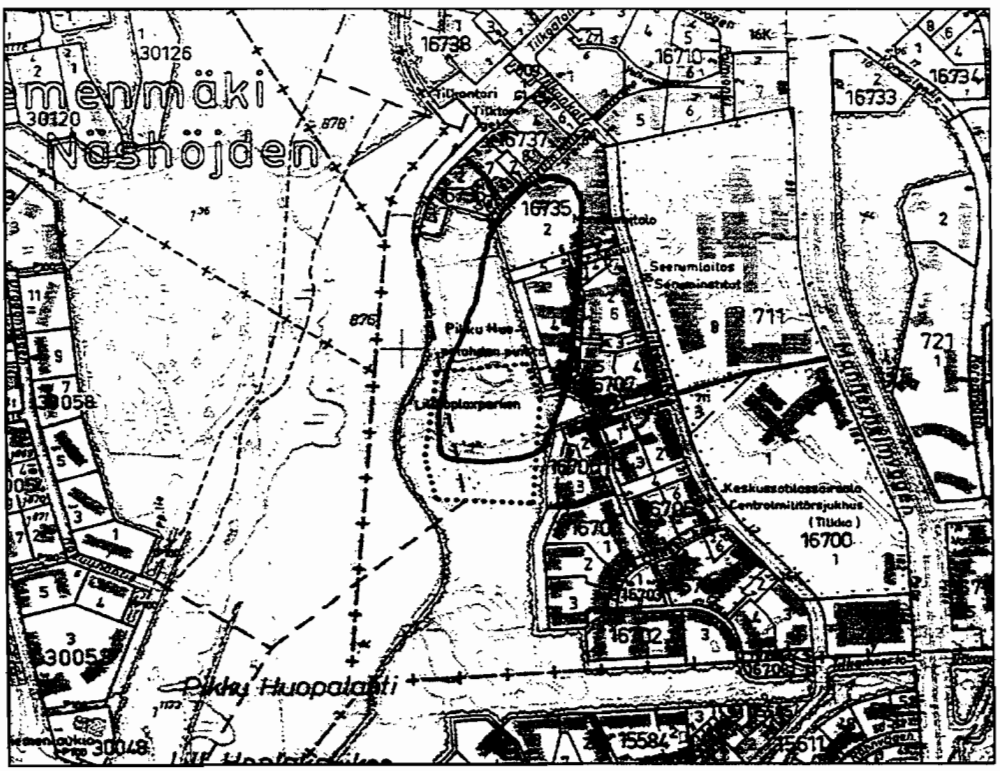


Kuva 18 Esirakentamisen kolme päätekijää ja niiden vuorovaikutus

Piha-alueen mahdolliset tasovaihtelurajat haarukoidaan vakavuuden ja sallittujen painumien suhteen. /90/ Alueen suunnittelu Pikku-Huopalahdessa lähti liikkeelle kuivatusteknisistä syistä, joiden perusteella asetettiin tonttikorkeuksien minimitasot. Tämän jälkeen määritettiin pengerkuormat, joilla saatiin vaaditussa ajassa riittävän suuri konsolidaatiopainuma, jotta jäljelle jäävä painuma esirakentamisen jälkeen oli halutun suuruinen. Viimein alueen vakavuutta tarkasteltiin kaikissa kuormitusvaiheissa rakentamisen aikana ja rakentamisen jälkeen pitkäaikaisessa tilanteessa erilaisilla liukupintalaskelmilla, jotta alueellisen vakavuuden vaatimukset tulisivat täytetyksi. Rakentamisaikataulu ja -järjestys pyrittiin lopuksi laatimaan massataloudellisesti siten, että täyttömassoja tarvittaisiin alueella mahdollisimman vähän ja niitä olisi alueella tarvittaessa saatavilla.

4.8 Saastuneet maa-alueet Pikku-Huopalahdessa

Aikaisemmin kaatopaikat perustettiin yleensä joutomaille, usein jopa pohjavesialueille ja asutuksen läheisyyteen. Asutuksen laajentuessa ne ovat jääneet rakennetun alueen alle. Maankäytön muutokset ja laajentuva rakentaminen ovat luoneet paineita vanhojen ja usein jo unohdettujen kaatopaikkojen kunnostamiseen Tällainen tilanne oli myös Pikku-Huopalahdessa, jossa ennen rakennuskelvottomana pidetty maa otettiin rakennuskäyttöön, jolloin kuvassa 19 esitetty entisen kaatopaikka jäi esirakennetun alueen alle. /108/

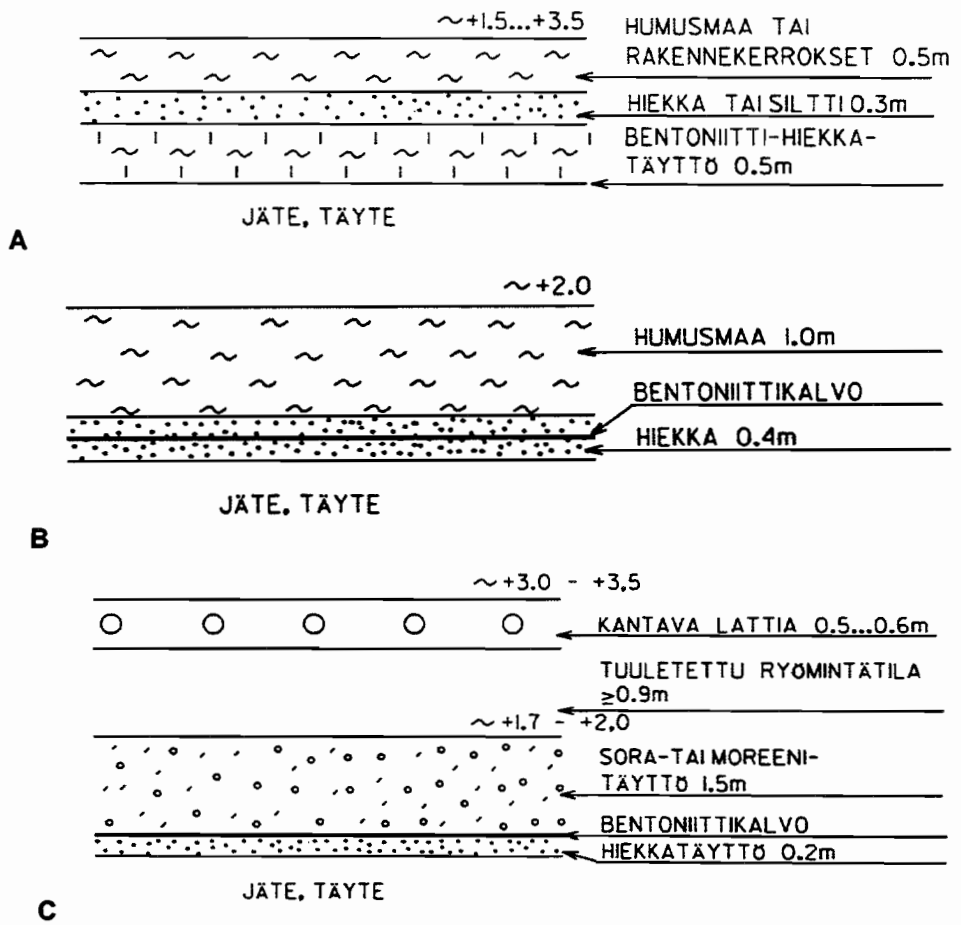


Kuva 19 Pikku-Huopalahden kaatopaikka vuosina 1937-1949 on kuvattu yhtenäisellä viivalla. /108/ Kuvaan on lisätty katkoviivalla alue, jossa on tehty koeluonteinen lentotuhkaeristys.

Pikku-Huopalahden kaatopaikalle on tuotu talous- ja sekajätettä, tuhkaa sekä ylijäämämaita. Nykyisin alueella sijaitsee Pikku-Huopalahden puisto ja viljelypalstat. Aluetta tutkittiin esirakentamisen yhteydessä vuonna 1984, jolloin havaittiin jätetäyttökerroksen paksuudeksi 0,7...4,3 metriä ja todettiin se maatuneeksi. Alueen maaperässä

on havaittu kohonneita raskasmetallipitoisuuksia ja pohjavedessä lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia. 1990-luvulla tehtyjen tutkimusten perusteella poistettiin raskasmetalleilla ja öljyhiilivedyillä likaantuneita kaatopaikkatäyttöjä. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, öljyt ja raskasmetallit ovat peräisin alueella aiemmin harjoitetusta autokorjaamo- ja hajottamistoiminnasta. /108/

Viljelypalstojen maa tutkittiin 1994, jolloin kaikki likaantunut maa poistettiin ja tilalle tehtiin eristekerros ja tuotiin puhdas viljelymaa. Monitoimitalon tontti tutkittiin vastaavasti 1995 ja alle rakennettiin eristekerros sekä taloon tuulettuva alapohja. Eristekerros jouduttiin rakentamaan myös urheilupuistolle sekä päiväkodin leikkipuistolle, josta raskasmetallipitoiset maamassat oli ensin poistettu ja tilalle tuotu puhdas pintamaa. /108/ Syynä tämän kaltaisten eristerakenteiden rakentamiseen oli jätekerroksen paksuus, joka oli niin suuri, että sen poiskaivaminen ei käytännössä olisi onnistut mm. kustannus ja vakavuussyistä. /81/, /14/ Saastuneiden maa-alueiden aiheuttamien haittojen poistamiseksi tehtyjä rakenneratkaisuja esitetään kuvassa 20. /81/ Lisäksi puistossa on tehty esirakentamisen jälkeen kuvassa 19 katkoviivalla merkitylle alueelle koeluonteinen eristysrakenne soveltaen kuvan 20 A mukaisesti niin, että bentoniitti-hiekkatäyttö on korvattu 300...400 mm lentotuhkakerroksella. Aluetta tarkkaillaan yhä metaanikaasun muodostumisen osalta. /54/



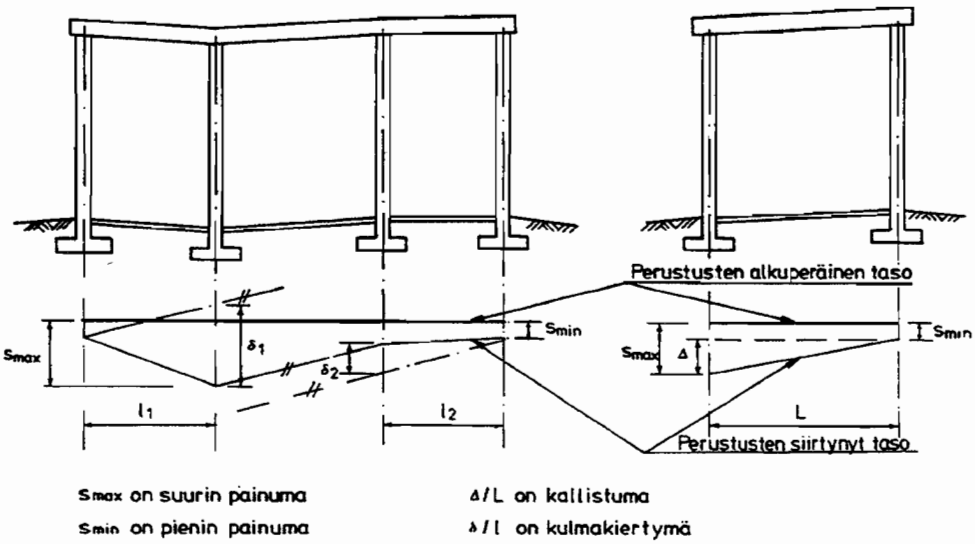
Kuva 20 Pikku-Huopalahden entisen kaatopaikan päälle rakennettujen rakenteiden poikkileikkauksia A Rakennustontit ja puistoalue, B Siirtolapuutarhaalue ja C Rakennuksen alusta /81/

Toinen saastuneita maa-alueita sisältänyt alue Pikku-Huopalahdessa sijaitsee Paciuksenkadun varressa. Korttelin 15580 maaperä havaittiin esirakentamisen yhteydessä öljyllä saastuneeksi, samoin vähäisiä öljymääriä oli myös korttelin 15581 tontilla 5. Alue on ollut vuokrattuna vuosina 1956-1970 Helsingin Kaukokiito Oy:lle ja vuosina 1978-1992 alueella toimi Helsingin Taksiautoilijat ry:n polttonesteiden jakelupiste. Lisäksi alue on toiminut osin Helsingin energian pysäköinti- ja varastoalueena. Maaperän kunnostus suoritettiin kapeina kaivantoina tehtynä massanvaihtona vuoden 1997 aikana. Kunnostus osoittautui hankalaksi alueen huonon vakavuuden ja runsaan vedentulon vuoksi. /89/ Esirakentamiseen sisältynyt saastuneiden maiden kunnostus tuli näillä kahdella alueella maksamaan yhteensä noin 10 Mmk. /65/

4.9 Painumaerot ja niiden merkitys rakenteille

Perustukset tulisi suunnitella siten, etteivät painumaerot aiheuta rakenteisiin haitallisia jännityksiä tai muodonmuutoksia, jotka voivat rikkoa rakenteita tai lisätä rakenteisiin kohdistuvia kuormia esim. liikenteen aiheuttamien sysäyksien kautta ja siten nopeuttaa rakenteen vaurioitumista edelleen. Lisäksi rakennusten ja rakenteiden kokonaispainumat ja -kallistumat on rajoitettava kohtuulliseksi asumismukavuuden sekä ulkonäköseikkojen takia. /96/ /107/

Rakenteen vaurioitumisen kannalta painumien absoluuttisilla arvoilla ei ole ratkaisevaa merkitystä, vaan tärkeämpiä ovat rakenteen eri osiin syntyvät painumaerot ja painumaerojen jyrkkyys eli suuruus. /110/ Painumaeroja saattaa syntyä saman rakenteen eri osien välille tai kahden eri rakenteen liitoskohdissa ja ne aiheutuvat pohjasuhteiden- tai kuormituksen vaihteluista tai käytetyistä erilaisista perustamistavoista. Syynä voivat luonnollisesti olla myös siirtymärakenteiden puutteellisuus tai työvirheet. /52/ Mitä lyhyemmällä matkalla muutos pohjasuhteissa tai kuormituksessa tapahtuu, sitä jyrkemmäksi painumaero näiden kahden pisteen välillä muodostuu. Toisaalta mitä suurempi painumaero kahden pisteen välillä vallitsee, sitä suurempia rasituksia ja muodonmuutoksia rakenteeseen tulee, ja sitä helpommin rakenne rikkoutuu ja se joudutaan uusimaan. /107/ Erilaisilla rakenteilla on erilainen kyky kestää painumaeroja ja niistä syntyviä jännityksiä, tätä kykyä kuvataan yleensä ns. sallittujen kulmakiertymien avulla. /96/ Kulmakiertymä on määritetty kuvassa 21 ja se ilmaisee eri pisteiden välisen painumaeron suuruuden suhdetta pisteiden väliseen etäisyyteen eli painuman "jyrkkyyttä".

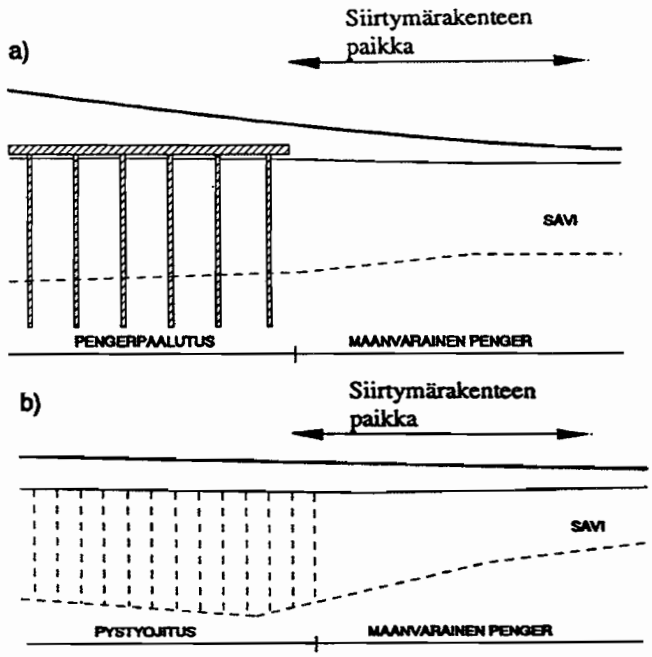


Kuva 21 Rakenteen painumat ja kulmakiertymän määrittely /96/

4.10 Siirtymärakenteet

4.10.1 Siirtymärakenteiden periaate

Koska painumaerot aiheuttavat rakenteissa vaurioita ja toisaalta nopeuttavat rakenteiden rappeutumista edelleen, pyritään painumaerot maarakenteissa poistamaan kokonaan tai tämän ollessa taloudellisesti kannattamatonta pienentämään niistä aiheutuneita haittoja. Haittoja pienennetään tasoittamalla painumaeroja pidemmälle matkalle siirtymärakenteiden avulla. Joskus siirtymärakenteita käytetään päinvastaisessa tilanteessa eli pienentämään routanousuista aiheutuvia haittoja. /52/ Tässä työssä keskitytään lähinnä painumaongelmien pienentämiseksi tehtäviin siirtymärakenteisiin. Rakenteet kestävät yleensä paremmin tasaisia painumia, kun taas painumaerot yleensä rikkovat rakenteen helpommin. Tästä syystä siirtymärakenteet tulisi rakentaa mahdollisimman pitkiksi, jolloin painumat tapahtuisivat mahdollisimman loivasti. Toisaalta pidemmät siirtymärakenteet nostavat rakentamiskustannuksia, jolloin siirtymärakenteista saavutettava hyöty pienenee. Siirtymärakenteiden mitoitus on siis optimointitehtävä rakentamiskustannusten sekä korjaus- ja ylläpitokustannusten välillä. Kuvassa 22 esitetään siirtymärakenteen sijoituspaikka perustamistapojen tai pohjasuhteiden muutoskohdassa.



Kuva 22 Siirtymärakenteen sijoittaminen painumaeron tasaamiseksi /107/

Siirtymärakenteiden mitoitus perustuu painumalaskelmiin. Tavallisesti riittää primaarisen konsolidaatiopainuman ja -nopeuden määrittäminen. Sekundaaripainuma tulee kuitenkin ottaa huomioon ainakin pystyojitusosuuksilla, näiden rajoittuessa painumattomaan rakenteeseen. Sekundaaripainuma saattaa muodostua merkittäväksi myös muissa tapauksissa etenkin humuspitoisilla pehmeiköillä. /107/

Siirtymärakenteiden pituus määritetään rakenteen toimivuuden ja laatutason mukaan. Taulukossa 2 esitetään painuman ja routanousun arvoja, joiden ylittyessä kaduilla ja putkijohdoilla tulisi käyttää siirtymärakenteita. Rakennusten sisäänkäyntien kohdalla voidaan sallia korkeintaan 70 % taulukossa 2 esitettävistä arvoista. /52/

Taulukko 2 Sallittu painuma, routanousu ja kaltevuuden muutos liikennealueilla /52/

Kohde	Aika				Kaltevuuden muutos	
	s/5 v	F/5 v	s/20 v	F 20 v	Sivu	Pituus
1. Pää- ja paikallisväylät						
– asfaltti	100	75	200	120	0,4	1,1
– raitiotie	50	50	100	75	0,3	1,0
2. Hidas- ja pihakadut						
– asfaltti	100	100	200	150	0,5	1,3
– sora	125	120	250	175	0,8	1,6
– kiveys	50	75	100	120	0,5	1,3
3. Torit						
– asfaltti	75	100	150	150	0,4	1,1
– kiveys	50	75	100	100	0,3	1,0

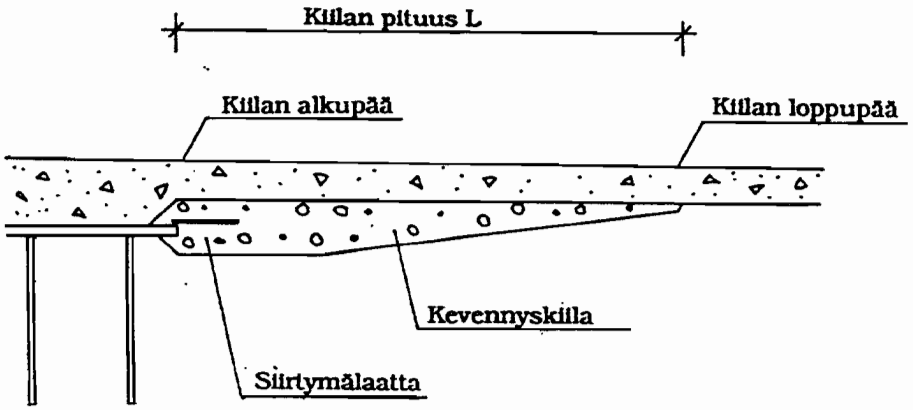
s = painuma (mm), F = routanousu (mm), kaltevuuden muutos (%).

4.10.2 Erilaisia siirtymärakenteita

Kevennyskiila

Kevennyskiilan toiminta perustuu ajatukseen, että maapohjaan tulevaa kuormitusta pienennetään tekemällä penkereen täyttö tavallisia materiaaleja keveämmistä materiaaleista, joita ovat esim. kevytsora, kevytsorabetoni, EPS-kevennykset, palaturve, vaahtobetoni ja rengaskeventeet. /107/

Kun kevennystä käytetään siirtymärakenteena, tavallisin tapaus on pengerpaalutuksen ja painuvan penkereen välille tehtävä siirtymäkiila. Kiilan alkupäässä pyritään siihen, ettei maapohjan konsolidaatiojännitys ylity eikä maa siten painu. Loppupäässä painuma on sama kuin keventämättömällä penkereellä. Kuvassa 23 esitetään kevennyskiila paalulaatan yhteydessä. /107/



Kuva 23 Kevennyskiila paalulaatan yhteydessä /107/

Kevennysrakenteet sopivat alueille, joilla maanvarainen perustaminen ei ole mahdollista ja paaluille perustaminen on kohtuuttoman kallista. Siirtymäkiilan rakentaminen rakennuksen ympärille voi olla perusteltua, jos rakennuksen ympäristön odotetaan painuvan haitallisessa määrin. Kevennysrakenteiden huonona puolena on niiden herkkyys mitoitusvirheille /68/,/48/

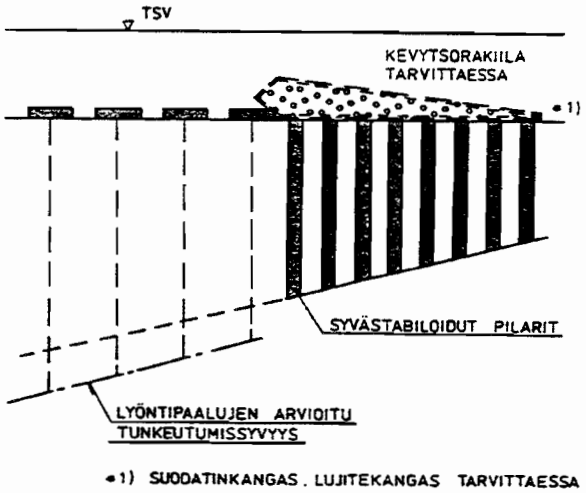
Pikku-Huopalahdessa kevennysrakenteita on jouduttu käyttämään paikoin tonteilla, koska esirakentamisen aikainen painopenger on painunut niin paljon, että poistettavaa pengertä ei enää ole ollut jäljellä ja kuitenkin painumanopeudet ovat olleet vielä kohtuullisen suuria. Kevennyksiä on rakennettu etenkin ovien eteen, jossa painumien aiheuttamat haitat ovat muuta aluetta suurempia. Tällaisia kohteita löytyy esim. Tilkantorin, Tilkankadun- ja Kytösuontien alueilta.

Pilaristabilointi siirtymärakenteena

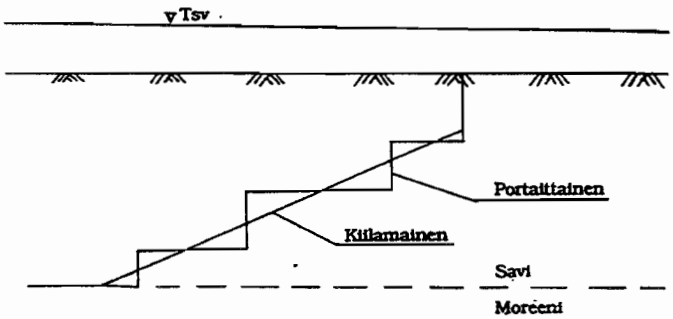
Pilaristabilointia on voidaan siirtymärakenteissa käyttää seuraavasti /107/

- siirryttäessä pengerpaalutukselta pilaroinnille, kun savikerros on lujitettu koko paksuudeltaan
- asteittain lyhenevät pilarit siirtymärakenteena
- suhteellisen lyhyiden pilarien käyttö savikerroksen pehmeimmän pinta-osan stabilointiin kevennyskiilan yhteydessä.

Kuvassa 24 esitetään periaatekuvia pilaristabiloinnilla toteutetusta siirtymärakenteesta. Siirryttäessä pengerpaalutukselta pilaristabiloinnille ulotetaan pilarit paalutuksen osuudella savikerroksen alarajaan. Toisaalta siirtymäpilarointi voidaan toteuttaa joko kiilamaisesti tai portaittain. Portaittain tehtyä menetelmää on käytetty pyrittäessä toteutuksen yksinkertaistamiseen. Siirtymärakenteissa käytettävien pilarien mielekäs minimipituus on noin 2,5...3,0 m. /106/,/107/



A

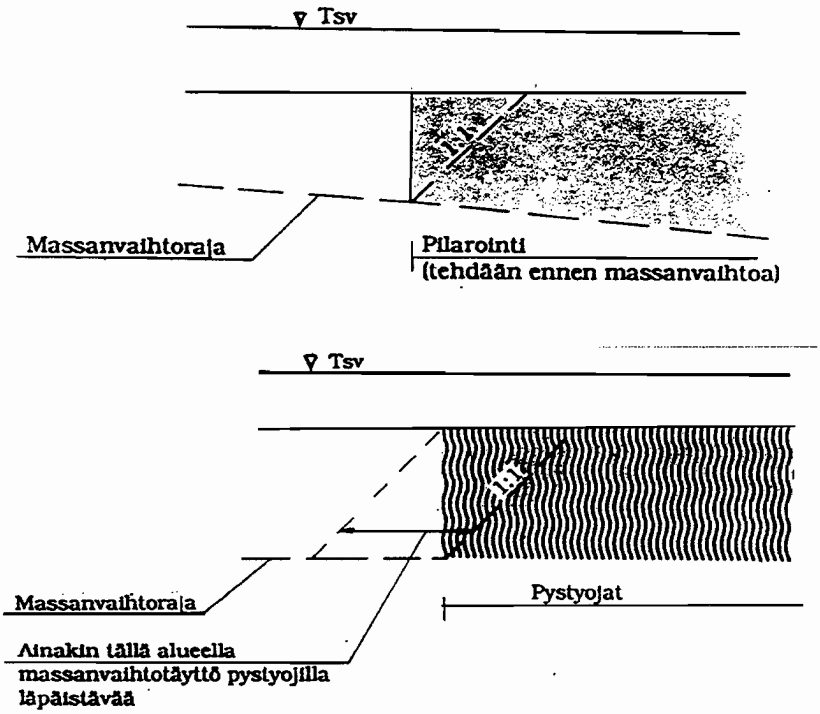


B

Kuva 24 Pilaristabilointi siirtymärakenteena pengerpaalutuksen yhteydessä (A) sekä mahdolliset rakennemuodot kiilamaisena tai portaittaisena siirtymärakenteena (B) /106/,/107/

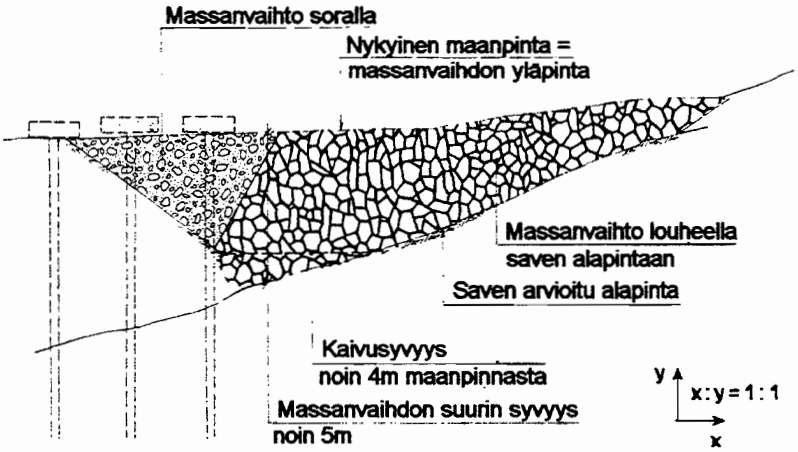
Siirtymäpaalutus
Siirtymäpaaluja käytetään lähinnä hattupaalutuksissa, koska paalulaatat eivät yleensä siedä painumaeroja. Menetelmää suositellaan käytettäväksi vain erikoistapauksissa, muuta siirtymärakennetta täydentävänä osana, koska paalujen toimintatapojen mitoitukseen ei ole luotettavia menetelmiä. /107/ Pikku-Huopalahdessa kyseistä menetelmää ei ole käytetty.

Massanvaihto siirtymärakenteena
Pengertämällä tehtyä massanvaihtoa on hankala liittää muihin perustamistapoihin ja suosituksena onkin siirtymärakenteen tekeminen kaivamalla tehdyn massanvaihdon avulla. Massanvaihto pyritään tekemään koko pehmeikön koko pituudelle, jolloin siirtymäongelma vältetään kokonaan. Kustannussyistä saatetaan kuitenkin joutua tekemään siirtymä pehmeiköllä. Tällöin rajakohtaa jälkipainumien pienentämiseksi usein kuormitetaan ylipenkereellä. Kuvassa 25 näkyy kaksi erilaista massanvaihdon liittämistä muihin esirakentamistapoihin. /107/



Kuva 25 Massanvaihto siirtymärakenteena (A) pilaristabiloinnille ja (B) pystyojitukselle /107/

Paalutuksen yhteydessä massanvaihto tehdään siirtymäkohdassa sellaisella täytteellä, että se on läpäistävissä paaluilla. Syvissä massanvaihdoissa (> 4...5 m) paalutus aloitetaan vasta kun massanvaihdon aiheuttamat huokosvedenylipaineet ja sivusiirtymät ovat ehtineet tasoittua. /106/ Kuvassa 26 esitetään massanvaihdon käyttöä siirtymärakenteena Paciuksenkadun alueella.



Kuva 26 Siirtymärakenne pengerpaalutukselta kantavalle maalle Paciuksenkadun alueella /26/

Pilaristabilointiin liittyvä massanvaihto pyritään sijoittamaan pehmeikölle, siten että kaivantoluiskan vakavuus olisi riittävä ilman pilaroinnin erityistä tihentämistä. Pystyojitukseen liittyvä massanvaihto tehdään siten, että pystyojituksen ulommaiset rivit tehdään massanvaihdontäytön läpi. /107/

Siirtymälaatta

Siirtymälaattoja käytetään yleensä siirryttäessä painuvalta maapohjalta painumattomalle. /52/ Esimerkiksi paalulaattojen päättymiskohdissa siirtymälaatat ovat tyypillisiä, vaikka jälkipainumia ei olisikaan odotettavissa. Kuvassa 23 on esitetty esimerkki siirtymälaatan käytöstä paalulaatan ja kevennyskiilanyhteydessä, jossa on lisäksi kevennyskiila. Riippuen tien luokasta ja jälkipainumista suositellaan käytettäväksi seuraavia siirtymälaatan pituuksia siirryttäessä paalulaatalta /107/

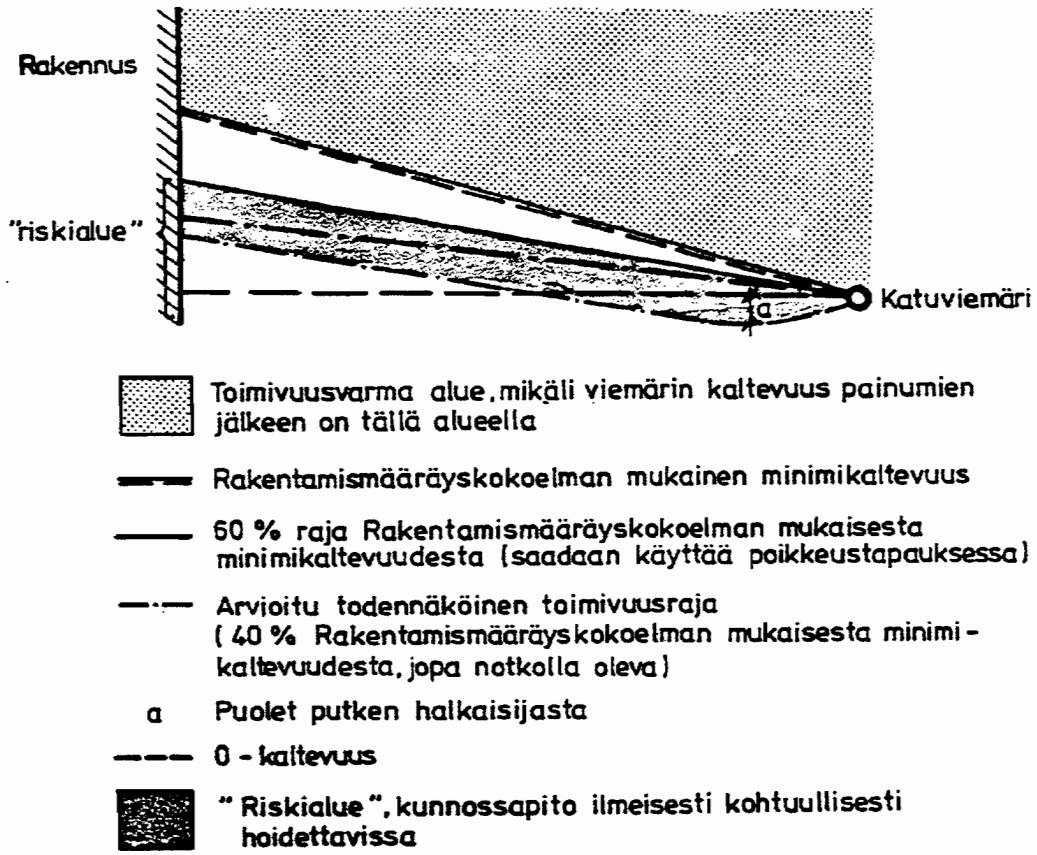
- pystyojitukselle 5...10 m
- pengerkevennykselle n. 5 m
- massanvaihdolle tai syvästabiloinnille 3...5 m.

Siirtymälaatta mitoitetaan alkupäästään paalulaattaan tukeutuvana ja loppupäästä maanvaraisena. Mitoituksessa on otettava huomioon pohjamaan painuminen ja sen aiheuttama maan irtoaminen laatan alkupäässä. Siirtymälaattojen rakenne suunnitellaan yhdessä rakennesuunnittelijan kanssa. /107/

Siirtymälaattakaan ei aina takaa etteikö painumaongelmia syntyisi, mutta nämä ovat kuitenkin yleensä harvinaisempia tapauksia. Pikku-Huopalahdessa on mm. Paciuksen kaava-alueella käytetty siirtymälaattaa talon vieressä liityttäessä pengerpaalutettuun katuun. Kohtaan on sittemmin syntynyt painumavaurioita.

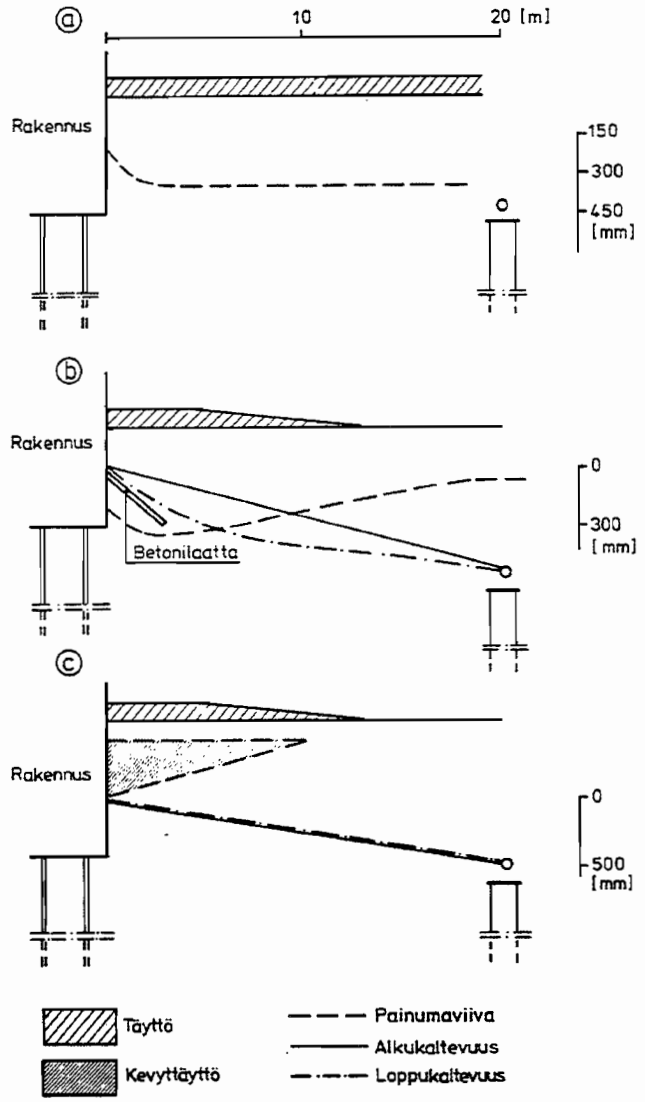
4.11 Putkijohtojen painumavaurioiden ehkäiseminen

Pehmeikköalueilla havaittavat tonttijohtojen vauriot keskittyvät kohtiin, joissa on suuria painumaeroja. Näin on esim. paalutetun seinän vierustoilla, missä painumaeroja syntyy salaojituksen seurauksena laskeneesta pohjavedestä tai täytemaakerroksista. Painejohtojen kohdalla asettaa vain putkimateriaalin kestävyys rajoitteita, mutta viettoviemäreiden kohdalla on otettava huomioon myös johtojen toimivuusvaatimukset. Täten pehmeikköalueilla olisi esim. käytettävä ohjeiden mukaisia minimikaltevuuksia suurempia kaltevuuksia siten, että painuman jälkeinenkin kaltevuus olisi vielä ohjeiden mukaista minimikaltevuutta suurempi. Toisaalta tutkimuksissa on todettu tonttiviemäreiden toimivan myös tilanteissa, joissa minimikaltevuus ei täysin toteudu. Putkirakenteen painumansieto riippuu putkimateriaalista, liitosten rakenteesta, putken halkaisijasta sekä arinarakenteen jäykkyydestä. /58/,/52/ Tonttiviemäreiden kaltevuuden raja-arvoja kuvaava malli esitetään kuvassa 27.



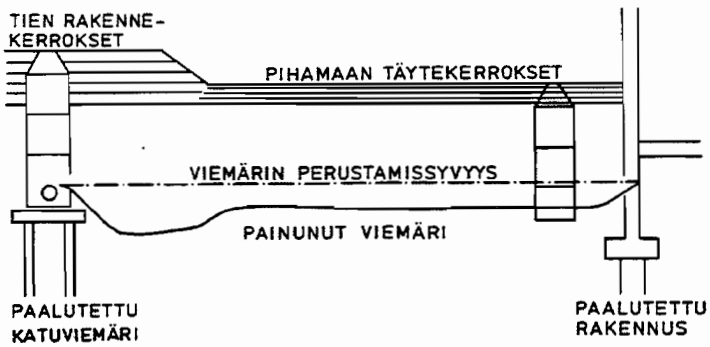
Kuva 27 Tonttiviemärin kaltevuuden raja-arvoja kuvaava malli /58/

Putkijohtojen painumaeroista syntyviä vaurioita voidaan pienentää erilaisilla painumaa tasoittavilla rakenteilla. Esimerkkinä tästä kuvassa 28 esitetään putkijohtojen painumaeron syntyminen paalutetun rakennuksen vieressä sekä kaksi erilaista painumaeron pienentämiseksi tehtyä siirtymärakennetta. Kohdan b) rakenne perustuu siirtymälaatan käyttöön rakennuksen sivulla, millä ohjataan painumaa halutuksi putken alkupäässä. Jälkimmäinen rakenne perustuu maapohjan kuormituksen tasoittamiseen kevennystäytön avulla, jolloin myös painumaerot putken pituudella tasoittuvat. /58/



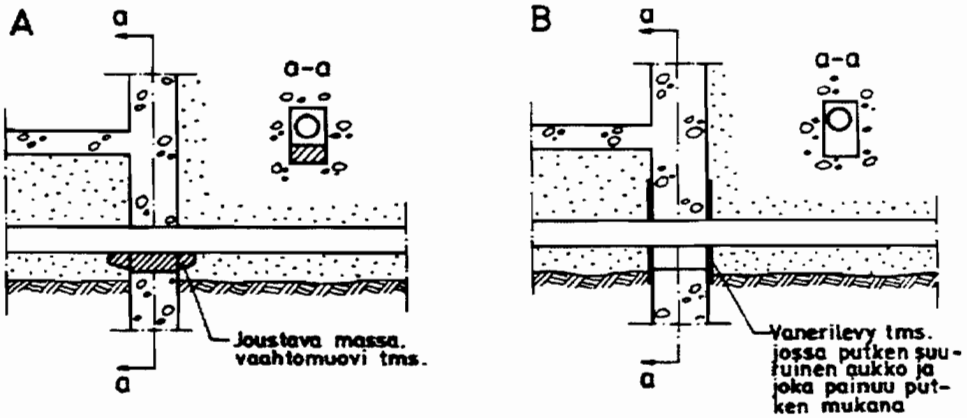
Kuva 28 Putkijohdon painuman syntyminen paalutetun rakennuksen vieressä ja kaksi erilaista rakennetta painumaongelman poistamiseksi /58/

Kuvassa 29 esitetään painuvan viemärin liittyminen paalutettuun rakennukseen ja paalutettuun viemäriin. Suurimmat painumaerot muodostuvat paalutettujen rakenteiden liitoskohdissa ja pengerluiskan kohdalla. Tämä painuma voitaisiin ottaa huomioon rakennusvaiheessa siirtymärakenteen varaan perustetulla viemärin ennakkokorotuksella, jonka tulisi olla laskettujen painumien suuruinen. /58



Kuva 29 Viemärin liittyminen paalutettuun rakennukseen ja paalutettuun katuviemäriin ja suurimpien painumaerojen syntymiskohdat /58/

Tonttijohdon läpivientikohdalla on lisäksi suuri vaikutus tonttijohdon kestävyyteen. Perusmuurin läpi vietyyn putkeen kohdistuu suurempi rasitus kuin paalutetun anturan alitse vietyyn putkeen, sillä tällöin putki vastaanottaa painumaeron pidemmällä matkalla ja saa paremman tuen putkiperustasta. /58/ Putkien rikkoutumisen estämiseksi putket voidaan lisäksi ripustaa tai tukea rakenteista. Rakenteiden liittymiskohdissa painumaeroon voidaan varautua kuvassa 30 esitetyn kaltaisilla painumista kestävillä rakenteilla, joissa käytetään hyväksi putken ja sen liitosten taipuisuutta. /52/,/91/



Kuva 30 Putkijohtojen joustavia läpivientejä perustusrakenteissa, joilla voidaan pienentää putkille painumaerosta syntyviä vahinkoja /91/

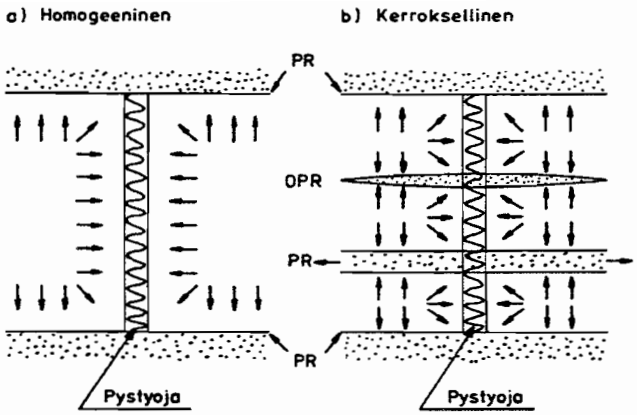
4.12 Pikku-Huopalahden pääesirakentamismenetelmät

4.12.1 Pystyojitus

Pystyojituksen periaate

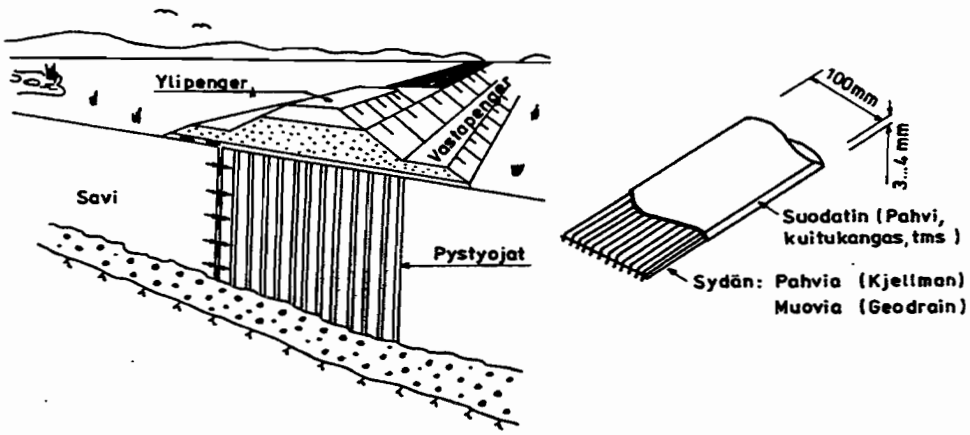
Maan rakenteellinen koostumus on esitetty kuvassa 3. Kuormitettaessa hienorakeista maata esim. pengerkuormalla leviää kuormasta aiheutuva jännitys maarakeiden kosketuskohtiin tehokkaaksi jännitykseksi sekä huokosveteen huokosvedenpaineeksi. Jos paine ei pääse purkautumaan välittömästi muodostuu huokosveteen ylipainetta, mikä aiheuttaa sen, että koheesiomaassa oleva vesi alkaa hiljalleen suotautua pois huokosista. Tämän ns. suotovirtauksen seurauksena huokosveden ylipaine pienenee vähitellen ja suotovirtaus päättyy, kun huokosveden ylipaine on kokonaan hävinnyt tai kun hydraulinen gradientti on saavuttanut raja-arvon. Ilmiön seurauksena koheesiomaakerroksen tilavuus pienenee huokosista poistunutta vettä vastaavalla määrällä. Tällöin maa ja sen päällä olevat rakenteet painuvat. Esitettyä huokosveden poistumisen johdosta tapahtuvaa tilavuuden pienenemistä kutsutaan konsolidoitumiseksi ja vastaavaa painumaa primaariseksi konsolidaatiopainumaksi. Primaarisen konsolidaation loppuvaiheessa alkaa ns. sekundaarinen painuma, joka aiheutuu raerungon hitaasta deformaatiosta. Muodonmuutokset saattavat olla joko tilavuuden muutoksia, leikkausmuodonmuutoksi tai molempia samanaikaisesti. /115/,/53/

Pystyojituksen tarkoituksena on nopeuttaa em. maakerrosten primaarista konsolidaatiota maahan pystysuoraan asennettujen salaojien ja esikuormituksen avulla. Nopeuttamisen mahdollistaa se, että konsolidaatioteorian mukaan konsolidaation aikatekijä on kääntäen verrannollinen huokosveden virtausmatkan neliöön. Eli mitä lyhyempi on huokosveden virtausmatka, sitä nopeammin maa konsolidoituu. Pystyojat lyhentävät huokosveden virtausmatkaa oleellisesti. /115/ Kuvassa 31 esitetään veden virtaus maassa pystyojiin.



Kuva 31 Huokosveden purkautuminen pystyojitetussa maassa /70/

Toisaalta huokosveden poistuminen nopeutuu myös siksi, että vesi virtaa pystyojitetussa savessa vaakasuoraan. Vaakasuuntainen vedenläpäisevyys on pystysuuntaiseen verrattuna parempi, johtuen saven kerroksellisesta rakenteesta. Huokosveden poisjohtamiseksi on maan pinnalle tehtävä suodatinkerros. /92/ Kuvassa 32 esitetään pystyojituksen periaate sekä tavanomaisen nauhapystyojan rakenne. Vastapenkereiden tarkoituksena on varmistaa alueen riittävä stabiliteetti tapauksissa, joissa kuormituspenger olisi yksin liian korkea ja jyrkkä ja aiheuttaisi maapohjan murtumisen. /70/

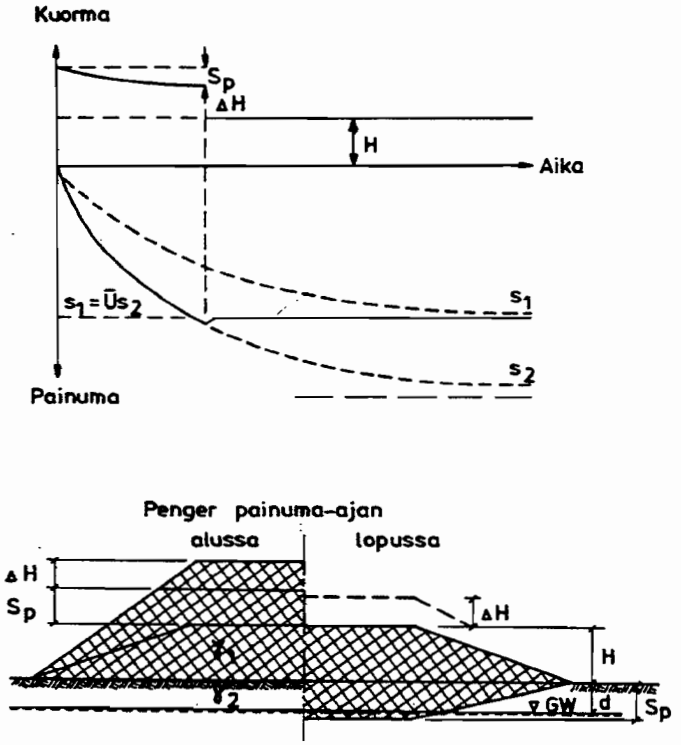


Kuva 32 Pystyojituksen periaate ja nauhapystyojan poikkileikkaus /70/

Pystyojakentän suunnittelu on luonteeltaan optimointitehtävä, jossa erilaisia toisistaan riippuvia muuttujia ovat /115/,/70/

- pystyojaväli
- esikuormitusaika
- pengermassojen saatavuus
- vastapenkereille käytettävissä oleva tila.
- ylipenkereen suuruus
- kuormitushistoria
- sallittu jälkipainuma

Esikuormituksen mitoituksessa tulee ottaa huomioon, että maapohjaa kuormittava penger jaetaan yleensä kolmeen osaan, joita ovat lopullinen penger, painumavara ja ylipenger. Merkinnät esitetään kuvassa 33. /70/



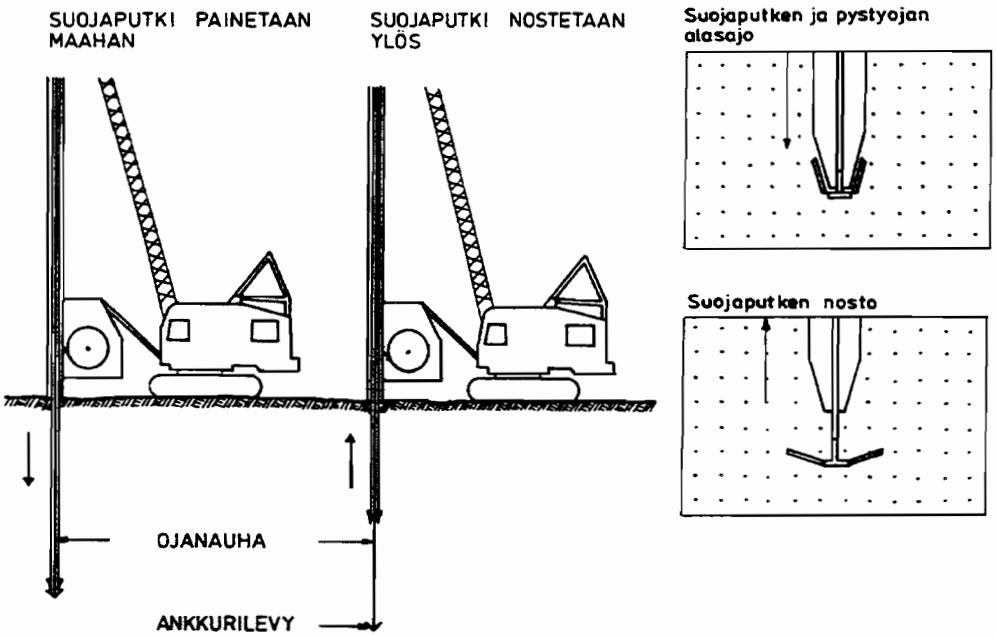
Kuva 33 Esikuormituspenkereen mitoittaminen *H* lopullinen penger, S_p painumavara, *ΔH* ylipenger /70/

Korkeita ylipenkereitä puoltaa se, että niitä käyttämällä saavutetaan painumatavoitteet lyhyemmässä ajassa. Lisäksi sekundaaripainumaa on mahdollista pienentää kasvattamalla esikuormitusaikaa ja ylikuormitusta. /70/ Huonoina puolina korkeammasta ylipenkereestä ovat suurempi massatarve sekä alueen kokonaisstabiliteetin huononeminen.

Pystyojakentän rakentaminen

Pystyojakentän rakentaminen aloitetaan poistamalla pinnalta humusmaakerros, jonka jälkeen maa leikataan suunniteltuun syvyyteen. Suunniteltu syvyys mitoitetaan ottamalla huomioon lopullisen painuneen rakenteen kerrospaksuus, jonka on oltava kantavuus- ja routamitoitukseen perustuneen rakennekerrospaksuuden mukainen. Leikkauspohjalle asennetaan suodatinkangas ja tämän päälle noin 0,3...0,6 m paksu hiekasta tai sorasta tehty ojituskerros, jonka materiaalien tulee olla läpäistävissä pystyojituskalustolla ja joka toimii samalla asennuskoneen alustana. /70/ Usein pystyojitusalueella on aikaisempia täyttöjä, joiden läpäiseminen pelkän suojaputken avulla saattaa olla mahdotonta. Pystyojituskoneissa onkin usein myös apupaalu, jolla aikaisempi täyttö voidaan läpäistä. /115/ Pystyojat asennetaan painamalla ne hydraulisesti suojaputken sisässä maahan, jonka tunkeutuminen putkeen estetään tavallisesti ankkurilevyn tai ankkuritangon avulla. Ankkurin päätarkoituksena on kuitenkin kiinnittää pystyojanauha haluttuun syvyyteen. Kuvassa 34 esitetään nauhapystyojien asentaminen ja ankkurilevyn toiminta. /70/ Asennettu nauha katkaistaan noin 0,2 m työskentelytason yläpuolelta. Nauhan pään tulee ulottua ojituskerrokseen, jonka päälle rakennetaan painuma-aikainen penger kitkamaasta, murskeesta tai pienlouheesta. Penger kannattaa tapauskohtaisesti ja painumien suuruuden perusteella jo tässä

vaiheessa rakentaa lopullisen rakenteen vaatimusten mukaiseksi. Painuma-ajan loputtua ylipenger puretaan ja loput rakennekerrokset tehdään valmiiksi suunnitelmien mukaan. /70/



Kuva 34 Pystyojien asentaminen ja ankkurin toiminta /70/

Pystyojituksen maasto- ja laboratoriotutkimukset

Maasto- ja laboratoriotutkimuksilla pyritään selvittämään seuraavia pystyojakentän suunnittelussa tarvittavia lähtötietoja, joiden avulla arvioidaan maan painumisen suuruus ja ajallinen kehitys sekä määritetään tarvittava ylipenkereen korkeus ja alueen vakavuus. /71/ Selvitettäviä asioita ovat esimerkiksi /70/

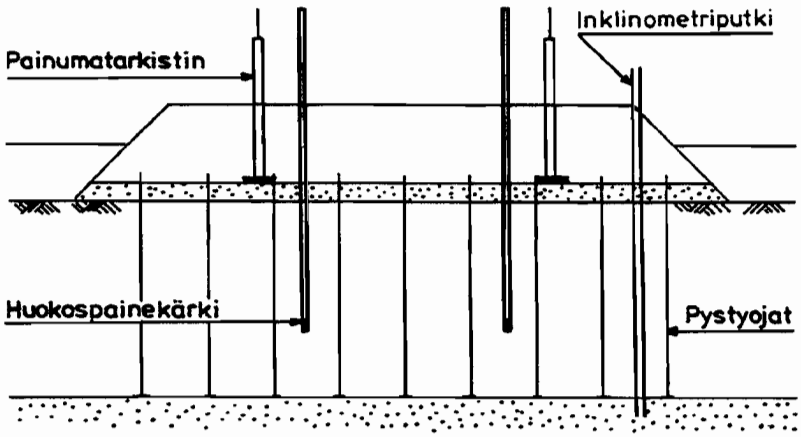
- maan kerrosrakenne ja maakerrosten paksuus
- pohjavedenpinnan taso ja vaihtelurajat
- huokosveden ylipaineen purkautumisreitit kokoonpuristuvista kerroksista ja huokosylipaineen purkureunat
- kokoonpuristuvien maakerrosten jännityshistoria (esikuormistus ja ylikonsolidoitumisaste)
- kokoonpuristuvien maakerrosten lujuus- ja painumaparametrit (suljettu leikkauslujuus, primaarisen sekä sekundaarisen konsolidaation parametrit)
- kokoonpuristuvien maakerrosten konsolidaatio- ja vedenläpäisevyysominaisuudet sekä pysty- että vaakasuunnassa
- häiriintymisen vaikutus konsolidaatio- ja vedenläpäisevyysominaisuuksiin sekä leikkauslujuuteen.

Tavallisimmat tutkimukset lähtötietojen selvittämiseksi ovat paino-, siipi-, mäntä- ja CPTu-kairaukset, minkä lisäksi laboratorio tai in situ-kokeilla määritetään tavallisesti maan indeksiominaisuudet kuten tilavuuspaino, vesipitoisuus, rakeisuus ja juoksuraja. Näiden lisäksi ödometrikokeilla määritetään vedenläpäisevyys- ja konsolidaatiokertoimet sekä kokoonpuristustuvuusparametrit niin pysty- kuin vaakasuunnassakin. /115/,/70/

Pystyojituksen laadunvarmistus- ja tarkkailumittaukset
Pystyojitushankkeen laadunvarmistus koskee ensisijaisesti pystyojien materiaalien ja asennustyön laadunvarmistusta. Laadunvalvonta sisältää ojanauhatoimitusten, varastoinnin sekä nauhanäytteiden ottamisen ja laadun tasaisuuden tarkkailun. Työn osalta tarkastetaan, että pystyojituskone ja suojaputki täyttävät niille asetetut vaatimukset. Urakoitsijan tulee lisäksi varmistaa ankkurilevyn soveltuvuus rakennuttajalla.

Työn aikana huomiota kiinnitetään ojanauhan ehjänä pysymiseen, maapohjan tarpeettoman häiriintymisen välttämiseen ja pystyojien sijainnin ja syvyyden suunnitelman mukaiseen toteuttamiseen./70/

Tarkkailumittausten ensisijainen tarkoitus on selvittää kulloinenkin konsolidaatioaste sekä maapohjan todellinen käyttäytyminen. Konsolidaatioasteella tarkoitetaan sen hetkisten mitattujen painumien suhdetta kokonaispainumaan. Tavallisimmat seurantamittaukset koostuvat poikkileikkauksen vaaituksista, painumamittauksista ja huokospainemittauksista. Lisäksi, jos luiskat joudutaan mitoittamaan alle F=1,5 varmuusluvulla, mitataan myös sivusiirtymiä pengerluiskan alla inklinometrillä. /115/,/70/ Kuvassa 35 esitetään tyypillinen tarkkailumittauslaitteisto.



Kuva 35 Pystyojituskohteen tarkkailumittalaitteisto /70/

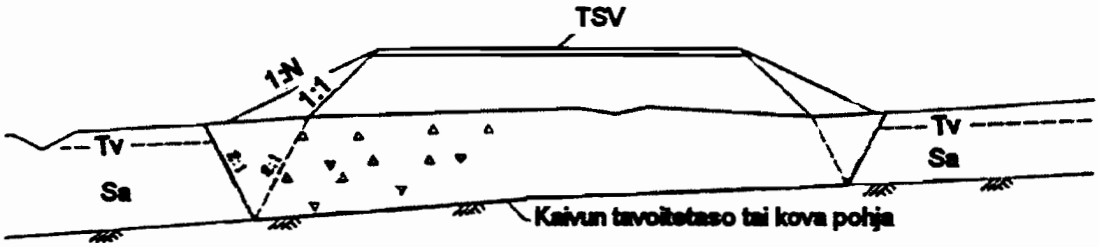
Vaaituksilla selvitetään penkereen korkeus ja muoto esikuormitusaikana. Poikkileikkausvaaitus tehdään kerran sekä pengerrysvaiheen lopussa että painuma-ajan lopussa. Painumatarkistimilla seurataan painuman ajallista kehittymistä ja yleensä nämä ovat maahan upotettuja painumalevyjä. Huokospainemittausten tarkoituksena on selvittää huokospaineen kehittymistä ajan mukana pohjamaassa. Mittauskärjet asennetaan pystyojien väliin eri syvyyksille laskentapoikkileikkauksiin painumalevyjen läheisyyteen. Huokospainemittaukset palvelevat etenkin ylipenkereen poistoajankohtaa ja maan konsolidaatioastetta arvioitaessa. /115/,/70/

4.12.2 Massanvaihto

Massanvaihdon periaate
Massanvaihto on kauan tunnettu ja paljon käytetty esirakentamismenetelmä, jossa huonosti kantavat ja painumaa aiheuttavat tai saastuneet maakerrokset poistetaan ja korvataan kantavalla materiaalilla. Massanvaihto voidaan toteuttaa osittaisena massanvaihtona tai massanvaihdolla kovaan pohjaan saakka. Edellisessä varaudutaan siihen, että massanvaihdon alapuoliset kerrokset painuvat, kun taas jälkimmäisessä painumat eivät yleensä muodostu merkitseväksi tekijäksi. /71/

Massanvaihto toteutetaan joko kaivamalla tai pengertämällä. Kaivamalla tehdyn massanvaihdon täyttö tehdään yleensä päätypenkereenä luonnollisen maanpinnan tasoon. Menetelmän soveltuvuus rajoittuu etupäässä mataliin pehmeikköihin (3...5 m). Kun pehmeikön syvyys on niin suuri, että massanvaihto kaivamalla ei onnistu, tehdään voidaan massanvaihto tehdä pengertämällä, jolloin pehmeikön syvyydet vaihtelevat 5...10 m:iin, joskin 20 m syvyisiä pohjaantäyttöjä on tehty. Pohjaantäytössä pintakerros poistetaan ja päätypenkereenä ajettava täyttö syrjäyttää ja puristaa pehmeät maakerrokset penkereen sivuille ja eteen, josta massoja kaivetaan pois työn edistyessä. Pengerrystyön onnistumisen edellytyksenä on, että maapohjaa kuormitetaan vähintään murtotilakuormalla. /66/

Pikku Huopalahden massanvaihdot on tehty kaivamalla, jonka vuoksi pengertämällä tehtävää massanvaihdon tekniikkaa ja suunnittelua ei tässä työssä tarkemmin käsitellä. Tässä työssä massanvaihdolla tarkoitetaankin nimenomaan kaivamalla tehtyä massanvaihtoa, jonka massanvaihdon periaate esitetään kuvassa 36.



Kuva 36 Massanvaihdon periaate /66/

Massanvaihdon suunnittelu

Massanvaihdon suunnitteluun vaikuttavat lähinnä kaivannon pysyvyys sekä vakavuus- ja painumakysymykset, ellei kaivua uloteta kovaan pohjaan saakka. Massanvaihtokaivannon leveys määräytyy penkereen leveyden ja maaperän sensitiivisyyden ja leikkauslujuuden mukaan. Kaivannon leveys mitoitetaan niin suureksi, että penkereen ja luiskien haitallinen painuminen estetään sekä luiskien riittävä stabiliteetti saavutetaan. Sivukaltevalla pohjalla kaivannon mitoitus tarkistetaan vakavuuslaskelmin. Kaivutasoksi määritetään kova pohjan maalajirajan tai saven lujuusominaisuuksien perusteella. Lopullinen kaivutaso määräytyy vasta työnaikaisten havaintojen perusteella. /66/

Massanvaihdon soveltuvuus esirakentamismenetelmäksi riippuu paljolti pehmeikön syvyydestä ja työmaan massatilanteesta. Rakennusmassojen saatavuus ja niiden suhteellisen lyhyt kuljetusmatka ovat edellytyksiä menetelmän taloudellisuudelle. Kokonaistilannetilannetta parantaa entisestään se, jos ylöskaivetut massat voidaan hyödyntää muuhun rakentamiseen esim. ja sijoittamalla ne stabiloinnin jälkeen piha- tai puistoalueiden maaluiskiin ja melupenkereisiin. /93/

Massanvaihdon rakentaminen

Käytettävän kaivumenetelmän ratkaisevat yleensä pohjasuhteet. Kaivu voidaan tehdä joko luonnonmaan päältä penkereen edestä tai täyttöpenkereen päältä. Hieman syvemmissä kohteissa voidaan kaivu myös tehdä kahdessa vaiheessa. Massanvaihdon alku- ja loppupäät pyritään tekemään loivasti kiilaten tai rajoittamalla ne kantavaan maahan, jolloin painumaerot jäävät pienemmiksi ja varsinaista siirtymärakennetta ei tarvita lainkaan. /66/

Paras täyttömateriaali massanvaihdossa on louhe, joskin soraa, moreenia tai hiekkaa voidaan käyttää. Kantavan pohjamaan ollessa kaltevaa on paras täyttömateriaali pohjalla louhe. Louhepenkereen etuna on se, että varmuus sortumaa vastaan on suurempi. Mikäli massanvaihdon alueella kuitenkin tullaan paaluttamaan rakenteita, on suositeltavaa käyttää täyttömateriaalina paaluilla läpäistävää hiekkaa, mursketta tai pienikivistä soraa. /66/

Massanvaihdon täyttö ajetaan päätypengerryksenä yleensä luonnollisen maanpinnan tasossa siten, että kiilamainen penger auraa kaivannon pohjalle jääneen koheesiomaan sivuille. Yläpuolinen penger voidaan rakentaa kerroksittain tarvittaessa täryjyrällä tiivistäen. Korkeita massanvaihtoja ei kuitenkaan yleensä tiivistetä, vaan penkereen annetaan tiivistyä omasta ja penkereen päällä liikkuvien koneiden sekä maansiirtoautojen vaikutuksesta. Varsinainen kaivutyö suoritetaan yleensä hydraulisella kuokkakauhalla varustetulla kaivinkoneella. Massojen siirtoon yleisillä teillä käytetään yleensä kuorma-autoja, suljetuilla työalueilla voidaan käyttää edullisempia dumppereita. Massojen levitykseen käytetään yleensä telapuskukonetta ja tiivistykseen hydraulisia täryjyriä. /66/

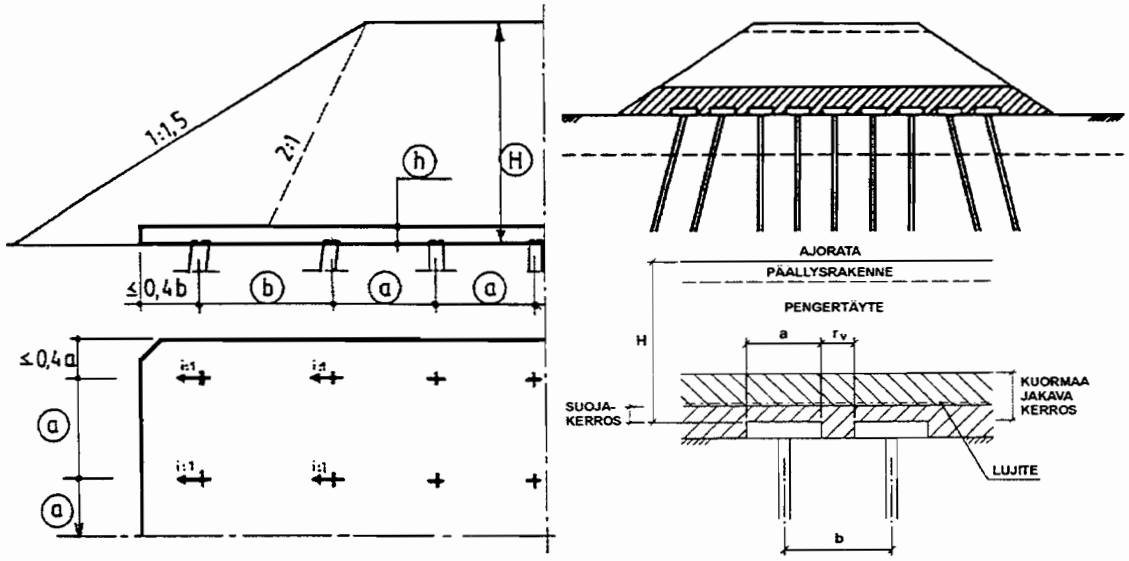
Massanvaihdon laadunvarmistus- ja tarkkailumittaukset
Massanvaihdon onnistumisen tarkkailussa tärkeimpänä menetelmänä on yleensä käytettyjen massojen tarkkaileminen ns. massamenekkikäyrän avulla. Toteutunutta menekkiä mitataan esim. laskemalla ajoneuvokuormista tai seuraamalla leikkausmassojen määrää. Toteutunutta menekkiä verrataan arvioituun määrään. Erot menekeissä paljastavat usein ongelmat esim. massojen tunkeutumisen tavoitetasoa syvemmälle tai massojen liukumisen sivulle sivukaltevassa maastossa. /66/

Massanvaihtopenkereen painumia voidaan seurata painumatarkistimien, poikkileikkausvaaitusten tai painumaletkujen avulla. Massanvaihdoille varatut painuma-ajat perustuvat kokemusperäisiin arvioihin ja lopulliset ajat selviävät vasta työnaikaisten mittausten perusteella. Tavallisesti nämä ovat olleet noin 6...18 kk. /66/ Kovaan pohjaan tehdyn massanvaihdon painumat ovat rakentamisen aikaisia ja siten merkityksettömiä.

4.12.3 Pengerpaalutus

Pengerpaalutuksen periaate
Paaluperustusrakenteissa tulee ensisijaisesti selvittää tukipaalujen käyttömahdollisuus teknillisesti ja taloudellisesti. Koska Pikku-Huopalahdessa kaikki paalutukset on tehty tukipaaluina, ei tässä työssä esitellä muiden mahdollisten paalutyyppien ominaisuuksia. Pikku-Huopalahden pengerpaalutusten suunnittelussa käytetty ohje oli vuodelta 1990-1992 ja se poikkeaa osin tässä kappaleessa esitettävästä nykyisestä käytännöstä. Tukipaalutuksessa rakenteista syntyvät kuormat ohjautuvat paalujen välityksellä kallioon tai tiivisrakenteiseen pohjakerrostumaan. /62/ Esirakentamismenetelmänä paalutus rajoittuu kohteisiin, jossa vaaditaan painumatonta rakennuspohjaa. /71/ Paalutusta voidaan käyttää myös kohteissa, joissa muiden esirakentamismenetelmien käyttö on estynyt esim. maan lohkareisuuden vuoksi.
Pengerpaalutus voidaan toteuttaa joko paalulaatta- tai paaluhatturakenteella. Paalulaattarakenne on yhtenäinen paaluille perustettu teräsbetoninen laatta, jonka päälle lopullinen penger rakennetaan. Rakenne koostuu laatasta, paaluista sekä laatan päälle tulevasta suojakerroksesta ja täyttöpenkereestä. /106/

Paaluhatturakenne taas on erillisten paaluille perustettujen paaluhattujen muodostama rakenne. Lisäksi rakenne koostuu paaluhattujen päälle ja väliin rakennettavasta kuormaa jakavasta kerroksesta, jonka alaosa toimii paaluhattujen suojakerroksena. /106/ Kuvassa 37 esitetty paalulaatan ja paaluhatturakenteen periaateleikkaukset.



Kuva 37 Paalulaatan ja paaluhatturakenteiden periaatekuvat /106/

Pengerpaalutuksen suunnittelu ja rakentaminen

Paaluhattu- ja paalulaattarakenteen mitoituksessa tulee ottaa huomioon kaikki rakenteeseen vaikuttavat kuormat ja kuormien yhdistelyt. Pengerpaalutuksen suunnittelussa tarvittavia tietoja ovat /106/

- penkereen korkeus ja leveys sekä pengerluiskien kaltevuudet
- maanpinnan korkeusasema
- pohjatutkimuksista arvioidut paalujen tunkeutumistasot
- pengerpaalutukseen liittyvien siltojen maatukien, rumpujen, putkijohtojen yms. rakenteiden sijainti, korkeusasema ja koko sekä niiden mahdolliset aikaisemmat pohjanvahvistussuunnitelmat
- paalutettavaan alueeseen liittyvät muut pohjanvahvistukset.

Paalutettavan alueen maapohjan vakavuus on selvitettävä geoteknisen suunnittelun yhteydessä. Vakavuus alueellista sortumaa vastaan on paalualueella oltava vähintään 1,8, ellei erillisen selvityksen perusteella ole muuta määrätty. Paalujen lyönnistä aiheutuva maan syrjäytyminen lisää kokonaisjännitystilaa ja aiheuttaa näin huokosylipainetta paalun ympäristössä, mikä on erityisesti otettava huomioon vakavuustarkasteluissa. /106/

Paalulaattarakenteessa minimipengerkorkeus on 1,5 m, johon kuuluvat suojakerros, pengertäyte ja päällysrakennekerrokset. Suojakerros tehdään sorasta tai murskeesta ja sen paksuus on vähintään 300 mm. Paaluhatturakenteella pengerkorkeus on vähintään kolminkertainen hattujen rakoväliin r_v (kuva37) nähden, kuitenkin vähintään 1,5 m. Penger koostuu kuormaa jakavasta kerroksesta, pengertäytteestä ja päällysrakennekerroksista. Kuormaa jakavan kerroksen alaosaa kutsutaan suojakerrokseksi. Kuormaa jakavan kerroksen paksuus on vähintään kaksi kertaa rakoväli, minimis-

sään se on kuitenkin 1,0 m. Paaluhattujen päälle ja väliin sijoitettavan suojakerroksen paksuus on vähintään 300 mm. /106/

Pengermateriaalina paaluhatturakenteissa tulisi kuormaa jakavan kerroksen yläpuolella käyttää karkearakeisia maalajeja, kuten louhetta, mursketta, soraa, hiekkaa, sora- tai hiekkamoreenia. Paalulaatan kanssa voidaan käyttää myös hienorakeisia maalajeja. Alle 3,5 m pengerkorkeuksilla on paaluhatturakenteisiin sijoitettava geovahviste, kuten lujitekangas tai –verkko, joka suojakerroksen yläosassa estää kuormaa jakavan kerroksen yläosan valumisen mahdollisesta maapohjan painumasta syntyvään paaluhattujen väliseen rakoon. Vahviste mitoitetaan siten, että maksimipainuma rakovälin keskellä on alle 100 mm. /106/

Paalulaatan ja paaluhattujen korkeustasot määritetään siten, ettei maapohja paaluhattujen tai –laatan alla pääse routimaan. Mitoitussyvyys saadaan kerran 20 vuodessa toistuvan pakkasmäärän mukaan. Mitoitussyvyys määritellään syvyytenä maanpinnasta leikkauspohjaan. /71/,/106/

Paalutus suoritetaan siihen suunnitellulla kalustolla siinä järjestyksessä, joka on paalutuskoneen liikkeiden kannalta tarkoituksenmukainen. Paalutuskoneen tulee olla rakenteeltaan ja varusteiltaan sellainen, että sillä voidaan lyödä paalu suunniteltuun paikkaan ja kantavuuteen sekä kantavuuden kannalta riittävään syvyyteen ja tiukkuuteen. /71/

Pengerpaalutuksen laadunvarmistus- ja tarkkailumittaukset
Paalujen tarkastustoimenpiteet on suunniteltava ja suoritettava olosuhteet, paalujen toimintatapa ja laatu sekä sallittu kantavuus huomioon ottaen siten, että niiden avulla voidaan todeta paalujen ehjänä säilyminen, sijainti, kaltevuus ja kärjen taso suunnitelmiin verrattuna. Lisäksi paalutustyöstä on pidettävä paalutuspöytäkirjaa, johon merkitään tiedot paaluista, käytetystä kalustosta, sekä pudotustyön suorituksesta ja havaituista poikkeamista. /62/

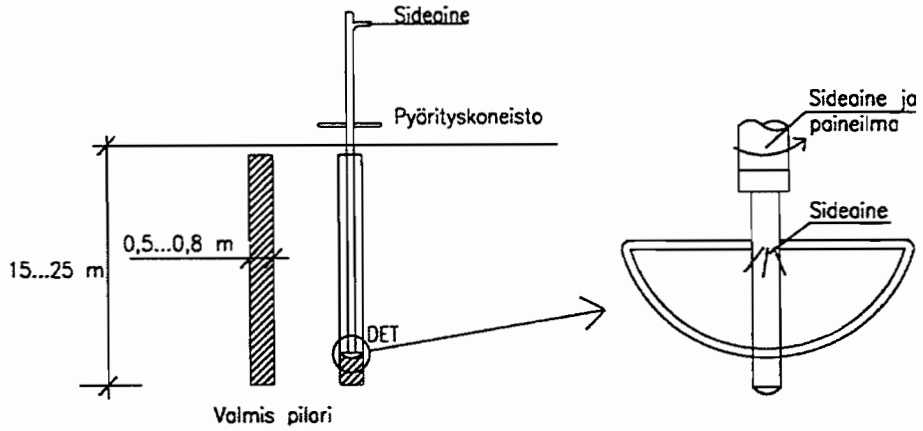
Paalujen lopullista kantavuutta ja eheyttä voidaan testata mm. dynaamisella koekuormituksella ja tarkastuslyönneillä. Eheyttä voidaan tutkia myös luotaamalla terästangolla, inklinometrimittauksella sekä PDA-laitteistolla. Paalujen nousua voidaan mitata esim. takymetrillä tai vaaituskoneella. /62/

4.12.4 Pilaristabilointi

Periaate
Pilari- eli syvästabilointi on pehmeiden maakerrosten pohjanvahvistusmenetelmä, jossa maahan sekoitetaan sideainetta, joka lujittuu maassa olevan tai sideaineeseen valmiiksi sekoitetun veden vaikutuksesta. Pilaristabiloinnin tuloksena saadaan lujittuneita pilareita tai blokkeja, joilla on suurempi leikkauslujuus ja pienempi kokoonpuristuvuus kuin alkuperäisellä lujittamattomalla maalla. /11/ Pilaristabilointia käytetäänkin pääasiassa painumien vähentämiseen ja penkereiden vakavuuden parantamiseen. /73/ Sideaineena käytettiin aikaisemmin yksinomaan kalkkia, mutta nykyisin käytetään pääasiassa sementtiä ja kalkkisementtiä. Myös teollisuuden sivutuotteita mm. masuunikuonaa ja lentotuhkaa on alettu 1990-luvulla lisäämään stabilointiaineisiin. /73/

Pilaristabilointi jaetaan sideaineen syöttötavan mukaan kahteen eri menetelmään. Kuivamenetelmässä sideaine syötetään ilmanpaineen avulla maahan ja lujittumiseen tarvittava vesi saadaan ympäröivästä maasta. Märkämenetelmässä sideaine ja vesi

sekoitetaan ennen maahan syöttöä. Suomessa vallitseva menetelmä on kuivamenetelmä, joskin märkämenetelmääkin on Suomessa kokeiltu esim. Arabianrannassa. /75/ Stabilointipilarien valmistaminen ja sideaineen syöttö esitetään kuvassa 38. Pilarien halkaisijat olivat aiemmin 500 mm, joka on sama mitä Pikku-Huopalahdessakin on pääasiassa käytetty. Taloudellisista syistä nykyään ovat yleistyneet 600...800 mm pilarit, samalla pilarien käytännöllinen maksimipituus on kasvanut yli 20 metriin. /103/



Kuva 38 Sideaineen syöttö, pilarien valmistus, sekä nykyisin käytössä olevia pilarien mittoja /71/

Pilaristabiloinnin suunnittelu

Pilaristabiloinnin suunnittelussa keskeisimpiä mitoitustekijöitä ovat yksittäisen pilarin kantavuus, pilarivälin laskenta, pilaristabiloidun alueen painuma sekä stabiloidun maapohjan stabiliteetti. Stabiloitua maata pidetään yhdistelmärakenteena, missä pohjamaan ja pilarien oletetaan käyttäytyvän yhteistoiminnassa. Mallinnuksessa käytetään pilarien ja maan keskimääräisiä parametreja. /73/

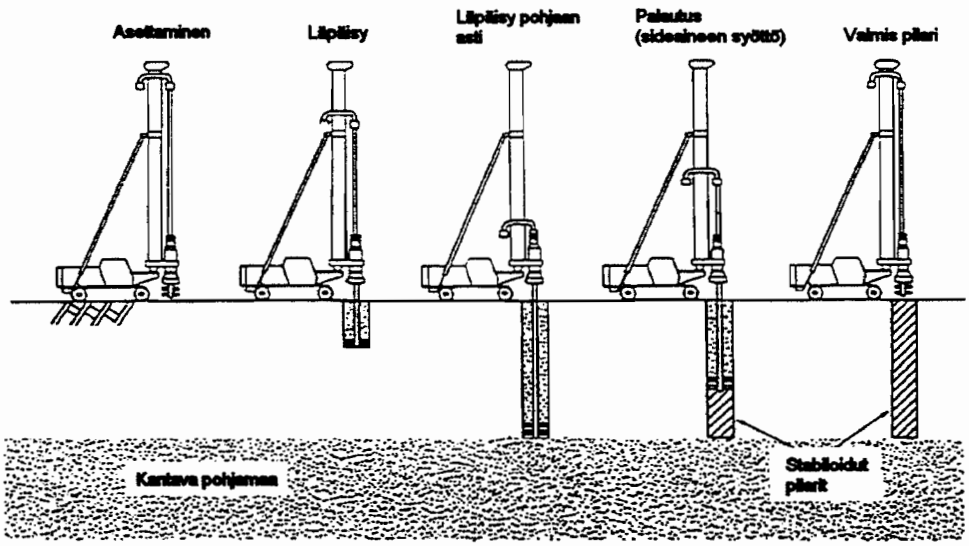
Stabiloidun rakenteen varmuusluvun sortumaa vastaan tulee olla vähintään 1,5 ja 1,8 siellä, missä stabiloitu rakenne rajautuu siltaan, tukimuuriin tms. rakenteeseen, johon ei saa aiheutua kuormituksia maamassojen liikkeestä. Stabiloidun alueen vakavuus tarkastetaan ympyränmuotoisilla liukupinnoilla ottamalla huomioon leikkauslujuuden kasvu vain liukupinnan aktiivipuolella. /49/

Pilarien mitoituksessa erotetaan kaksi perustapausta. /49/ Kimmoisalla pilarilla kuormitus pidetään myötörajan alapuolella, jolloin pilari kantaa suurimman osan kuormasta ja rakenne on käytännössä painumaton. Myötäävän pilarin kuormituksen sallitaan nousevan myötörajaan, jonka jälkeen kuormituksen oletetaan siirtyvän maan kannettavaksi ja pilarikuorman pysyvän myötökuorman suuruisena. Tällöin rakenne painuu ja pilarien pystyojamainen vaikutus nopeuttaa painumaa. Painumamitoitus kimmoisille ja myötääville pilareille perustuu vahvistamattoman maapohjan ja pilareiden yhtä suureen painumaan. Tällöin osa kuormasta tulee pilareille ja osa maapohjalle. Pilaristabiloinnilla ei päästä eikä pyritäkään täysin painumattomiin rakenteisiin, mikä täytyy ottaa huomioon menetelmää käytettäessä. Esimerkiksi rakennusten perustamista yksinään pilaristabiloinnille on pidetty liian epävarmana menetelmänä. Sen sijaan rakenteissa, joissa pienet painumat ovat sallittuja, menetelmä on käyttökelpoinen. Tällaisia ovat Suomen oloissa etenkin putkijohtolinjat, piha-alueet, maapenkereet sekä

kaivannot ja luiskat. Näitä harvinaisempia käyttökohteita pilaristabiloinnille ovat siirtymärakenteet, maan nesteytymisen estäminen, vedenpitävien seinien rakentaminen sekä vedenalainen stabilointi. /75/

Pilaristabiloinnin rakentaminen

Ennen pilaristabilointia pohjamaan oletetaan olevan luonnontilassa. Savesta koostuvan maan rakenne on kerroksellinen ja ylinnä on kuivakuorikerros, jonka alapuolella on lujuudeltaan erilaisia savikerroksia. Kuivakuoren päällä saattaa esiintyä humusta, joka poistetaan pintamaan poiston yhteydessä ennen stabilointia. Pintamaan poiston jälkeen suoritetaan syvästabilointi, jonka rakentamisen vaiheet esitetään kuvassa 39. Sekoituskärki sijoitetaan paikalleen ja oikeaan kulmaan, jonka jälkeen pyörivä sekoituskärki painetaan maahan haluttuun syvyyteen tai kovaan pohjaan saakka. Kärjen pyörimissuuntaa vaihdetaan ja aloitetaan kärjen nosto sekä sideaineen syöttö. Sideaineen syöttö lopetetaan yleensä noin 0,5 m ennen maanpintaa kuivakuorikerrokseen. Stabilointityö häiritsee ympäröivää maapohjaa ja saattaa aiheuttaa sortumia, joten lujuudenkehityksen aikana kuormitusta tulisi alueella välttää. /73/,/75/



Kuva 39 Pilaristabiloinnin työvaiheet /112/

Pilaristabiloinnin maasto- ja laboratoriotutkimukset

Pilaristabiloinnin suunnittelua varten on tunnettava maapohjan geoteknisten maakerrosten ominaisuudet. Sideaineen valinnassa on tiedettävä saven vesi- ja humuspitoisuus. Pohjamaan lujuusominaisuudet on määritettävä pilarien alustavaa toimintatapaa valittaessa ja vakavuutta laskettaessa. Pohjamaan painumaominaisuudet puolestaan tarvitaan, jotta pohjamaan kanssa yhdessä toimivat pilarit voidaan mitoittaa. Laboratoriossa tehtävillä stabiloituvuuskokeilla varmistetaan suunnitellun kohteen maapohjan lujittuminen ja optimoidaan edullisin sideainevaihtoehto ja -pitoituus. Laajoissa kohteissa on syytä tehdä koestabilointeja maastossa. /73/ Pikku-Huopalahdessa koestabilointeja on tehty esim. Tilkantorin ja Tilkankadun alueella.

Suositeltavia pohjatutkimuksia em. asioiden selvittämiseksi ovat esim. siipi-, paino- ja puristin-heijarikairaukset sekä CPTu, joilla voidaan selvittää maan kerrospaksuudet ja lujuuden vaihtelut. Otetuista näytteistä määritetään maakerrosten ominaisuudet, ra-

kenne, stabiloituvuus ja painumaparametrit. Sen lisäksi usein mitataan pohjaveden pinnan vaihtelua pohjavesiputkilla. /71/

Pilaristabiloinnin laadunvarmistus- ja tarkkailumittaukset

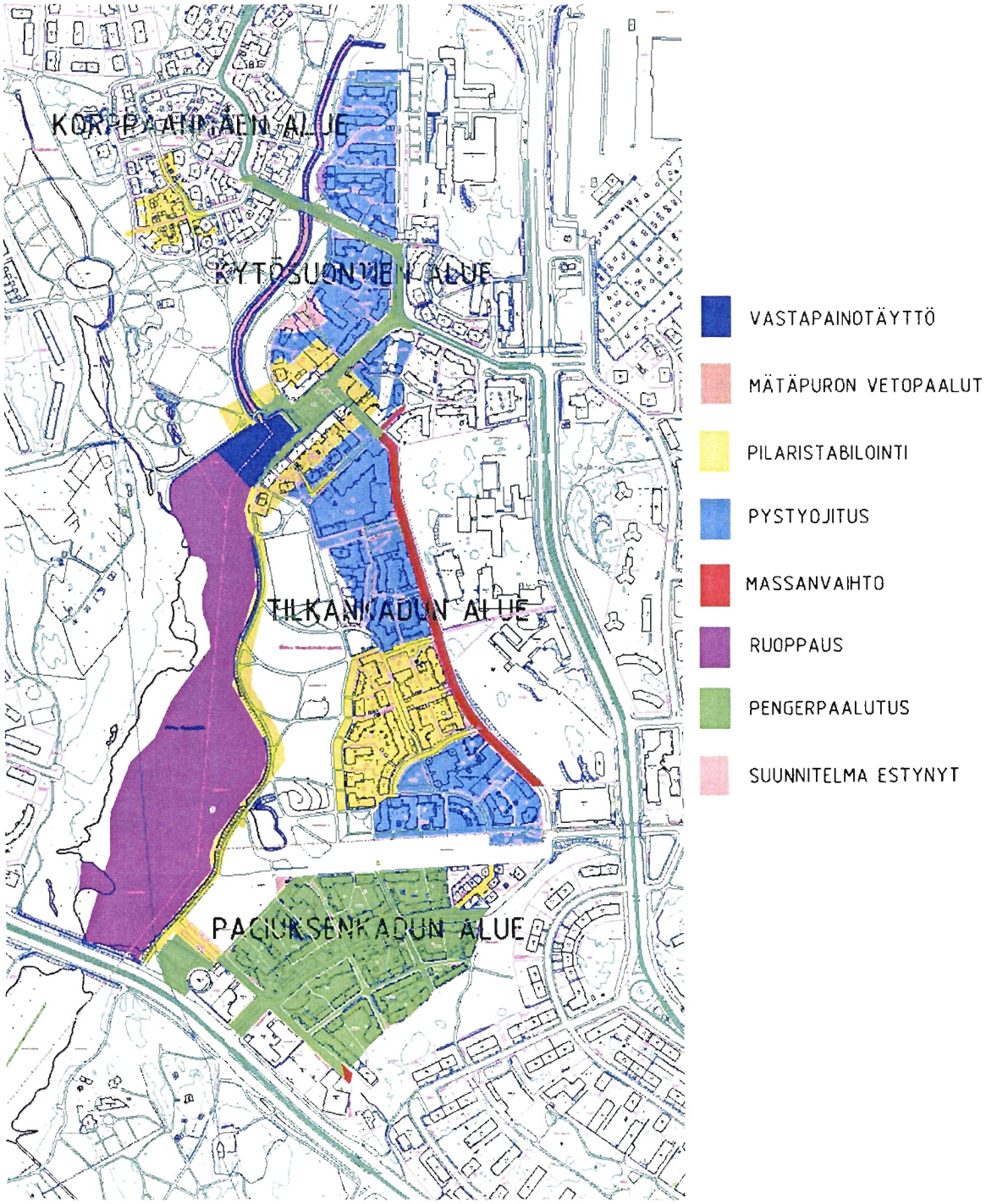
Laadunvarmistus jakautuu työnaikaiseen- ja työnlopputuloksen laadunvalvontaan. Työn aikana seurataan mm. sekoituskärjen nousu-, lasku- ja pyörimisnopeutta, syöttöpainetta, sideaineen syöttömäärää ja sideaineen laatua. Nämä seikat vaikuttavat pilareiden homogeenisuuteen ja sitä kautta suoraan pilareiden lujuuteen.

Työn lopputulos voidaan varmistaa pilari-, käännetyllä pilari-, puristin- tai pilarisiipikairalla sekä pieniläpimittaisilla tai kokopilarinäytteillä. Näiden lisäksi ovat viime aikoina tulleet käyttöön ainetta rikkomattomat tutkimusmenetelmät kuten seisminen luotaus, maanvastusmittaus ja maatutkamittaus. /75/ Vaativissa rakenteissa, joissa stabiloinnin päätarkoitus on stabiliteetin parantaminen, ovat sivusiirtymä- tai inklinometrimittaukset perusteltuja. /71/

5. PIKKU-HUOPALAHDEN ESIRAKENTAMINEN

5.1 Esirakentamisalueet ja esirakentamisen aikataulu

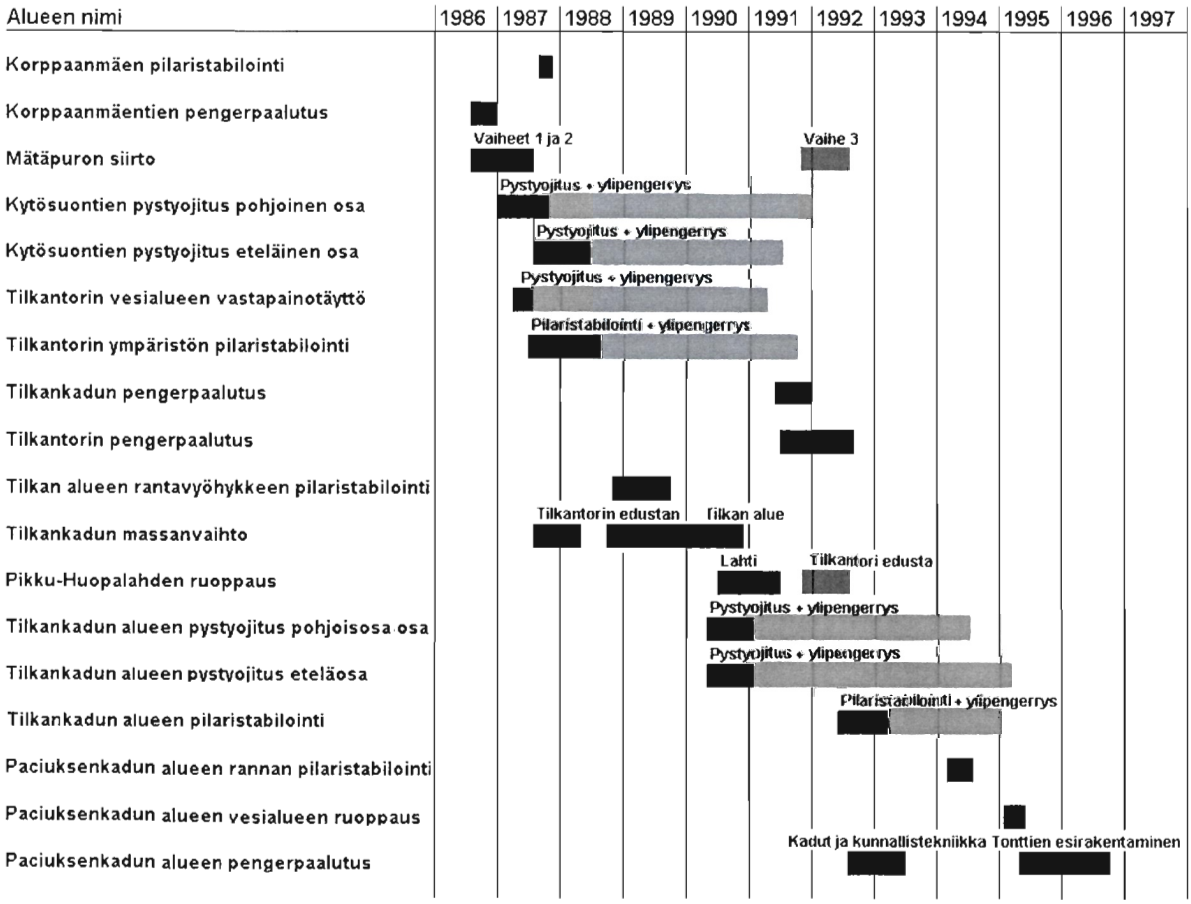
Pikku-Huopalahden esirakentamisen yhteydessä on käytetty useita eri menetelmiä alueiden erilaisten vaatimusten mukaisesti. Kuvaan 40 on koottu yhteenveto kaikista Pikku-Huopalahden esirakentamisalueista ja niillä käytetyistä menetelmistä. Kuvan oikeassa laidassa esitettyjä värikoodeja on käytetty myös muissa tämän kappaleen kuvissa.



Kuva 40 Pikku-Huopalahden esirakentamisalueet ja -menetelmät sekä kaava-alueiden nimet

Esirakentaminen aloitettiin vuonna 1986 pohjoisesta Korppaanmäen alueelta, josta se on edennyt etelään Paciuksenkadun alueelle päättyen vuoden 1996 aikana. Kaiken kaikkiaan rakentaminen kesti kauemmin kuin oli alun perin suunniteltu, mikä aiheutui osin 1990-luvun laman sattumisesta vuosikymmenen alkuun. Esirakentamisaikataulun ylipengerrysaikoja katsoessa tulee ottaa huomioon, että Pikku-Huopalahdessa rakentaminen ja esirakentaminen ovat edenneet esirakentamisalueilla osin päällekkäin. Tämä tarkoittaa sitä, että esirakentamisalueiden joillakin tonteilla esirakentaminen on vielä jatkunut ylipenkereen muodossa, kun samaan aikaan viereisillä tonteilla on jo rakennettu. Siten kuvassa 41 esitetyn aikataulun ylipengerrysaika ei siis vastaa keskimääräistä ylipengerrysaikaa vaan alueen se edustaa viimeisten tonttien rakentamisen aloittamishetkeä.

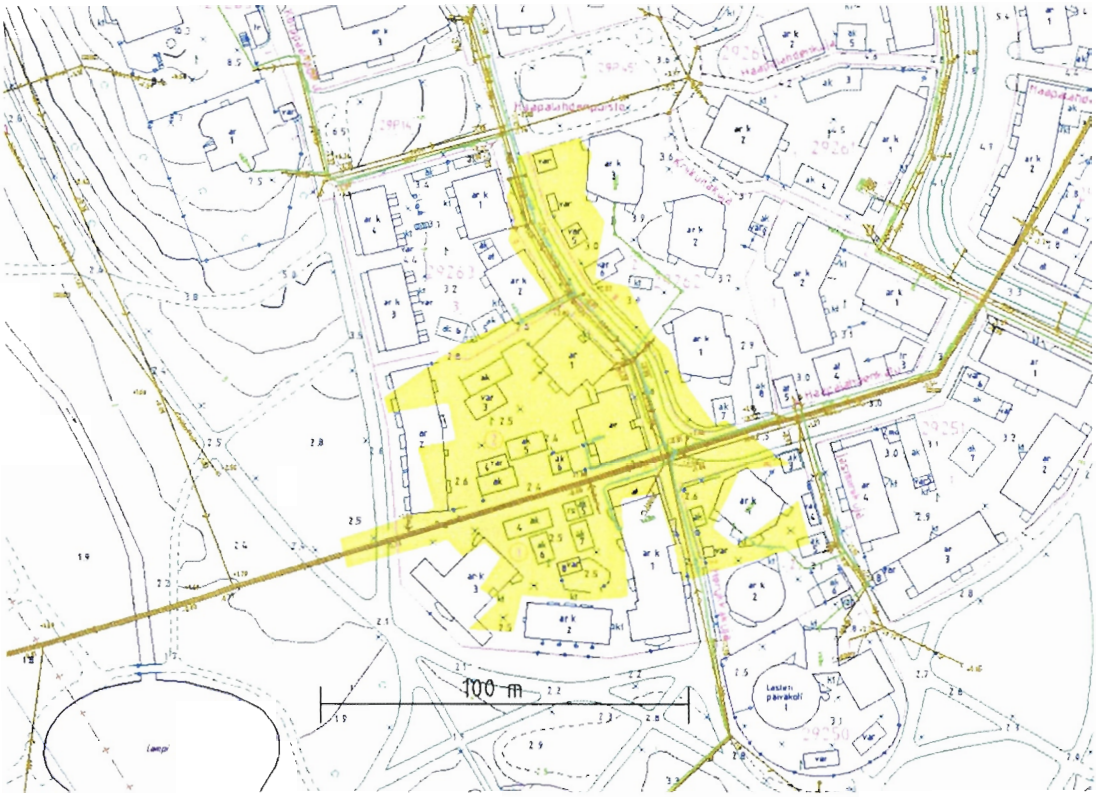
Pikku-Huopalahden esirakentamisen kokonaisaikataulu



Kuva 41 Pikku-Huopalahden esirakentamisen kokonaisaikataulu, jossa sininen osuus viivasta esittää varsinaista esirakentamisen työaikaa ja vihreä osuus viivasta ylipenkereen vaikutusaikaa.

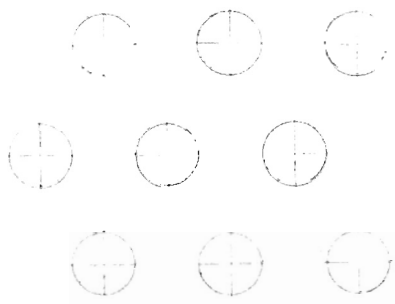
5.2 Korppaanmäen kaava-alue

Kuvassa 42 näkyy Korppaanmäen alueen esirakennettu osa. Pohjois- ja keskiosissa kallio ulottuu lähelle maan pintaa, joten niitä ei ole tarvinnut esirakentaa, kun taas alueen etelä- ja itäosat rajoittuvat Pikku-Huopalahden pehmeikköalueeseen. Päällimmäisenä maakerroksena on 5,0...7,0 m lohkareista täytemaata, jonka alla on pehmeää savea enimmillään 9,0 m. Alueen ongelmana ovat lähinnä painumat eikä niinkään vakavuus, koska alueelta on melko suuri etäisyys vesialueisiin. Pikku-Huopalahteen on etäisyyttä n. 280 m ja Mätäpuroonkin noin 100 metriä, lisäksi alueen korkeusasemaa on jouduttu nostamaan vain maltillisesti. Alueen esirakentamisen onnistumista on tarkkailtu kuuden painumalevyn ja yhden lammen rantaan sijoitetun sivusiirtymäputken avulla. /87/



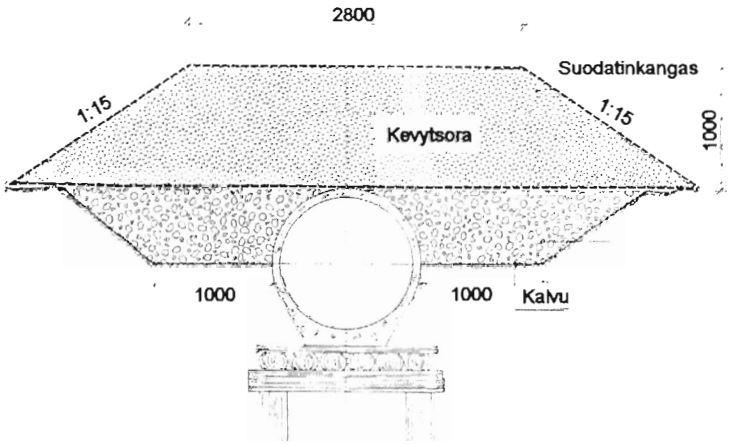
Kuva 42 Korppaanmäen kaava-alueen esirakennettu osuus korostettuna sekä putkijohtolinjat

Esirakentamismenetelmänä on käytetty pilaristabilointia, jossa sideaineena on käytetty poltettua kalkkia (CaO). Korttelialue on esirakennettu lukuun ottamatta rakennusaloja. Pilarointi suoritettiin kolmioruutuun käyttäen k/k=1,0 m tai 1,3 m pilarivälejä, pilarien halkaisijat ovat olleet 500 mm. Samantapaista sijoittelua on käytetty muuallakin Pikku-Huopalahdessa lukuun ottamatta Paciuksen rantavyöhykettä, jonka sijoittelu esitetään kappaleessa 5.8. Syvyyssuunnassa stabilointi on ulotettu 15 m:iin tai saven alapintaan ja pilarien yläpää on jätetty täytekerroksen alapintaan. Pilareiden sijoituskaavio esitetään kuvassa 43.



Kuva 43 Käytetty kalkkipilareiden sijoituskaavio Korppaanmäessä /39/

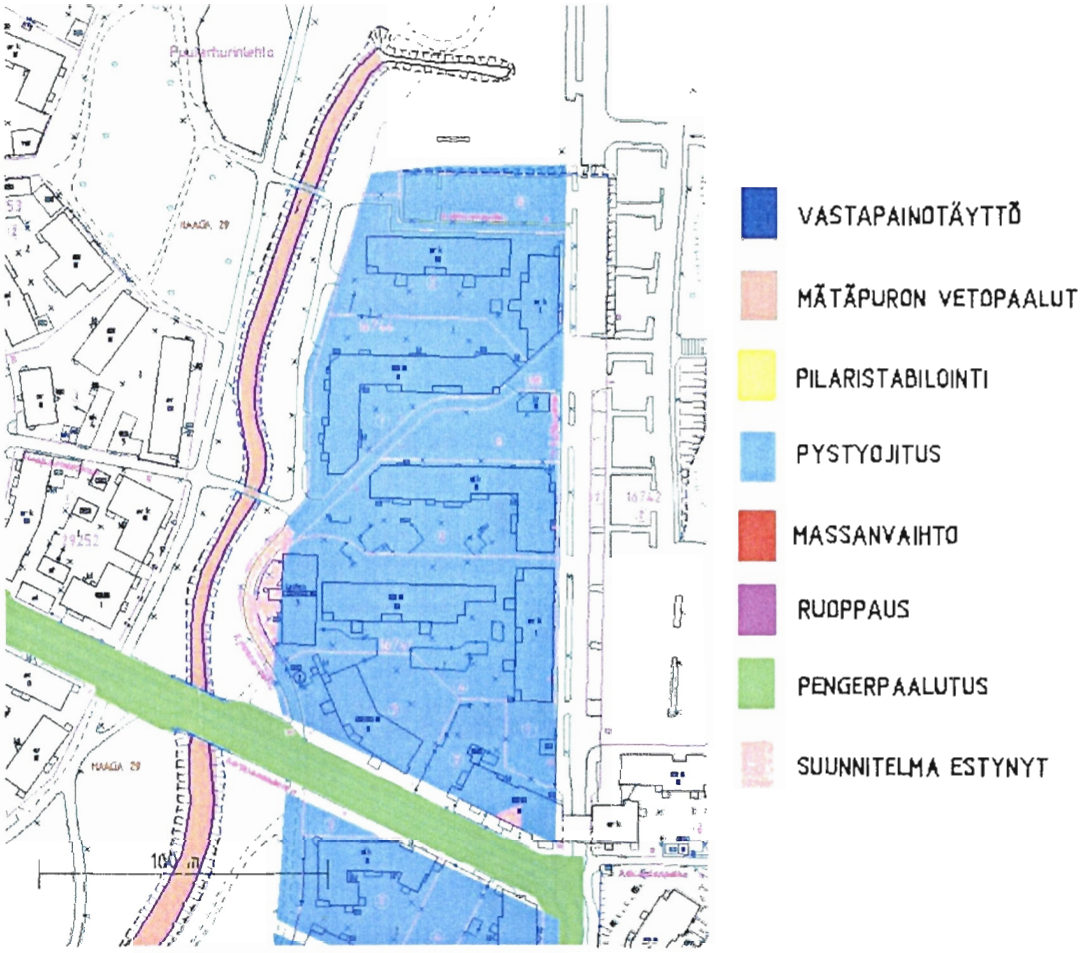
Alueen itä-länsi suunnassa halkaiseva 1100 mm jätevesiviemäri on rakennettu ennen muuta pilaristabilointia puupaaluille ja hirsiarinalle kuvan 44 mukaisesti. Putken päälle ja sivuille on rakennettu kevennys, joka toimii siirtymärakenteena paaluilta pilaristabiloinnille. /34/ Alueen muut putket on perustettu stabiloidulle maalle maanvaraisesti tasausarinan päälle. Alueen korkeusasema ennen rakentamista on ollut n. +1,5...2,0 m, josta sitä on nostettu +3,0...3,5 m:iin.



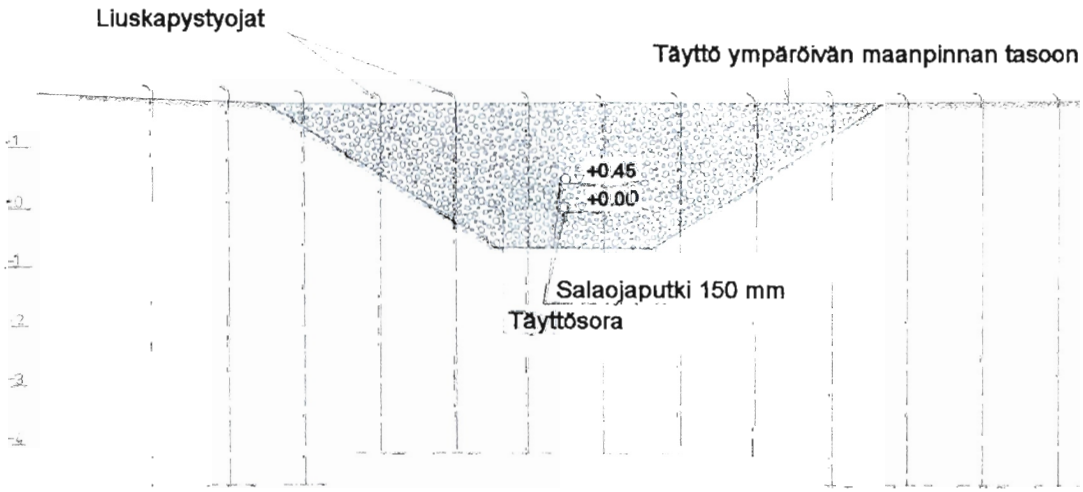
Kuva 44 Korppaanmäen alueen suuren jätevesiviemärin rakennekuva /40/

5.3 Kytösuontien kaava-alue

Kuvassa 45 on Kytösuontien kaava-alueen Korppaanmäentien pohjoispuolinen osa. Ilman esirakentamista alueen primaaripainuma lukuunottamatta aivan reuna-alueita olisi 0,5...2,5 m. Primaaripainuman lisäksi tapahtuu 50 vuoden aikana sekundaarista painumaa arviolta 0,1...0,5 m. Esirakentamismenetelmänä alueella on käytetty liuskapystyojitusta ja ylipengerrystä. Alueella on täytekerroksia, joiden paksuus vaihtelee 0...5 m. Täytteet vaikeuttivat pystyojituksen rakentamista ja alueen länsireunassa onkin alue, jota ei ole pystytty paksun täytteen vuoksi esirakentamaan ja se on kuvassa merkitty vaalennettuna. Alueen halkaissut Mätäpuro on ensin siirretty uudelle paikalleen alueen länsipuolelle ja Mätäpuron vanha uoma on täytetty soralla. Pystyojitus on rakennettu sen jälkeen uoman täytön päältä. Täyttö ja pystyojitus esitetään kuvassa 46.

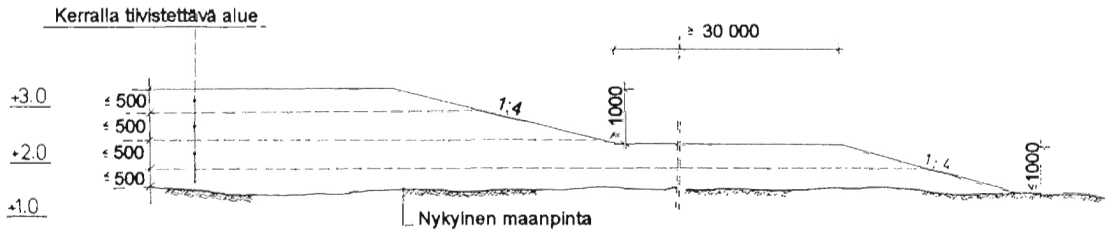


Kuva 45 Kytösuon alueen Korppaanmäen pohjoispuolinen osa, jossa vaalennettu alue on jätetty pystyojittamatta paksun täytön takia

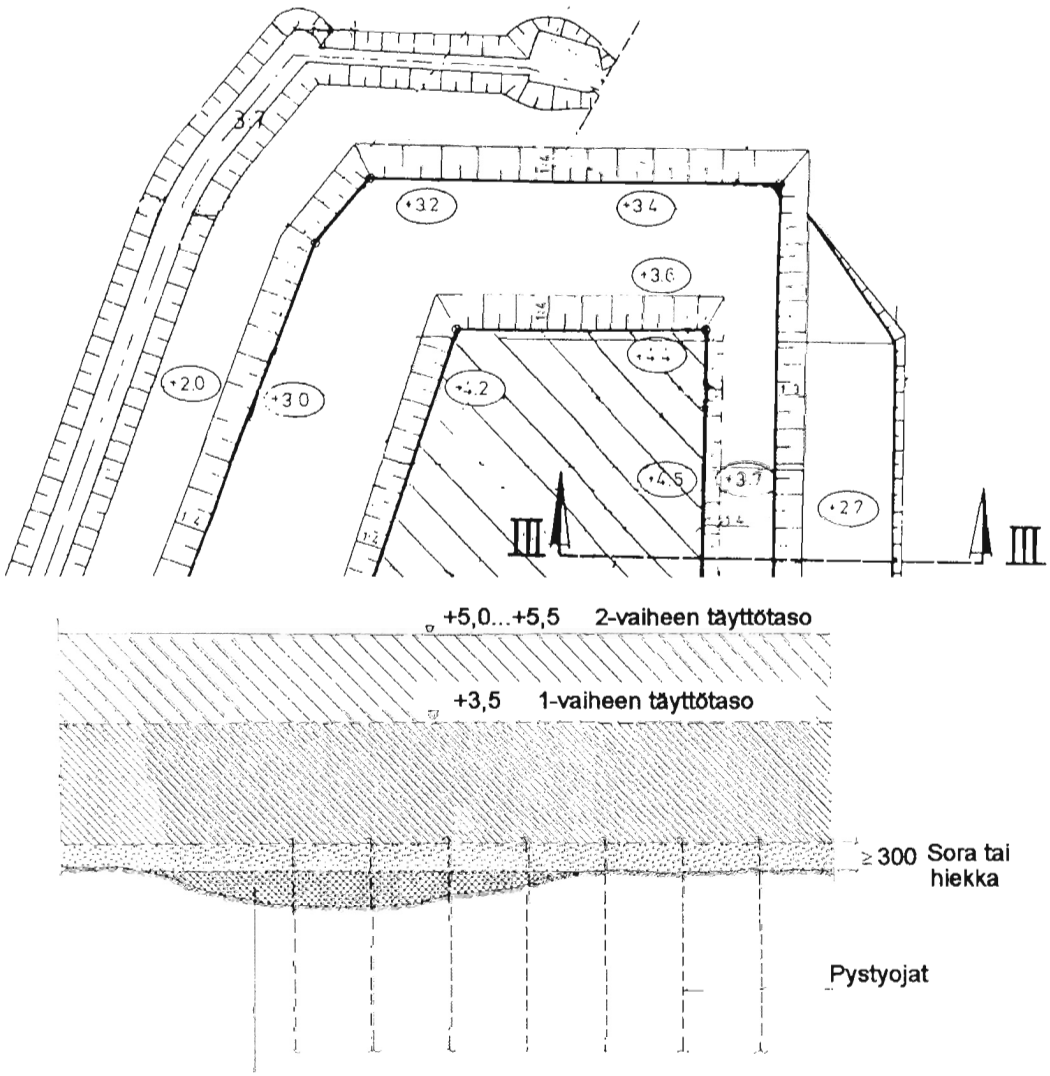


Kuva 46 Mätäpuron vanhan uoman täyttö /42/

Pystyojina on käytetty suodatinkankaalla päällystettyjä profiloituja muoviliuskoja, jotka on asennettu kolmiomaiseen verkkoon vanhan täytön tai rakennetun 300 mm paksun vettä johtavan kerroksen päältä. Alueelle on pystyojituksen jälkeen rakennettu painopenkereet suunniteltuihin tasoihin kahdessa vaiheessa yleistäytön jälkeen kuvien 47 ja 48 mukaisesti. Ensimmäisessä vaiheessa huokosveden annettiin purkautua riittävästi, jonka jälkeen voitiin rakentaa toisen vaiheen pengerrys. Rakentaminen tapahtui puolen metrin kerroksissa. Ylipenkere rakennettiin hiekasta, sorasta tai louheesta. Pystyojituksen toiminnan valvomista varten alueelle asennettiin painumalevyjä, haitariletkuja ja huokospainekärkiä.

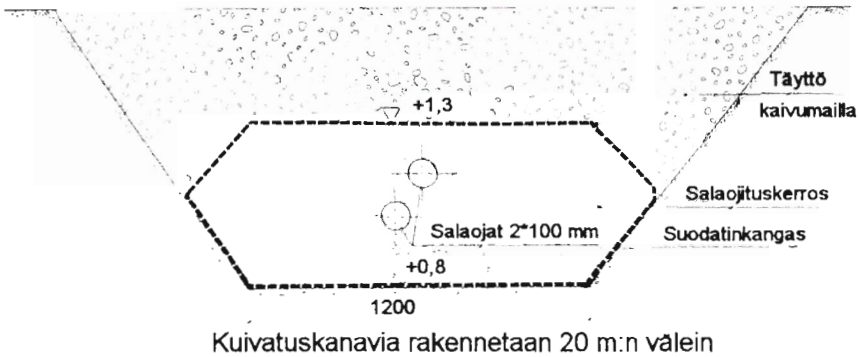


Kuva 47 Painopenkereen rakentaminen Kytösuon alueella /30/



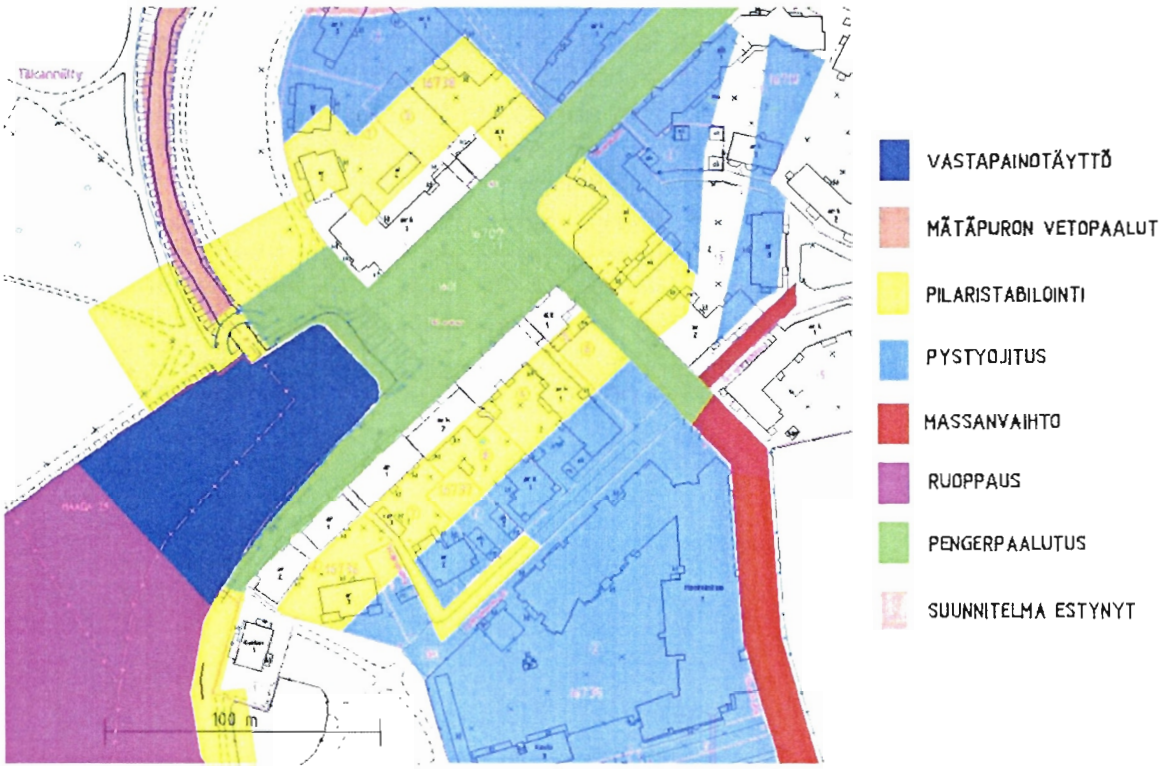
Kuva 48 Ylipenkereen rakenne päältä ja sivulta /39/,/44/

Pystyojitetulle alueelle rakennettiin kuivatuskerroksen toiminnan varmistamiseksi 20 m välein kuvan 49 mukaisia kuivatusrakenteita.



Kuva 49 Kuivatusrakenteet ylipenkereen alla /43/

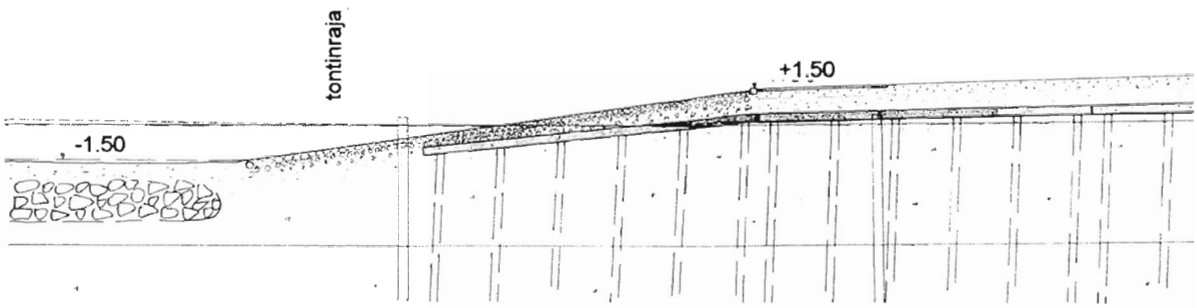
Kuvassa 50 esitetään osa Kytösuontien alueen Korppaanmäentien eteläpuosesta osasta ja Tilkantori. Tällä alueella on pohjoisosasta poiketen käytetty pystyojituksen lisäksi myös kalkkipilarointia niin Tilkantorin ympäristössä kuin Hiittisten kujan eteläpäässäkin. Hiittisten kujan eteläosan stabilointi on tehty varmistamaan kyseisessä kohdassa sijaitsevien putkijohtolinjojen toimintaa. Hiittistenkujan pohjoispäässä on puolestaan käytetty massanvaihtoa, koska menetelmä on stabilointia luotettavampi vaihtoehto. Näin on saatu painumaton rakenne ja lisäksi saven syvyyden pienentyessä massanvaihto on ollut taloudellisesti kilpailukykyinen esirakentamiskeino. Massanvaihto tehtiin saven alla olevaan silttikerrokseen asti.



Kuva 50 Tilkantori, Kytösuontien eteläinen alue sekä Tilkankadun pohjoinen pengerpaalutettu osa.

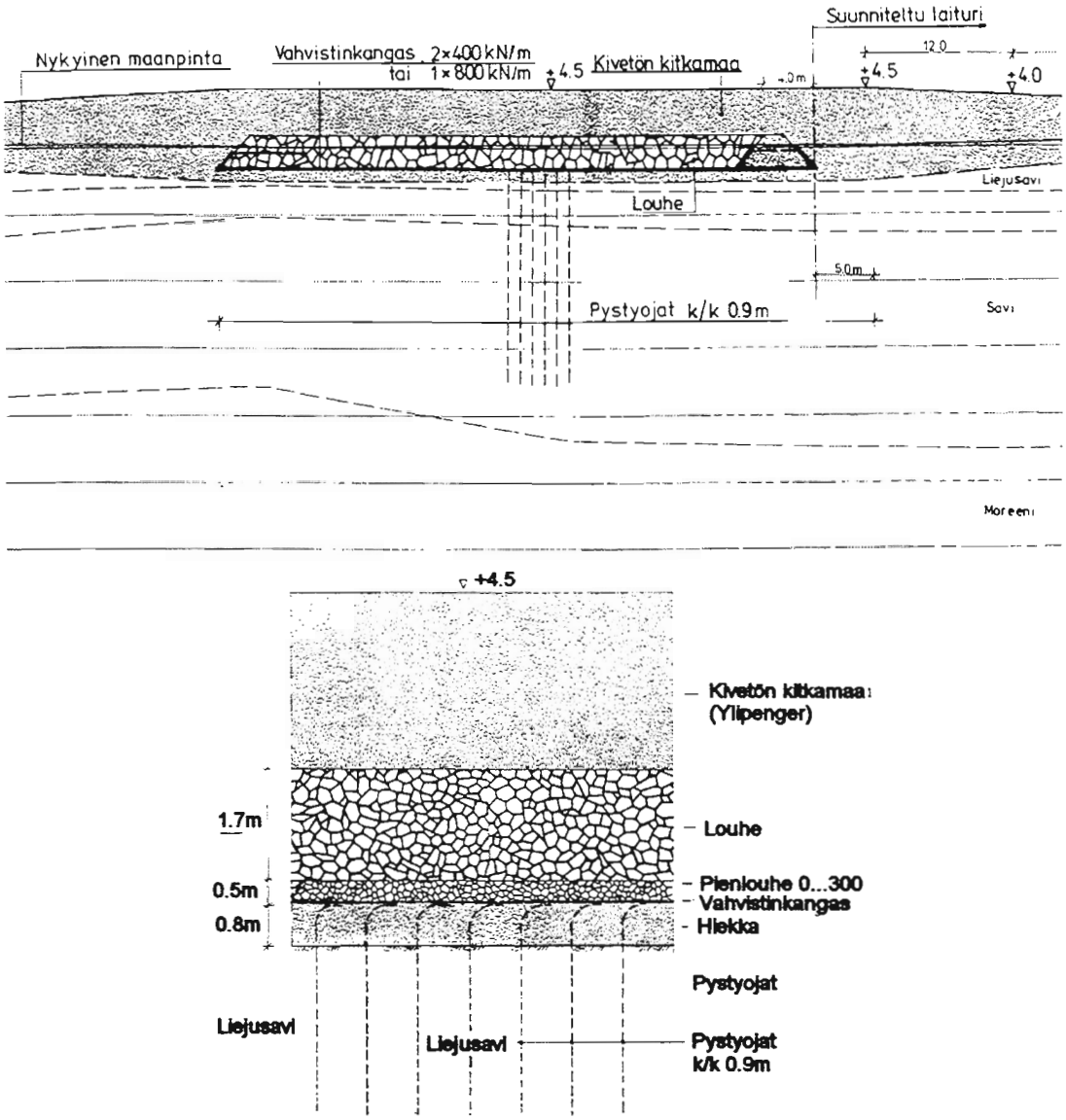
5.4 Tilkantorin alue

Tilkantorialue muodostaa Pikku-Huopalahdessa laadullisesti erittäin tärkeän osan, jossa painumia ei haluttu sallia. Tori rajautuu Tilkankatuun, joka on myös rakennettu paalutukselle osittain siksi, että se estää painumaerojen syntymisen torin ja kadun välillä. Torialue ja siihen kiinnittyvä laiturirakenne perustettiin tukipaalutetulla paalulaatalla. Tilkantorin paalulaattarakenne ja rannan luiskan poikkileikkaus esitetään kuvassa 51.



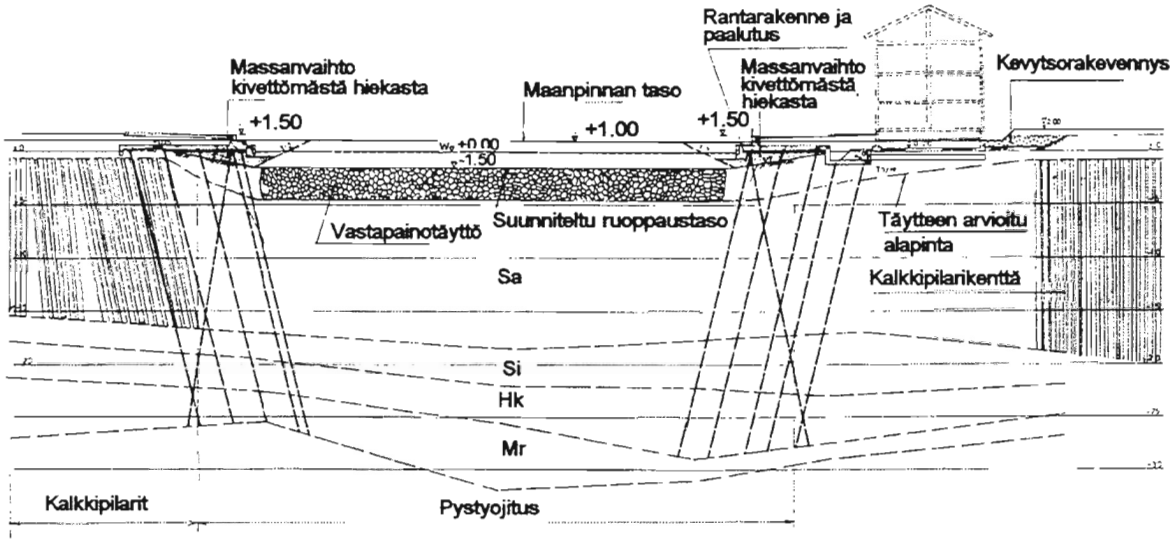
Kuva 51 Tilkantorin paalulaattarakenne rantaluiskineen /25/

Torialue rajoittuu Pikku-Huopalahden vesialueeseen, joka on syvennetty alkuperäisestä tilastaan –1,5 m:iin. Kuten aiemmin on todettu oli alueen luonnollinen vakavuus rakentamista ajatellen liian pieni. Vakavuuden parantamiseksi on lahden pohjukkaan muuhun esirakentamiseen liittyen rakennettu ns. vastapainotäyttö. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että lahden pohjalle on asennettu vahvistinkangas, jonka päälle on rakennettu louhepenger. Vahvistinkangas on kudottua polyesterikangasta ja sen tehtävänä on pitää täyttömassa koossa ja parantaa vakavuutta. Louheen päälle rakennettiin esirakentamisen aikainen ylipenger, joka yhdessä pystyojituksen kanssa sai louhepenkereen painumaan savimaahan normaalin konsolidaation seurauksena. Lopulta esirakentamisajan päätyttyä ylipenger poistettiin ja lahti ruopattiin haluttuun syvyyteen. Vastapainotäytön rakenne detaljeineen esitetään kuvassa 52. Vastapainotäytön rakentaminen on parantanut alueen vakavuutta selvästi, mutta se ei yksin ole riittävä, minkä vuoksi toria ympäröi kalkkipilareista rakennettu vyöhyke ennen pystyojituksen jatkumista kauempana torista. Tähän on kaksi syytä. Pilaristabilointi parantaa pystyojitukseen verrattuna selvästi enemmän maan leikkauslujuutta ja toiseksi stabiloidun maan kokoonpuristuminen on vähäisempää pystyojitettuun maahan verrattuna.



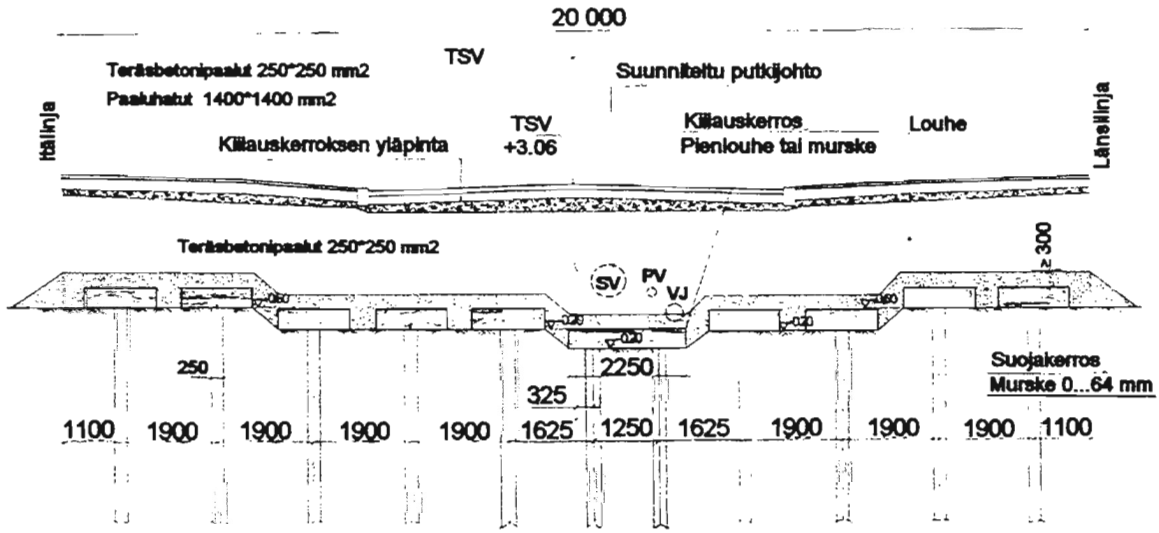
Kuva 52 Vastapainon rakennepoikkileikkaus ja detaljikuva rakenteesta /45/

Pilaristabilointi parantaa alueen vakavuutta lahden suuntaan, jolloin paaluille tulevat sivurasitukset pienenevät ja toisaalta pilaristabilointi toimii siirtymärakenteena paalulaatalta pystyojitetulle alueelle. Tällöin painumaerojen rajakohdissa tulisi pienentyä. Kuvassa 53 esitetään Tilkantorin periaatepoikkileikkaus lopullisessa tilanteessa, kun lahti on ruopattu ja rantarakenne paalutettu.



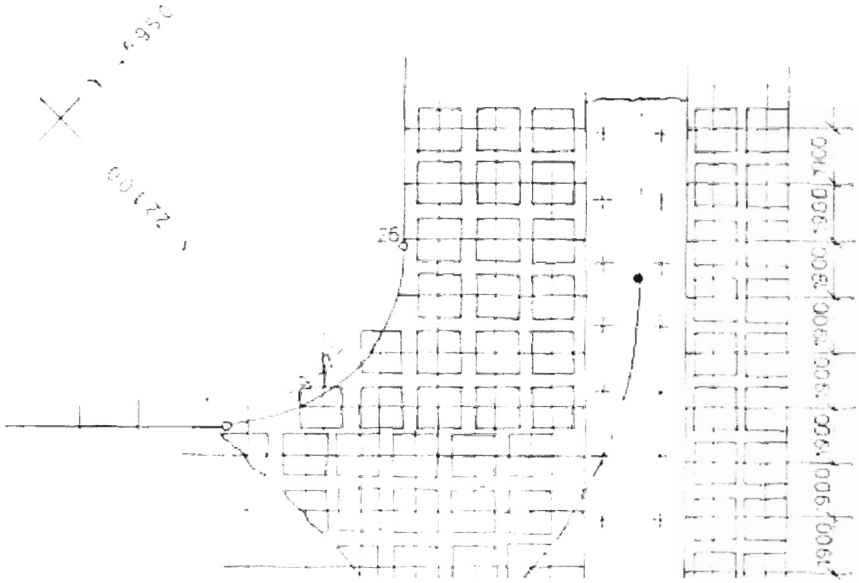
Kuva 53 Tilkantorin vesialueen poikkileikkaus /35/

Tilkantori rajautuu koillispäässä Tilkankatuun, joka muodostaa tärkeän liikenneväylän Pikku-Huopalahden poikki. Tilkankadulle on asetettu liikenteen vuoksi erityisiä tasaisuusvaatimuksia laadun suhteen, samalla katu toimii suurimpien putkijohtojen sijoituspaikkana Esirakentamismenetelmäksi on valittu pengerpaalutus paaluhatuin, jonka rakenne esitetään kuvassa 54.



Kuva 54 Tilkankadun pengerpaalutetun osan poikkileikkaus /38/

Pengerpaaluina on 250x250 mm^2 teräsbetonipaalut, jotka toimivat tukipaaluina siirtäen kuormat kantavaan moreeniin. Liikennekuormat ohjataan paaluille paaluhattujen avulla, joiden mitat ovat 1400x1400 mm^2 ja keskipisteiden etäisyys on 1900 mm. Paalujen ja paaluhattujen sijoittelu käy ilmi kuvasta 55, jossa esitetään pengerpaalutus Korppaanmäentien mutkassa Tilkantorin päädyssä.



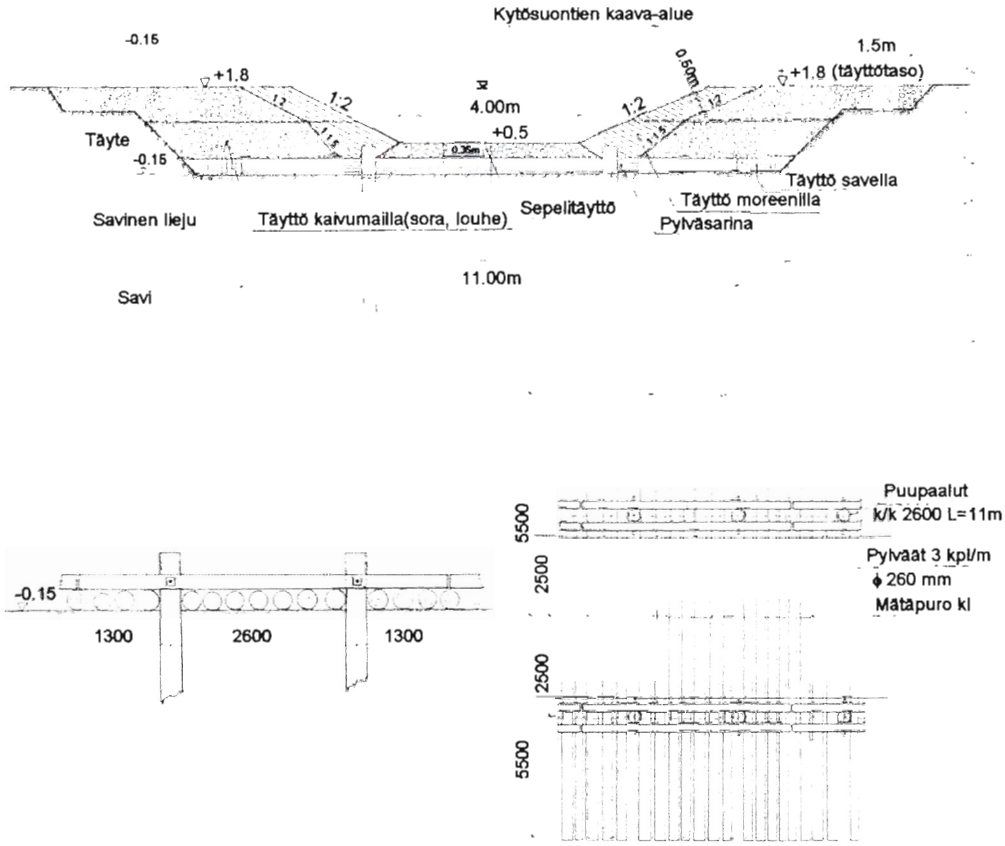
Kuva 55 Tilkankadun pengerpaalutusta Tilkantorin kulmassa /37/

Korppaanmäentien rakenne on periaatteessa aivan samankaltainen kuin Tilkankadun pengerpaalutettu osuus. Korppaanmäentien kohdalla esirakentamismahdollisuutena on mietitty myös tiheää pilaristabilointia, mutta koska tuloksen laadullinen varmuus jää kuitenkin melkoisesti paalutuksesta on myös Korppaanmäentie esirakennettu pengerpaalutuksen varaan.

5.5 Mätäpuro

Mätäpuro alkuperäisellä paikallaan olisi muodostanut alueellisen esteen rakentamiselle sekä aiheuttanut vakavuusongelman. Ratkaisuksi ongelmaan esitettiin erilaisia vaihtoehtoja, kuten Mätäpuron siirto toiseen paikkaan, uoman pohjan vahvistaminen kalkkipilareilla sekä vedenpinnan nostaminen uomassa. /1/ Kalkkipilarivaihtoehdosta sittemmin luovuttiin ja tilalle otettiin uoman rakentaminen arinarakenteen ja puupaalutuksen varaan. Paalut toimivat vetopaaluina estäen puron pohjan nousun rakentamisen aikana ja sen jälkeen.

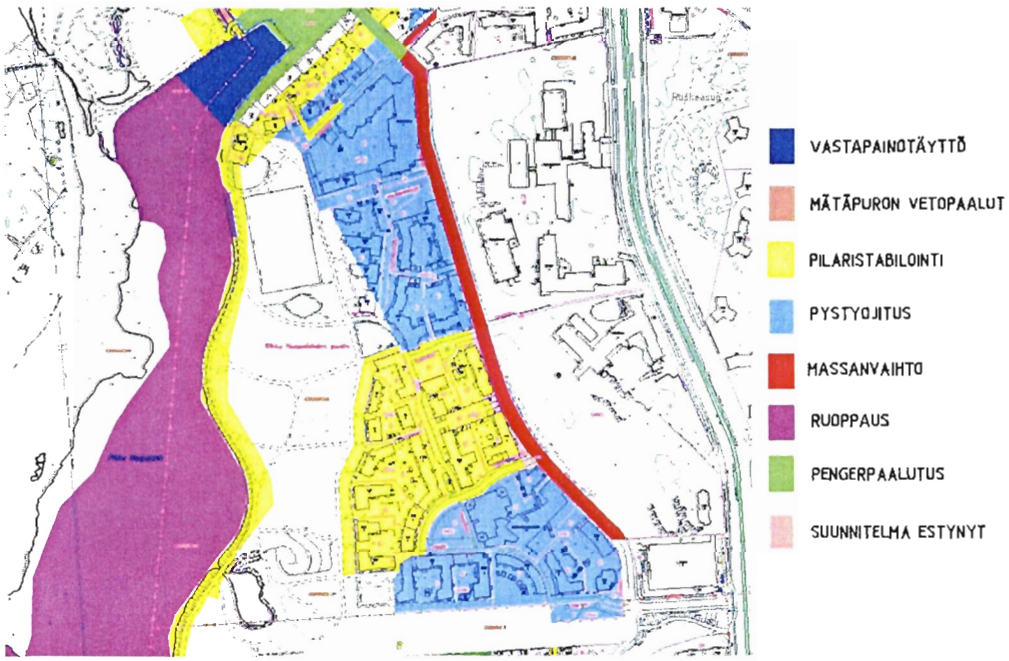
Mätäpuron siirtovaihtoehdoista päädyttiin ratkaisuun, jossa puron sijainti muuttui 50...80 m länteen. Puron nykyinen sijainti ja liittyminen muuhun esirakentamiseen käy ilmi kuvasta 40 (kuvat 45 ja 50). Puron arinarakenne ja täytöt esitetään kuvassa 56. Rakentamisen jälkeinen varmuus tällä arinarakenteella on lyhyillä liukupinnoilla F>1,5 ja pitkillä sortumapinnoilla F>1,8. /34/ Vedenpinta uomassa on kohotettu +1,0 m:iin lahden rannalle rakennetun pohjapadon avulla. /47/



Kuva 56 Mätäpuron poikkileikkaus sekä arinarakenne päältä ja sivulta /36/

5.6 Tilkankadun kaava-alue

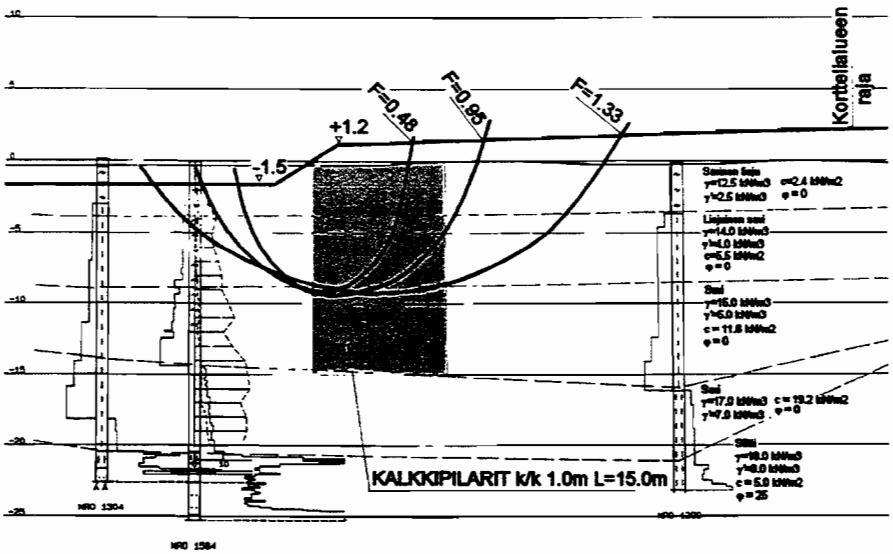
Kuvassa 57 esitetään Tilkankadun kaava-alueen sijainti ja esirakentamisalueet kokonaisuudessaan. Alueen laajuuden vuoksi kaava-alue on tarkastelussa jaettu pienempiin osiin.



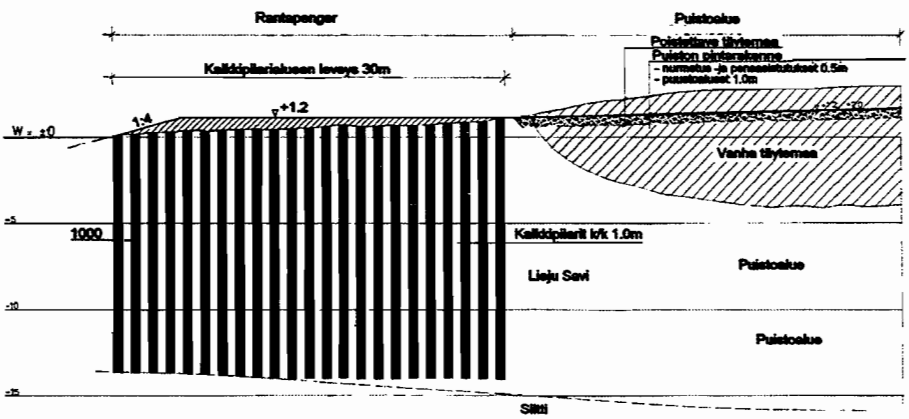
Kuva 57 Tilkankadun kaava-alue esirakentamistapoineen

Pikku-Huopalahden ranta

Kuten aiemmin on todettu, Pikku-Huopalahden rannan vakavuus ei luonnontilassaan olisi ollut riittävä rannan korkeusaseman nostamiseksi +1,2 m:iin. Tämän vuoksi rannan vakavuutta on parannettu kalkkipilareiden avulla, jonka lisäksi ne myös pienentävät rannan painumaa, jolloin painumatavoite 0,2...0,4 m on saavutettavissa. Kuvassa 58A esitetään varmuuslukuja sortumiselle eri etäisyyksillä rannasta luonnontilaisella savella. Nähdään, että rannan vakavuus lyhyillä liukupinnoilla on jopa alle 0,5. Koska alueella ei ole pysyviä rakenteita on suunniteltu varmuusluku alennettu yleisestä 1,8:sta 1,5:een. Ranta-alueella stabiloinnin (kuva 58) on ajateltu toimivan vakavuutta parantavana vain aktiivipuolella, ts. se parantaa vakavuutta lyhyillä liukupinnoilla eli lähellä rantaa, mutta pidemmillä liukupinnoilla stabiloinnin vaikutusta ei ole otettu mitoituksessa huomioon. Stabilointi toimii kuitenkin puiston ruoppausmassojen perustuksena, estäen niiden liikkeen rannan suuntaan. Vaikka tontin rajalla on varmuusluvuksi laskettu 1,8, aiheuttaisi rannan sortuminen muutoksen luiskan muodossa myös pidemmälle liukupinnalle, mikä taas alentaisi tämän liukupinnan varmuuslukua alkuperäiseen tilanteeseen verrattuna. Tonttialueen varmuus sortumista vastaan lieneekin todellisuudessa hieman pienempi kuin suunnitelmissa esitetty 1,8. Kuvan 58B rannan periaateleikkauksessa esitetään rakennetun ranta-alueen pilaristabilointivyöhyke korkeusasemineen sekä alueen liittyminen puiston vanhaan täyttöalueeseen.



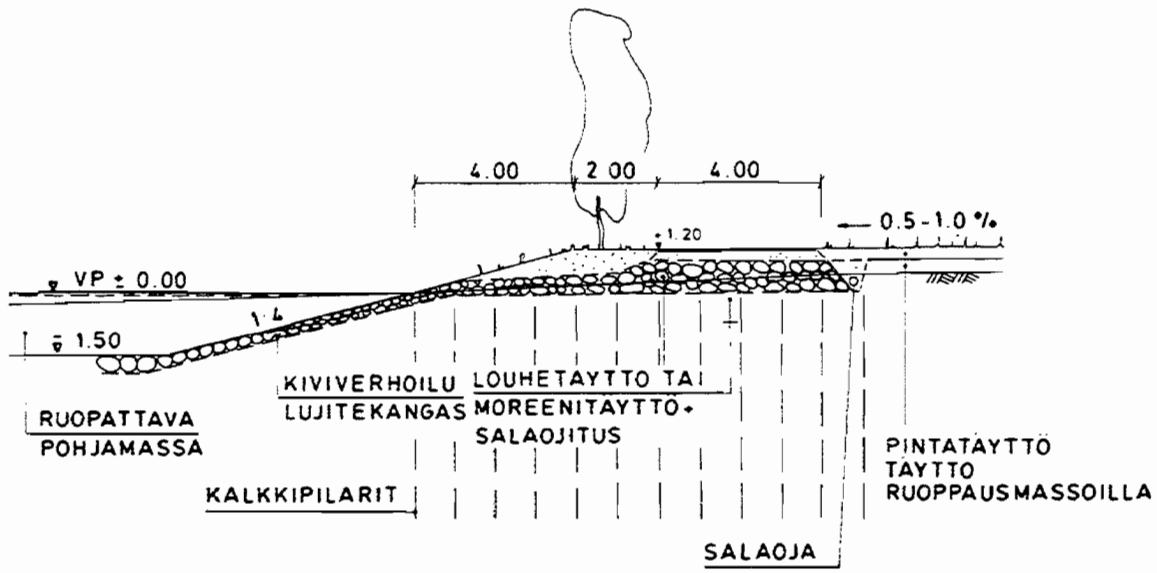
A



B

Kuva 58 Pikku-Huopalahden ranta-alueen (A) liukupintoja kokonaisvarmuuskertoimineen /46/ sekä (B) rannan rakentamisen periaateleikkaus /32/

Kuvassa 59 esitetään rannan tarkempi leikkauskuva. Kevyenliikenteen väylä on suunniteltu kivituhkapintaisena, jotta epätasaiset painumat on helppo myöhemmin korjata. Kevyenliikenteen väylän oikealle puolelle on sijoitettu ruoppausmassoja, jotka on saatu lahden ruoppauksesta.



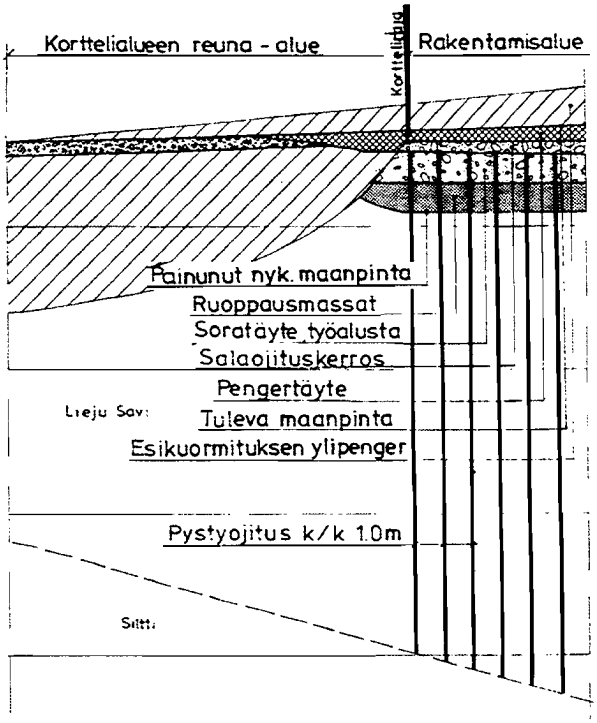
Kuva 59 Pikku-Huopalahden rannan leikkauspiirustus /29/

Pikku-Huopalahden puisto

Puisto on melkein ainoa alue, jota ei Pikku-Huopalahdessa ole esirakennettu. Tällä alueella ja alueen itäreunassa korttelialueen rajalla on tehty ns. puuston suojavyöhykkeen pilaristabilointi. Tähän on syynä se, että puistoalueella on haluttu säilyttää olemassa oleva puusto niin suurelta osin kuin se on mahdollista. Tämä edellyttää korkeusaseman jättämistä muuta aluetta matalammaksi. Puuston itäpuolella alue on kuitenkin nostettava tonttien vaatimille korkeustasoille. Korkoero näiden kahden pisteen välillä on niin suuri, että luiskan jyrkkyys näiden kahden pisteen välillä tulee liian suureksi. Tämä vaarantaa luiskan vakavuuden, jota on sitten pyritty lisäämään pilaristabiloinnilla. Puiston muu osa on leikattu tai täytetty ruoppausmassoilla halutulle tasolle ja alue toimi vastapenkereenä tonttien esirakentamisen yhteydessä.

Korttelialue

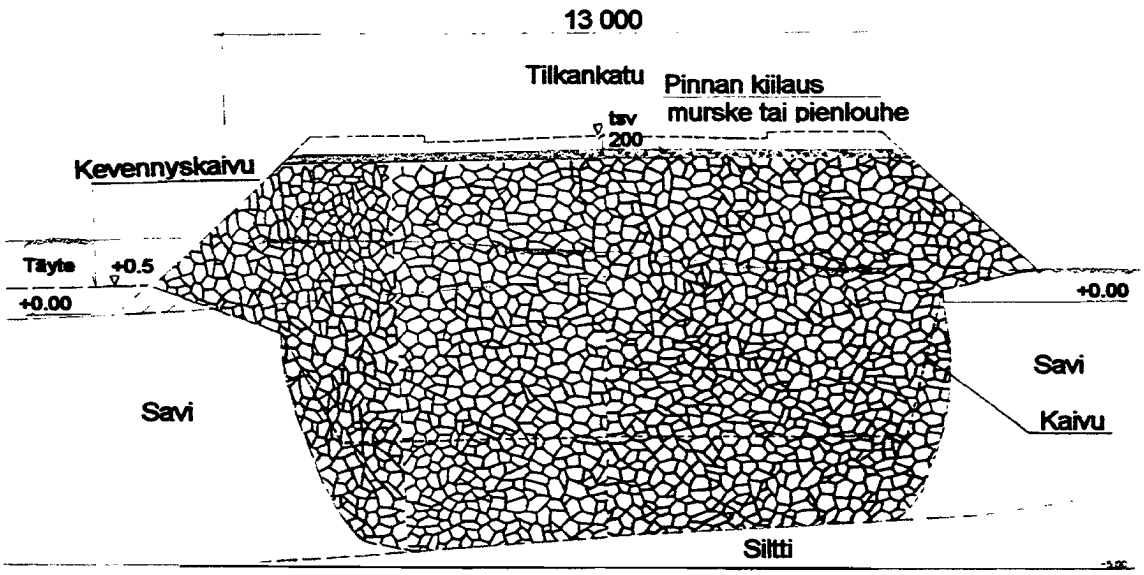
Korttelialueen pohjois- ja eteläosissa on esirakentamismenetelmänä käytetty pystyojitusta ja keskiosalla pilaristabilointia. Alueelle on ennen esirakentamista levitetty lahden ruoppauksesta syntyneitä massoja (kuva 63). Maakerrosten rakenne pystyojitetuilla alueella esitetään kuvassa 60. Pystyojitettua aluetta pyrittiin esikuormittamaan noin kaksi vuotta ennen penkereiden poistamista. Alueelle on ruoppausmassojen kuivattamiseksi tehty erilliset kuivatusrakenteet. /31/ Pilaristabiloidulla alueella maakerroksissa ei ollut kuvan 60 mukaista salaojituskerrosta. Pilarointityö tehtiin pyörrepaaluina, joiden halkaisija oli 800 mm ja sideaineena oli muista kohteista poiketen sementti. Rakennusten alle jääneitä osia ei ole stabiloitu.



Kuva 60 Korttelialueen rakennekerrokset pystyojitusalueilla /32/

Tilkankatu

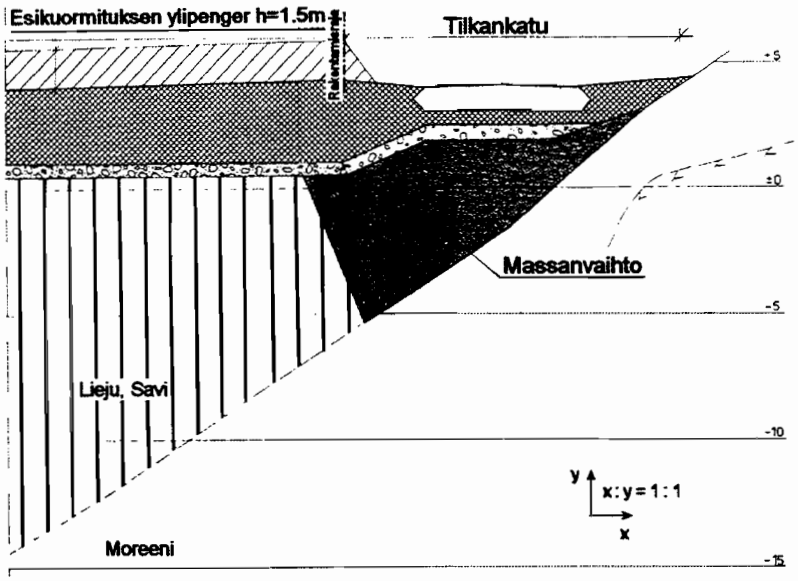
Tilkankatu liittyy suoraan tonttialueeseen alueen itärajalla muodostaen tärkeän runkojohtolinjan putkijohdoille ja liikenteelle, minkä vuoksi painumia ei juurikaan voida sallia. Tavoitteeseen on päästy katualueelle tehdyllä massanvaihdolla, jonka periaate esitetään kuvassa 61.



Kuva 61 Tilkankadun massanvaihdon poikkileikkaus /41/

Vaihtoehtoisesti ratkaisuna olisi voinut olla esim. pengerpaalutus tai pilaristabilointi. Koska Tilkankatu kuitenkin sijaitsee kohdassa, jossa kallio on lahdelta päin tultaessa hieman kalteva ja saven paksuus selvästi ohentunut, alkaa massanvaihto olla taloudellisesti ja teknisesti järkevä ratkaisu. Massanvaihto on pengerpaalutusta selvästi

halvempi menetelmä ja toisaalta se on pilaristabilointia luotettavampi menetelmä. Saven paksuus alueella on pääosin alle 5 m, jota voidaan pitää menetelmän maksimirajana. Vain yhdessä kohtaa saven paksuus nousee hieman suuremmaksi eli noin 10 m:iin. Lisäksi massanvaihdon liittymisestä pystyojitettuihin alueisiin on saatu parempia kokemuksia kuin paalutetuilta alueilta pystyojitukselle siirryttäessä. Tilkankadun massanvaihto ja siirtymärakenne tonttialueelle esitetään kuvassa 62. Tilkankadun massanvaihdon yhteydessä sattui paikallinen sortuma Taavetinaukion ja Tilkankadun risteyksestä noin 50 m etelään päin. Sortuman seurauksena osa viereisten rakennusten paaluista jouduttiin korvaamaan putkipaaluilla. Sortuma-alue sijaitsee kohdassa, jossa saven syvyys kasvaa n. 10 m:iin kuvan 15 mukaisesti. Menetelmää on siis yritetty käyttää sellaisella alueella, johon se soveltuu huonosti.

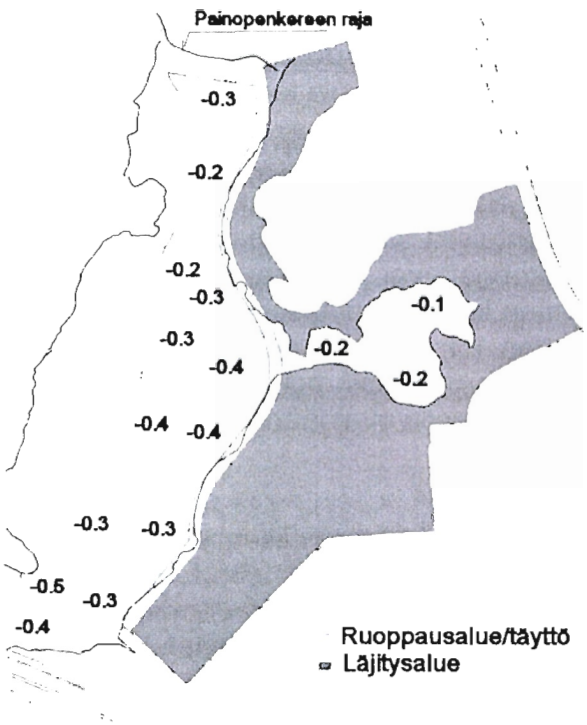


Kuva 62 Tilkankadun liittyminen tonttialueeseen /32/

5.7 Pikku-Huopalahden vesialue

Pikku-Huopalahden vesialue oli lähtötilanteessa hyvin matala ja melkein umpeen kasvanut. Pohja sijaitsi syvyydellä -0,3...-0,5 m. Pohjassa päällimmäisenä kerroksena on n. 0,2...0,5 m:n paksuinen mutakerros ja rannan lähellä vastaavan paksuinen turvekerros. Lahden itärantaan rakennettu rantapenger toimii ruoppausmassojen läjitysalueen reunapatona. Rantapenkereen rakenne on esitetty kuvassa 59. Lahti on ruopattu tasolle –1,5 m suunnitelman mukaisesti, mutta toisaalta yliruoppaus ei saanut missään kohdassa alittaa suunnitelmaa enempää kuin 0,2 m. Yliruoppaus olisi huonontanut laskettua luiskan vakavuutta ja vaarantanut rantarakenteen toiminnan. Läjitys on tehty enintään metrin paksuisissa kerroksissa ja maan ja maksimi läjityspaksuus on ollut 2,0 m.

Läjittäminen ja ruoppaustyö etenivät ja olivat sallittuja vain niissä kohdissa, joissa rantarakenne oli saatu rakennettua valmiiksi ennen läjitystä. Muutoin niiden kohdalla täytyi seurata turvaetäisyyksiä, joilla varmistettiin ettei alueelle synny sortumia. Ruoppausmassoja tuli ruoppaussuunnitelmien mukaan n. 55200 m^3 ja vastaavaa läjitystilavuutta alueella oli 76900 m^3. Ruoppausmassat saatiin kokonaisuudessaan sijoitettua alueelle ja ne eivät edes riittäneet täyttöihin. Kuvassa 63 esitetään vesialue ja sen syvyys ennen ruoppausta, läjitysalueiden sijainti sekä ranta-rakenteen muotoutuminen nykyiselle paikalleen.



Kuva 63 Pikku-Huopalahden vesialueen syvyys, rannan sijainti ennen ruoppausta ja sen jälkeen sekä läjitysalueiden sijainti

5.8 Paciuksen kaava-alue

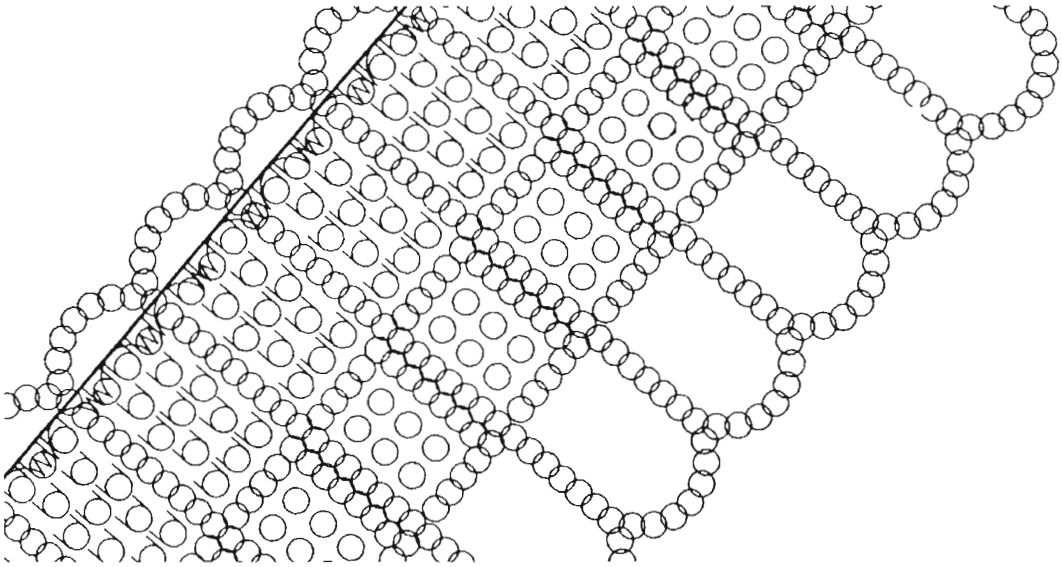
Paciuksen kaava-alueen rakentaminen on Pikku-Huopalahden esirakentamisprojektin viimeinen vaihe. Kaava-alueen esirakentamisalueet esitetään kuvassa 64.

Kuva 64 Paciuksen kaava-alueen esirakentamisalueet

Paciuksenkadun alue on suurimmaksi osaksi aivan rantaa ja muutamaa kohtaa lukuun ottamatta perustettu pengerpaaluilla. Paaluina on käytetty pääkaduilla 300x300 mm^2 tai 250x250 mm^2 teräsbetonipaaluja ja paaluhattuina 1200x1200 mm^2 teräsbetonilaattoja. Kallioportaankadun eteläpäässä on lisäksi tehty siirtymärakenne paaluilta maanvaraiseksi massanvaihdolla./26/ Paikoittain alueella on tehty pilaristabilointe-

ja mm. pysäköintialueella alueen länsireunassa ja itäreunan putkijohtolinjojen kohdalla. Mielenkiintoisen yksityiskohdan muodostaa aivan rantaan rakennettu pengerpaalutusalue, koska rakenne on puistoalueella tarpeeseen nähden turhan massiivinen.

Paciuksen ranta-alueen pilaristabilointi poikkeaa Pikku-Huopalahden muusta pilaristabiloinnista lähinnä siten, että pilarointi on suoritettu ns. solurakenteella, joka esitetään kuvassa 65. Solurakenteissa stabilointipilarit leikkaavat toisiaan ja muodostavat seinän. Solujen sisälle rakennettavat pilarit asetetaan tavanomaisesti kolmiverkkoon kuten on myös tehty rantaan liittyvällä pysäköintialueella. Sideaineena pilareissa käytettiin kalkin ja yleissementin 1:1 seosta ja pilareiden halkaisija oli 800 mm. /28/ Pilarikenttä on kaikkiaan massiivisempi kuin pohjoisosaan aiemmin tehty stabilointi, minkä vuoksi sivusiirtymät tällä alueella ovat jääneet vastaavasti pienemmiksi.



Kuva 65 Paciuksen ranta-alueen pilaristabiloinnin solurakenne /27/

6. KOKEMUKSIA PIKKU-HUOPALAHDESTA

6.1 Pikku-Huopalahden suunnitteluohjeet

6.1.1 Suunnitteluohjeiden sisältö

Pikku-Huopalahden esirakentamisprosessin yhteydessä on julkaistu suunnitteluohjeita /78/, /79/, /77/, joiden tarkoituksena on ollut helpottaa talonrakennuksen pohjarakennussuunnittelua antamalla tietoa korttelialueella toteutetuista esirakentamistoimenpiteistä, pohjasuhteista sekä niiden asettamista rajoituksista ja huomioonotettavista seikoista. Ohjeet ovat olleet yleisohjeita, joiden lisäksi jokaiselle tontille laadittu oma pohjarakennussuunnitelma. Ohjeissa todetaan mm. seuraavaa:

- Kaikkien rakennusten kantavat rakenteet perustetaan pehmeän savikerroksen läpi ulotettavilla tukipaaluilla. /78/
- Piha-alueiden kaivojen ja viemäreiden toimimisen varmistamiseksi ne on tehtävä maanvaraisina käyttämällä jäykistävää arinarakennetta. Painumat on otettava huomioon riittävin vietoin ja ennakkokorotuksin. Liittymissä kantaviin rakenteisiin on samasta syystä käytettävä siirtymärakennetta ja lattioiden alaiset viemärit on ripustettava kantavista rakenteista. Paalutetut linjaukset on pyrittävä suunnittelemaan siten, etteivät ne myöhemmin ympäristön painuessa haittaa piha-alueiden kuivatusta tai liikennettä. Risteämistä paalutettujen ja maanvaraisten putkijohtojen välillä on pyrittävä välttämään.
- Salaojien purkujärjestelyissä painumat on otettava huomioon riittävillä ennakkokorotuksilla. Kellareita ei savialueella ilman erityistoimenpiteitä kuivatus- ja stabiliteettisyistä voida rakentaa.
- Alueella tulee välttää vinojen paalujen käyttöä.
- Pihojen tasausta suunniteltaessa on otettava huomioon tulevat painumat ja painumaerot esim. katuun nähden, lisäksi paalutetut linjat on suunniteltava vedenjakajiksi. Pihan sadevesikaivoja on vältettävä suunnittelemasta painumattomiksi ja ennen tasauksen suunnittelua on tonttikartalla laadittava käyrästö tulevista painumista. Suunnitelmat tulee hyväksyttää Helsingin kaupungin rakennusviraston katuosastolla
- Tilkantorin eteläpuolen tonteilta pohjoiseen Korppaanmäentien ja Tilkankadun risteykseen ulottuu kiilamainen alue, jossa maan aggressiivisuuden vaikutus paalutukseen on otettava huomioon.

Annetuissa suunnitteluohjeissa ja asemakaavassa todetaan, että kaupunki suorittaa tonttien esirakentamisen rakennusalan rajalle asti. Rakennusalan sisällä ja rajakohdassa esirakentamisesta ja siirtymärakenteista vastaa talonrakentaja. /54/, /77/, /78/ Lisäksi suunnitteluohjeissa on annettu tietoa rakennustöiden suorittamisesta esim. kaivanto- ja paalutustöiden osalta. Näitä on tarkasteltu lähemmin rakentamiskokemusten kohdalla.

6.1.2 Suunnitteluohjeiden merkitys eri osapuolille

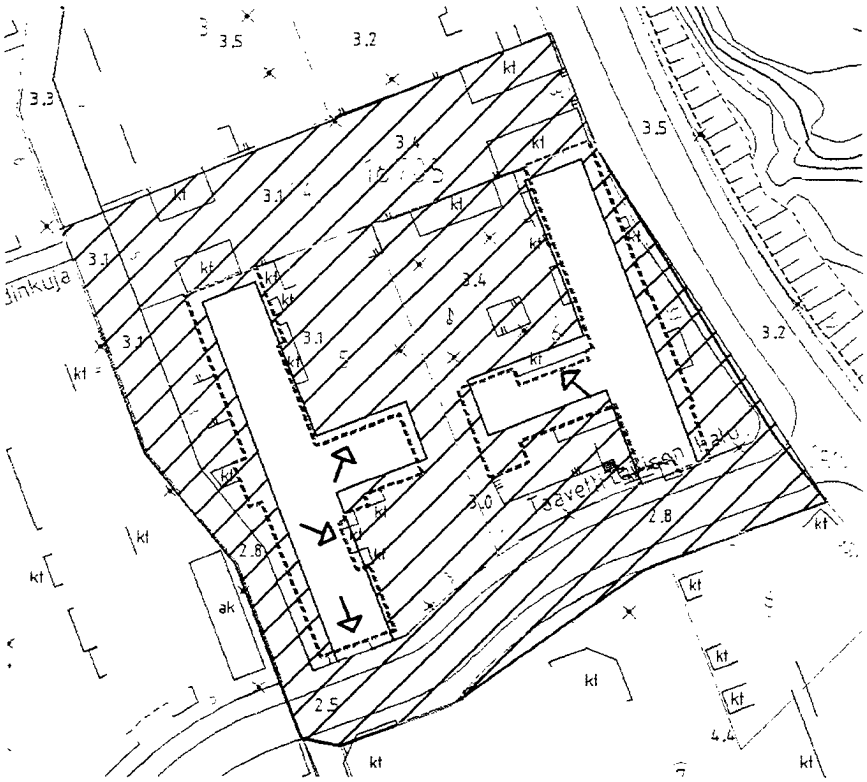
Suunnitteluohjeiden merkitys rakennuttajille oli rakennusprosessin aikana vaihteleva. Perustavanlaatuiset ohjeet kuten rakennusten perustaminen tukipaaluilla oli rakennuttajille luonnollinen asia. Pohjarakennusvauriot aiheutuvat yleensä kahdesta seikasta, maapohjan murtumisesta ja toisaalta maapohjan painumisesta. Edelliset ovat melko harvinaisia, kun taas jälkimmäiset ovat melko yleisiä. Suomessa on rakennettu pientaloja maanvaraisesti savialueille ja saatu kokemuksia painumavaurioiden syn-

tymisestä tällaisissa kohteissa. Kokemusten perusteella raskaammat rakennukset perustetaankin nykyään huonosti kantavilla maapohjilla lähes aina tukipaalujen varaan. /12/ Alueen toista pääongelmaa eli vakavuutta oli myös korostettu suunnitteluohjeissa ja se olikin pyritty ottamaan huomioon etenkin suunnitteluvaiheessa. Varmuusluvun merkitys sekä sortumien ehkäisyssä että paaluille tulevan sivukuorman vähentämisessä oli ymmärretty ja sitä oli sovellettu käytäntöön. Esimerkiksi varmuusluvun F=1,8 pitäisi olla riittävä estämään suorille paaluille sivusiirtymistä syntyvät haitalliset kuormat. Alueen varsin paksu täyttökerros ja maan painuminen aiheuttavat kuitenkin vinoille paaluille sivukuormaa, minkä välttämiseksi alueella on vältetty niiden käyttöä silloin kun se on ollut mahdollista. Esimerkiksi Tilkantorin laiturirakenteen kohdalla, jossa on käytetty vinopaaluja, on tästä aiheutunut lisäongelmia. Täytöstä ja saven kokoonpuristumisesta aiheutuva liike olisi ollut paaluille liikaa ja sen vuoksi laiturialueella onkin suoritettu kevennysruoppaus ja syvästabilointi lisäkuormituksen pienentämiseksi. /113/

Edellä on selostettu esimerkkejä, joissa rakennuttajat ovat noudattaneet annettuja suunnitteluohjeita. Toisaalta on myös kohtia, joissa ohjeita ei juurikaan ole otettu huomioon. Rakennusvalvontaviranomaiset esittivät mm. toiveen, että heille toimitettaisiin pihojen tasaussuunnitelmat. Ennen suunnitelmien laatimista tuli tonttikartalle laatia käyrästö tulevista painumista. Ei ole tietoa laatiko yksikään rakennuttaja painumakäyrästöä piha-alueille, mutta se tiedetään ettei yksikään rakennuttaja koko projektin aikana toimittanut tontin tasaussuunnitelmaa viranomaisille. /54/

Toinen ja selvästi merkittävämpi laiminlyönti ohjeiden noudattamisessa liittyi kohtaan, jossa todettiin kaupungin esirakentavan tontin rakennusalan rajalle. Tätä ohjetta ei ole läheskään aina ymmärretty tai muistettu enää talonrakentamisen aikana. /54/ Rakentamisvaiheessa toimittiin, kuten koko tonttialue olisi ollut esirakennettua aluetta. Rakennusten muoto, koko ja sijainti on vaihdellut rakennusalan sisällä välillä ylittäen tai alittaen rakennusalan rajat. Tällöin talonrakentajan tulisi muistaa, että rakennuksen jäädessä rakennusalan rajan sisäpuolelle ei rakennusalan rajan ja rakennuksen seinälinjan välinen alue ole esirakennettua aluetta. Näissä kohdissa talonrakentajan vastuulla oli rakennusalan sisällä ja sen rajalla varmistaa esirakentaminen sekä riittävien siirtymärakenteiden olemassaolo ja toimivuus. Useissa kohdissa siirtymärakenteet tai em. alue on kuitenkin jätetty esirakentamatta, mistä on aiheutunut suuri osa esirakentamisen virheistä ja havaituista ongelmista.

Esimerkki rakennusalan rajojen ja rakennuksen seinälinjojen poikkeamista toisistaan esitetään kuvassa 66, joka on Tilkankadun kaava-alueen syvästabiloidulta osalta. Kuvassa rakennusalan rajat talojen kohdalla on piirretty yhtenäisellä viivalla. Rakennuksen seinälinjat on piirretty katkoviivalla ja stabiloitu alue on merkitty vinoviivoituksella. Kuvaan on merkitty nuolilla kohtia, joissa rakennuksen seinälinja jää rakennusalan rajan sisäpuolelle. Juuri näissä kohdissa talonrakentajan olisi pitänyt olla erityisen tarkka, jottei painumaongelmia olisi päässyt syntymään.



Kuva 66 Asemakaavan mukaiset rakennusalueen rajat, joihin asti esirakentaminen on ulotettu (viivoitettu alue). Rakennusten seinälinjat on piirretty kuvaan katkoviivalla ja mahdolliset ongelmakohdat on merkitty nuolilla. (vrt. kuvan 143 korjauskohtiin) /15/, /33/

6.2 Pikku-Huopalahden alueen vaikutus rakentamistyöhön

Pikku-Huopalahdessa pinnassa olevan täytön alla sijaitseva liejun leikkauslujuus on hyvin alhainen. Tämä asettaa rajoituksia työtavoille esim. rakentamisen aikaisten kaivantojen suhteen, koska paikallisten sortumien vaara on suuri. Tämän välttämiseksi oli yleisohjeena, että työnaikaisesti voidaan rajoitetussa määrin läjittää maita rakennusalueelle, jos etäisyys kaivannosta on vähintään 5,0 m ja läjityskorkeus alle 1,5 m. /78/ Samankaltaisia ohjeita oli myös kaivannon täytöstä, kaivettuna ja auki olevana kaivantona pidettävän osan pituudesta sekä penkereiden rakentamisesta. Esimerkiksi Kytösuontien alueella alueellisen täytön korkeusero ei saanut 30 m:n matkalla olla yli 1,0 m:ä. Tilkankadun paalutuksen yhteydessä katualue saatiin kaivaa hattujen asennusta varten auki vain 20 m:n matkalta ja seuraava vaihe aloittaa vasta kun täyttö hattujen päällä oli tasossa +1,00 tai yli. Varastointipenkereet oli sijoitettava vähintään 30 m:n päähän kaivetusta alueesta. Samankaltaisia rajoituksia on käytetty kaikissa esirakentamisen vaiheissa koko Pikku-Huopalahden alueella. Annettuja ohjeita kaivantojen osalta ei ole aina noudatettu, koska niitä ei oltu tiedostettu tai niistä ei oltu välitetty. Tämä lienee yhtenä osasyynä joihinkin tapahtuneisiin sortumiin alueen rakentamisen yhteydessä.

Kaivannon mittojen lisäksi paikalliseen varmuuteen sortumista vastaan vaikuttaa myös vallitseva huokospaine, joka heikentää maan leikkauslujuutta. Paalutuksen yhteydessä huokospaine kohoaa hetkellisesti, mikä saattaa laajojen paalutusten yhteydessä aiheuttaa viivästymistä ja katkoja työssä. Tilkantorilla paalutuksen onnistumista valvottiin mm. kahdesti päivässä tehdyin huokosvedenpainemittauksin. /78/

Ylimpänä maakerroksena olevat suunnittelemattomat täytöt ovat vaikeuttaneet rakennustyötä huomattavasti, koska paalujen lyöminen on estynyt tai vaikeutunut ja sijaintipoikkeamat ovat kasvaneet. Osalle paaluista on täytynyt tehdä reikä ns. naskalilla, samalla kun suurimmat lohkareet on jouduttu poistamaan kaivamalla. Lohkareet ovat vaikeuttaneet myös pystyojituksen ja pilaristabiloinnin rakentamista esim. Kytösuontien-, Tilkankadun- ja Paciuksenkadun alueilla, joita ei voitu rakentaa alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti. Lisäksi esim. Paciuksenkadun alueelle alun perin suunnitellusta pystyojituksesta luovuttiin kokonaan, koska täyttöjä ei pystytty läpäisemään kuin paaluilla. Tosin ratkaisulla oli taloudelliset puolensakin, sillä alueen rakentamisen nopeutuessa korkokustannukset pienenivät. /65/

6.3 Saatujen kokemusten hyväksikäyttö suunnittelussa

Pikku-Huopalahden esirakentaminen oli niin pitkäkestoinen projekti, että sen aikana kokeiltiin useita erilaisia menetelmiä ja niiden ominaisuuksia. Paciuksenkadun alueella tutkittiin mm. ns. pyörrepaalujen ominaisuuksia osana muuta tutkimusprojektia. /63/ Tilkantorin vastapainopenkereen rakentaminen geovahvisteen päälle oli aikanaan melko uusi ja vähän käytetty menetelmä. /54/ Voitaneen sanoa, että alue onkin toiminut eräällä tavalla eri esirakentamismenetelmien koekenttänä.

Kokemuksista myös opittiin, esimerkiksi Kytösuontien alueella toteutetut pystyojitukset kestivät kauemmin ja painumat olivat suurempia kuin oli arvioitu, mikä oli myös yksi syy siihen, että Paciuksenkadun alueella pystyojituksesta luovuttiin. Pengerpaalutuksella saatiin selvästi parempi varmuus ajoituksen kannalta. Tilkantorin keskiosalla mietittiin ensin pystyojituksen ja pilaristabiloinnin yhdistelmää, mutta päädyttiin vain pelkkään pilaristabilointiin. Rakentamisen aikana saatuja kokemuksia pyrittiin siis hyödyntämään myöhempien alueiden suunnittelussa. Mitä pidemmälle esirakentaminen eteni sen järeämpiä ja laadullisesti varmempia keinoja otettiin käyttöön. Pystyojituksesta luovuttiin pilaristabiloinnin ja pengerpaalutuksen eduksi.

6.4 Pikku-Huopalahden tarkkailumittaukset ja niiden merkitys

Pikku-Huopalahdessa on esirakentamisen yhteydessä suoritettu laajoja mittauksia esirakentamisen onnistumisen seuraamiseksi ja laatutason varmistamiseksi. Alueelle on esirakentamisen yhteydessä asennettu n. 210 kpl tarkkailumittauspistettä, joista painumamittauspisteitä on ollut n. 143 kpl, sivusiirtymämittauspisteitä 46 kpl ja huokosvedenpaineen mittauspisteitä 21 kpl. Liitteessä E esitetään kaikkien Pikku-Huopalahteen asennettujen tarkkailumittauspisteiden sijainnit. Suurin osa mittareista tuhoutui esirakentamisen aikana ja nykyään alueella on esirakentamisen aikanaisista painumamittareista toiminnassa enää alle 10 kpl ja sivusiirtymämittareista 6 kpl. Tämän työn yhteydessä alueelle on lisäksi asennettu uusia painumatarkkailupisteitä ongelmakohtien läheisyyteen yhteensä 14 kpl. Mittareiden tuhoutumista tapahtuu pengertäyttöjen tai rakentamistoimenpiteiden yhteydessä sekä ilkivallan seurauksena. Mittareiden suojaamista tulisi rakentamisen aikana näiden kokemusten perusteella edistää. Mittareiden sijoittelussa tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä siihen, etteivät ne jää tulevien rakennusten ja rakenteiden alle. Tällöin mittareita ei tarvitsisi purkaa rakentamisen tieltä ja mittarit voisivat toimia myöhemmin myös jälkitarkkailupisteinä. Tämä vaatisi tietoa tulevien rakennusten sijainneista, jota ei kuitenkaan aina ole saatavilla esirakentamisen aloittamishetkellä.

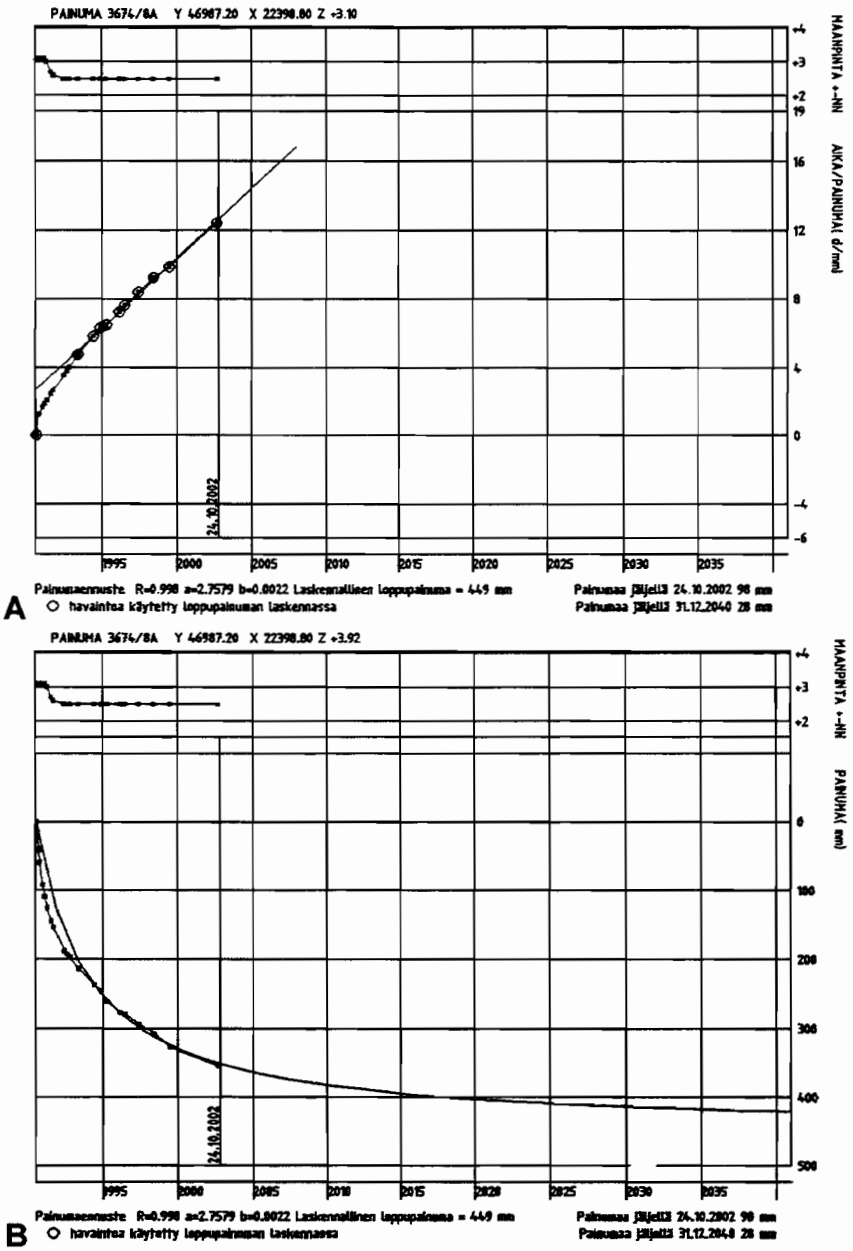
Tarkkailumittausten merkitys esirakentamishankkeessa on suuri ja se jakautuu useaan vaiheeseen. Esirakentamisen aikaisten mittausten tarkoituksena on suorittaa laadunvalvontaa ja ohjata esirakentamistoimia alueella. Mittaukset ovat tärkeitä esim. määritettäessä ylipenkereiden korkeuksia ja poistohetkeä ja jäljellä olevia painumia

sekä mahdollisia kevennyksiä jos painumarajoja ei saavuteta. Esirakentamisen jälkeen suoritettujen mittausten tarkoituksena on avustaa jälkilaskentaa ja alueen jälkitarkkailua. Varsinaisen rakentamisen aikana mittaukset puolestaan ohjaavat työsuoritusta. Esimerkiksi paalutuksen yhteydessä tehtävillä huokospainemittauksilla voidaan arvioida sortumariskejä ja siten asettaa työn teolle rajoitteita. Työn aikana mittaustuloksien perusteella voidaan myös analysoida syntyneitä vahinkoja. Esimerkiksi sivusiirtymämittauksilla voidaan arvioida pilaristabiloinnin yhteydessä pilareille syntyneitä vaurioita. Ongelmien syntyessä tarkkailumittaukset luovat puolueettoman perustan riitatapausten myöhemmälle ratkaisulle.

6.5 Painumat esirakentamisen aikana ja sen jälkeen

Esirakentamisen aikana painumat ovat paikallisesti ja alueellisesti vaihdelleet huomattavasti toisistaan. Tähän ovat syynä etenkin erilaiset esirakentamismenetelmät, vaihtelevat pohjasuhteet, kuormitushistorian vaihtelevuus ja käytettyjen ylipenkereiden suuruudet. Esirakentamisen aikaiset painumat vaikuttavat lähinnä hankkeen massatalouteen ja epäsuorasti alueen lopulliseen laatutasoon. Jos maakerroksia ei saada esirakentamisen aikana painumaan halutusti voivat esirakentamisen jälkeen tapahtuvat painumat muodostua liian suuriksi. Syy esirakentamisen jälkeisiin ongelmiin voi olla esim. riittämätön ylipenger esirakentamisen loppuvaiheessa, kuten on käynyt osassa Pikku-Huopalahtea, kun esirakentamisen aikaiset painumat ovat ylittäneet lasketut ennusteet. Tämän seurauksena joillakin alueilla on jouduttu rakentamaan kevytsorakevennyksiä kriittisiin kohtiin. Painumamittausten järjestelmällinen suorittaminen ja esirakentamistulosten valvonta varmistavat riittävän ylipenkereen olemassaolon ja ovat siten tärkeässä osassa tämänkaltaisten ongelmien poistamisessa. Kuvassa 68 esitetään esirakentamisen aikaiset painumat sekä alueellinen painumaennuste käyttötilassa.

Esirakentamisen aikaista painumista tärkeämpää on kuitenkin se, minkälaisiksi painumat esirakentamisen jälkeen muodostuvat. Esitetyt esirakentamisen jälkeen tapahtuvien painumien painumakäyrät perustuvat geoteknisen osaston painumamittausohjelmistolla laadittuihin ja painumamittaustuloksiin sovitettuihin painumakäyriin ja niistä tehtyihin ennusteisiin. Painumamittauksia tehtiin useissa pisteissä vain lyhyen aikaa, koska rakentamisen aikana suuri osa painumamittauslaitteista tuhoutui ja uusia ei myöhemmin asennettu tilalle. Käytetyt aikasarjat ovat siis osin melko lyhyitä ja esirakentamisen jälkeen saatuja mittaustuloksia, joissa maanpinta on lopullisessa tasossaan on melko vähän. Nämä syyt osaltaan heikentävät ennusteiden luotettavuutta. Kuvassa 67 esitetään esimerkki painumaennusteen laatimisesta mittauspisteessä 3674/8A, jossa mittauksia on jatkettu vuoteen 1999 asti.



Kuva 67 Pisteen 3674/8A painumamittaustulokset (A) aika/painuma-aika koordinaatistossa ja niihin sovitettu ennustesuora ja (B) sovitussuoran avulla laadittu painumaennuste /15/

Painumaennusteen laatiminen perustuu Kondnerin konsolidaation sekundaarivaiheen nopeudelle esittämään approksimaatioyhtälöön 2. /53/

$$\frac{dS(t)}{dt} = v_0\left[1 - \frac{S(t)}{S_f}\right]^n \qquad (2)$$

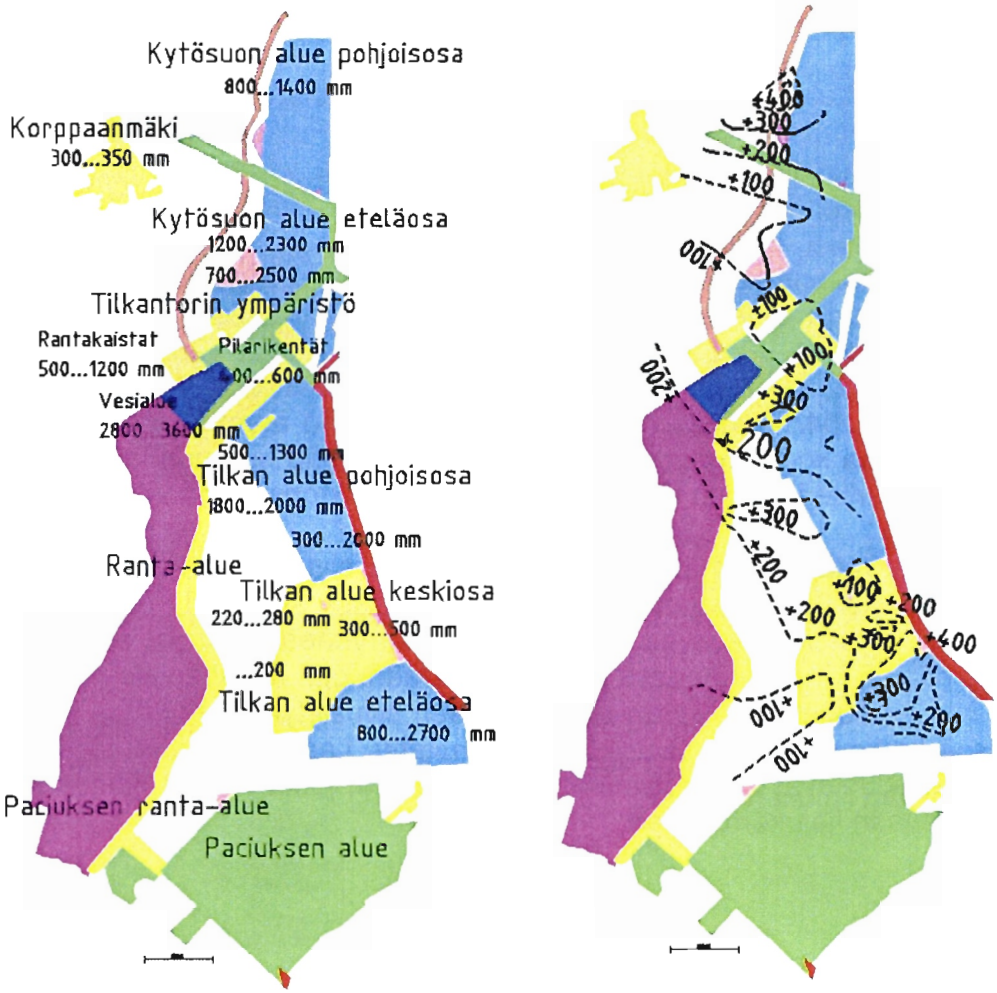
jossa $S(t)$ on ajassa t tapahtunut sekundaaripainuma
S_f on lopullinen sivusiirtymä, kun $t \rightarrow \infty$
v_0 on sekundaaripainuman alkunopeus

Yhtälön 2 ratkaisuna saadaan sekundaaripainuman yhtälö 3, kun n=2.

$$S(t) = \frac{t}{\frac{1}{v_0} + \frac{t}{S_f}} = \frac{t}{a + bt} \qquad (3)$$

jossa a on $1/v_0$, sovitussuoran vakiokerroin
b on t/S_f, sovitussuoran kulmakerroin

Yhtälön 2 mukaista teoriaa on käytetty myös sivusiirtymien analysointiin, joten kaavojen muokkaus esitetään tarkemmin kappaleessa 6.6.2. Kuvassa 67 painumamittaustulokset on piirretty aika/painuma-aika koordinaatistossa, jossa tulosten tulee asettua suoralle yhtälön 4 mukaisesti. Geoteknisen osaston painumalaskentaohjelmisto laskee sovitussuoran yhtälön valituista pisteistä ja piirtää sovitussuoran kuvaan. Sovitussuoran yhtälön avulla ohjelma laatii ennusteen halutun ajan kuluttua sekundaaripainuman alkuhetkestä. Kuvan 67 esimerkissä on yhden mittauspisteen painumaennuste laadittu 40 vuoden päähän alkuhetkestä. Alueellisen painumaennusteen yhteydessä esitetyt arvot edustavat kuitenkin painuma-arvoja S_f eli painumia ajanhetkellä t, kun t lähestyy ääretöntä. Laadittu alueellinen painumaennuste perustuu edellä kuvatulla tavalla laadittuihin mittauspistekohtaisiin painumaennusteisiin ja niiden avulla laadittuun alueelliseen painumakäyrästöön, joka esitetään kuvassa 68.



Kuva 68 Vasemmalla esirakentamisen aikaiset maan painumat ja oikealla esirakentamisen jälkeen tapahtuvat käyttötilan painumat /13/, /9/

Kuvasta 68 voidaan havaita, että esirakentamisen painumatavoite 300 mm tonteilla tullaan suurimmalla osalla aluetta alittamaan. Tämän perusteella esirakentaminen on alueellisena toimenpiteenä onnistunut tavoitteiden mukaisesti. Toisaalta Tilkankadun pilaristabiloidulla alueella painumat ovat ennakoitua suurempia, sillä alueen suunnitteluohjeiden mukaan oli arvioitu, että käytännössä jäännöspainumaa ei esiintyisi. /79/ Todellisuudessa alueen painumat ovat melkein suurimpia koko Pikku-Huopalahden alueella. Alueellisen painuman lisäksi merkitystä on paikallisilla painumilla ja painumaeroilla, joita on tarkasteltu ongelmakohtien yhteydessä.

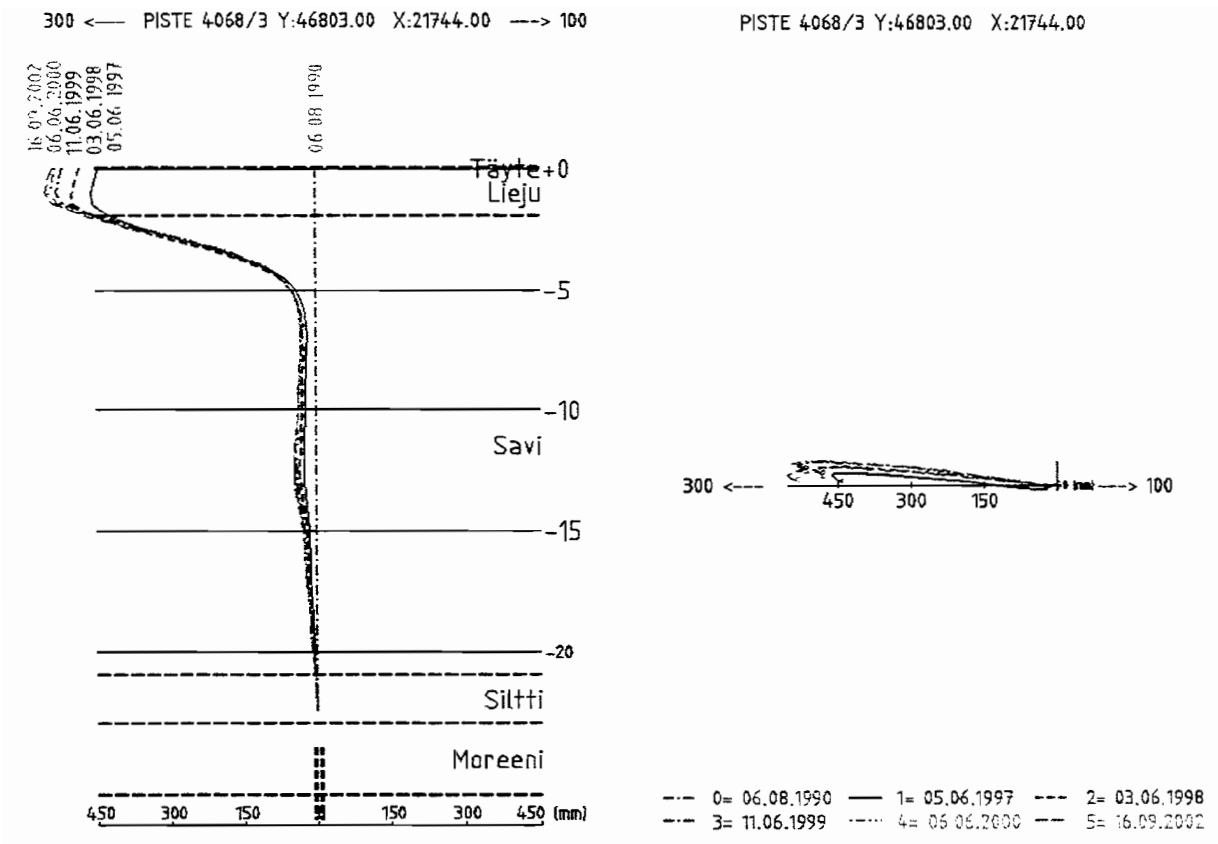
6.6 Sivusiirtymät

6.6.1 Yleistä sivusiirtymistä ja niiden mittaamisesta

Murtumisvaurioiden yhteydessä tapahtuvien sivusiirtymien lisäksi saattaa haitallisia sivusiirtymiä esiintyä myös hitaasti tapahtuvina konsolidaatiosiirtyminä. /12/ Vaikka rakentamisen aikainen stabiliteetti olisikin suunniteltu riittäväksi estämään maan sortumisen on työn turvallisuuden varmistamiseksi syytä varmistaa alueen vakavuuden kehittyminen myös työn kestäessä. Tähän sivusiirtymämittaus antaa työkaluja, sillä kuormituksesta maahan aiheutuvia sivusiirtymiä mittaamalla voidaan arvioida maan sortumisriskiä ja mahdollista sortumishetkeä. /7/ Sivusiirtymien mittauksille pyritään yhtäältä valvomaan työnaikaisia nopeasti tapahtuvia siirtymiä ja toisaalta niillä saadaan tietoa alueella tapahtuvista hitaammista pidempiaikaisista siirtymistä. Tässä kappaleessa tarkastellut tulokset edustavat jälkimmäisiä eli pitkäaikaisia mittauksia.

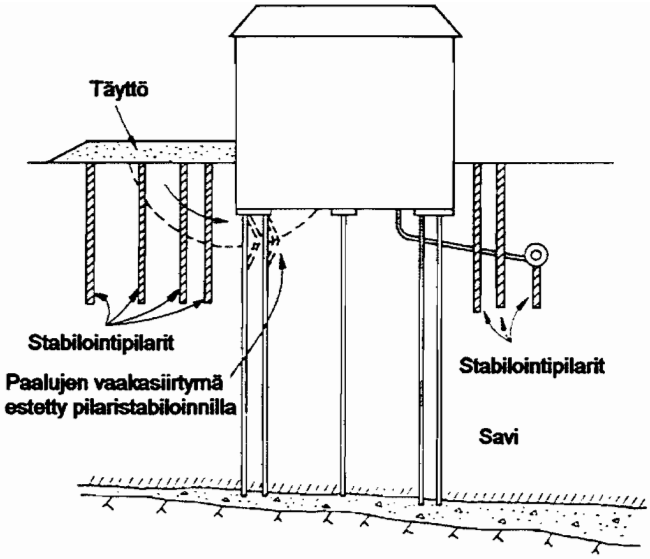
Sivusiirtymien mittaaminen tapahtuu upottamalla maahan sivusiirtymäputkia, joiden liikkeitä ja muodonmuutoksia mitataan inklinometrillä. Putket voivat olla muovia, rautaa tai alumiinia ja niihin on tehty urat anturin kulkua varten. Helsingin kaupungin geoteknisellä osastolla sivusiirtymien mittaus tapahtuu ns. servo-akselometri-inklinometrien avulla. Inklinometrin toiminta perustuu mittauslaitteen kulmien määrittämiseen, jotka tallennetaan 0,5 m:n välein anturin ollessa putkessa. Laitteen kallistuskulmat mitataan kahdella kiihtyvyysanturilla samanaikaisesti toisiaan vasten kohtisuorissa suunnissa. /97/ Laite mittaa itse asiassa sivusiirtymän ensimmäisen derivaatan arvon 0,5 m:n välein, jolloin sivusiirtymät saadaan integroimalla mitatut arvot putken matkalla. /54/ Tuloksena saadaan sivusiirtymän arvot kahtena toisiaan vastaan kohtisuorana komponenttina. Kokonaissivusiirtymän suuruus ja suunta voidaan sen jälkeen määrittää näiden kahden komponentin vektorisummana.

Kuvassa 69 esitetään esimerkkinä pisteen 4068/3 sivusiirtymäkuvaaja sekä päältä että sivulta. Sivusiirtymän suunta ilmaistaan gooneissa siten, että pohjoinen on merkitty nollaksi ja asteluku kasvaa myötäpäivään siirryttäessä. Kuvat esittävät sivusiirtymätilannetta itä-länsi suunnassa ja niistä nähdään, että mittauspiste on siirtynyt länteen eli lahden suuntaan. Kuvan 69 mukaisesti sivusiirtymän suuruus riippuu myös siitä, missä korkeustasossa sivusiirtymä on mitattu. Laaditussa ennusteessa esitetyt sivusiirtymät edustavat sivusiirtymien maksimiarvoja, jotka osuvat lähelle täytön alapinnassa olevaan liejukerrokseen.



Kuva 69 Pisteen 4068/3 sivusiirtymäkuvaaja (vasemmalla) sivulta (oikealla) päältä kuvattuna /15/

Sivusiirtymämittauksilla ohjataan rakentamista turvallisempaan suuntaan ja pienennetään mahdollisesta sortumasta syntyviä vaurioita. Toinen syy sivusiirtymien mittaamiselle on se, että vaikka sortumia ei esiintyisikään, saattavat muodonmuutokset olla niin suuria, että niistä aiheutuu vaurioita rakennuksille. /10/ Esimerkiksi sivusiirtymistä paaluille aiheutuva lisäkuorma saattaa rikkoa paalun ja tästä syystä saattaa joissakin tilanteissa olla perusteltua nostaa kokonaisvarmuuslukua suuremmaksi kuin se olisi pelkästään sortumisvaaran välttämiseksi. Kuvassa 70 esitetään esimerkki tilanteesta, jossa rakennuksen paalujen vaurioituminen on estetty pilaristabiloinnin avulla. Muita keinoja painumavahinkojen ja sivusiirtymien aiheuttaman paalujen nurjahtamisen estämiseksi ovat esim. kevennysrakenteiden, pengerpaalujen tai betonielementtien käyttö rakennuksen sivuilla. /92/ Maahan aiheutuu sivusiirtymiä tavanomaisten penkereiden aiheuttamien kuormitusten lisäksi myös maata syrjäyttävistä työvaiheista. Tällaisia työvaiheita ovat esim. paalujen lyönti maahan tai massanvaihdon tekeminen pohjaantäytöllä. /66/ Paalutus lisäksi nostaa hetkellisesti maan huokospainetta, joka edelleen heikentää maan leikkauslujuutta.



Kuva 70 Sivusiirtymien aiheuttama paalujen nurjahtaminen rakennuksen alla sekä sen estäminen pilaristabiloinnilla /2/

6.6.2 Sivusiirtymäennusteiden laadinta

Sivusiirtymämittausten tuloksina saadaan sivusiirtymä kahtena lukuarvona A ja B, jotka ilmoittavat sivusiirtymän suuruuden toisiaan vastaan kohtisuorissa suunnissa. Vertailupisteeksi otetaan käytännössä ensimmäisellä mittauskerralla saadut arvot, joihin myöhemmin saatuja arvoja verrataan eli mittaukset ovat ns. suhteellisia tuloksia. Kokonaissivusiirtymä lasketaan saatujen erotuskomponenttien vektorisummana kaavan 4 mukaisesti

$$SS_n = \sqrt{(A_1 - A_n)^2 + (B_1 - B_n)^2} \qquad (4)$$

jossa SS_n on sivusiirtymä mittauskerralla n
A_1, B_1 on sivusiirtymän komponentit ensimmäisellä mittauskerralla
A_n, B_n on sivusiirtymän komponentit mittauskerralla n

Konsolidaation sekundaarivaiheen nopeutta voidaan arvioidaan yhtälöllä 3 /53/, jota voidaan soveltaa myös arvioitaessa sivusiirtymien nopeuksia. /54/ Yhtälö 3 on muokattu termien osalta yhtälön 5 muotoon.

$$\frac{dSS(t)}{dt} = v_{0SS}\left[1 - \frac{SS(t)}{SS_f}\right]^n \qquad (5)$$

jossa $SS(t)$ on ajassa t tapahtunut sivusiirtymä
SS_f on lopullinen sivusiirtymä, kun $t \rightarrow \infty$
v_{0SS} on sivusiirtymän alkunopeus

Yhtälön 5 ratkaisuna saadaan sivusiirtymän approksimaatioyhtälö 6, jos n=2.

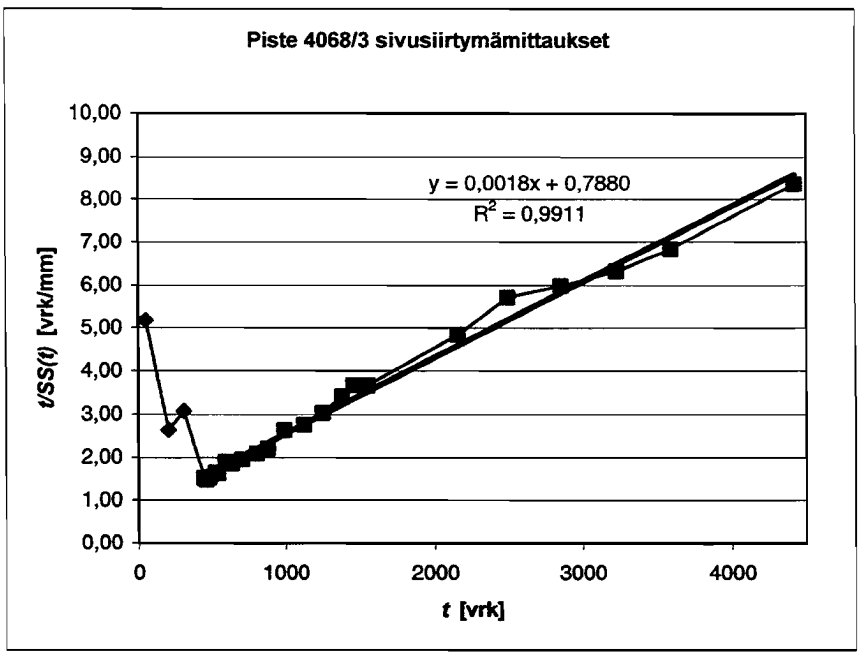
$$SS(t) = \frac{t}{\frac{1}{v_{0SS}} + \frac{t}{SS_f}} = \frac{t}{a + bt} \qquad (6)$$

jossa a on $1/\ v_{0SS}$, sovitussuoran vakiokerroin
b on $t/\ SS_f$, sovitussuoran kulmakerroin

Yhtälö 6 voidaan muokata ristiin kertomalla edelleen yhtälöksi 7, joka esittää suoraa kun piirretään mitatut sivusiirtymätulokset koordinaatistoon, jossa pystyakselilla on *t/S(t)* ja vaaka-akselilla aika *t*.

$$\frac{t}{SS(t)} = a + bt \qquad (7)$$

Kuvassa 71 esitetään sivusiirtymäpisteen 4068/3 kuvaaja ja sille edellä esitetyllä tavalla laskettu sovitussuora yhtälöineen. Nähdään, että mittaustulokset asettuvat hyvin suoralle aivan alkupäätä lukuun ottamatta, joten tehty olettama on oikea. Alkupään pisteissä esiintyy hajontaa, mutta tämä on luonnollista, sillä rakentamisen aikana maahan kohdistuneet kuormat ovat vaihdelleet ja sivusiirtymät eivät ole päässeet etenemään tasaisesti. Ennusteen laadinnassa onkin otettu huomioon vain häntäpään pisteet, jotka näkyvät kuvassa 71 vaaleampina.



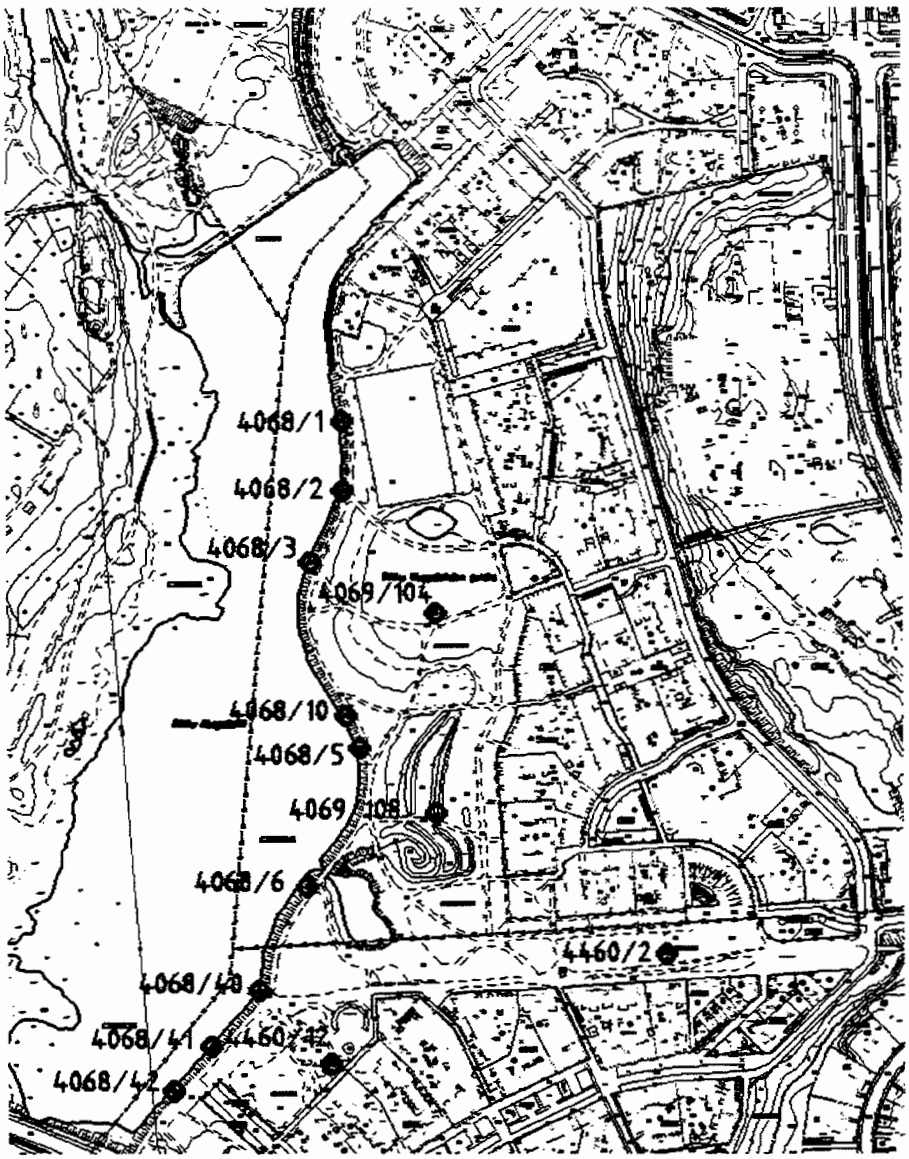
Kuva 71 Pisteen 4068/3 sivusiirtymätulokset ja sovitussuora

Kuvan 71 sovitussuora on laadittu pienimmän neliösumman menetelmällä Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, jolla on laskettu myös sovitussuoran yhtälö. Tässä tapauksessa sovitus on erinomainen, mikä voidaan havaita korrelaatiokertoimen arvosta, joka on hyvin lähellä ykköstä. Sovitussuoran pystyakselin leikkauspiste ja kulmakerroin edustavat kaavan 6 mukaisia arvoja *a* ja *b*. Kaava 6 supistuu edelleen kaavaksi 8, kun aika *t* lähestyy ääretöntä. Sijoittamalla tähän edellä laskettu kerroin *b* saadaan määritettyä lopullisen sivusiirtymän suuruus.

$$SS_f = \frac{1}{b} \tag{8}$$

6.6.3 Mittaustulokset ja laaditut ennusteet

Pikku-Huopalahdessa sivusiirtymämittareita on asetettu etenkin ranta- ja torialueelle, joissa vakavuus lähtötilassa on ollut liian pieni suunnitellulle rakentamiselle. Sivusiirtymämittauksilla on näissä kohteissa varmistettu rakenteen asianmukainen toiminta etenkin rakentamisen aikana. Useimmissa sivusiirtymientarkkailupisteissä tarkkailua onkin suoritettu vain rakentamisen aikana tai vähän aikaa sen jälkeen. Pidempiaikaisia mittauksia on kuitenkin suoritettu etenkin stabiloidulla rantavyöhykkeellä, jossa mittauksia on jatkettu vuoteen 2000 asti. Tämän työn yhteydessä on vuoden 2002 syksyllä laadittu tutkimusohjelma sivusiirtymämittausten ajantasaistamiseksi, siltä osin kuin mittarit vielä ovat käyttökelpoisessa kunnossa. Tutkimuksessa ja aiemmissa mittauksissa saatujen tulosten /15/ perusteella on laadittu ennusteet lopullisille sivusiirtymille Pikku-Huopalahden ranta- ja puistoalueella. Kuvassa 72 esitetään niiden pisteiden sijainti ja tunnukset, joista sivusiirtymäennusteet edellä esitetyllä menetelmällä on laadittu.



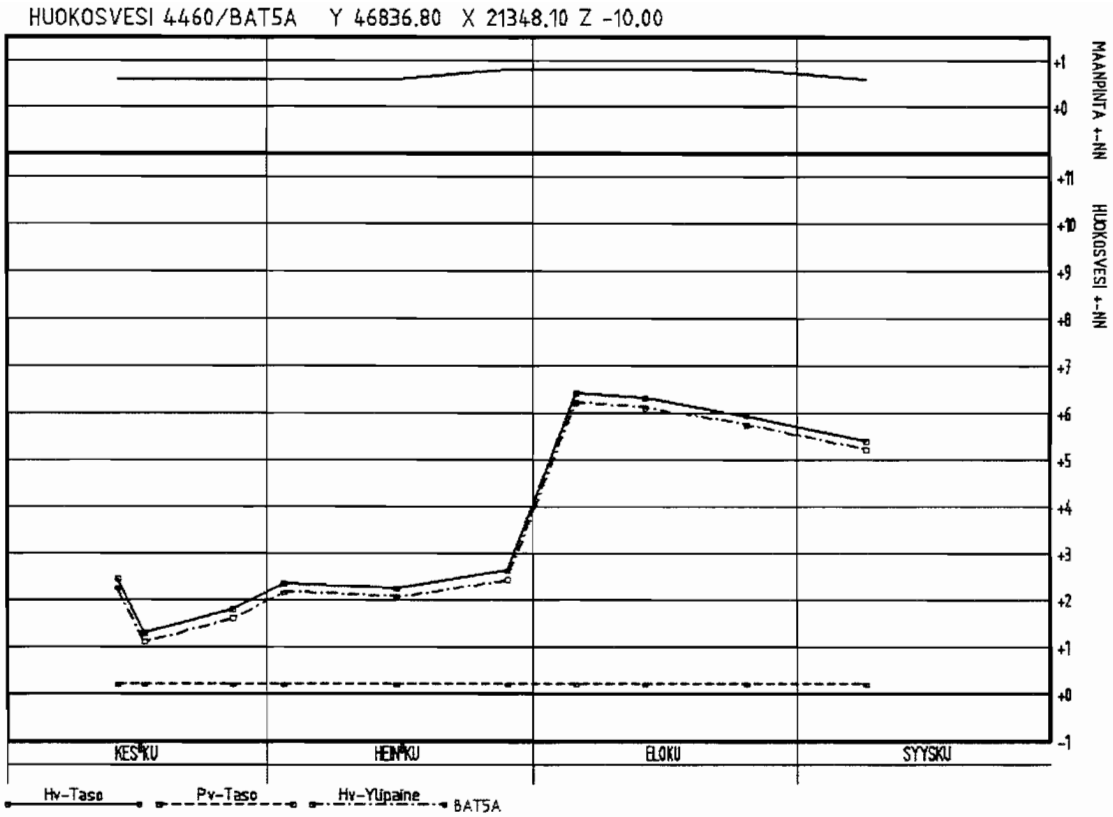
Kuva 72 Sivusiirtymämittareiden sijainnit ja tunnukset, joista sivusiirtymäennusteet on laadittu./15/

Taulukkoon 3 on koottu yhteen tiedot laadituista ennusteista. Sovitussuorien kuvaajat esitetään liitteessä B. Ennusteiden luotettavuuden kuvaamiseksi on taulukkoon otettu mukaan korrelaatiokerroin, joka kuvaa ennustesuoran sovituksen ja käytetyn laskentamallin soveltuvuutta lähtödataan. Mitä lähempänä ykköstä arvo on sitä parempi sovitus on kyseessä. Yli 0,90 menevien arvojen kohdalla sovitusta voidaan pitää hyvänä, muihin tuloksiin on syytä suhteutua jonkinasteisella varauksella. Viimeinen sarake ilmoittaa, kuinka suuri osuus sivusiirtymästä on ennusteen mukaan vielä tapahtumatta 1.1.2003.

Taulukko 3 Sivusiirtymämittaustulokset ja laaditut ennusteet korrelaatiokertoimineen Pikku-Huopalahden ranta-alueen mittauspisteissä 1.1.2003.

Mittauspisteen tunnus	Viimeisin mittaus [pvm]	Viimeisin mittaus sivusiirtymätulos [mm]	Ennustettu sivusiirtymä 1.1.2003 [mm]	Ennustettu sivusiirtymä lopullinen [mm]	Sovituksen korrelaatiokerroin [R^2-arvo]	Sivusiirtymästä jäljellä 1.1.2003 [mm]
4068/1	11.6.1999	805	828	877	0,99	49
4068/2	6.6.2000	640	633	719	0,99	86
4068/3	16.9.2002	526	516	567	0,99	51
4068/10	17.9.2000	358	349	471	0,98	122
4068/5	10.6.1999	268	260	295	0,98	35
4068/6	17.9.2002	73	74	81	0,95	7
4069/104	1.7.1996	38	31	33	0,76	2
4068/108	17.9.2000	61	60	69	0,88	9
4460/2	9.6.1999	101	100	104	0,97	4
4068/40	9.6.2000	9	10	10	0,78	0
4068/41	9.6.2000	69	58	73	0,37	15
4068/42	9.6.2000	12	10	11	0,54	1
4460/12	17.9.2002	22	15	19	0,79	4

Tilkankadun alueen rantavyöhykkeellä sivusiirtymistä on jäljellä noin 10 prosenttia. Poikkeuksena on vain piste 4068/10, jossa sivusiirtymiä on jäljellä vielä noin neljännes. Lahden ja Tilkankadun välissä olevan puistoalueen pisteissä, sekä Paciuksenkadun alueen ja Tilkankadun alueen välissä sivusiirtymät ovat hyvin pieniä eli alle 10 mm, joten tällä alueella ei siirtymiä käytännössä enää tapahdu. Paciuksen rantavyöhykkeellä tehty pilarointi on ollut massiivisempaa kuin muualla rantavyöhykkeellä ja siellä sivusiirtymät ovat olleet odotetusti pienempiä kuin pohjoisosissa. Vain pisteessä 4068/41 on havaittu hieman isompia sivusiirtymiä, joskaan nekään eivät ole olleet kovin suuria. Kaikki tämän alueen sivusiirtymät ovat käytännössä pysähtyneet. Epäsäännöllisyys sivusiirtymämittaustuloksissa ja sitä kautta melko huonot sovituksen korrelaatiokertoimen arvot tämän alueen mittauspisteiden kuvaajissa ovat aiheutuneet vuoden 1996 kesällä Paciuksenkadun alueella toteutetusta laajasta pengerpaalutuksesta, joka tehtiin leveänä rintamana etelästä pohjoiseen. Paalutuksen seurauksena sivusiirtymät ovat kasvaneet nopeasti etenkin pisteessä 4460/12, jossa mittaukset on aloitettu vuonna 1996 ja joka sijaitsee aivan paalutetun alueen reunassa. Vaikutukset ulottuvat myös mittauspisteisiin 4068/40, 4068/41, 4068/42. Alueen huokospaineen ovat kohonneet paalutuksen aikana, kuten esitetään mittauspisteen 4460/BAT5A huokospainetuloksissa kuvassa 73.



Kuva 73 Mittauspisteen 4460/BAT5A huokospaineiden kehittyminen Paciuksenkadun alueen paalutuksen yhteydessä vuonna 1996

6.7 Esirakentamisen taloudellinen onnistuminen

6.7.1 Taloudelliset lähtökohdat esirakentamiselle

Pikku-Huopalahden raakamaan arvo esirakentamattomana oli n. 100 mk/m^2 eli alueen sijaintiin nähden hyvin alhainen. Esirakentamisen kustannukset vaihtelivat välillä n. 250-1000 mk/m^2. Kun tonttimaan hinnaksi voidaan arvioida vuoden 1986 tasossa noin 1600 mk/m^2, oli esirakentamiselle mahdollisuus nostaa kaupungin omistaman alueen arvoa suoraan n. 500-1250 mk/m^2. /54/,/74/ Arvonnoususta saatavan hyödyn kaupunki voi tulouttaa joko vuokraamalla tai myymällä tontteja rakennuttajille.

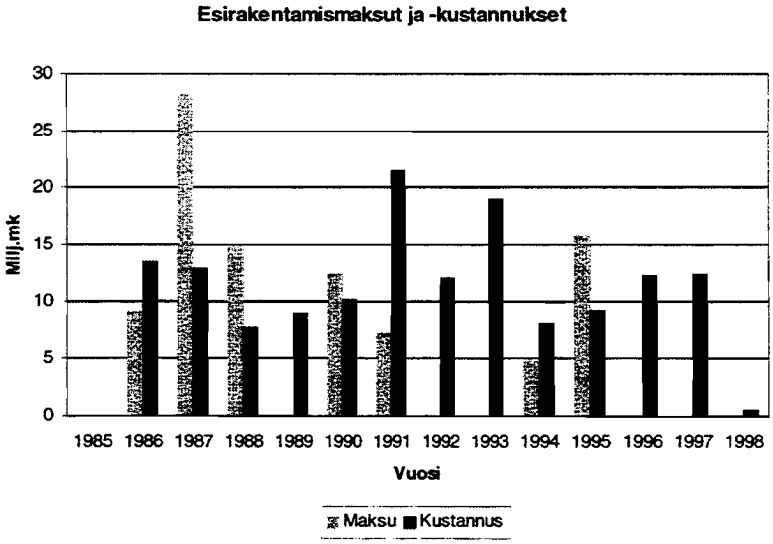
6.7.2 Esirakentamismaksut ja -kustannukset

Koska Helsingin kaupunki oli maanomistajana miltei koko alueella, oli Pikku-Huopalahden kaavoittamisella ja esirakentamisella suuri merkitys kaupungin taloudelle maan myynti- ja vuokratulojen muodossa. Taloudellisimmaksi keinoksi alueen rakentamiseksi havaittiin kaupungin toimesta toteutettu esirakentaminen. Kaupungin pääomia ei kuitenkaan haluttu sitoa hankkeeseen ja esirakentaminen haluttiin maksattaa tonttien rakennuttajilla, joten rahoitus päätettiin järjestää tontinvaraussopimuksilla. /65/ Tontinvaraussopimukseen oli liitetty ehto ns. esirakentamismaksusta, jonka tontin tuleva rakennuttaja joutui tontin vuokrauksen yhteydessä maksamaan kaupungille tontin rakennusoikeuden mukaan. Esirakentamismaksun suuruus oli vuoden 1986 hintatasossa 300 mk/kem^2 ja tontit oli jaettu perustamisolosuhteiden mukaisesti kahteen luokkaan: /80/

- Tontit, joilla ei tarvita paalutusta sekä tontit, joilla keskimääräinen ennakoitu paalupituus on alle 10 m. Näillä esirakentamismaksu maksetaan täysimääräisenä eli 300 mk/kem^2.

- Tontit, joilla paalupituus on yli 10 m, esirakentamismaksu on 25 % alempi eli 225 mk/kem^2.

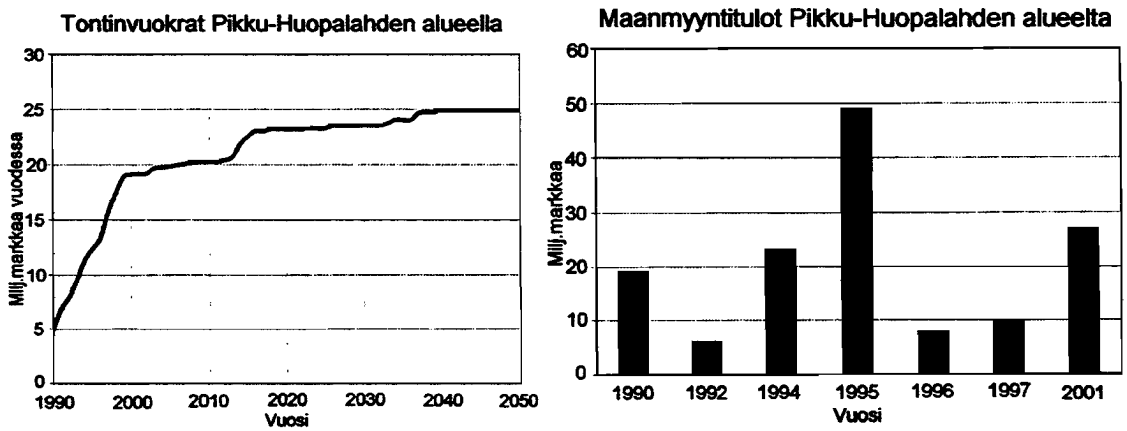
Esirakentamismaksu tuli maksettavaksi pääsääntöisesti noin kaksi vuotta ennen ohjelmoitua rakennustöiden aloittamista, vastaten näin kustannusten syntyhetkeä. Esirakentamismaksujen ja –kustannusten ajallinen jakautuminen Pikku-Huopalahden esirakentamisen aikana esitetään kuvassa 74. Yhteensä tonttimaa tuotti esirakentamismaksuja 92 Mmk ja vastaavasti esirakentamiskustannuksia syntyi noin 148 Mmk. Tämän lisäksi kaupunki investoi noin 103 Mmk kunnallistekniikan rakentamiseen. /65/



Kuva 74 Pikku-Huopalahden esirakentamismaksut ja –kustannukset vuosina 1986-1998 /65/

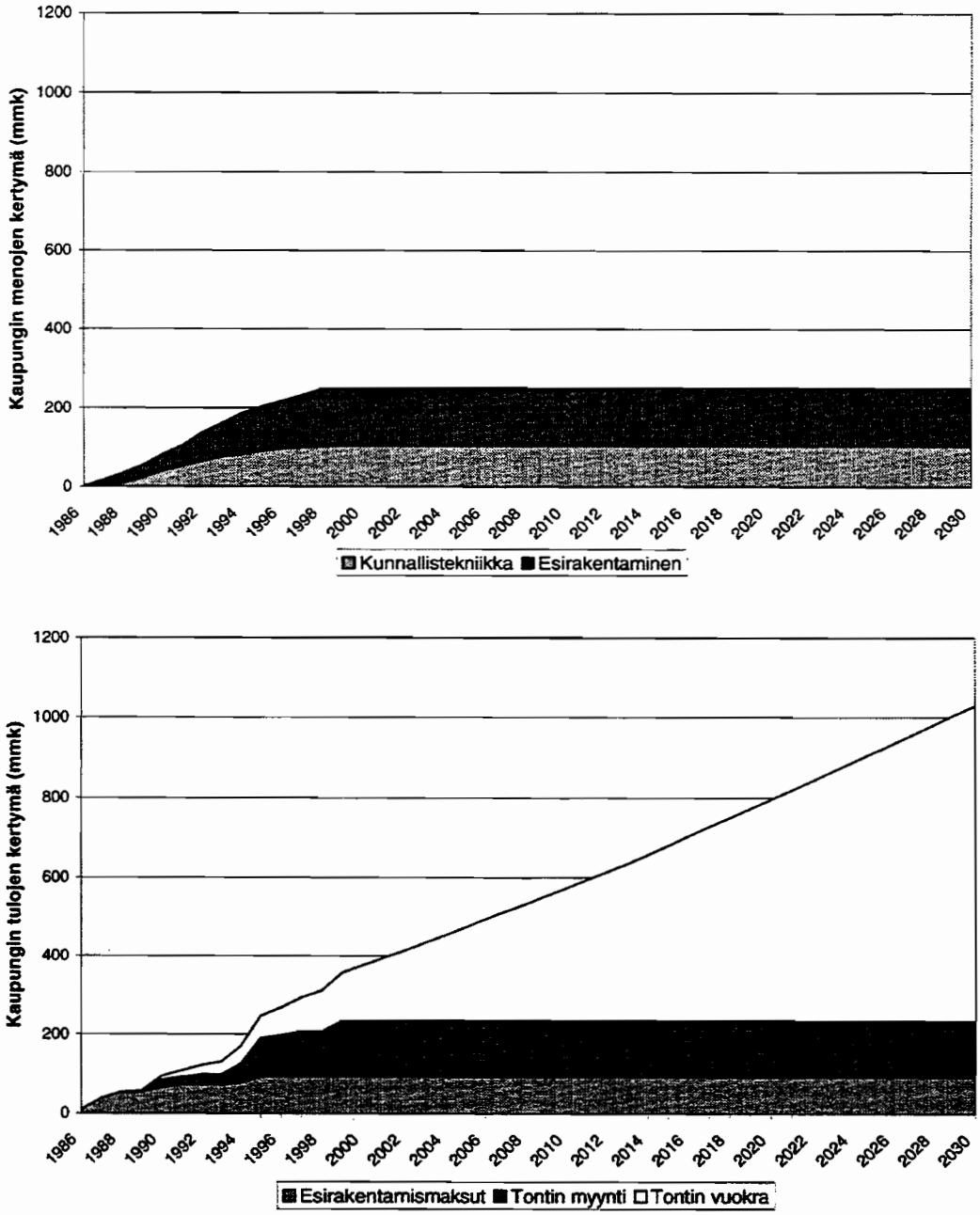
6.7.3 Tonttien vuokra- ja myyntitulot

Tontinvuokratuloja alkoi kertyä Helsingin kaupungilla vuodesta 1988 lähtien ja ne kasvavat vuoteen 2040 asti, jolloin vuokrien alennusperusteet lakkaavat vaikuttamasta. Laskelmassa ei ole otettu huomioon elinkustannusindeksin nousemista. Ensimmäinen maan myynnistä saatu tulo osui Helsingin kaupungille vuonna 1990. Viimeinen rakentamaton tontti myytiin vuonna 2001. Tontinmyynneistä on saatu tuloja yhteensä 142 miljoonaa markkaa. /65/ Edellä mainittujen tulojen kehittyminen esitetään kuvassa 75.



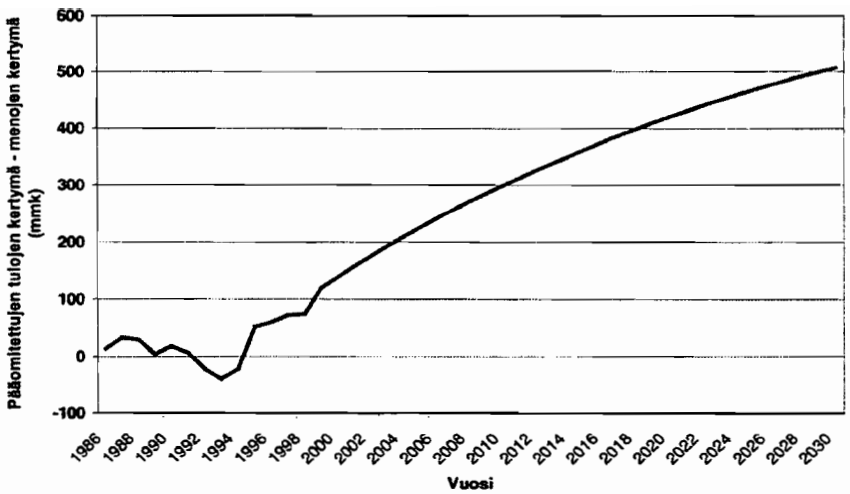
Kuva 75 Pikku-Huopalahden tonttivuokrien kehittyminen v. 1990-2050 (vasemmalla) sekä maanmyyntitulot v. 1990-2001 (oikealla) /65/

Kuvassa 76 esitetään Pikku-Huopalahden esirakentamisesta aiheutuneet kokonaistulot ja –menot Helsingin kaupungille.



Kuva 76 Esirakentamismenojen (yllä) ja esirakentamistulojen (alla) kertymä vuosina 1986-2030 /65/

Kuvaan 77 on koottu menojen ja tulojen kertymä vuoden 1986 jälkeen. Kuvasta nähdään, että vuoden 1994 jälkeen Pikku-Huopalahden esirakentamisprojektin tuottamat tulot ovat olleet menoja suuremmat eli projekti on tullut voitolliseksi. Kertymä on laskettu vuoden 2000 tasolla neljän prosentin korkokannalla./65/ Kaupungin kannalta Pikku-Huopalahti on taloudellisessa mielessä onnistunut hyvin. Hankkeen taloudellista onnistumista lisää edelleen se, että laskelma ei ota huomioon muita välillisiä hyötyjä, kuten työmatkojen lyhenemisestä aiheutuvia säästöjä aluerakenteen tiivistyessä, eikä uusien työpaikkojen syntymisestä kaupungille tulevia verotuloja.



Kuva 77 Pikku-Huopalahden rakentamisesta aiheutuneiden tulojen ja menojen erotus vuosina 1986-2030 /65/

7. ONGELMAT PIKKU-HUOPALAHDESSA

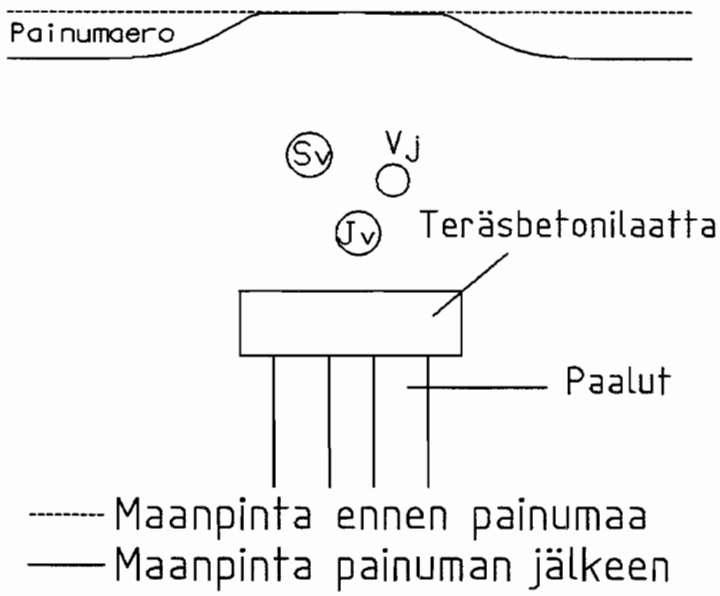
7.1 Yleistä Pikku-Huopalahden painumaongelmista

Ongelmat Pikku-Huopalahden alueella ovat seurausta etenkin painumaeroista ja niiden suuruudesta. Ongelmien yhteydessä esitetyt painumaerot perustuvat valokuvasta tehtyyn arvioon tai maastossa tehtyyn mittaukseen. Painumaeron lisäksi useimmissa tapauksissa on myös mainittu esirakentamisen jälkeisen painuman suuruus kuvan 68 alueellisen painumaennusteen mukaisesti. Ennustettu painuma edustaa nykyhetken tilannetta kohtuullisesti, sillä suurin osa painumasta on ehtinyt jo tapahtua, koska rakentamisesta on kulunut jo liki kymmenen vuotta. Esitetty alueellinen painumaennuste ja pistekohtaiset arvioidut tai mitatut painumatulokset saattavat poiketa melko suurestikin toisistaan, kuten voidaan havaita painumaeron ja alueellisen painumaennusteen poikkeamista. Ongelmakohtien sijainnit esitetään karttaliitteessä D.

7.2 Paalutetut putkijohtolinjat

Ongelma

Kuvassa 78 esitetään periaatekuva paalutuksen varaan rakennetusta putkijohtolinjasta painuvalla maalla sekä painumavaurion syntyminen.



Kuva 78 Paalutetun putkijohtolinjan viereen syntyvän painumaeron periaatekuva

Paalutetulla laatalla perustetut putkijohdot eivät painu, joten laatan reunalle muodostuu painumaero, joka vastaa laatan ulkopuolisen alueen painumaa ja riippuu siten alueelle asetetuista painumarajoista. Jyrkkä muodonmuutos laatan reunan yläpuolella aiheuttaa asfalttipäällysteeseen halkeamia ja pihakiveyksiin hammastuksia. Yleensä painumaerokohdassa vesi pääsee rakenteisiin ja halkeamiin ja jäätyy siellä, jolloin vaurion eteneminen kiihtyy entisestään. Lisäksi muuta aluetta korkeammalla oleva putkijohtoharjanne saattaa myös muodostua vedenjakajaksi alueella ja siten heikentää suunnitellun kuivatuksen toimivuutta. Seurauksena on mm. lammikoitumista ja veden kulkeutumista rakenteisiin. Syntyvästä kummusta aiheutuu tietysti myös esteettistä haittaa samalla, kun se vaikeuttaa liikennettä ja huoltotöitä alueella. Painu-

maeron haitallisuus riippuu paljolti alueen käytöstä ja esim. puistoissa suuretkaan painumaerot eivät juurikaan aiheuta mitään ongelmia.

Esimerkkejä paalutettujen putkijohtolinjojen ongelmista

Kuvassa 79 esitetään painumaongelma paalutetulta putkilinjalta Kytösuontien alueella.

Kuva 79 Piste 1 (x,y=22516,46940). Paaluilla perustettu putkijohtolinja alittaa kevyenliikenteenväylän ja puiston. Painumaero kummun huipun ja kevyenliikenteenväylän välillä on n. 300 mm ja alueellinen painumaennuste n. 300-400 mm.

Kuten nähdään, aiheutuu painumaerosta melkoinen esteettinen ja liikenteellinen haitta kevyelle liikenteelle ja talvikunnossapidolle. Laatan toisella reunalla on syntynyt laatan suuntainen halkeama päällysteeseen, koska päällyste ei ole kyennyt mukautumaan näin suureen muodonmuutokseen. Kuvassa 80 samainen putkijohtolinja alittaa reunakiveyksen aiheuttaen vastaavasti kivien kallistumisen. Painumaero on tässä kohtaa edellistä selvästi pienempi, koska kohta sijaitsee esirakennetulla alueella, kun taas edellisessä kuvassa se on puistoalueella, jota ei ole esirakennettu.

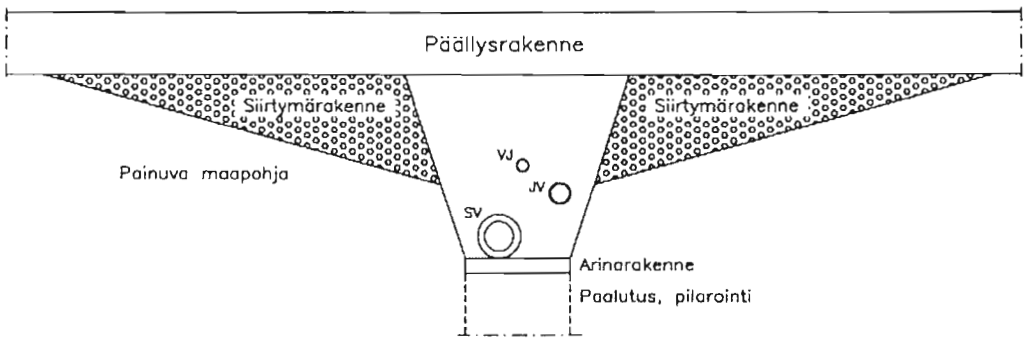
Kuva 80 Piste 2 (x,y=22515,46961). Kuvan putkijohtolinja tonttialueella reunakiveysten kohdalla. Painumaero katukiveyksen matkalla on n. 80 mm.

Kuvassa 81 esitetään toinen aluetta halkaiseva putkijohtolinja. Ongelma on samankaltainen kuin edellä, mutta painumaero hieman pienempi. Kuitenkin asfaltti on myös tässä kohtaa halkeillut laatan reunoilla ja alueelle on muodostunut selvä kohouma.

Kuva 81 Piste 3 (x,y=21873,46919). Paalutettu putkijohtolinja pysäköintialueen reunalla ajoneuvojen kääntöalueella. Painumaero putkijohdon ja arvioidun pihan tasauksen välillä on n. 200 mm ja alueellinen painumaennuste on n. 200 mm.

Ratkaisuja paalutettujen putkijohtolinjojen ongelmiin

Paalutettujen putkijohtojen aiheuttamia ongelmia voidaan välttää joko sijoittamalla putkijohdot siten, että painumaerosta on mahdollisimman vähän haittaa tai sitten painumaeroa tulee pienentää. Edellinen on mahdollista mm. sijoittamalla putkijohdot puistoalueelle, jolloin syntyvästä painumaerosta ei juurikaan ole haittaa. Tonttialueille putkijohdot tulisi sijoittaa siten, että ne ovat mahdollisimman sivussa liikenteellisesti ja ne eivät saisi halkaise aluetta kuivatussuuntaan nähden poikittain, jolloin veden kulkeutuminen kaivoihin estyy. Kuvan 81 tilanteessa putkijohtolinja on sijoitettu oikein, sillä autot joutuvat ajamaan mahdollisimman vähän kohouman ylitse ja pihan kallistukset kaivoon toimivat edelleen hyvin. Painumaeroa on järkevää pienentää, jos putkijohdon sijainti on jo huolellisesti mietitty, mutta painumaeroja on silti odotettavissa. Painumaeroa voidaan pienentää tiukemmilla painumarajoilla tai käyttämällä erilaisia siirtymärakenteita kuten kevytsorakevennyksiä tai pilaristabilointia, kuten esitetään kuvassa 82.

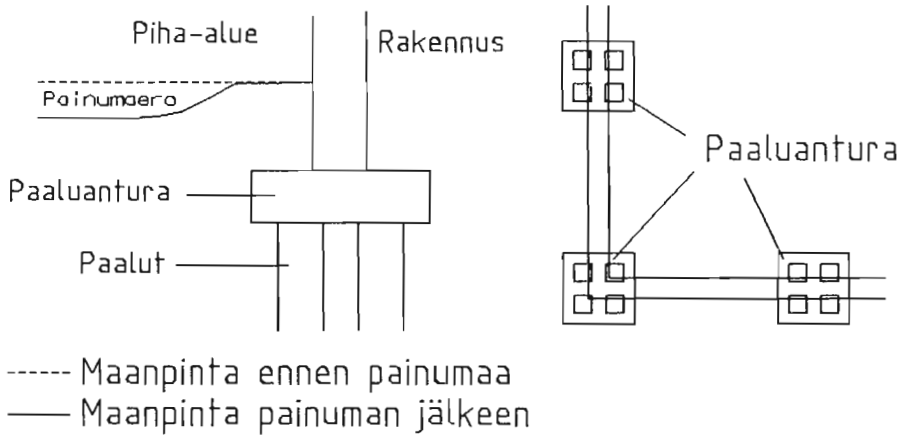


Kuva 82 Paalutetun putkijohtolinjan ja piha-alueen painumaeron pienentämiseksi käytettävä siirtymärakenne /90/

7.3 Paalutettujen rakenteiden vierustat

Ongelma

Kuvassa 83 esitetään painumaeron syntymisen periaatekuva paaluille perustetun rakennuksen vierelle. Paalutetun rakennuksen ulkopuolella oleva maa painuu kuvan mukaisesti, kun taas paaluanturat muodostavat kohdan, jossa painumaa ei tapahdu. Seurauksena on piha-alueen painumaa vastaava painumaero. Rakennuksen viereen syntyy siis paikoittaisia kohoumia tai pidempi yhtenäinen linja riippuen siitä, onko paaluantura yhtenäinen vai koostuuko se kuvan mukaisesti useista erillisistä osista. Myös kohdissa, joissa ei ole paaluanturaa syntyy jonkinasteinen painumaeroa, sillä seinälinja itsessäänkin vastustaa maan painumista aivan seinän vieressä. Tuloksena on tällöin hieman kuvasta 83 poikkeava painumaviiva, jossa painumaero alkaa kasvaa heti seinälinjan ulkopinnasta ollen samalla hieman loivapiirteisempi. Rakennusten vierustoille syntyvät pienet painumaerot ovat kaikkein tyypillisimpiä ongelmia Pikku-Huopalahden alueella. Ongelmien synty on ollut tiedossa jo suunnittelun alkuvaiheessa, kun painumarajoja alueelle on asetettu. Vaikka tällaiset vauriot ovat yleisiä niin niistä aiheutuvat haitat ovat lähinnä esteettisiä. Esim. tästä ovat halkeamat päällysterakenteessa tai irtoilleet betonikivet. Ääritapauksissa näistä saattaa aiheutua haittaa myös liikkumiselle.



Kuva 83 Periaatekuva painumaerosta paalutetun rakennuksen vierellä

Esimerkkejä paalutettujen rakennusten vierustojen ongelmista

Seuraavassa on kuvattu erilaisia painumavaurioita rakennusten vierustoilta. Kuvassa 84 maa on painunut anturalinjojen välissä ja poispäin seinästä ja siitä on ollut seurauksena pienet kohoumat päällysteessä.

Kuva 84 Piste 4 (x,y=22129,46986). Pilareille asti ulottuvat paalulaatat, joiden välinen maa painuu. Painumaero kumpujen huippujen puolivälissä on n. 60 mm ja alueellinen painumaennuste n. 100 mm.

Kuvassa 85 rakennuksen koko sivu on painunut lukuun ottamatta aivan rakennuksen vierustaa. Kävelyluiskan keskiosa on jäänyt ilmaan roikkumaan maan painuessa luiskan alla. Haitta on lähinnä esteettinen.

Kuva 85 Piste 5 (x,y=218045,46972). Talon edustan painumaeron aiheuttamia vaurioita. Painumaero seinän ja piha-alueen välillä on n. 160 mm ja alueellinen painumaennuste n. 300 mm.

Kuvassa 86 esitetään autotallin vierustan painumia, jossa betonikivet ovat voimakkaasti kääntyneet painuman seurauksena. Painumaeron ollessa näin suuri se estää liikkumisen rakennuksen sivulla. Kuten nähdään, voi paikallinen mitattu painuma ylittää alueellisen ennusteen painuma-arvon.

A

B

Kuva 86 Piste 6 (x,y=21762,47018). Autokatoksen vierustan painumavaurioita. Painumaero on katoksen vierustan ja pihan välillä on n. 250 mm ja alueellinen painumaennuste n. 200 mm.

Kuvassa 87 esitetään autotalli, jossa päällyste on painuman vuoksi halkeillut tallin sisäpuolella ja autotallin lattia on selvästi kallistunut. Kallistuma haittaa selvästi liikennettä talliin ja sieltä ulos. Huomattavaa on myös se, että tallin vasen sivu vaikuttaa melko moitteettomalta vaikka painuma toisella puolella on yhtä suuri. Tästä nähdään se, että sorapäällysteinen alue pysyy paremmassa kunnossa painuvalla alueella ja samalla korjaustyön tekeminen on helpompaa.

Kuva 87 Piste 6 (x,y=21762,47018). Autotallin sisäpuolen painumavaurioita. Painumaero seinän ja autotallin sisäpuolen välillä on n. 180 mm ja alueellinen painumaennuste n. 200 mm.

Kuvassa 88 esitetään melko lievä painumaongelma rakennuksen ulko-oven kulmalla. Tässäkin käytännön haitta esim. liikenteelle on melko olematon.

Kuva 88 Piste 8 (x,y=21989,46921). Painumaero ulko-oven edessä talon nurkalla on n. 80 mm ja alueellinen painumaennuste n. 150 mm.

Ratkaisuja paalutettujen rakennusten vierustojen ongelmiin

Em. painumaeroja on hankala poistaa kokonaan, koska tällöin koko maa-alue jouduttaisiin rakentamaan painumattomaksi esim. pengerpaalutuksella. Koska painumista aiheutuva haitta on kuitenkin yleensä vähäinen verrattuna kustannussäästöihin, jotka saadaan jättämällä alue paaluttamatta, on erilaisten sallittujen painumarajojen asettaminen järkevää. Kohdattujen ongelmien suuruus alueella vaihtelee olemattomasta aina selviin ongelmiin. Ongelmat voidaan poistaa tai niitä voidaan lievittää joko painumarajoja tiukentamalla tai rakentamalla enemmän siirtymärakenteita rakenteiden vierustoille. Siirtymärakenteiden käyttö etenkin ovien ja muiden tärkeimpien ja näkyvimpien kulkuväylien kohdalla olisi järkevää.

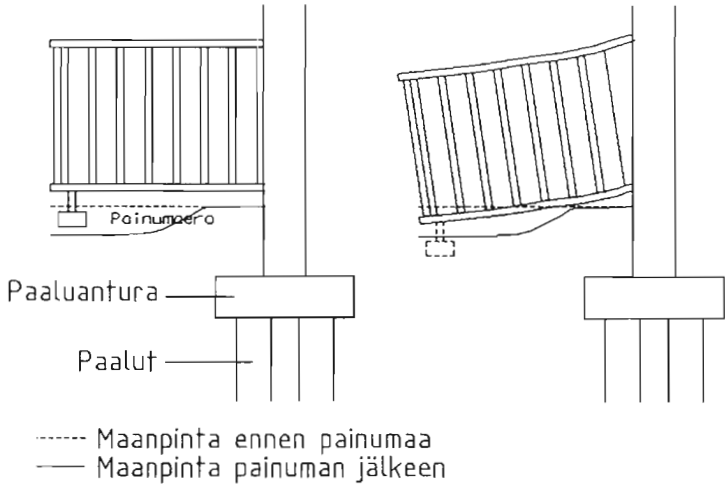
Useimmat vauriot ovat kuitenkin helposti korjattavissa jälkipainumien tapahduttua, joten tiettyjen vaurioiden hyväksyminen ja korjaaminen jälkikäteen tullee halvemmaksi kuin yrittää estää niitä kokonaan. Pihat voitaisiin esim. jättää sorapinnalle muutamaksi vuodeksi alueen valmistumisen jälkeen ja päällystää vasta sitten. Tästä aiheu-

tuu tietysti hieman lisäkuormaa, joka saattaa aiheuttaa taas lisäpainumaa, mutta suurin osa painumista olisi kuitenkin ehtinyt tapahtua. Sorapintaisilla alueilla painumia ei juurikaan voinut havaita.

7.4 Paalutettuun rakenteeseen kiinnitetyt painuvat rakenteet

Ongelmatyyppi 1

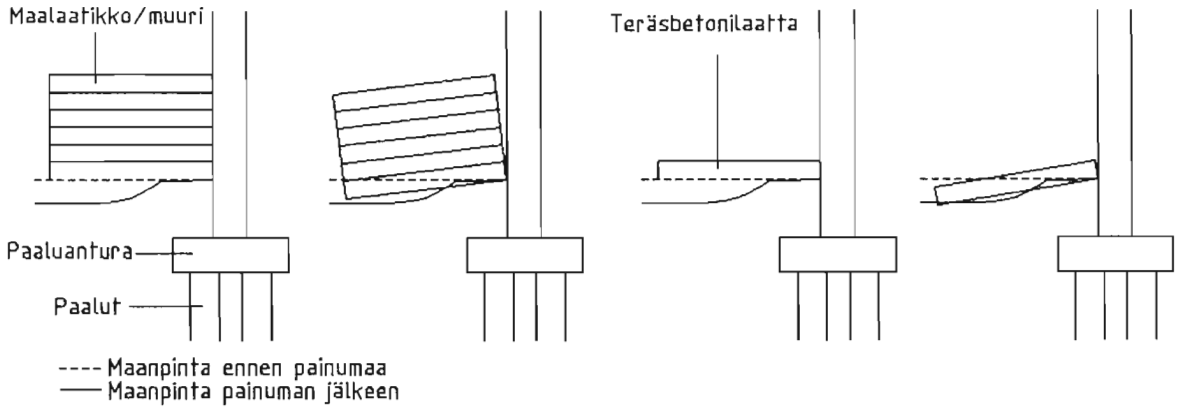
Kuvassa 89 esitetään periaateleikkaus rakenteesta, jonka toinen pää on kiinni paalutetussa rakenteessa ja toinen painuvalla maalla. Ongelmakohtia ovat siis esim. talojen seiniin kiinnitetyt kevyet aidat ja kehikot. Aita on kiinnitetty paalutetun rakennukset seinään ja toinen pää on perustettu maan varaan. Maan painuessa aidan ulommainen pää seuraa mukana ja aitaan syntyy kulmakiertymiä, jolloin on odotettavissa kaksi vaihtoehtoa. 1) Jos aidan ja seinän välinen kiinnitys ovat kyllin vahva kestämään painuman aiheuttamat lisäkuormat aita muuttaa vain muotoaan ja kallistuu vinoksi. 2) Jos kiinnitys tai aita eivät kestä rasitusta, niin seurauksena on aidan, kiinnityksen tai molempien murtuminen. Tämänkaltaiset ongelmat ovat rahallisesti melko merkityksettömiä ja vaikuttavatkin lähinnä asuinalueen viihtyisyyteen ja yleisilmeeseen.



Kuva 89 Periaatekuva paalutettuun rakenteeseen yläpäästään kiinnitetystä kevyestä rakenteesta, jonka toinen pää on painuvalla maalla

Ongelmatyyppi 2

Kuvassa 90 esitetään toinen hyvin samankaltainen ongelma. Tilanne eroaa edellisestä vain siinä, että rakenne ei varsinaisesti ole kiinni paalutetussa rakenteessa. Ongelma syntyy koska rakennuksen sivulla ja anturalaatan päällä maa ei painu yhtä paljon kuin kauempana rakennuksesta, jolloin syntyy painumaero näiden kahden pisteen välille. Syntyy tilanne, jossa rakenne käyttäytyy kuin sen seinänpuoleinen alaosa olisi kiinnitetty seinään. Tällaisia tilanteita esiintyy esim. muurien ja maalaatikoiden sekä ovien eteen rakennettujen betonilaattojen yhteydessä silloin kuin niitä ei ole paalutettu. Nämä ongelmat ovat edellisiä hankalampia, koska ongelmien korjaaminen on vaikeampaa ja kalliimpaa. Etenkin laattojen kyseessä ollen painumasta aiheutuu lisäksi haittaa myös liikkumiselle.



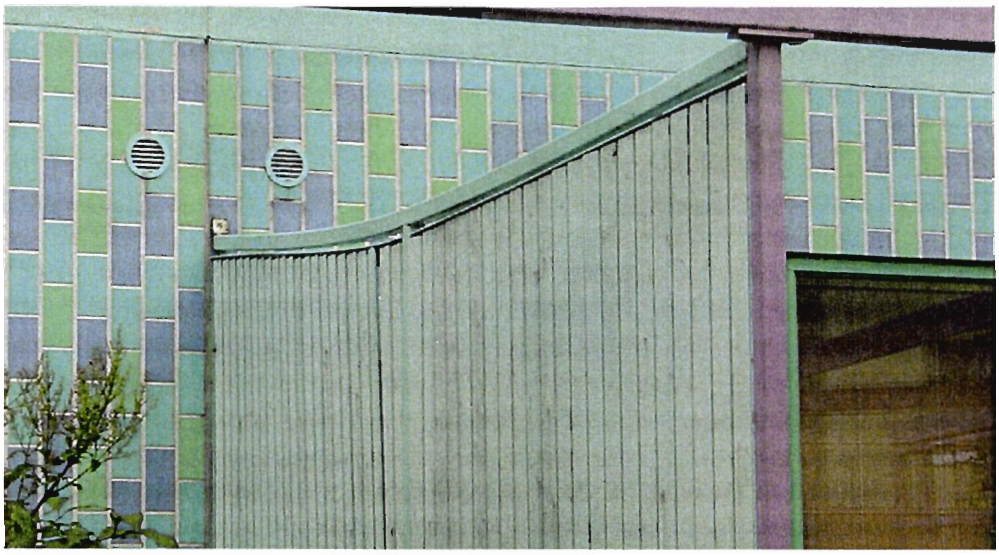
Kuva 90 Periaatekuva raskaammasta rakenteesta, jonka alapään voidaan ajatella olevan kiinnitetty paalutettuun rakenteeseen

Ongelmatyypin 1 esimerkkejä Pikku-Huopalahdesta

Seuraavissa kuvissa esitetään keveiden rakenteiden kiinnityksiä rakennuksiin ja painumisesta niille aiheutuneita vaurioita. Kuvassa 91 on kaksiosainen aita, joka keskiosaltaan painunut selvästi eniten. Tällainen haitta on lähinnä visuaalinen ja siten melko vähäinen. Kyseiseen kohtaan on lisäksi tehty kevytsorakevennys, joka selittää alueellisen painumaennusteen ja painumaeron suurta poikkeamaa. Kevennysrakenne on siis toiminut melko hyvin.

Kuva 91 Piste 9 (x,y=22420,46954). Kahdesta kohtaa taipunut aita. Painumaero aidan keskikohdalla on n. 100 mm ja alueellinen painumaennuste n. 300 mm.

Kuvassa 92 on hieman samankaltainen tilanne kuin edellä, mutta nyt on kyseessä metallinen kehikko, johon aita on kiinnitetty. Samoin kuin puuaita myös metallikehikot taipuvat, sillä ne on suunniteltu tukemaan eikä kannattamaan rakennetta.

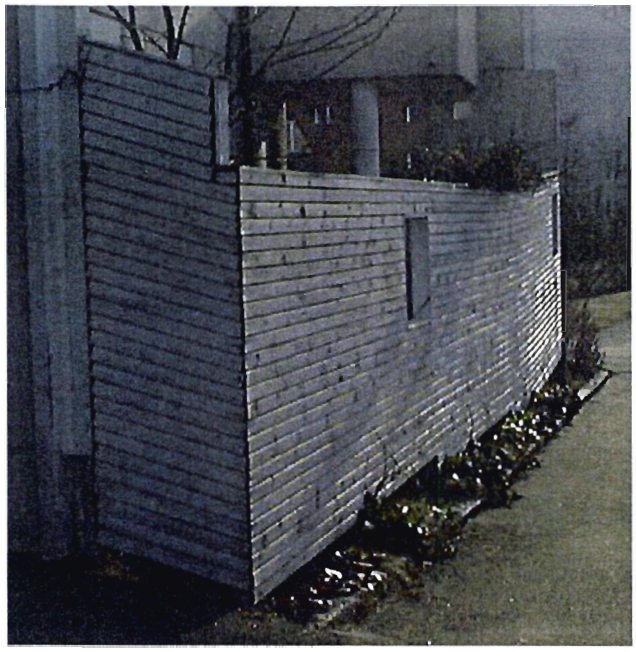


Kuva 92 Piste 10 (x,y=21630,47036). Aidan metallirunko taipunut keskikohdaltaan mutkalle. Alueellinen painumaennuste on n. 200 mm.

Kuvassa 93 on jälleen puuaita kiinnitetty seinään. Melko suuren painuman vuoksi aidan kiinnityskohtaa seinässä on jo laskettu alaspäin aidan rikkoontumisen välttämiseksi.

Kuva 93 Pisteessä 11 (x,y=21507,46956). Aita aaltoilee painumaeron seurauksena. Arvioitu painumaero seinän ja aidan nurkkapisteen välillä on n. 160 mm ja alueellinen painumaennuste n. 100 mm.

Kuvassa 94 on kahdesta päästä rakennukseen kiinnitetty painuva aita, joka on keskiosalta tuettu maahan. Kuvassa 95 on aita, jonka toinen pää on kiinnitetty laattaan mutta laatan painuessa aita kiertyy laatan mukana.



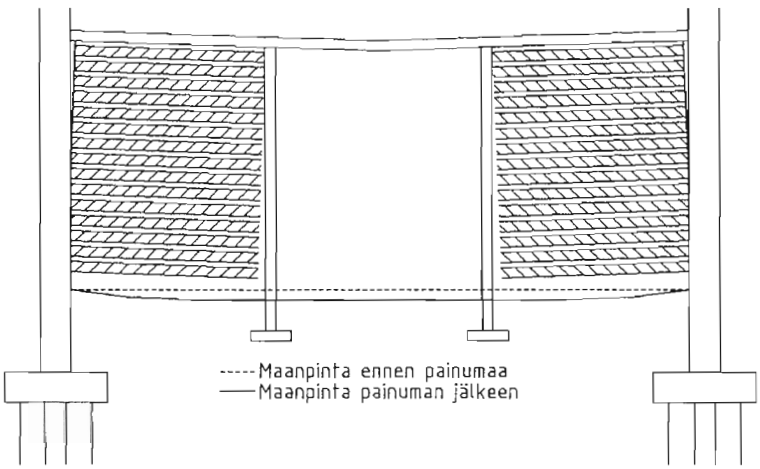
Kuva 94 Piste 12 (x,y=22434,46881). Aidan nurkkapiste vajonnut selvästi. Painumaero seinän ja aidan nurkkapisteen välillä on n. 180 mm ja alueellinen painumaennuste n. 400 mm.

Kuva 95 Piste 13 (x,y=21960,46850). Aita irronnut seinästä alapään painuman seurauksena. Painumaero alapään ja seinän välillä on n. 50 mm ja alueellinen painumaennuste n. 100...200 mm.

Kuvassa 96 esitetään periaatteessa samantyyppinen ongelma, mutta nyt aita on kiinnitetty kahdesta päästä rakennusten seiniin ja rakenne selvästi raskaampi. Aitarakenne on keskeltä tuettu painuvaan maapohjaan. Aita muodostaa osan rakennuksen sivulla olevasta autotallista ja tukee sen katosta. Autotallin laudoitus on selvästi vääntynyt (B), samoin on käynyt autotallin katolle ja aidan peltiosille (A). Kuvassa 96 (C) on rakenne kokonaisuudessaan.

Kuva 96 Piste 32 (x,y=21652,47031). Kahdesta päästä rakennuksiin kiinnitetty tukiaita, joka on osa autotallin tukiseinää. Alueellinen painumaennuste on n. 200 mm.

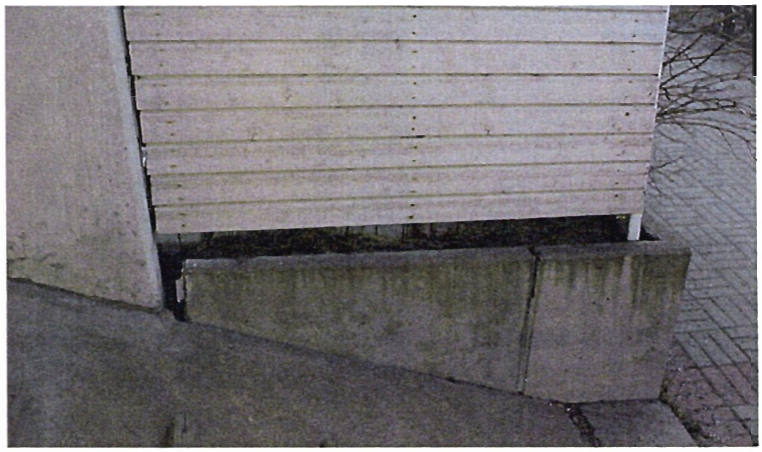
Kuvassa 97 esitetään periaatepiirros ongelman syntymisestä. Aitaa kannattelevat metallipilarit painuvat eniten aidan keskellä maan mukana ja aita kokonaisuudessaan painuu notkolleen. Laudoitus ja pellitys seinissä seuraavat mukana ja painuvat kasaan.



Kuva 97 Periaatepiirros autotallin seinän painumisvaurion syntymisestä kahden paalutetun rakennuksen välissä

Ongelmatyypin 2 esimerkkejä Pikku-Huopalahdesta 2

Seuraavissa kuvissa esitetään maalaatikoiden, muurien ja teräsbetonilaattojen yhteydessä ilmenneitä ongelmia. Kuvassa 98 on betoninen maalaatikko, joka painuu rakennuksesta poispäin, kuten nähdään syntyvästä raosta seinälinjan ja betonielementin välissä. Seurauksena on betonielementtien tai niiden saumojen halkeilu, sekä laatikkoon tuetun aidan painuma. Alueellisen painumaennusteessa näkyvää suurta eroa selittää se, että kyseiseen kohtaan on rakennettu painumaeron pienentämiseksi siirtymärakenne kevytsorasta.



Kuva 98 Piste 14 (x,y=22418,46974).Elementin reuna irronnut seinästä ja aita kallistunut. Painumaero laatikon seinänpuoleisen ja pihanpuoleisen osan välillä on n. 150 mm ja alueellinen painumaennuste n. 300 mm.

Kuvassa 99 nähdään sama ilmiö kuin edellä, mutta nyt rakennetun maalaatikon seinämä on eri materiaalia, joka ei kestä vaan rakenne hajoaa saumoistaan.

Kuva 99 Piste 15 (x,y=21785,46986). Painumaero laatikon ulkoreunan ja seinän välillä on arviolta n. 150mm ja alueellinen painumaennuste n. 300 mm.

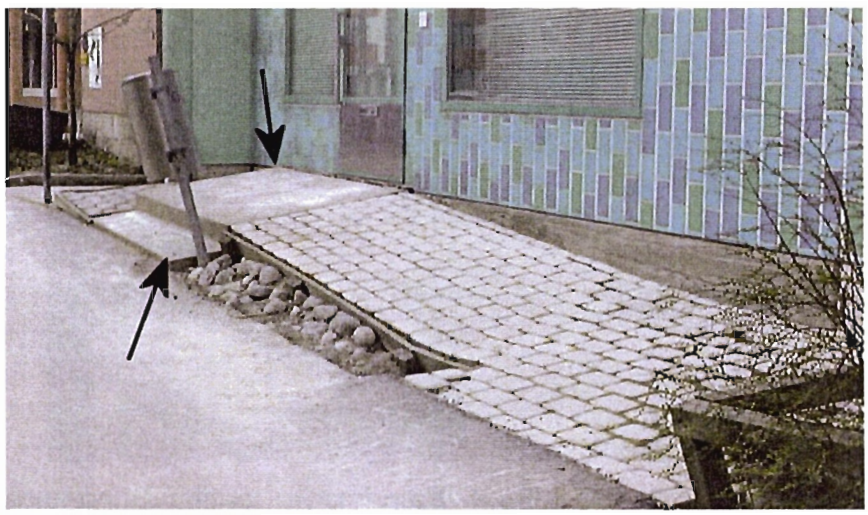
Kuvan 100 tilanteessa on kyse teräsbetonisen laatan epätasainen painuma vain toisesta päästä alueella, jossa on sekä kevytsorakevennys että pilaristabilointi. Ongelmasta aiheutuu ulkonäköhaitta sekä etenkin talvella liikenteellinen haitta kaltevan tason jäätyessä.

A

B

Kuva 100 Piste 16 (x,y=21979,46866). Painumaero seinän ja laatan ulkoreunan välillä on n. 160 mm ja alueellinen painumaennuste n. 300 mm.

Kuvassa 101 on samantyyppinen tilanne, mutta nyt painuma on vielä edellistäkin suurempi. Laatta ja betonikivet ovat irronneet seinästä sekä roskalaatikko on kallistunut selvästi vasemmalle. Esteettiset ja liikenteelliset haitat ovat ilmeisiä.



Kuva 101 Piste 17 (x,y=21591,47061). Painumaero seinän ja laatan ulkoreunan välillä on n. 200 mm ja alueellinen painumaennuste n. 300 mm.

Ratkaisuja paalutettuihin rakenteisiin kiinnitettyjen rakenteiden ongelmiin

Keveiden rakenteiden kuten aitojen kohdalla painumista ei aiheudu suuria käytännön ongelmia vaan ne ovat lähinnä esteettisiä, joskin liian pitkään lykätty korjaus voi johtaa rakenteen hajoamiseen ja siten myöhemmin tapahtuvaan kalliimpaan korjaukseen. Ongelmien välttämiseksi yksi keino olisi alun perin rakentaa aidat siten, että seinäkiinnitys olisi säädettävä, jolloin aidan kiinnityksen muuttaminen painumisen

edetessä olisi helppoa. Toinen vaihtoehto olisi tehdä aidan painuvanpuoleisesta päästä säädettävä, jolloin etupäätä voisi nostaa painumisen edetessä seinäkiinnityksen pysyessä paikoillaan. Kaiken kaikkiaan aitojen painumavaurioiden korjaukset ovat taloudellisesti pieniä ja siten niiden merkitys on vähäinen. Suuremman ongelman muodostavatkin painavammat rakenteet, joita ei alunperinkään ole ajateltu painuviksi ja joiden korjaaminen on huomattavan paljon kalliimpaa. Näiden korjaaminen vaatii käytännössä rakenteen purkamista ja rakentamista uudelleen. Ongelmien välttämiseksi tulisi aina ottaa huomioon se, että esirakennettu alue painuu jonkin verran. Jos rakenne ei kestä painuman aiheuttamaa kulmakiertymää ja muodonmuutosta, niin rakenne tulisi paaluttaa.

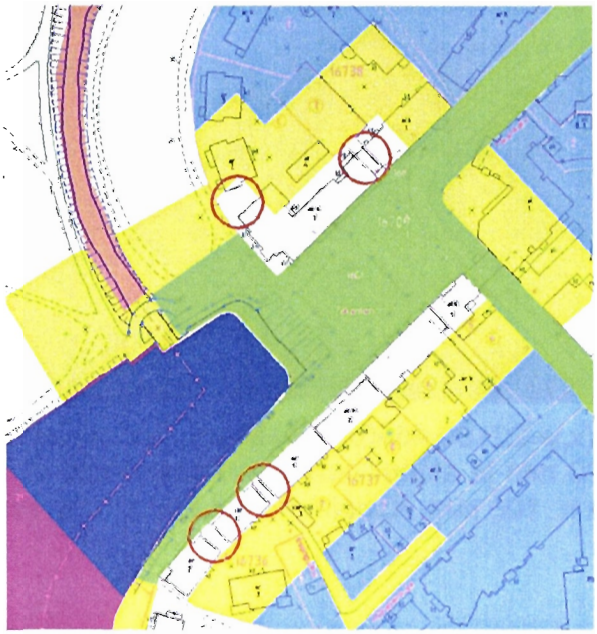
7.5 Esirakentamisen liittyminen talonrakentamiseen

Ongelma

Muista ongelmista poiketen urakkarajoihin liittyvät ongelmat eivät ole niinkään rakenteellisia ongelmia, vaan niiden taustalla on tiedonkulun puute eri osapuolten välillä. Esimerkiksi urakkarajan päättyessä rakennusalan rajalla, kaupunki on suorittanut esirakentamisen tähän pisteeseen asti. Varsinainen rakentaja on sitten tehnyt liittymärakenteen annettujen ohjeiden vastaisesti tai sitten jättänyt sen kokonaan tekemättä. Toinen hieman samankaltainen ongelma syntyy siinä tapauksessa, että jo suunnitteluvaiheessa jokin kohta on jätetty esirakentamatta tai sitten esirakentamissuunnitelmien laatimisen jälkeen rakennuksen sijoittelua on muutettu ja seurauksena on ollut esirakentamaton alue sellaisessa kohdassa, jossa siitä aiheutuu ongelmia. Ongelmaa on käsitelty Pikku-Huopalahden suunnitteluohjeen yhteydessä. Kolmas ongelmatyyppi poikkeaa edellisestä siinä, että niissä suunnitelmia on noudatettu mutta rakenne ei ole kuitenkaan toiminut halutusti.

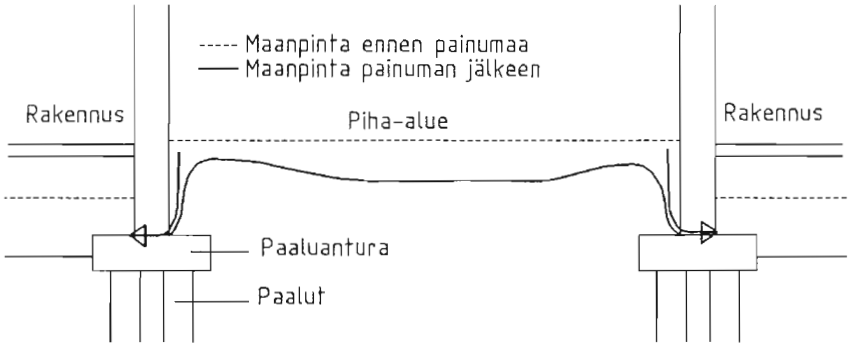
Esimerkkejä esirakentamattomista kohdista Pikku-Huopalahdesta

Kuvassa 102 esitetään Tilkantorin alueen ongelmakohtia pengerpaalutetun ja stabiloidun alueen välissä, jossa kaupunki on esirakentanut alueen kuvassa esitetylle rakentamisalueen rajalle tai sovitulle etäisyydelle kyseisestä rajasta. Tontin rakentaja on ollut vastuussa alueen muusta esirakentamisesta ja siirtymärakenteista valkoisella alueella.



Kuva 102 Tilkantorin stabiloimatta jätetty alue pengerpaalutuksen ja stabiloidun alueen välissä. Ongelmakohdat merkitty ympyrällä.

Kuvassa 103 esitetään periaateleikkaus pisteen 18 vaurion synnystä. Alla olevissa Kuvissa esitetään ongelman näkyminen maastossa. Ongelmana tässä kyseisessä tapauksessa on ollut suunnitelmien muuttuminen rakennuksen sijoittamisessa, jolloin esirakennettava alue ei ole enää kattanut rakennusten välistä aluetta eikä rakennuksen lahden puoleista päätyä.



Kuva 103 Piste 18 (x,y=22100,46862). Periaateleikkaus rakennusten sokkelipalkkien vierustojen ja piha-alueen painumaongelman syntymisestä. Nuolet esittävät maan valumista alapohjan alle.

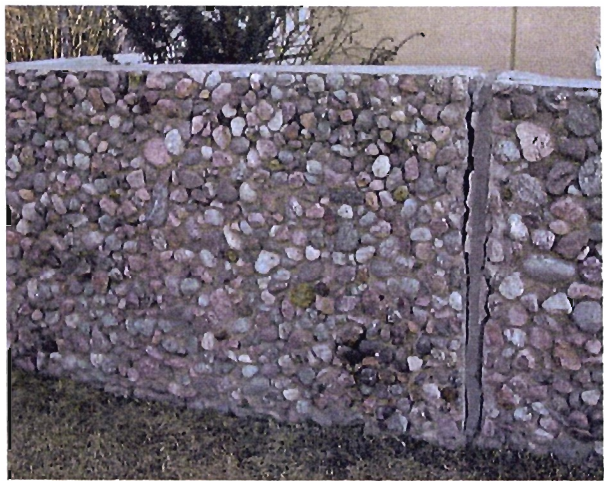
Kuvan 104 mukaisesti maa on painunut voimakkaasti sekä rakennuksen alla että rakennusten välissä, minkä seurauksena sokkelin vierustäyttö on päässyt valumaan rakennuksen alle syntyneeseen tyhjään tilaan jättäen puolestaan muurin viereen tyhjän onkalon. Sokkelin viereen asetetut kivet ovat myöhemmin sortuneet ja pudonneet alas paljastaen vahingon (kuva 105). Samalla alueella olevan betonimuurin vaurioita esitetään kuvassa 106. Osasyynä muurin ongelmaan on myös sen rajoittuminen toisesta päästä torin paalulaattaan, jolloin painumaero on edelleen korostunut.

Kuva 104 Piste 18 (x,y=22100,46862). Rakennusten välinen painuma alueella on jopa n. 400 mm ja alueellinen painumaennuste viereisellä esirakennetulla alueella n. 100 mm. Kyseinen kohta on jätetty esirakentamatta.

A

B

Kuva 105 Piste 18 (x,y=22100,46862). Sokkelin vierustäyttö valunut muurin alitse ja synnyttänyt onkalon muurin sivulle (A). Sokkelin vierustäytön valunut muurin alitse, jonka seurauksena kivet ovat sortuneet (B).



A

B

Kuva 106 Piste 19 (x,y=22082,46864). Muurin painumisesta aiheutunut muurin halkeaminen sauman kohdalta (A) ja muurin irtoaminen seinästä (B). Painumaero seinän ja muurin ulommaisen pään välillä n. 200 mm ja alueellinen painumaennuste viereisellä esirakennetulla alueella n. 100 mm. Kyseistä kohtaa ei ole esirakennettu.

Kuvan 107 kohdassa rakennusten seinien välinen alue on jätetty stabiloimatta kaupungin toimesta ja esirakentamisesta on vastannut tontin rakennuttaja. Jonkinlaista esirakentamista alueella on ehkä tehty, sillä alue ei ole painunut läheskään niin paljon kuin täysin esirakentamaton kohta hieman toisaalla. Kohtuullisen suurta painumaa kohdassa on kuitenkin tapahtunut. Tällä kohtaa on päällyste jo aiemmin korjattu uudella päällystekerroksella, jonka jälkeen painuma on edelleen jatkunut.

Kuva 107 Piste 20 (x,y=22115,46905). Tilkantorin sisäänajo piha-alueelle. Painumaero on arviolta n. 200 mm ja alueellinen painumaennuste n. 100 mm.

Kuvan 108 kohdassa on alue, joka on jätetty stabiloimatta. Betoniruukkujen talojen välinen pää on vajonnut, kun taas toista päätä kannattaa Tilkantorin paalutettu rantarakenne.

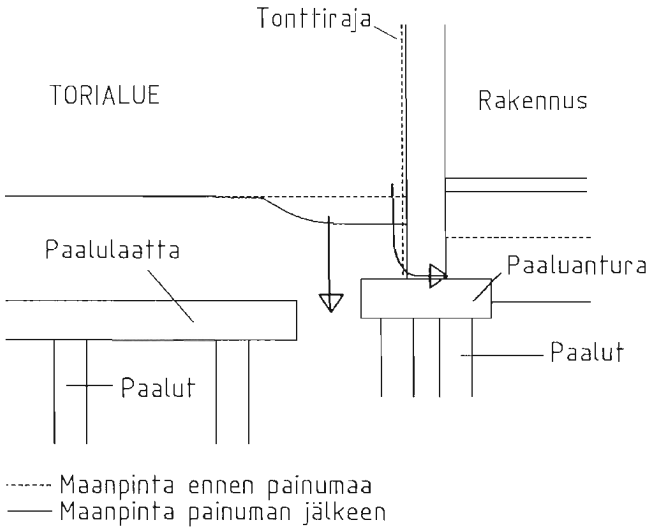
Kuva 108 Piste 21 (x,y=219778,46844). Tilkantorin rantarakenteen vieressä rakennusten välissä olevia betoniruukkuja. Painumaero etummaisen ruukun päiden välillä arviolta n. 300 mm.

Ratkaisuja esirakentamattomista kohdista aiheutuviin ongelmiin

Tilkantorin ympäristö on ainoa kohta Pikku-Huopalahdessa, jossa rakennetulle alueelle ei ole tehty alueellisia esirakentamistoimenpiteitä. Toisaalta muuallakin on jätetty esirakentamatta kohtia, jotka jäävät rakennusten alle. Saatujen kokemusten pohjalta Tilkantorin ympäristössä on suhteellisen paljon ongelmia suhteessa muihin alueisiin. Ongelmat kasaantuvat rakennusten välisille alueille ja esirakentamattoman alueen rajakohtiin. Kokemusten perusteella voidaan sanoa, että koko alue olisi kannattanut esirakentaa yhdellä kertaa, koska rakentamisen aikana rakennuttajat eivät enää muista tarkastaa onko alue kokonaan esirakennettu. Esirakentamatta jättämiseen tulisikin olla erittäin painavat syyt. Jos näin kuitenkin menetellään, tulee tällaisilla alueilla olla erityisen tarkka rakennusten sijoittamisen ja suunnitelmamuutosten suhteen. Lisäksi painumat on otettava huomioon esim. kevennys tai siirtymärakenteiden avulla. Tiedonkulun tärkeys on erityisen suuressa roolissa niissä kohteissa, joissa esirakentaminen jätetään suorittamatta.

Esimerkkejä ongelmista rakennusalojen rajakohdissa

Myös seuraavat esimerkit ovat urakkarajojen liitoskohdista, joissa varsinaisen rakentajan ja esirakentajan tiedonkulussa olisi ollut parantamisen varaa. Kummassakin kohteessa pengerpaalutettu alue liittyy kiinteästi rakennukseen ja näissä kohdissa ei pitäisi esiintyä minkäänlaisia painumia tai painumaeroja, sillä sekä piha-alueen että rakennuksen tulisi olla painumattomia. Kuvassa 109 esitetään periaatekuva Tilkantorin paalulaatan liittyminen toria ympäröiviin rakennuksiin ja ongelman syntyminen kun paalulaatan ja rakennuksen välille ei ole tehty siirtymärakennetta. Maa painuu laatan ja rakennuksen välissä, jonka lisäksi maa valuu sokkelin alitse alapohjan alle, jos sinne on painuman seurauksena syntynyt tyhjätilaa. Tilanteen olisi voinut välttää esim. levittämällä anturalaattaa ulottumaan paalulaattaan asti. Tilkantorin tapauksessa on sovittu, että kaupunki esirakentaa alueen noin puolen metrin etäisyydelle tonttirajasta, jota edustaa rakennuksen seinälinja ja siirtymärakenteista vastaa rakennuksen rakentaja.



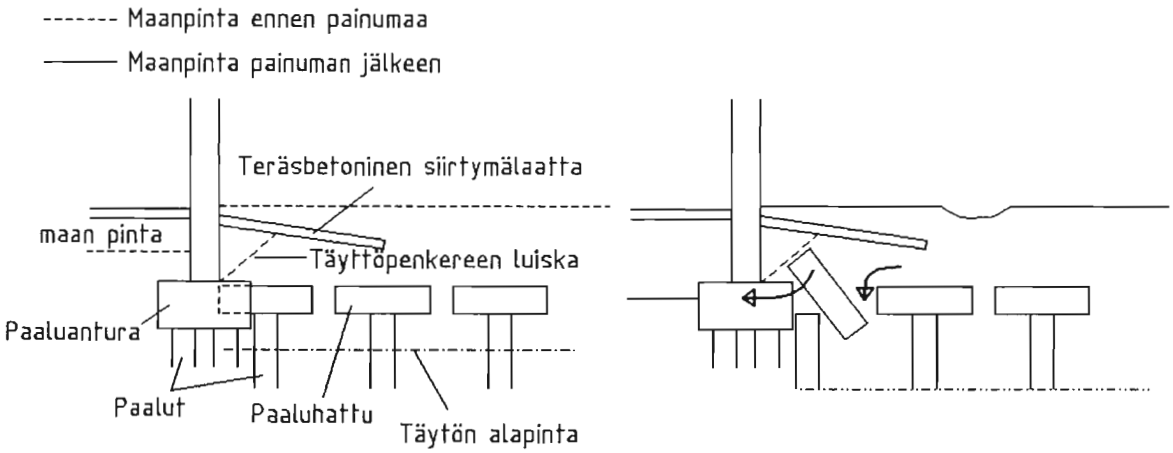
Kuva 109 Periaatekuva Tilkantorin paalulaatan liittymisestä Tilkantoria ympäröiviin rakennuksiin ja painumaongelman syntyminen kun siirtymärakenteita ei ole tehty

Seurauksena siirtymärakenteen puutteesta on rakennuksien sivulinjan ja paalulaatan välille syntynyt pientä hammastusta katukiviin tai katukiviä on irtoillut. Kuvassa 110 ja 111 esitetään vaurioita kyseisistä kohdista. Torin vastakkaisella etelälaidalla esiintyy vastaavia painumia ja siellä myös putkijohtolinjoja jouduttaneen uusimaan.

Kuva 110 Piste 22 (x,y=22078,46888). Tilkantorin sivustalla katukiviä on irtoillut rakennuksen seinälinjalla

Kuva 111 Piste 23 (x,y=22112,46921). Torialueen ja rakennusten ulkolinjan kohdalla katukivet ovat alkaneet irvistää. Painumaero n. 50 mm

Kuvassa 112 esitetään periaatekuva siirtymärakenteesta, joka on tehty rakennuksen liittyessä pengerpaalutettuun katualueeseen Paciuksenkaarella.



Kuva 112 Piste 24 (x,y=21228,46805) Periaatekuva pengerpaalutetun Paciuksenkaaren kadun liittymisestä rakennukseen

Paciuksenkadun alueella rakennuksen rakentaja on alueen suunnitteluohjeen /77/ mukaan ollut vastuussa siirtymärakenteen tekemisestä ja pengerluiskan ja muurin välisestä täytöstä. Tässä tapauksessa on käytetty teräsbetonista siirtymälaattaa talon ja penkereen välillä ja seinän viereen on jätetty tyhjä tila. Kyseisen kaltaiseen siirtymälaattaan ei ole ollut HKR katuosaston lupaa laisinkaan, vaikka näin kuuluisi olla. Maan painuessa talon alapohjan alla on maata päässyt valumaan muurin alitse alapohjan alle. Maan painuessa paaluhattujen alla on niiden alle muodostunut onkalo ja paaluhatuilta on hävinnyt tuki paalun kärkeä lukuun ottamatta. Siirtymälaatan aiheuttama paaluhattuun nähden toispuoleinen kuormitus on ilmeisesti kallistanut paaluhattua ja lopulta siirtänyt sen paikaltaan. Siirtymälaatan ulkopuolelle on ilmestynyt painumia. Syytä painumaan ei varmasti tiedetä, mutta osasyyksi epäillään liian hienoa täytettä, joka pääsee valumaan paaluhattujen välisestä raosta paaluhattujen alle, jolloin syntyy painumia maanpinnalle. Tämä voitaisiin estää esim. geotekstiilillä, jota myös suositellaan käytettäväksi alle 3,5 m:n täytöissä paaluhattujen yhteydessä. /106/ Paciuksen kaarella on tapahtunut rakentamisen aikana laaja rakennuskaivan-

non sortuma, jonka korjauksen yhteydessä paalulaatan päälle tehdyssä täyttötyössä oli puutteita. Paalulaatan reuna ulottui suurin piirtein pysäköintikaistan kohdalle. Sortuman yhteydessä katkesi myös useita paaluja ja niiden osuutta nykyisen vaurioon ei tunneta. Tutkimusta ei ole tehty sen kalleuden vuoksi. /104/ Kuvissa 113-116 esitetään kyseisen kohdan tilannetta kadulta ja alapohjan alta.

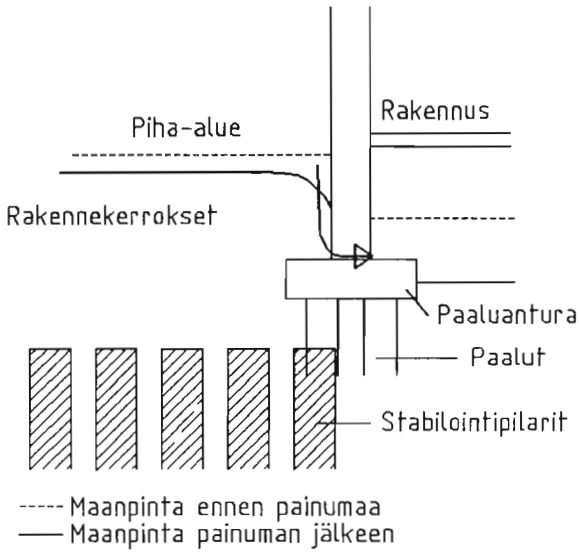
Kuva 113 Piste (x,y=21228,46805). Paciuksenkaaren siirtymälaatta ja etualalla on sijoiltaan mennyt paaluhattu.

Kuva 114 Piste 24 (x,y=21228,46805). Paciuksenkaaren rakennuksen alapohjan alla maa on painunut arviolta n. 250 mm.

Kuva 115 Piste (x,y=21228,46805). Paciuksenkaaren rakennuksen sivulla paaluhattu on selvästi kallistunut ja paaluhatun alla on onkalo, johon maa voi valua paaluhattujen raoista.

Kuva 116 Piste (x,y=21228,46805). Paciuksenkaaren painumavaurion kohdelle tehty koekuoppa, josta näkyy maan alle syntynyt onkalo.

Kolmas ongelmatyyppi esitetään kuvassa 117, jossa painumavaurio syntyy rakennuksen sokkelilinjalle. Kuvassa pilaristabilointi on ulotettu rakennuksen seinälinjalle asti. Rakennuksen alapohjan alle jäävä maa on vain esikuormitettu penkereellä, joten se painuu rakentamisen jälkeenkin melko voimakkaasti. Maan painuessa kyllin paljon syntyy rakennuksen alapohjan alle tyhjä tila, johon maa aivan rakennuksen ulkoseinustan vierestä pääsee valumaan aiheuttaen kyseiseen kohtaan painumavaurion. Sokkelin viereen syntyvän painuman lisäksi myös muu piha-alue painuu, kuten pilaristabiloidulla maalla on tapana. Näkyvä lopputulos on siis näiden kahden tekijän yhteisvaikutus.



Kuva 117 Painumavaurion syntyminen aivan rakennuksen sokkelilinjan viereen pilaristabiloidulla alueella

Kuvassa 118 esitetään edellä mainitun kaltainen painumavaurio rakennuksen sokkelilinjalla Tilkankadun pilaristabiloidulla alueella. Voidaan nähdä, että rakennuksen koko sivu on painunut. Esitettyä rakennusta vastapäinen talo on rakennettu samalla tavalla ja siinä on ollut samankaltaisia ongelmia. Kyseisessä kohteessa tehtiin syksyllä 2002 painumakorjausurakka, joten samantyyppistä korjausta voidaan odottaa myös tähän kohteeseen.

Kuva 118 Piste 33 (x,y=22322,46966). Rakennuksen seinälinjalla maa painuu rakennuksen alle. Alueellinen painumaennuste pilaristabiloidulla pihaalueella on n. 200 mm. Rakennuksen alapuolista painumaa ei ole arvioitu.

Ratkaisuja rakennusalojen rajakohdissa esiintyviin ongelmiin

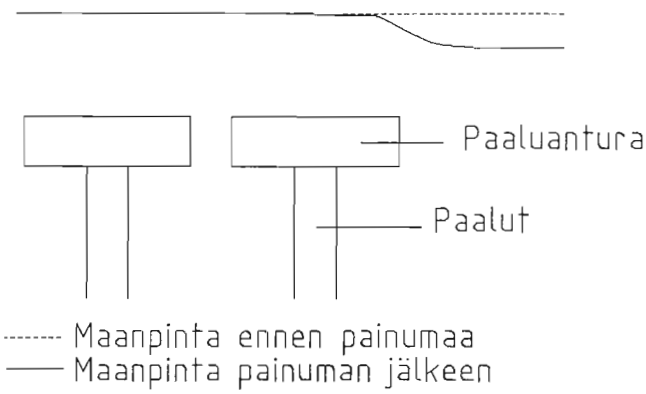
Suurin osa edellä esitetyistä ongelmista aiheutuu rakentajan tai rakennuttajan tekemistä laiminlyönneistä siirtymärakenteiden suhteen joko tiedon puutteen tai huolimattomuuden seurauksena. Rakentamisalueen rajalla tulisikin aina tarkistaa rakennuksen sijoittuminen esirakennettuun alueeseen nähden, sekä kuinka siirtymärakenteet on suunniteltu tehtäviksi. Itse siirtymärakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa ongelmia ei juurikaan esiinny. Paciuksen kaaren tapaus tosin osoitti, että rakennuttajat saattavat käyttää sellaisiakin siirtymärakenteita, jotka on puutteellisesti suunniteltu ja rakennettu, mutta tämä lienee enemmän poikkeus kuin sääntö. Paalutettujen alueiden välisissä siirtymärakenteissa parhaiten toimivat siirtymälaatat, jotka takaavat täysin painumattoman rakenteen.

Pilaristabiloinnin tapauksessa mahdollisia ratkaisumalleja voisi olla esim. betonisen siirtymälaatan rakentaminen koko seinälinjan pituudelle, mikä estäisi painuman seinälinjan vierellä. Toinen vaihtoehto on tehdä alapohjan alle esim. kevytsoratäyttö, jolloin painumat pienenevät ja tyhjää tilaa, johon maa ulkoseinältä valuu ei synny. Kolmas vaihtoehto voisi olla pilaristabiloinnin ulottaminen pidemmälle rakennuksen alle, joskin tämä saattaa vaikeuttaa rakennuksen paalutusta myöhemmin.

7.6 Eri esirakentamistapojen rajakohdat

Ongelma

Perustamistapojen rajakohdat ovat aina hieman ongelmallisia, mutta yleensä pahimmat ongelmat esiintyvät kohdissa, jossa siirrytään pengerpaalutukselta pystyojitukselle, koska tällöin painumaero on yleensä suurimmillaan. Kuvassa 119 esitetään painumaeron syntyminen pengerpaalutuksen ja pystyojituksen tai esirakentamattoman alueen rajakohdassa.



Kuva 119 Periaatekuva painumaeron syntymästä siirryttäessä pengerpaalutukselta pystyojitukselle tai esirakentamattomalle maalle

Esimerkkejä ongelmista eri esirakentamistapojen rajakohdissa

Kuvassa 120 on pengerpaalutetun Korppaanmäentien ja pystyojitetun Kytösuon alueen rajalla poikittain kulkeva aita. Aidan muodonmuutoksista nähdään jyrkkä painumaero rajakohdassa, kun alue muuten on painunut tasaisesti. Painumaerosta ei ole aitaa lukuun ottamatta juurikaan haittaa, sillä tien kohdalla painumaero on pienempi ja ajoneuvojen nopeus niin pieni, ettei pienistä epätasaisuuksista ole haittaa. Kuvan tontin piha-alueelle on tehty kevytsorakevennys, jolla on pyritty pienentämään painumista aiheutuvia haittoja. Kuten kuvasta nähdään, voi kevennysrakenteista huolimattakin syntyä melko suuria painumia

Kuva 120 Piste 25 (x,y=22322,46966). Aita on taipunut pengerpaalutetun Korppaanmäentien ja pystyojitetun Kytösuon alueen rajalla. Painumaero kahden keskelle olevan aidanosan matkalla on n. 180 mm ja alueellinen painumaennuste n. 200 mm.

Kuvan 121 tilanne on Paciuksenkadun alueen pengerpaalutetun alueen ja esirakentamattoman puiston rajakohdasta. Puiston puoleinen sivu on painunut ja liikkunut hieman lahden suuntaan, minkä seurauksena katualueen päällyste on haljennut ja kevyenliikenteenväylä vajonnut puiston puoleisella osalla melkein koko matkalta.

Kuva 121 Piste 26 (x,y=21327,46795). Noin 120 mm painumaero Paciuksen kadunalueen pengerpaalutetun ja esirakentamattoman alueen rajalla

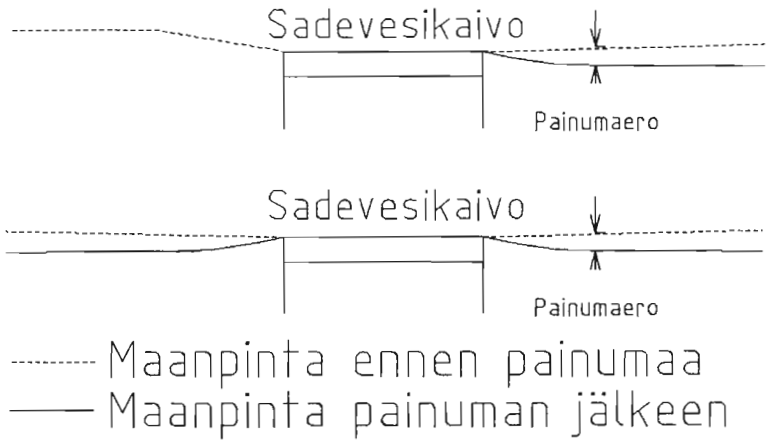
Ratkaisuja eri esirakentamistapojen rajakohtien ongelmiin

Eri esirakentamistapojen rajakohdat eivät ole muodostaneet kovinkaan suuria ongelmia Pikku-Huopalahdessa. Pahimmat ongelmat esiintyvät yleensä pengerpaalutuksen ja pystyojituksen tai täysin paaluttamattoman alueen välillä. /107/ Näin on ollut myös Pikku-Huopalahdessa, joten ainakin näissä kohdissa tulisi tarkistaa siirtymärakenteen tarpeellisuus. Paalutetun alueen päättyessä katurakenteena esirakentamattomaan puistoalueeseen tulisi pengerpaalutus ulottaa hieman puiston puolelle, jottei painumaero synny katualueelle kuten on käynyt esimerkkitapauksessa.

7.7 Painuman huomioonottaminen kuivatuksessa

Ongelma

Pihojen sadevesikaivoja ei Pikku-Huopalahden suunnitteluohjeen mukaan ole tullut suunnitella painumattomiksi ja ennen tasauksen suunnittelua on tonttikartalle ollut syytä laatia käyrästö tulevista painumista. Tämä tarkoittaa sitä, että kuivatuksen tulisi toimia vielä senkin jälkeen kun piha-alue on painunut alkuperäisestä tasostaan. Käytännössä alueelta on kuitenkin löydettävissä muutamia esimerkkejä, joissa kaivojen ja piha-alueen painumia ja painumaeroja ei ole otettu huomioon. Kuvassa 122 esitetään periaatekuva tilanteesta, jossa sadevesikaivojen kuivatuksellinen toiminta heikkenee painuman seurauksena. Ongelmia on odotettavissa silloin, kun kaivo suunnitellaan painumattomaksi alueella, joka muuten painuu. Toisaalta samankaltainen ongelma saattaa syntyä silloin, kun sadevesikaivo sijoitetaan kohtaan, joka ei painu yhtä paljon kuin muu alue.



Kuva 122 Periaatekuva sadevesikaivon toiminnan heikkenemisestä painuman seurauksena

Esimerkkejä painuman aiheuttamista ongelmista kuivatuksen kannalta
Kuvassa 123 esitetään sadevesikaivo, joka on sijoitettu lähelle pengerpaalutettua tietä, kun piha-alue taas on pystyojitettu. Pengerpaalutettu tie vähentää maan painumaa kaivon läheisyydessä muuhun piha-alueeseen verrattuna, jolloin kaivo jää muuta piha-aluetta korkeammalle ja vesi ei enää pääse kulkeutumaan kaivoon. Seurauksena on lammikoiden syntyminen keskelle piha-aluetta, kuten kuvasta voidaan nähdä. Alueelle on rakennettu kevytsorakevennys painumien vähentämiseksi, mutta se ei ole poistanut painumaongelmaa kokonaan.

Kuva 123 Piste 27 (x,y=22317,46975). Piha-alueen painumaa ei ole otettu huomioon kaivon sijoituksessa. Alueellinen painumaennuste on n. 200 mm. Lammikko näkyy kuvassa kaivon edessä etuoikealla.

Kuvan 124 kaivo on painumaton, kun taas ympäristö on painuvalla maalla ja seurauksena on kaivon kannen jääminen koholleen maasta, mikä estää veden pääsyn kaivoon suunnitellusti, jolloin kuivatus kärsii. Liikennealueella kohollaan olevan kaivot vaikeuttavat myös liikennettä ja talvikunnossapitoa. Esimerkiksi lumiaurat saattavat vaurioittaa kohollaan olevia kaivonkansia aurauksen yhteydessä. Jos kaivo sijaitsee betonikivetyllä alueella on seurauksena puolestaan kaivojen reunojen betonikivien nouseminen koholle (kuva 125). Toiminnallisten haittojen lisäksi haitat ovat myös esteettisiä.

Kuva 124 Piste 28 (x,y=22514,47019). Paalutettuun putkijohtoon liitetty sadevesikaivo. Kansi on n. 80 mm muun maanpinnan yläpuolella.

Kuva 125 Piste 29 (x,y=21610,47034). Pilaristabiloidulla alueella maa kaivojen ympärillä on painunut jättäen kaivon kannet koholle. Painumaero kadun ja kaivojen välillä on n. 45 mm ja alueellinen painumaennuste n. 200 mm.

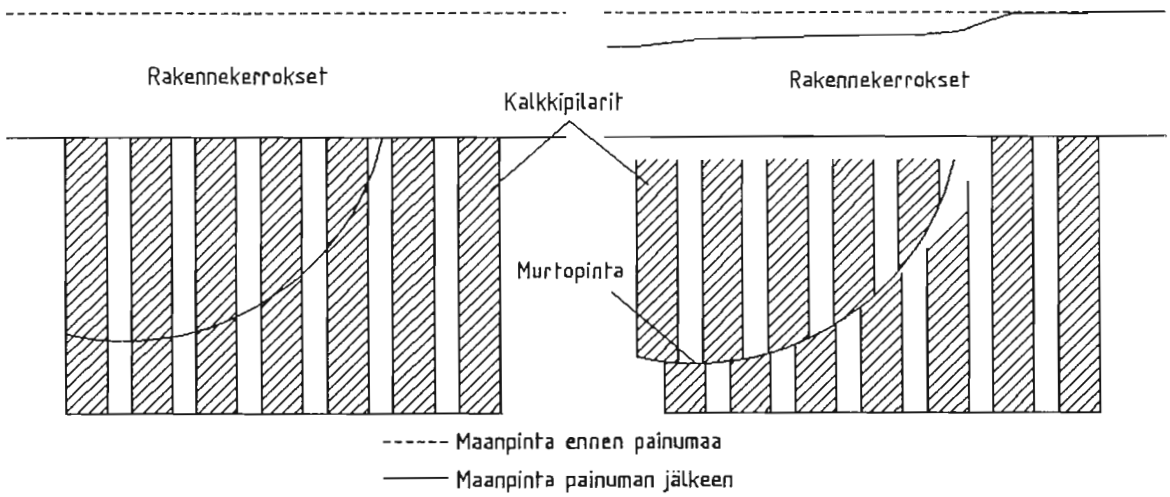
Ratkaisuja painumien aiheuttamiin kuivatusongelmiin

Ongelma voidaan ratkaista laaditun Pikku-Huopalahden suunnitteluohjeen mukaisesti. Kuivatuksen toimivuuden varmistamiseksi kaivoja ei tulisi suunnitella painumattomiksi ja ennen pihan tasauksen suunnittelua on syytä laatia käyrästö pihan tulevista painumista. Tarkennuksena ohjeeseen voisi olla se, että kaivojen sijoittamisen yhteydessä olisi hyvä tarkistaa niiden sijainti muihin rakenteisiin esim. paalutettuihin rakenteisiin nähden, sillä näiden rakenteiden läheisyydessä muulle alueella lasketut painumat eivät enää päde. Myös piha-alueen painumarajan pienentäminen luonnollisesti vähentää ongelman mahdollista syntymistä.

7.8 Rakentamistyöstä aiheutuneet vauriot

Ongelma

Aiemmin on jo käsitelty vakavuuden merkitystä heikosti kantavien maiden rakentamisessa sekä alueellisesti että paikallisesti. Työn aikaisia vakavuusongelmia on pyritty välttämään mm. antamalla ohjeita läjitysalueiden sijainnista ja korkeudesta työn aikana. Kuvassa 126 esitetään periaatekuva stabilointipilareiden katkeamisesta ja siirtymisestä paikoiltaan, koska työnaikainen vakavuus on ollut liian pieni esimerkiksi kaivantotöiden tai epäasiallisten läjitysten vuoksi.



Kuva 126 Periaateleikkaus stabilointipilareiden katkeamisesta ja siirtymästä riittämättömän työnaikaisen vakavuuden seurauksena

Esimerkkejä rakentamistyöstä aiheutuneista ongelmista

Kuvat 127 ja 128 ovat pilaristabiloidulta alueelta Taavetinkujan ja Taavettilaitisenkadun risteyksestä. Kyseisessä kohdassa katu on toiselta puolelta painunut selvästi enemmän kuin toiselta. Kyseessä voi olla paikallisen sortuman aiheuttama pilareiden katkeaminen ja siirtyminen paikoiltaan pilareiden rakentamisen yhteydessä, sillä pilarointityön yhteydessä on havaittu pilareiden päiden liikkuneen ja havaintoa tukevat tehdyt pilarikairaukset ja sivusiirtymämittaukset. Siirtyminen on tapahtunut välittömästi työn yhteydessä pilarikoneen kuormituksen vaikutuksesta. Siirtymän suuruudeksi on havaittu 20...50 cm ja käytännössä se tarkoittaa sitä, että pilarit ovat katkenneet n. 3...4 metrin syvyydeltä. /76/ Tämä selittäisi alueella esiintyviä suuria painumia ja painumaeroja, koska tavallisen syvästabiloidun penkereen painuma on yleensä rakennusaikaista ja vähämerkityksellistä. /48/ Tämä tukee otaksumaa pilareiden katkeamisesta, josta aiheutunutta ongelmaa on edelleen saattanut pahentaa putkijohtojen asennusta varten tehdyt kaivutyöt. Näin siksi, että viemärilinja on kaivettu myöhemmin ja suurimmat painumat sijaitsevat juuri kaivetun linjan alapuolella.

Kuva 127 Piste 30 (x,y=21589,47045). Taavetinkuja painunut ja kallistunut voimakkaasti vasemmalle etenkin viemärilinjan kohdalla. Painumaero tien poikkisuunnassa arviolta n. 200 mm ja alueellinen painumaennuste n. 300 mm.

Kuva 128 Piste 30 (x,y=21589,47045). Taavetinkujan painuma viemärilinjan kohdalla on kallistanut lampun nojaamaan vasten seinää.

Kuvassa 129 on samantyyppinen tilanne Tilkankadun alueen eteläosassa kohdassa, jossa putkijohtolinja jatkuu puistoalueelta pilaristabiloidulle alueelle. Putkijohtolinja kulkee tässä kohtaa talojen välistä kohdassa, jossa painuma on kaikkein suurin. Pelkästä pilarien luonnollisesta painumasta tuskin on kyse, koska painumaerot ja painumat ovat sen verran suuria.

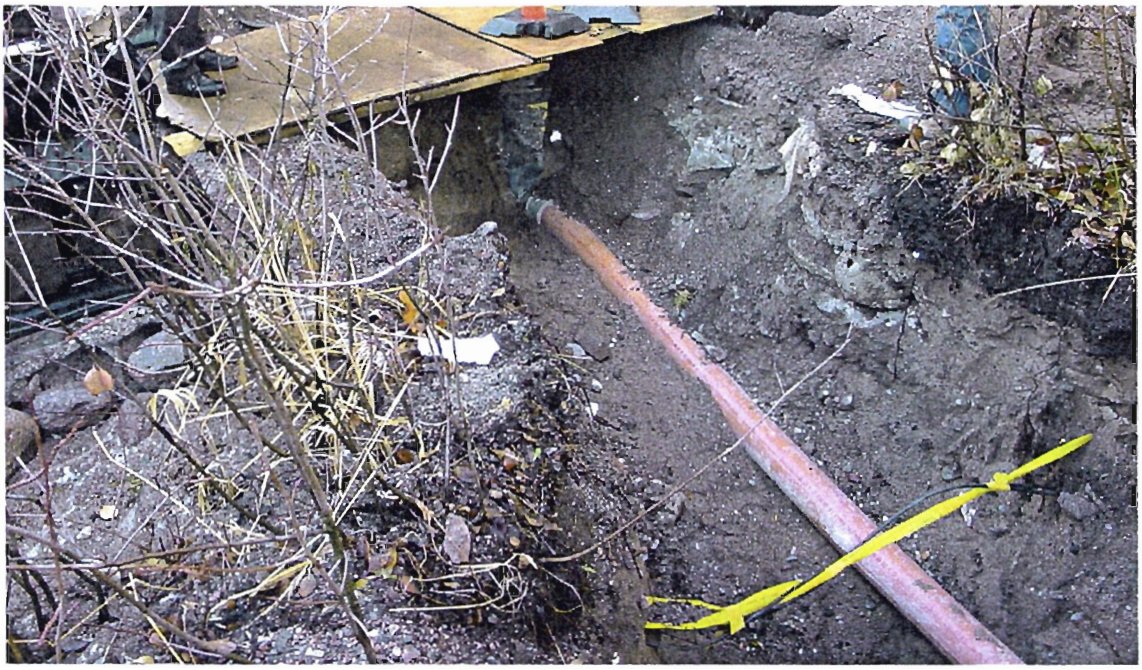
Kuva 129 Piste 31 (x,y=21510,46989). Pilaristabiloidun alueen ja puiston rajalla sijaitsevia laajoja painumia. Painumaero seinän ja painuneen pihan välillä n. 160 mm ja alueellinen painumaennuste n. 150 mm.

Ratkaisuja rakentamistyöstä aiheutuviin ongelmiin

Ratkaisuna sortumisongelmiin on lähinnä tarkempi työohjeiden noudattaminen, työsuoritusten valvonta ja tarkkailumittaustietojen tehokkaampi hyväksikäyttö ja nopeampi ongelmiin reagoiminen. Havaittaessa ongelmia on niiden syihin puututtava heti ja mahdollisesti muutettava työtapaa. Pilaristabiloinnin tiedetään häiritsevän ympäröivää maata ja sen vuoksi liikkumista vasta stabiloidulla maalla tulee välttää. /73/ Pikku-Huopalahden kokemukset tukevat tätä käsitystä. Myös paalutuksen ja muiden kaivantotöiden yhteydessä on esiintynyt paikallisia sortumia, joten työnaikainen vakavuus ei ole ollut työnaikana aina täysin hallinnassa. Ainakin osasyynä tähän on annettujen ohjeiden laiminlyönti kaivantojen, läjitysalueiden ja suojaetäisyyksien suhteen. Annettujen ohjeiden tärkeyttä tulisi entistä enemmän painottaa rakentajille sekä valvoa niiden noudattamista tarkemmin. Yleisohjeita suunnittelijoille Pikku-Huopalahdessa on julkaistu riittävästi ja tieto näyttää välittyvän suunnittelijoille ja sitä kautta myös urakoiden rakennusselostuksiin. Työmaalla ohjeiden noudattamisessa olisi kuitenkin parantamisen varaa.

7.9 Putkijohdoille aiheutuneet painumavauriot

Putkijohdoille painumista aiheutuvat vahingot lienevät kaikista merkittävin ongelma esirakennetulla alueella. Vikakohtien etsiminen saattaa olla vaikeaa ja korjauksen yhteydessä joudutaan putken päällä olevat rakenteet purkamaan ja rakentamaan uudelleen. Lisäksi jo rakennetulla alueella tehtävät kaivantotyöt vaativat tarkkuutta ja huolellista suunnittelua, ettei niistä aiheudu haittaa muille rakenteille. Tästä syystä putkijohtojen korjaaminen ja rakentaminen uudelleen jälkikäteen tulee kalliiksi. Lisäksi putkivaurioista aiheutuvat haitat ovat sen kaltaisia, että korjauksia ei voida kovin pitkään lykätä, vaan vauriot saatetaan joutua korjaamaan, kun alueen painumat ovat vielä kesken. Painuman jatkuessa saattaa vaurio uusiutua vaihdelleen sen mukaan millaisia korjaustoimenpiteistä on tehty. Putkivaurioiden syntymistä ja niiden estämiseksi olevia keinoja on käsitelty jo kappaleessa 4.11. Kappaleessa 8 esitetään vuonna 2002 Pikku-Huopalahdessa toteutettuja korjauskohteita, joista suurimmat liittyvät juuri viemäreiden ja salaojien korjauksiin rakennusten ympärillä. Kuvassa 130 esitetään korjauksia varten auki kaivettu putkijohtolinja Tilkankadun pystyojitetulla alueella.

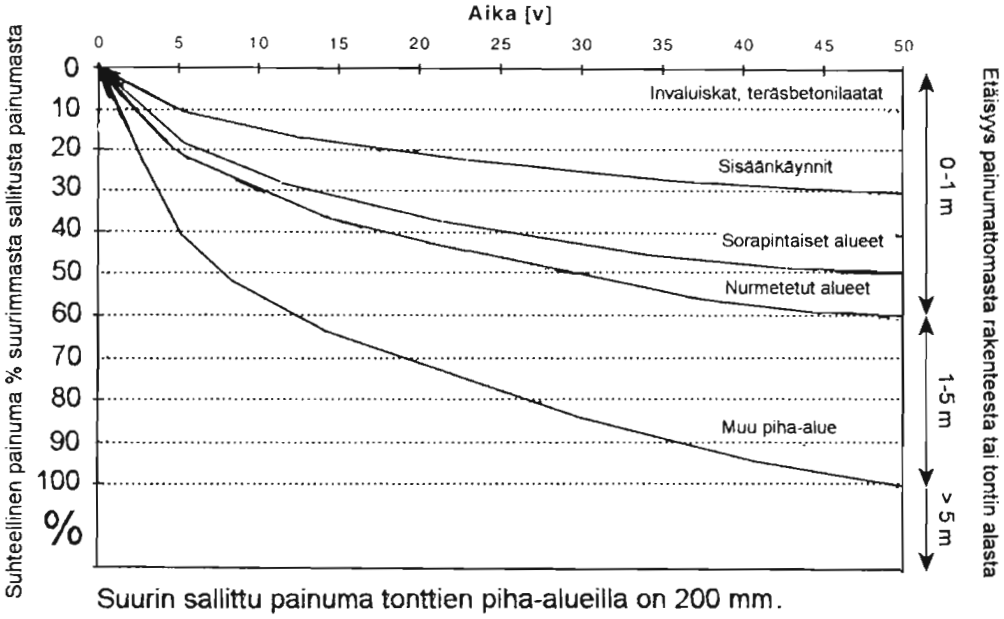


Kuva 130 Korjausta varten auki kaivettu putkijohtolinja Tilkankadun kaava-alueella, jossa painumaennuste on 200...300 mm.

7.10 Yhteenveto ongelmista ja uusi painumakriteeri

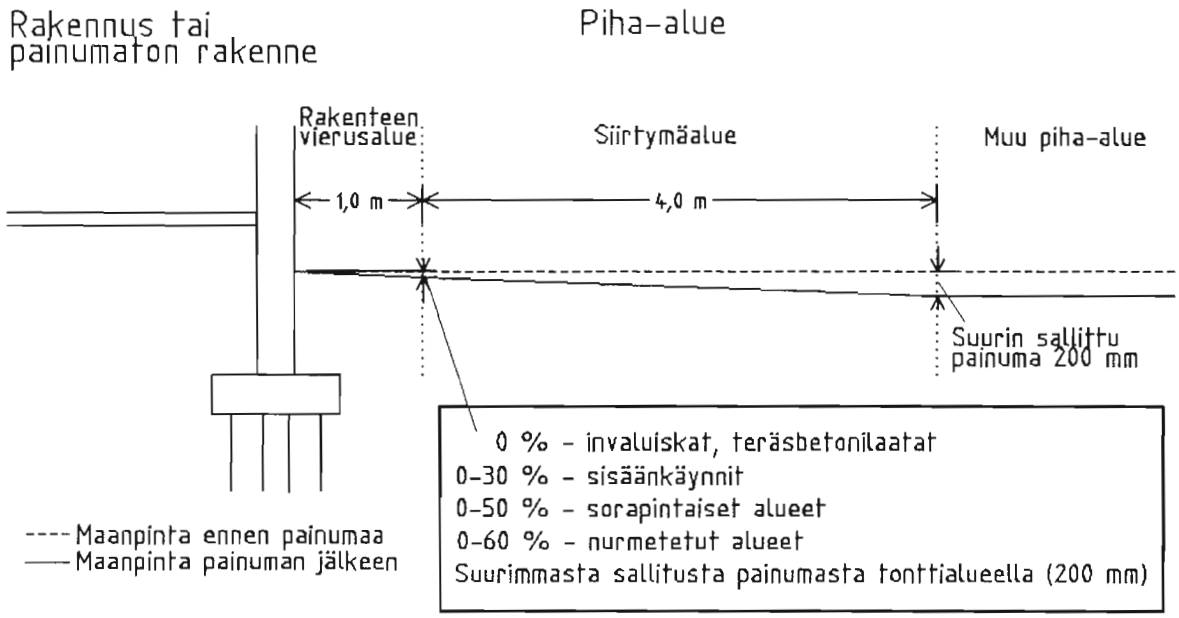
Suurin osa ongelmista esirakennetulla alueella aiheutuu alueelle suunnittelun yhteydessä sallituista painumista, jotka väistämättä aiheuttavat painumaeroja rakennusten ja piha-alueiden välillä. Ongelmat ovat yleensä kuitenkin olleet melko vähäisiä ja suuressa osassa aluetta ei painumista juurikaan voi silmin havaita. Suuri osa painuma-ongelmista voitaisiin välttää siirtymärakenteilla tai paikallisesti tehokkaammilla esirakentamistoimenpiteillä. Tästä aiheutuisi joitakin lisäkustannuksia , mutta vastaavasti korjauskustannukset myöhemmin alenisivat. Siirtymärakenteet ja tehostetut esirakentamistoimet tulisi sijoittaa painuman kannalta kriittisiin kohtiin, joita ovat esim. ovien ja kulkuväylien kohdat sekä teräsbetonilaatat ja invalidiluiskat. Vaikka tonteille asetettua painumarajaa vastaavia 300 mm painumia ei juurikaan alueella esiinny, on selviä ongelmia havaittavissa. Tonttien painumarajoja tulee näiden kokemusten perusteella kiristää ja tällaista kehitystä onkin tapahtunut Pikku-Huopalahden rakentamisen jälkeen. Muutosta voidaan pitää oikean suuntaisena. Alla esitetään saatuihin kokemuksiin perustuva ehdotus uudeksi painumakriteeriksi esirakennetuille tonttialueille.

Koska alueelle asetettu 300 mm painumaraja on monissa tapauksissa osoittautunut käytännössä liian suureksi, ehdotetaan uudeksi suurimmaksi sallituksi painumaksi tonttien piha-alueille 200 mm. Koska 200 mm suuruinen painuma aiheuttaa vielä selvästi havaittavia ongelmia etenkin pihakiveysten, ovien ja teräsbetonilaattojen kohdalla, ehdotetaan vielä tiukempia painumarajoja aivan rakennuksen vierustoilla. Kuvassa 131 esitetään ehdotetun uuden painumakriteerin mukaiset painumat rakennuksen vierustoilla eri päällysrakennevaihtoehdoilla. Prosenttilukujen tarkoituksena on ottaa huomioon erilaisten rakenteiden ja päällysterakenteiden herkkyys painumavaurioille. Esimerkiksi sorapintaisilla ja nurmetetuilla alueilla painumista aiheutuvat haitat ovat selvästi vaikeammin havaittavia kuin asfaltoidulla tai betonikivetyllä alueella. Invaluiskien ja teräsbetonilaattojen osalta painumia ei tulisi sallia ollenkaan, sillä näissä pienetkin painumaerot näkyvät selvästi.



Kuva 131 Ehdotetun painumakriteerin mukaiset sallitut painumat esirakennetuilla tonttialueilla (vrt. kuva 132)

Kuvassa 132 esitetään uuden painumakriteerin mukainen poikkileikkaus sallituista maan painumista painumattoman rakennuksen sivulla. Rakenteen viereen tulisi metrin levyinen alue, jolla painumia erityisesti rajoitettaisiin. Tällä alueella sallittavat painumat on esitetty kuvissa 131 ja 132, joissa painumat rakenteen vierusalueella on esitetty prosentteina suurimmasta sallitusta painumasta. Rakennuksen vierusalueen ja muun piha-alueen väliin jää 4,0 m leveä siirtymävyöhyke, jossa siirtymärakenteiden avulla tasataan painumaerot talon vierustan ja muun piha-alueen välillä.



Kuva 132 Ehdotetun painumakriteerin mukainen poikkileikkaus maan painumista paalutetun tai muun painumattoman rakenteen vieressä

Esitetyn painumakriteerin mukaiset painumat vähentäisivät paalutettujen putkijohtolinjojen ongelmia ja suurelta osin poistaisivat vastaavat ongelmat paalutettujen rakenteiden vierustoilta. Suurimman sallitun painuman rajoittaminen pienentäisi myös kuivatusongelmia sekä maan varaan perustetuille putkijohtolinjoille aiheutuvia vaurioita, jotka ovat yksi esirakennetun alueen suurimmista ongelmista. Vikakohtien etsiminen on työlästä ja putken yläpuolinen rakenne joudutaan rikkomaan korjauksen yhteydessä. Putkivaurioiden korjaaminen tuleekin usein erittäin kalliiksi.

Selvän ongelman alueella muodostavat myös rakenteet, jotka on vain osittain kiinnitetty paalutettuihin rakennuksiin, toisten osien tukeutuessa painuvaan maahan. Tällaisia ratkaisuja tulisi välttää, koska rakenteet joudutaan pahimmassa tapauksessa rakentamaan kokonaan uudelleen. Ongelma voidaan osittain ratkaista esimerkiksi säädettävillä rakenteilla. Pikku-Huopalahdessa on mm. joitakin autotalleja joiden pilaripituudet ovat säädettävissä mutterikierteiden avulla. Korjattavia ongelmia syntyy myös niissä kohdissa missä esirakentaminen tai siirtymärakenne on jätetty rakentamatta tiedonkulun katkosten vuoksi. Rakennuttajien tulee muistaa rakennusalan rajan merkitys omana vastuualueenaan, jonka sisäpuolella vastuu esirakentamisesta ja siirtymärakenteista siirtyy rakennuttajalle. Tämän lisäksi esirakentamissuunnitelmat tulisi tarkistaa erityisen huolella urakkarajojen ja eri esirakentamismenetelmien muutoskohdissa sekä niissä tapauksissa kun suunnitelmiin tehdään esirakentamisen jälkeisiä muutoksia.

Työohjeiden merkitystä ja työohjeiden noudattamista työmailla tulisi entisestään korostaa. Tämä koskee etenkin kaivantojen, läjityksen ja paalutuksen suorittamista vaikeissa olosuhteissa, sillä niiden yhteydessä sortumisvaarat ovat tavanomaisiin olosuhteisiin nähden moninkertaiset. Esimerkiksi Tilkantorin paalutuksen yhteydessä on sattunut joitakin pieniä sortumia /86/, joista onneksi ei kuitenkaan aiheutunut suuria haittoja. Paciuksen kadun kaava-alueella tapahtui rakentamisen aikana suuri tuetun rakennuskaivannon sortuma, joka aiheutti huomattavia vahinkoja ja korjauskustannuksia, sillä useita paaluja meni poikki ja ne jouduttiin uusimaan. Samantyyppinen mutta vahingoiltaan vähäisempi sortumavahinko sattui myös Tilkankadun kaava-alueella /54/ Nämä esimerkit osoittavat, että vakavuusongelmia ei ohjeista huolimatta ole pystytty täysin ratkaisemaan. Sortumien sattuessa ongelmana on usein se, että vahingon laajuutta on vaikea määrittää. Stabilointipilareiden tai paalujen eheyden tarkistaminen ja korjaaminen on kallista ja mahdolliset vahingot näkyvät vasta myöhemmin.

8. PIKKU-HUOPALAHDEN ESIRAKENTAMISMENETELMIEN VALINTA

8.1 Esirakentamismenetelmien valintaperusteet

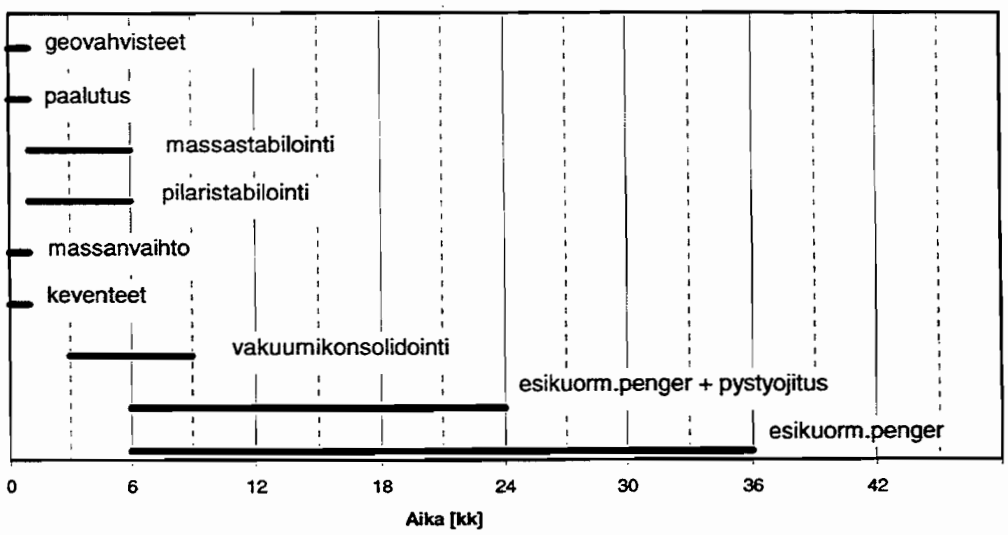
Rakentamiskustannukset ovat yleensä tärkein huomioon otettava seikka menetelmää valittaessa, joskin niiden lisäksi menetelmän valintaan voivat vaikuttaa myös muut menetelmien ominaisuudet. Menetelmän käyttöä saattavat puoltaa tai rajoittaa esimerkiksi seuraavat seikat: /88/

- **Tilantarve** saattaa rajoittaa joidenkin menetelmien käyttöä. Esimerkiksi esirakennettavan alueen viereen tulevat liikenneväylät, kunnallistekniikka ja kaavojen rajat saattavat estää tilaa vievien esirakentamismenetelmien käytön. Tilaa vaativia menetelmiä ovat lähinnä kevennysleikkaus ja pystyojitus, joka yleensä edellyttää myös vastapenkereitä.

- **Rakentamisaika** vaihtelee menetelmän mukaan huomattavastikin. Hitaiden menetelmien haitta verrattuna nopeisiin on niiden vaatima tarkka koordinointi suunnittelun, kaavoituksen ja rakentamisen aikana. Nopeammat menetelmät mahdollistavat joustavamman rakentamisen ja suunnitelmien muuttamisen. Eri menetelmien keskimääräisiä rakentamisaikoja esitetään kuvassa 133.

- **Lopputuloksen onnistumisvarmuus ja laatutaso** ovat tekijöitä, joihin vaikuttavat mm. alueen vakavuus työn aikana sekä pysyvässä tilanteessa, tavoitellun painumastandardin saavuttaminen, mahdollisten jälkipainumien korjattavuus sekä ympäristövaikutusten pysyminen sallituissa rajoissa. Lopputuloksen onnistumiseen voidaan vaikuttaa ottamalla huomioon ratkaisun herkkyys lähtötietojen- tai suunnitelmien virheille tai puutteellisille työsuorituksille. Hyvin tehdyillä tarkkailumittauksilla voidaan parantaa oleellisesti lopputulosta ja saavuttaa työn aikaisia säästöjä. Lopputuloksen laatutaso tarkoittaa lähinnä eroja painumissa ja painumaeroissa eri menetelmien välillä. Painumaton rakenne saadaan yleensä vain pengerpaalutukselle, kun taas pystyojitus ja pilaristabilointi painuvat aina hieman. Pilaristabilointia pidetään tosin melko painumattomana rakenteena, vaikka Pikku-Huopalahdessa onkin saatu toisenlaisiakin kokemuksia. Lopputuloksen onnistumisvarmuus ja laatutaso vaikuttavat voimakkaasti myöhemmin mahdollisesti syntyviin korjauskustannuksiin.

- Saastuneet maat ja niille suunnitellut toimenpiteet vaikuttavat myös yleensä valittavaan esirakentamismenetelmään.



Kuva 133 Esirakentamismenetelmien keskimääräisiä rakentamisaikoja /71/

8.2 Esirakentamismenetelmien elinkaaren kustannukset

Kappaleessa 6.7 on esitelty Pikku-Huopalahden esirakentamisen kokonaiskustannuksia. Kohdassa ei kuitenkaan tarkasteltu sitä, olivatko valitut menetelmät taloudellisesti parhaita. Esirakentamismenetelmää valittaessa tulisi ottaa huomioon eri menetelmien tekniset ominaisuudet ja sekä valinnasta aiheutuvat koko elinkaaren kustannukset eikä pelkkiä rakentamisesta aiheutuvia kustannuksia kuten yleensä tehdään. Elinkaarikaarikustannuslaskennan ajatuksena on minimoida tuotteen koko elinkaaren aikana syntyvät kustannukset riippumatta siitä, kuka kustannukset maksaa. Elinkaaren kustannukset voidaan jakaa kahteen osaan:

- Ensimmäisen ryhmän kustannukset syntyvät tuotteen elinjakson alussa. Näitä ovat esim. tuotekehitys-, suunnittelu-, valmistus- ja asennuskustannukset. /50/ Esirakentamisen yhteydessä tämä tarkoittaa lähinnä menetelmän mukaisia rakennuskustannuksia. Mukaan laskentaan otetaan usein myös eri menetelmien vaatimien keskimääräisten rakentamisaikojen seurauksena syntyvät erot korkomenoissa sekä menetetyt vuokratulot.
- Toiseen ryhmän kustannukset syntyvät rakenteen käytön aikana. Nämä kustannukset monesti unohdetaan ottaa huomioon, koska tulevaisuudessa syntyvät kustannukset ovat epävarmoja ja toisaalta rakentamiskustannuksista ja huolto- sekä kunnossapitokustannuksista vastaavat eri tahot. Käytön aikaisia kustannuksia ovat esimerkiksi /50/
    - investoinnin pääomakustannukset
    - hoitokustannukset (kesä- ja talvikunnossapito sekä puhtaanapito)
    - kunnossapitokustannukset (uudelleen päällystys ym. korjaukset)
    - peruskorjauskustannukset
    - häiriö- ja seisokkikustannus
    - tuotteen käytöstä poistamisen kustannukset
    - tuotteen jäännösarvo.

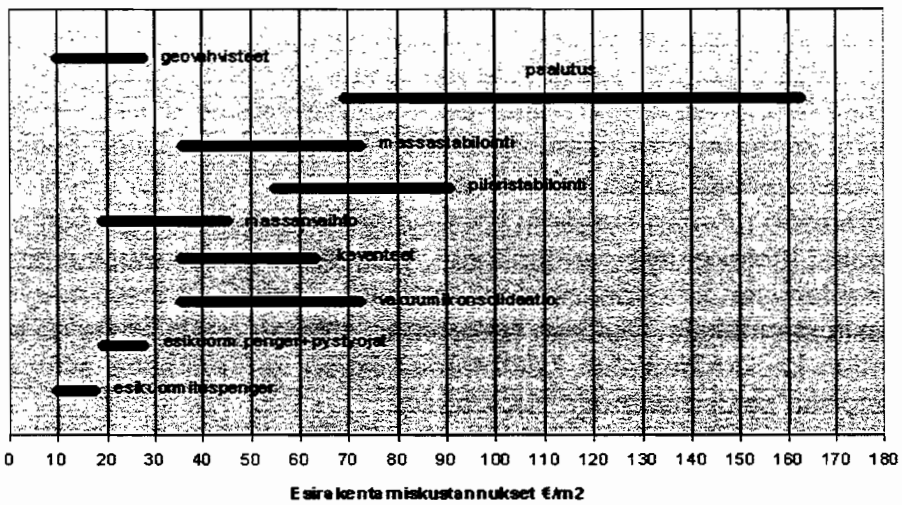
Eri esirakentamismenetelmillä em. toiseen ryhmään kuuluvat kustannukset voivat vaihdella suurestikin. Myöhemmissä tarkasteluissa otetaan huomioon vain rakentamisesta ja kunnossapidosta eli korjauksista aiheutuvat kustannukset.

8.3 Esirakentamismenetelmien keskimääräiset kustannukset

Eri esirakentamismenetelmien kustannukset vaihtelevat melko paljonkin, sillä mikään rakennuskohde ei ole täysin samanlainen. Maan kerrospaksuudet, geotekniset ominaisuudet, rakennusmassojen saatavuus ja käytettävissä oleva rakentamisaika vaikuttavat kaikki menetelmän valintaan ja syntyviin kustannuksiin. /88/ Taulukossa 4 esitetään Pikku-Huopalahdesta lasketut keskimääräiset esirakentamiskustannukset eri menetelmille. Kuvassa 134 esitetään vastaat keskimääräiset esirakentamiskustannuksia eri menetelmille yleensä lähteen /71/ mukaisesti, josta kustannukset on muutettu euroiksi ja päivitetty rakennuskustannusindeksillä 10/2002 hintatasoon. /102/

Taulukko 4 Esirakentamisen keskimääräiset kustannukset Pikku-Huopalahdessa /74/

Esirakentamismenetelmä	Keskimääräinen kustannus [€/m2]
Esikuormituspenger ja pystyojat	40
Syvästabilointi	90
Pengerpaalutus	160



Kuva 134 Eri esirakentamismenetelmien keskimääräiset kustannukset maaneliömetrille 10/2002 tasossa /71/,/102/

Pikku-Huopalahdessa kustannukset ovat asettuneet paalutuksella ja pilaristabiloinnilla vaihteluvälin yläpäähän ja pystyojituksen kohdalla selvästi vaihteluvälin yläpuolelle. Tämä tarkoittaa sitä, että alue on ollut keskimääräistä vaikeampaa esirakentaa. Pehmeikkö on ollut paksu ja voimakkaasti kokoonpuristuva, mikä on lisännyt etenkin pystyojituksen kustannuksia ja lisäksi työtä ovat haitanneet lohkareiset täytöt. Edellä mainitusta seikasta huolimatta pystyojituksen kustannukset ovat olleet vain noin neljäsosa pengerpaalutuksen- ja alle puolet pilaristabiloinnin kustannuksista.

8.4 Pikku-Huopalahden painumakorjaukset

8.4.1 Yleistä Pikku-Huopalahden painumakorjauksista

Painumat alentavat väistämättä alueen laatutasoa ja lisäävät huolto- ja korjaustöiden kustannuksia. Se kuinka paljon ja kuinka usein kustannuksia syntyy riippuu osaltaan siitä, millaisia vaurioita ollaan valmiita sietämään ja kuinka usein niitä korjataan. Kappaleessa 7 on esitetty erilaisia painumista aiheutuneita vaurioita alueella ja näistä suuri osa oli sellaisia, ettei niistä aiheudu suuriakaan käytännön ongelmia, joten niiden korjaamisen ei juurikaan ole halua sijoittaa rahaa. Toinen syy korjausten lykkäämiseen myöhemmäksi on se, että alueen korjaamisesta vastuussa olevilla tahoilla ei ole varmaa tietoa alueen jäljellä olevasta painumasta tai niiden ajallisesta kehityksestä. Korjauksia ei haluta tehdä, koska pelätään painumien jatkuvan korjauksen jälkeenkin, jolloin myös vaurio uusiutuu. Pelko ei ole aiheeton, sillä mm. pystyojituskohteita on hankala korjata juuri siitä syystä, että korjauksen seurauksena maa saattaa häiriintyä tai sille tulee lisäkuormaa, jolloin seurauksena on lisäpainumia myöhemmin. Tämä täytyy ottaa huomioon korjauksia suunniteltaessa. Pikku-Huopalahden tonttialueilla ei ole ennen vuotta 2002 tehty suuria painumavaurioiden korjauksia, vaan korjaukset ovat olleet melko pieniä ja paikallisia. Myöskään katualueilla ei ole tehty korjauksia ennen vuotta 2002 aivan pieniä paikkauksia lukuun ottamatta. /99/ Esirakentamisesta alkaa kuitenkin esim. Tilkankadun alueella olla kulunut jo liki kymmenen vuotta, joten suurin osa painumista on jo tapahtunut ja ongelmat ovat selvästi nähtävillä. Tilkankadun syvästabilointialueella korjaustarpeita on selvästi olemassa ja arviolta jopa kolmannes alueesta vaatii jonkinasteisia korjauksia. Muualla Pikku-Huopalahdessa korjaustarpeet ovat vähäisempiä ja jäänevät n. 5 prosenttiin pinta-alasta.

Vuoden 2001 ja 2002 aikana alueella onkin aloitettu ja loppuunsaatettu muutamia suurempia korjauksia, joita on esitelty seuraavassa kappaleessa. Ennen vuotta 2001 tehtyjä korjauksia ei ole juurikaan otettu mukaan, koska aiemmilta vuosilta korjaus- ja kustannustietoja ei ole saatu. Syynä tähän on mm. se, että korjauksia on tehty melko vähän, pienemmistä korjauksista ei ole tehty erillistä seurantaa, joten jälkikäteen ei ole voitu erotella painumista aiheutuvia korjauskustannuksia muista korjauskustannuksista ja lisäksi rakennuttajat ovat olleet hieman haluttomia luovuttamaan kyseisiä kustannustietoja yrityksen ulkopuolelle.

Esimerkkien tavoitteena on kuvata tavallisimpia ongelmia, jotka alueella on nähty välttämättömiksi korjata, korjauksissa käytettyjä menetelmiä sekä korjauksista aiheutuvien kustannusten hintatasoa. Korjaustoimenpiteiden kustannukset esitetään siinä laajuudessa, kuin niistä on ollut tietoa saatavilla. Korjauskohteiden kustannuksia tarkasteltaessa tulee pitää mielessä, että kustannukset perustuvat usein puhelimessa annettuihin selvityksiin, joiden tarkkuudesta ei ole täyttä varmuutta. Toisaalta esitetyt korjaustoimenpiteet perustuvat rakennusselostuksiin ja korjauspiirustuksiin, jotka eivät ota huomioon urakan aikana työmaalla sovittuja lisä- ja muutostöitä, joiden osuus on saattanut nousta huomattavan suureksi. Esimerkit kuvaavatkin osin puutteellisesti korjaustöiden laajuutta ja kustannuksia. Esimerkit antavat kuitenkin jonkinlaisen käsityksen tehtyjen korjausten laajuudesta ja tehdyistä toimenpiteistä tilanteen arvioimiseksi.

8.4.2 Esimerkkejä Pikku-Huopalahdessa tehdyistä korjauksista

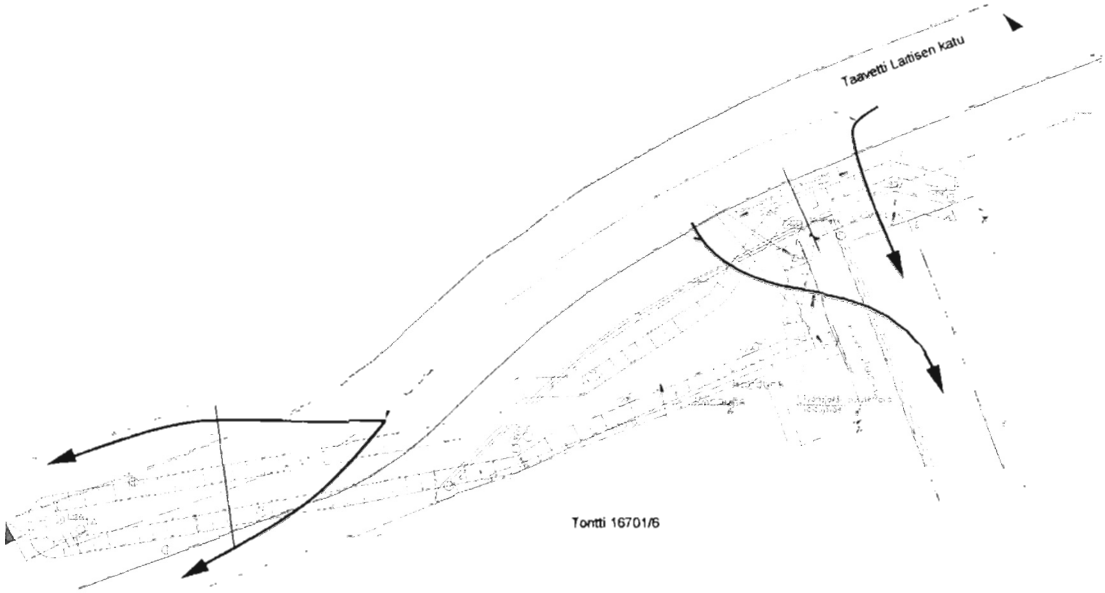
ESIMERKKI 1

Korjauskohteen sijainti ja alueen kuvaus:
Kohde sijaitsee korttelissa 16701, tonteilla 6 ja 7 sekä Taavetti Laitisenkadun Tilkankadun puoleisessa päässä. Alue on pilaristabiloidun ja pystyojitetun alueen rajalla, jossa alueellinen painumaennuste on noin 300 mm. /9/

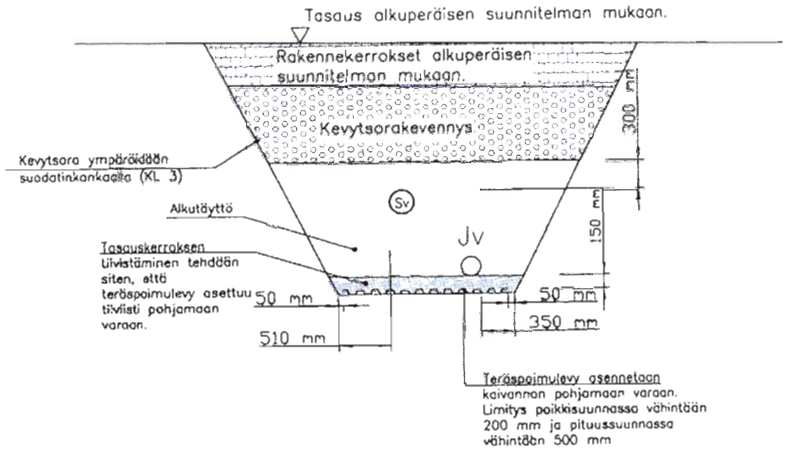
Korjaukseen johtaneet syyt ja ongelmat:
Asuntojen maanvaraan perustetut jätevesiviemäröinnit eivät ole toimineet halutusti. Viemäreitä on jouduttu huuhtelemaan ja rakennuksissa on esiintynyt hajuongelmia. Videokuvauksissa havaittu putkien painuneen epätasaisesti, jolloin kiintoaines jäänyt putkiin. Painumat kadun jätevesipuolella liitoskaivossa ovat 267 mm ja kaivossa sadevesipuolella jopa 530 mm. Viemärien painumat ovat linjan keskivaiheella n. 200 mm. /3/

Tehdyt korjaustoimenpiteet:
Ongelman poistamiseksi jätevesiviemäri uusittiin koko rakennuksen ulkopuolisella osalla ja uusittavan alueen pituus on n. 65 metriä. Vielä toimintakuntoinen päätettiin korjata samalla kertaa niiltä osin kuin se oli jätevesiviemärin reitillä. Sadevesiviemäriä laskettiin 100 mm jo tapahtuneiden painumien kompensoimiseksi sekä uusittiin liitoksesta niin kauas, että uudet korot saavutettiin. Piha-alueelta siirrettiin korjauksen takia pois pylväät, istutukset, kivetykset. Tilanne palautettiin alkuperäisten suunnitelmien mukaiseksi korjauksen jälkeen. Samalla rikkoutuneet tai siirtyneet piharakenteet uusittiin. Uusittu putkijohto perustettiin teräslevyarinalle ja putkien päälle tehtiin vielä kevytsorakevennys painumien välttämiseksi. /98/ Korjausrakenne, korjausalue korjauksen aikana ja sen jälkeen sekä korjausalueen sijainti esitetään kuvassa 135.

Korjauskustannukset:
Korjaus tuli maksamaan rakennuttajalle vuonna 2002 noin 120 000 €, joista urakoitsijan osuus oli noin 105 000 € sekä muut rakennuttajan kustannukset 15 000 €. /72/ Tämän lisäksi HKR on päällystänyt katualuetta kevyenliikenteenväylineen uudestaan, mistä aiheutui noin 7000 € kustannukset. /99/



A



B

C

D

Kuva 135 Putkijohtolinjan ja sen päälle jääneen alueen korjauksien sijainti katualueella ja rakennuksen sivulla (A) ja korjatun putkijohtorakenteen poikkileikkaus (B) /98/. Kuvissa (C) ja (D) on korjauskohde korjauksen aikana ja sen jälkeen.

ESIMERKKI 2

Korjauskohteen sijainti ja alueen kuvaus:
Kohde sijaitsee korttelissa 16707, tontilla 5. Alue pystyojitetulla alueella, jossa alueellinen painumaennuste on noin 200 mm. /9/

Korjaukseen johtaneet syyt ja ongelmat:
Kohde ennen korjausta on esitetty ongelmakohtien yhteydessä kuvissa 86. Painumaerot rakennuksen vieressä ovat aiheutuneet selvän esteettisen ja liikenteellisen haitan.

Tehdyt korjaustoimenpiteet:
Urakasta ei ole tehty rakennusselitystä, koska kohde on pieni ja yksinkertainen ja suunnitelmien laatimiskustannukset tulisivat korjauksen kustannuksiin verrattuna suuriksi. /101/ Kohteen urakkaan on sisältynyt kuvassa 136 esitetty autotallin vierustan kivien tasoitus noin. 15 metrin matkalla. Kivien tasoitus sisältää kivien irrotuksen ja siirron sekä maan tasaamisen ja kivien latomisen takaisin paikoilleen. Rakennuksen toisella puolella on tehty samaan urakkaan liittyen päiväkodin edustalla noin 20 metriä pitkän ja 1,5 metriä leveän seinän vierustan korjaus, jossa maahan on asennettu suodatinkangas sekä vaihdettu massoja. Korjattu rakenne esitetään kuvassa 136.

Kuva 136 Autotallin seinustat korjauksen jälkeen. Vanha maanpinnan taso ennen korjausta näkyy muurissa tummentuneena rajana. (vrt. kuva 86)

Korjauskustannukset:
Urakan kokonaishinnaksi on tullut vuosina 2001-2002 yhteensä noin 3000 €. /101/

ESIMERKKI 3

Korjauskohteen sijainti ja alueen kuvaus:
Kohde sijaitsee Paciuksen kaava-alueella Vesikujalla paalutetun alueen ja puistoalueen rajalla. Vaurio on esitetty aiemmin kuvassa 121.

Korjaukseen johtaneet syyt ja ongelmat:
Halkeamasta on aiheutunut esteettinen haitta ja rakenteen kuivatus ei enää toiminut suunnitellusti.

Tehdyt korjaustoimenpiteet:
Kohde korjattiin vuoden 2002 kesällä päällystämällä painunut kohta kevyenliikenteen väylän keskeltä sen reunaan asti. Päällystettävän alueen pituus oli noin 90 metriä ja leveys noin 1,7 metriä. Kohde korjauksen jälkeen esitetään kuvassa 137.

Kuva 137 Kevyenliikenteen väylän painumavaurio korjattu päällystämällä se puoliksi uudelleen (vrt. kuva 120)

Korjauskustannukset:
Korjauspäällystys tuli maksamaan n. 1700 €. /99/

ESIMERKKI 4

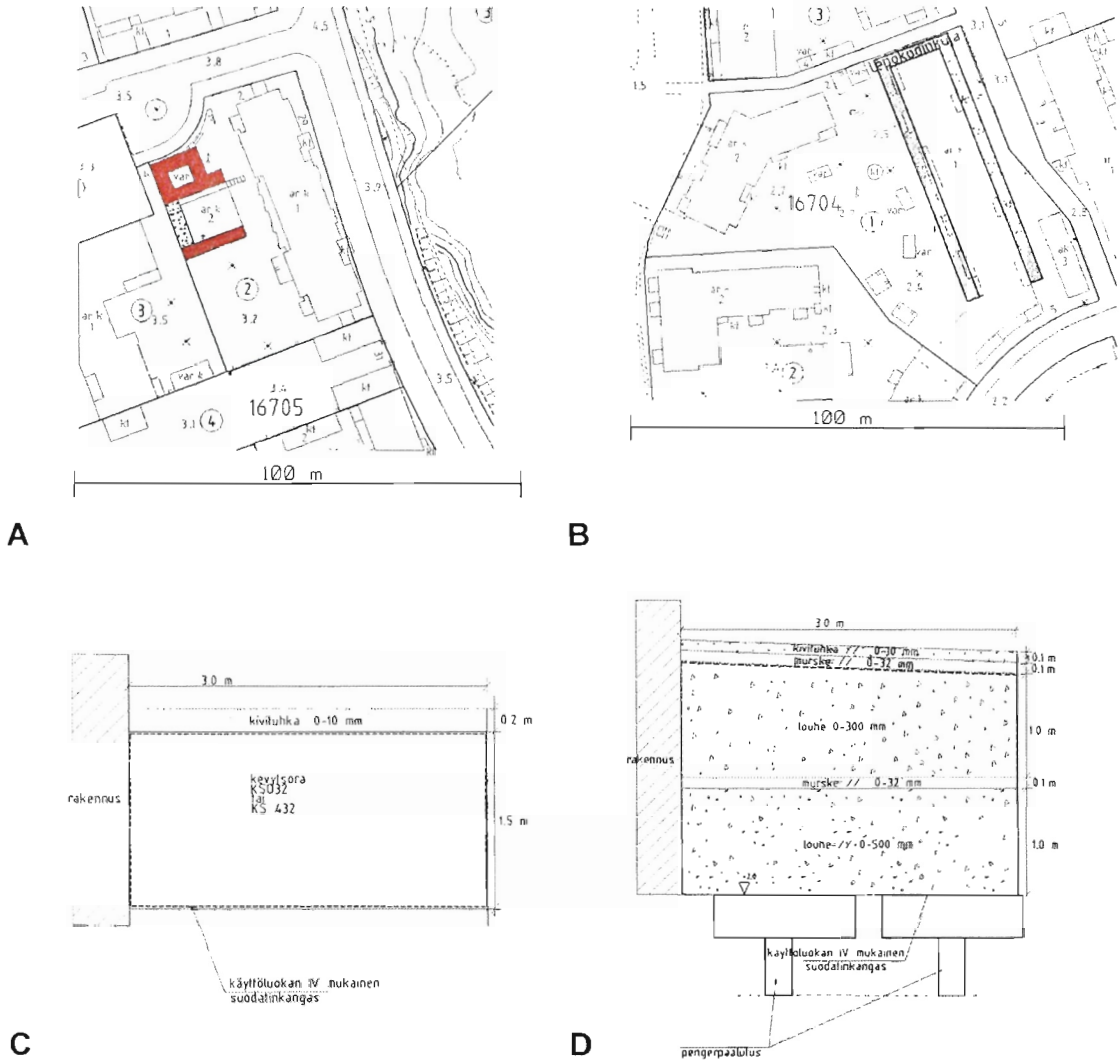
Korjauskohteen sijainti ja alueen kuvaus:
Samassa esimerkissä esitetään kahden eri tontin korjaukset, koska ne on suunniteltu ja toteutettu yhtenä urakkana. Korjauskohteet sijaitsevat korttelin 16705 tontilla numero 2 sekä korttelin 16704 tontilla 1. Kumpikin tontti sijaitsee Tilkankadun pilaristabiloidulla alueella. Vastaavat alueelliset painumaennusteet tonteille ovat 100-200 mm ja 200-300 mm.

Korjaukseen johtaneet syyt ja ongelmat:
Korttelin 16705 tontilla 2 rakennusten väliin oli alun perin suunniteltu kevytsorakevennys, koska arkkitehti halusi nostaa pihatason korkeusasemaa. Tästä aiheutui n. 0,5 metrin ylitäyttö esirakentamiskriteereihin nähden, joka piti kompensoida kevytsorakevennyksellä. Myöhemmin havaittiin kuitenkin, että urakoitsija oli unohtanut rakentaa kevennysrakenteen. /67/ Tämä selittää osaltaan alueen putkijohtojen ja pihan suunniteltua suuremmat painumat ja toimii hyvänä esimerkkinä kuinka tiedonkulun ongelmat aiheuttavat ongelmia esirakentamisen yhteydessä. Tontille on rakennettu pengerpaalutus rakennuksen 2 länsisivulle autotallin eteen. Täyttö on rakennettu sorasta, joka tähän tarkoitukseen liian hienoa. Maan painuessa on täyttö päässyt varisemaan paaluhattujen välistä aiheuttaen onkaloita ja painumia täyttöön ja rakennuksen edustalle.

Rakennusten sivuilla on esiintynyt painumia, koska sokkelien vierustatäytöt ovat päässeet valumaan alapohjan alle kuvan 117 mukaisesti. Osasyynä tähän on pilaristabiloinnin väärä sijainti rakennukseen nähden kuvan 66 mukaisesti. Tonteilla suoritettujen putkijohtolinjojen videokuvauksista on todettu salaojien ja viemärilinjojen vaurioituneen painuman seurauksena useammassa kohtaa.

Tehdyt korjaustoimenpiteet:
Rakennusten sivuilla on esiintynyt painumia, joiden korjaamiseksi on vierustäyttö uusittu osalla rakennusten sivuja rakentamalla suodatinkankaan päälle kevytsorakevennyksiä, jotka ulottuvat noin 3 metrin päähän rakennuksesta ja joiden paksuus on noin 1,5 metriä. Lisäksi kevennysten kohdalle on sokkelipalkin sisäpuolelle rakennettu luiskattu vastatäyttö joka on vähintään 2 metriä leveä ja joka ulottuu vähintään 0,5 metrin korkeuteen sokkelipalkin alapinnasta. /55/ Tehtyjen kevennysrakenteiden sijainti ja poikkileikkaus nähdään kuvasta 138.

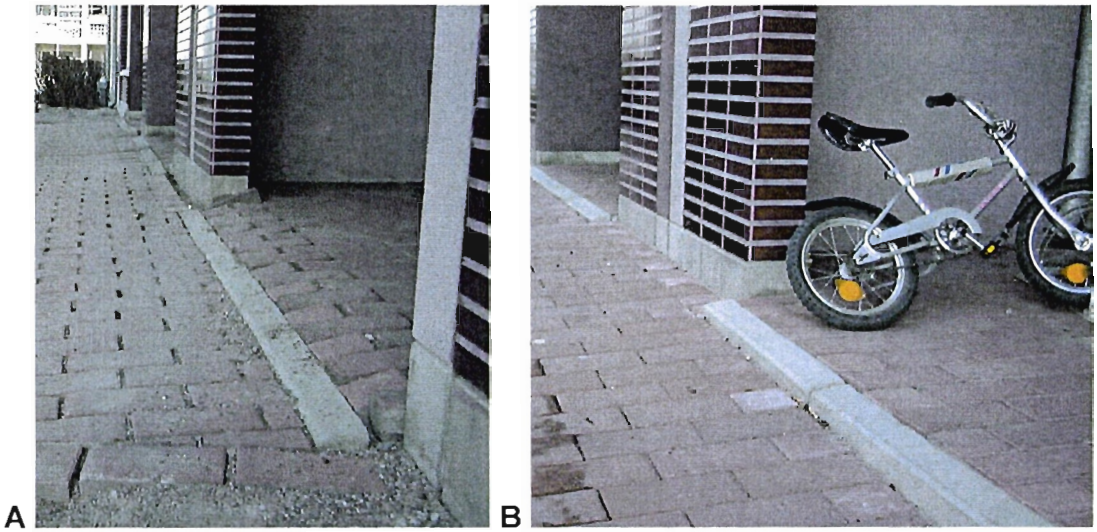
Kummallakin tontilla on lisäksi suoritettu putkijohtolinjojen kuntokartoituksia videokuvauksella. Tutkimusten perusteella uusittiin salaojat ja viemärilinjat pahiten painuneilla osuuksilla. Alkuperäisten korjaussuunnitelmien mukaan KOY Taavetinaukion tontilla putkijohtoja uusittiin kolmesta kohtaa yhteensä n. 100 metrin matkalta, minkä lisäksi 5 kaivoa kunnostettiin, 2 vanhaa kaivoa poistettiin käytöstä ja tilalle rakennettiin 4 uutta. KOY Taavetinkujalla vastaavasti korjattiin putkilinjoja n. 42 metriä ja nostettiin kahta kaivoa ja rakennettiin yksi uusi. Kuvassa 139 esitetään korjattu putkijohtolinja Taavetinaukion KOY tontilla Tilkankadun varressa.



Kuva 138 Tonttien 16705/2 (A) ja 16704/1 (B) rakennusten vierustoille tehtyjen kevennyskorjausten sijainti (punaisella). Kuvassa C on esitetty vastaava kevennysrakenteen poikkileikkaus ja kuvassa (D) tontin 16705/2 autotallin eteen tehdyn pengerpaalutuksen korjausrakenne.

Kuva 139 Tilanne Tilkankadun ja Taavetinaukion risteyksessä putkijohtolinjan korjauksen jälkeen, kun katu on päällystetty uudelleen.

Muualla tonttien piha-alueilla suoritettiin tasauskorjauksia, joiden yhteydessä tasausta korotettiin keskimäärin 0,1-0,2 metriä. Samalla korjattiin painuneet betonikiveykset, nurmikot ja istutukset. Kuvassa 140 esitetään alueen tilannetta ennen ja jälkeen korjauksen. Käytännössä korjaukset ovat niin laajoja, että tonttien piha-alueet on rakennettu täysin uudelleen.



Kuva 140 Piha-alueen betonikiveys ennen korjausta (A) ja korjauksen jälkeen (B)

Korjauskustannukset:
Urakkaneuvottelujen yhteydessä urakan kokonaishinnaksi em. kahden yhtiön osalta oli vuoden 2001 kesällä sovittu noin 1,2 Mmk ja rakennustöiden arveltiin kestävän kolme kuukautta vuoden 2001 lopussa. /6/ Korjausurakan aikana ongelmien laajuus selvisi kokonaisuudessaan ja muutos- ja lisätöitä on jouduttu sopimaan huomattavia määriä sekä urakkaa jatkamaan vuodelle 2002. Urakkaan on vuoden 2002 syksyyn mennessä kulunut rahaa jo 3,0-3,5 Mmk eli yli 500 000€. Korjaus on siis tullut erittäin kalliiksi ja lisäksi se on haitannut normaalia asumista alueella jo pidemmän aikaa. /5/

Kustannusten moninkertaistuminen urakan aikana antaa kuvaa, kuinka vaikeaa korjausurakkaa on määritellä ennen korjauksiin ryhtymistä. Monesti vaurioiden laajuus selviääkin toden teolla vasta korjaustyön aikana, kun esim. putkijohtoja tai rakennusten sivustoja aletaan kaivaa esiin.

ESIMERKKI 5

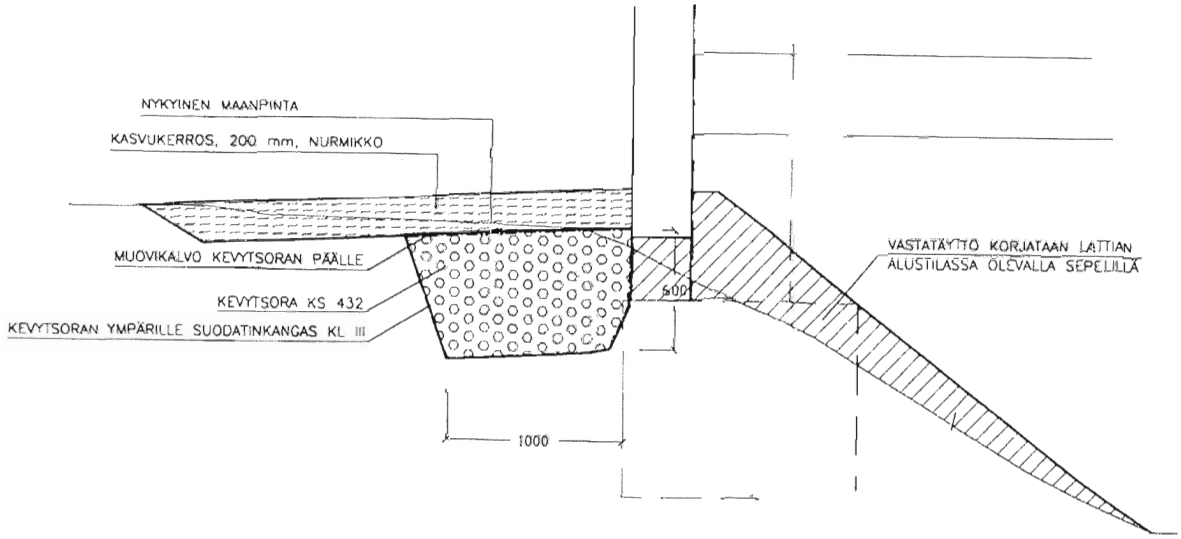
Korjauskohteen sijainti ja alueen kuvaus:
Kohde sijaitsee korttelin 16705 tontilla 5. Alue on Tilkankadun pilaristabiloidulla alueella, jossa alueellinen painumaennuste on 200-300 mm. /9/

Korjaukseen johtaneet syyt ja ongelmat:
Koska alueella tehty pohjanvahvistus perustuu kaavan mukaiseen rakennusalaan, pilareiden sijoittumisessa rakennuksen ympärillä oli selviä puutteita. /95/ Pihaalueella oli suurehkoja painumia, jotka ilmeisesti johtuivat stabilointipilareiden katkeamisesta ruoppaustäytemassojen liikkeiden seurauksena pilarien tekovaiheessa tai lujittumisen alkuvaiheessa. Painumat vaihtelevat rakennuksen eri sivuilla 50 mm:stä 450 mm:iin. Eteläpäädyssä painumasta oli aiheutunut kuvassa 100 esitetty kallistuma. B-portaan edessä painumat ovat suurimmillaan eli 300-450 mm. Pihan kallistus oli muuttunut ja kuivatus ei toiminut. Seinänvierustoilla oli onkaloita ja painumia, jotka johtuivat täytteen valumisesta ryömintätilaan. Taavetinkujan puolella arvioidut painumat vaihtelevat välillä 100-300 mm. Pohjoisosassa maa on painunut niin paljon, että ryömintätila oli nähtävissä, minkä lisäksi maanpinnan kaltevuus oli kohti taloa, jolloin pintavedet mahdollisesti pääsivät ryömintätilaan. Lisäksi pergolan terästukirakenteissa oli häiritseviä painumaeroja, jotka on esitetty kuvassa 92. Rakennuksen alustassa painumat olivat suurimmillaan noin. 500-600 mm ja paalujen yläpäät ovat kauttaaltaan näkyvissä. Painumista saattaa muodostua ongelma rakennuksen vaakasuuntaiselle stabiliteetille. Alapohjan alla oli merkkejä täytteen valumisesta sokkelin alitse ja paikoin seinänvierustäyttö oli routalevyjen varassa. /95/

Tehdyt korjaustoimenpiteet:
Korjaukset on jaettu kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa tehtiin korjaukset, jotka saattaisivat aiheuttaa tulevaisuudessa ylimääräistä vahinkoa tai joista aiheutuu selvää toiminnallista haittaa tai ulkonäköhaittaa. Toinen vaihe on suunniteltu tehtäväksi 5-6 vuoden kuluttua, kun painumahistoria on tarkemmin tiedossa. Ensimmäisessä vaiheessa suunniteltiin tehtäväksi seuraavat korjaukset: /94/,/24/

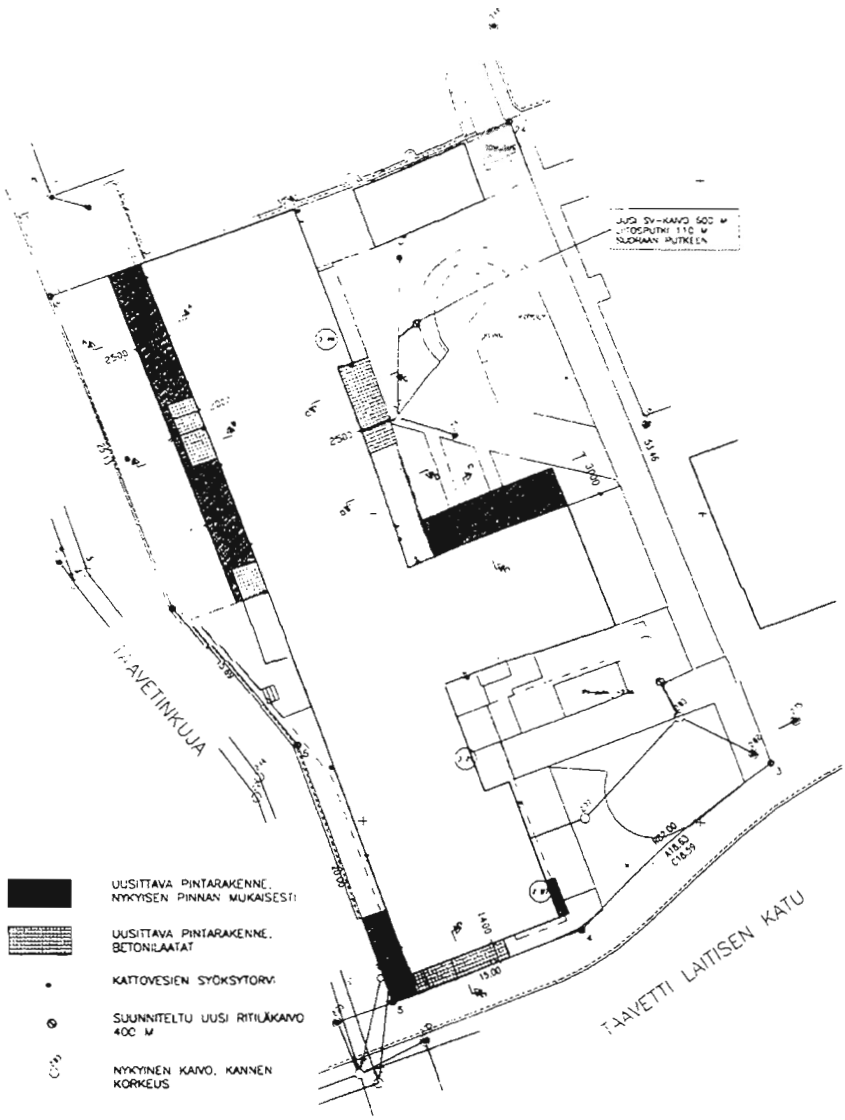
- Perustusten alle tehdään täyttö perustusten alapinta+200 mm asti.
- Pintavesien pääsy ryömintätilaan estetään korottamalla seinänvierustoja tasausta 100-300 mm ja muuttamalla kallistusta.
- Seinänvierustäyttöjen valuminen ryömintätilaan estetään muotoilemalla sokkelin sisäpuoliset luiskat 300 mm sokkelin alareunan yläpuolelle sekä rakentamalla sokkelin ulkopuolelle suodatinkankaalla pussitetusta kevytsorasta täyttö. Taavetinkujan puolella lyhyellä matkalla rakennetaan n. 15 metriä pitkä betonista tai teräksestä tehty stoppari pilareiden väliin.
- Alustatilojen painuneet putket oikaistaan ja rikkoutuneet putkikannattimet korjataan.
- Rakennuksen eduspihoille rakennetaan ritiläkaivot, jotta sadevesien lammikoitumista ei tapahdu.
- Kunnostetaan ja uusitaan syöksytorvien suppilokaivot.
- Vaurioituneet kiveys- ja laatoitusosuudet kunnostetaan seinänvierustojen korjausten yhteydessä.
- Pergoloiden painumaerot kunnostetaan irrottamalla seinäkiinnitykset ja oikaisemalla putkirungot. Tarvittaessa laudoitus puretaan ja maanvaraisten tolppien kohdalla tolppaa jatketaan.
- Eteläpäädyn liiketilan porras uusitaan poistamalla vanha rakenne kokonaan ja korvaamalla se betonikivistä tehdyllä portaalla.

Kuvassa 141 esitetään talon vierustalle tehty rakenne, jonka tarkoituksena on estää täytteen valuminen rakennuksen alle. Tilanne korjauksen aikana on esitetty kuvassa 142. Kuvassa 143 esitetään korjausalueen asemapiirustus.



Kuva 141 Rakennuksen vierustalle tehdyn rakenteen poikkileikkaus /8/

Kuva 142 Kuvassa (A) on kevennysrakenteen rakentaminen käynnissä rakennuksen vierustalla ja (B) betonilaatta on poistettu uuden rakenteen tieltä (vrt. kuva 101)



Kuva 143 Korjausalueen asemapiirustus /8/,/24/

Korjauskustannukset:
Kohteen korjauskustannusten erittely esitetään taulukon 5 maksupostien yhteydessä. /64/ Kaiken kaikkiaan korjauksen urakkakustannukset olivat yhteensä 55 100 €. Kustannukset kattavat kohteen ensimmäisen vaiheen kustannukset. Toisen vaiheen korjauksien yhteydessä kustannukset tulevat edelleen nousemaan.

Taulukko 5 Tilkankatu 3:n korjaushankkeen maksupostitaulukko vuonna 2002 /64/

Tehty työ	Maksuposti [€]
Laattojen ja seinien purku	3000
Taavetinkujan puoleinen kaivu tehty	3000
Sisäpihojen kaivutyöt suoritettu	4000
Betoniluiskat piikattu ja ajettu pois	3500
Taavetinkujan puoleiset kevytsorat asennettu	6000
Sisäpuolen kevytsorat asennettu	7000
Taavetinkujan puoleiset täyttö- ja laatta- ja multatyöt tehty	4000
Sadevesikaivot (2 kpl) putkitöineen valmiit	5000
Alustilan sepelistä puolet pumpattu	4000
Alustilan sepelistä kaikki pumpattu	5000
Laatoitukset, aidat, asfaltointi tehty	3000
Kaikki putki- ja kannakekorjaukset tehty	2000
Lopputyöt tehty, työ hyväksytty ja takuuajan vakuus jätetty	5600
Yhteensä	**55100**

ALUEEN MUITA PAINUMAKORJAUKSIA

Taulukkoon 6 on koottu yhteen joitakin aiemmin tehtyjen korjauskohteiden kustannuksia sekä yksi korjauskohteen kustannusarvio vuodelle 2003. Kustannuksissa ei ole otettu huomioon rahanarvon muutosta. Taavetti Laitisenkatu 9 sijaitsee myös Tilkankadun pilaristabiloidulla alueella, mutta painumat eivät täällä ole aiheuttaneet teknisiä vaan lähinnä esteettisiä ongelmia, joten korjauskustannukset ovat jääneet melko pieniksi. Samoin LPA alueilla tehdyt korjaukset ovat olleet pienehköjä korjauksia ja paikkauksia. Tilkankadun pilaristabiloidulla alueella on LPA tontilla on alustavasti suunniteltu korjausta vuodelle 2003, jonka karkea kustannusarvio on myös esitetty taulukossa 6.

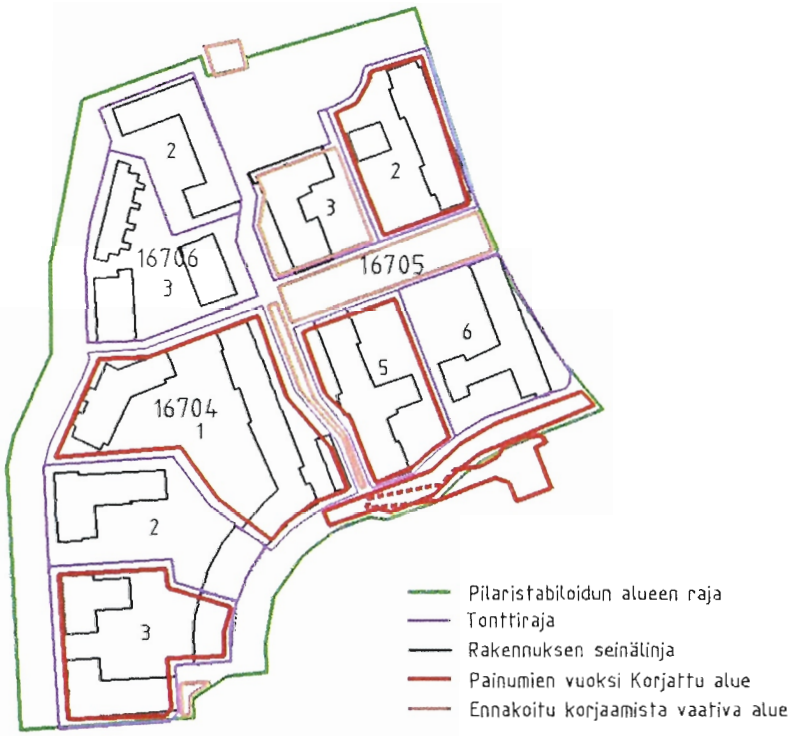
Taulukko 6 Pikku-Huopalahdessa jo tehtyjen- ja tulevaisuudessa suunniteltujen korjauksien kustannuksia vuosina 1999-2003

Kohde	Korjausaika	Korjauskustannus
Taavetti Laitisen katu 9	1999, 2000, 2002	yhteensä n. 10150 €
Kytösuontien alueen LPA Tilkankatu 7 LPA Hiittistenkujan ja Tilkankadun kulmauksen LPA	2001	yhteensä n. 13500 €
Tilkankatu 29 ja 33 LPA	ennuste 2003	arvio 10000 € /109/

8.5 Arvio esirakentamismenetelmien valinnasta

8.5.1 Tilkankadun pilaristabiloinnin onnistuminen

Kuvassa 144 esitetään Tilkankadun kaava-alueen pilaristabiloitu osa. Pilaristabiloidun alueen rajat on piirretty vihreällä, tonttien rajat violetilla ja rakennusten seinälinjat mustalla. Tiedossa olevat tehdyt korjaukset on merkitty kuvaan punaisella viivalla ja maastokäynnin perusteella arvioidut lähitulevaisuuden korjauskohteet ruskealla viivalla. Muillakin tonteilla on joitakin painumaongelmia, mutta vaurioiden laajuudesta ja korjaustarpeesta ei ole tällä hetkellä varmaa tietoa.

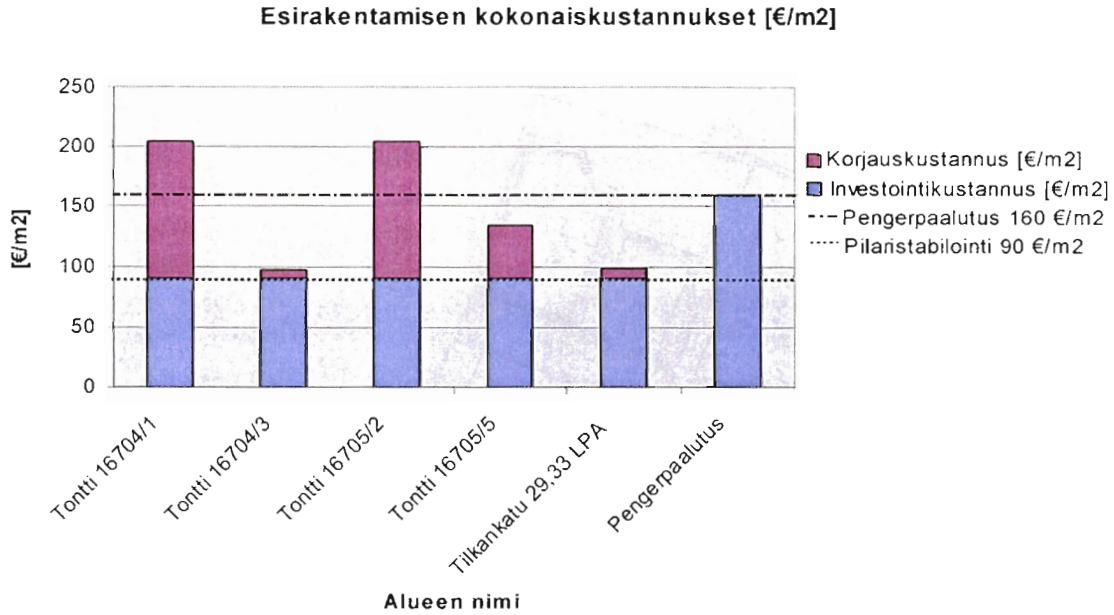


Kuva 144 Tilkankadun kaava-alueen pilaristabiloitu osa ja sillä tehdyt sekä arvioidut korjausta vaativat kohteet

Kuvasta 144 nähdään, että neljällä tontilla yhdeksästä on jo tehty korjauksia ja kolme näistä korjauksista on ollut suuria. Tulevaisuudessa osalla tonteista tullaan tekemään pienempiä korjauksia ja osalla hieman isompia. Tämän lisäksi katualueilla on tehty päällystekorjaus ja alueen etelärajalla on tehty laajahko putkijohtokorjaus, joka ulottuu pilaristabiloidulle alueelle. Kaduilla joudutaan tekemään korjauksia ainakin parissa kohdassa esim. Tilkankujan päässä ja Taavetinkujalla. Nämä ja muut arvioidut korjaustarpeet osoittavat, että alue jouduttaneen rakentamaan suurelta osin kahteen kertaan. Esirakentamisen onnistuminen voidaankin tällä alueella hyvällä syyllä kyseenalaistaa. Korjaamisesta aiheutuvien kustannusten lisäksi korjaustyöt haittaavat alueen asumista ja lisäksi painumavauriot aiheuttavat ongelmia ja haittoja myös ennen korjauksia. Haitoille ja ongelmille ei voida laskea rahallista arvoa, mutta ne tulisi ottaa huomioon mietittäessä menetelmän valintaa ja esirakentamisen onnistumista.

Kuvassa 145 esitetään esirakentamisen kokonaiskustannukset Tilkankadun pilaristabiloidun alueen korjaustonteilla. Kustannukset on jaoteltu rakentamiskustannuksiin ja korjauskustannuksiin esirakennettua neliömetriä kohti. Alueiden esirakentamisen

kustannukset on oletettu pilaristabiloinnilla olevan n. 90 €/m^2 ja pengerpaalutuksella n. 160 €/m^2. Nämä vastaavat keskimääräisiä kustannuksia Pikku-Huopalahdessa. /74/ Pengerpaaluvaihtoehdon oletetaan olevan painumaton, joten korjauskustannuksia ei synny. Rakentamiskustannusten arvioidaan vastaavan tämän päivän hintatasoa, joten rakentamis- ja korjauskustannukset on suoraan laskettu yhteen. Esirakennettavan alueen laajuus on määritetty vähentämällä tontin alasta rakennuksen seinälinjojen sisäpuolelle jäävä alue, jonka tulisi vastata rakennusalan rajoja. Laskelma esitetään liitteessä C.



Kuva 145 Arvioidut esirakentamisen kokonaiskustannukset jaoteltuna investointi- ja korjauspitokustannuksiin Tilkankadun kaava-alueen niillä tonteilla, joilla korjauksia on tehty tai suunniteltu tehtäväksi.

Kuvasta 145 nähdään, että esirakentamisen kokonaiskustannukset ottaen huomioon kunnossapitokustannukset ovat kahdella tontilla jopa suuremmat kuin jos koko alue olisi pengerpaalutettu. Tontin 16705/5 kokonaiskustannukset eivät vastaa aivan pengerpaalutuksen kustannuksia, mutta alue on suunniteltu uudelleen korjattavaksi 5-6 vuoden kuluttua, joten kustannusero pienenee edelleen. Tälläkin tontilla pengerpaalutus olisi ollut taloudellisesti hyvin kilpailukykyinen menetelmä. Koska tontilla 16705 on odotettavissa samankaltainen korjaus kuin tontilla 16705 voidaan tämänkin osalta arvioida, että pengerpaalutus olisi ollut parempi ratkaisu kuin pilaristabilointi. Esimerkit osoittavat, että hieman suurempi korjaus tulee jälkikäteen niin kalliiksi, että onnistumisen varmuuteen tulisikin kiinnittää erityistä huomiota esirakentamismenetelmää valittaessa.

Kuvassa 143 esitettyjen kustannusten lisäksi alueen etelärajalla on tehty putkijohtourakka, jonka kustannuksia ei ole esitetty, koska urakan kustannukset kohdistuvat alueen ulkopuoliselle tontille. Kuvassa 143 ei myöskään ole katurakenteiden kustannuksia, koska kyseisiä korjauksia ei ole vielä tehty. Nämä kustannukset tulevat edelleen lisäämään alueen kunnossapitokustannuksia. Korjattavien alueiden määrän perusteella olisi ollut järkevää rakentaa koko pilaristabiloitu alue pengerpaalutuksen varaan. Poikkeuksena tähän on vain pilaristabiloidun alueen länsireuna, joka sijaitsee pilaristabiloidun alueen länsirajan ja tonttirajojen välissä. Tässä kohtaa pilaristabilointi

toimii hyvin siirtymärakenteena siirryttäessä paaluilta pilaristabiloidulle alueelle ja edelleen esirakentamattomalle puistoalueelle.

8.6 Muut alueet Pikku-Huopalahdessa

Pystyojitetuilla alueilla painumia on esiintynyt, mutta korjauksia ei ainakaan tässä vaiheessa ole laajemmin tehty, joitakin pieniä päällystepaikkauksia lukuun ottamatta. Koska pystyojitus on tehty koko alueella mukaan lukien rakennusalat, ovat painumat rakennusten alla maltillisia ja siten maan valumisesta ryömintätilaan aiheutuvia vaurioita ei pystyojitusalueilla juurikaan ole ollut. Poikkeuksena tähän on Tilkankadun pohjoisosa, jossa esim. Hilda Flodinin kujan alueella esiintyy useita suurempia painumavaurioita, joita suunnitellaan korjattavaksi. Ongelmista huolimatta pystyojitus on toiminut melko hyvin, joten menetelmä on korjauskustannukset huomion ottaenkin taloudellisin esirakentamistapa.

Suuri osa alueella tähän mennessä tehdyistä korjauksista on kasaantunut Tilkankadun pilaristabiloidulle alueelle, jossa menetelmä ei ole kaikkialla toiminut halutusti. Muualla eli Korppaanmäessä ja Pikku-Huopalahden ranta-aluilla stabiloinnit ovat toimineet hyvin. Tilkantorin ympäristössä pilaristabiloinnin kanssa on ollut joitakin ongelmia, tosin pilaristabiloinnin puuttuminen on ollut tällä alueella vieläkin suurempi ongelma. Jos pilaristabilointi saadaan rakennettua suunnitellusti niin, ettei pilareita esim. rikota rakentamisen yhteydessä, puoltaa menetelmä paikkaansa. Painumat ovat pilaristabiloinnilla ovat yleensä melko pieniä ja vakavuuden paraneminen suurempaa kuin pystyojituksella.

Pengerpaalutukset Korpaanmäentiellä, Tilkantorilla ja Paciuksenkadun alueella ovat toimineet hyvin ja painumia ei olekaan esiintynyt. Ongelmat näillä alueilla aiheutuvat pääasiassa pengerpaalutuksen liittymisestä muihin rakentamistapoihin ja näissä ilmenneisiin puutteisiin siirtymärakenteissa. Pengerpaalutetun alueen sisällä painuma ei juurikaan esiinny, joten pengerpaalutuksia kyllä osataan rakentaa ja menetelmä on luotettava, mutta toisaalta menetelmä on esirakentamismenetelmistä kaikkein kallein.

9. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Pikku-Huopalahden esirakentamisprojekti on yksi suurimmista ellei suurin yksittäinen Suomessa toteutettu esirakentamishanke, joka kesti yli 10 vuotta ensimmäisen kohteen esirakentamisen aloittamisesta Korppaanmäen alueella aina Paciuksankadun alueen valmistumiseen asti. Alue oli esirakennettavaksi alueeksikin haastava, sillä alueella sijaitsee voimakkaasti kokoonpuristuva ja leikkauslujuudeltaan alhainen savi- ja liejukerros, paksuus on noin 20 m. Melkein koko alue on painumien ja huonon vakavuuden vuoksi ollut pakko esirakentaa. Pääesirakentamismenetelminä alueella on käytetty pystyojitusta, pilaristabilointia sekä pengerpaalutusta. Massanvaihtoa on paikoittain ja etenkin Tilkankadun rakentamisessa. Lisähaasteen alueen esirakentamiselle ovat luoneet alueella aiemmin sijainneen kaatopaikan suunnittelemattomat täytöt sekä pienteollisuuden toiminnasta aiheutuneet saastuneet maamassat.

Alueelta laaditun sivusiirtymäennusteen mukaan alueen sivusiirtymät ovat suurimmaksi osaksi tapahtuneet. Jäljellä olevat sivusiirtymät tulevat tapahtumaan pitkän ajan kuluessa ja niistä ei aiheudu haittaa alueen käytölle. Alueen esirakentamisen aikaiset painumat ovat vaihdelleet voimakkaasti suurimmillaan jopa 2,5 metriin asti. Nämä painumat ovat ylittäneet ennusteet ja aiheuttaneet joitakin ongelmia riittämättömän ylipenkereen muodossa. Esirakentamisen jälkeen käyttötilassa tapahtuvat painumat pysyvät ennusteen mukaan suurimmalla osalla aluetta tonteille asetetun 300 mm:n painumatavoitteen alapuolella, joten esirakentamisen voidaan katsoa onnistuneen tavoitteen mukaisesti.

Huolimatta tonteille asetetun 300 mm painumarajan alittamisesta esiintyy alueella paikoitellen selviä korjaamista vaativia kohtia. Suuri osa näistä ongelmista on aiheutunut esirakentamisen yhteydessä tehtyjen suunnitteluvirheiden ja rakentamisessa tehtyjen laiminlyöntien seurauksena. Pikku-Huopalahden suunnitteluohjeita ei ole ymmärretty tai niitä ei ole noudatettu. Suurin ongelma on se, että ei ole otettu huomioon, että kaupungin esirakentamisvastuu päättyy tontin rakentamisalan rajalle, jonka sisäpuolella ja rakennuttaja vastaa esirakentamistoimista ja siirtymärakenteista. Rakentaminen on aloitettu kuin koko alue olisi esirakennettua aluetta, minkä seurauksena siirtymärakenteita on jätetty rakentamatta ja alueella esiintyy nykyään painumavaurioita. Muita virheitä ovat esim. painumien huomioimatta jättäminen alueen kuivatuksen kannalta sekä paalutettuihin rakenteisiin kiinnitetyt rakenteet, joiden toinen pää on jätetty painuvalle maapohjalle. Tämän seurauksena rakenteisiin on aiheutunut taipumia ja kallistumia, jotka olisi voitu välttää paaluttamalla kyseiset rakenteet. Osa vaurioista on aiheutunut rakennustyön aikaisista ongelmista, mistä selvin esimerkki on Tilkankadun alueen pilaristabilointi. Tällä alueella rakentamisen aikaiset sivusiirtymät ovat katkaisseet stabilointipilarit, minkä seurauksena alueen painumat ovat ennakoitua selvästi suuremmat. Kaikkia vaurioita ei olisi kuitenkaan voitu välttää vaikka ohjeita olisi noudatettu huolellisestikin.

Kaiken kaikkiaan esirakentamismenetelmät ovat toimineet Pikku-Huopalahdessa melko hyvin lukuun ottamatta Tilkantorin pilaristabiloitua aluetta, joka tämän tutkimuksen perusteella olisi pitänyt pengerpaaluttaa, sillä korjauskustannukset ovat osalla tontteja kasvaneet kohtuuttoman suuriksi. Muuallakin Pikku-Huopalahdessa ongelmia on esiintynyt, mutta selvästi vähemmässä määrin ja osa näistä on aiheutunut edellä esitetyistä laiminlyönneistä ei itse menetelmien puutteista.

Kokemusten perusteella tavoitteeksi asetettu 300 mm painuma on niin suuri, että tästä aiheutuu väistämättä erilaisia ongelmia paalutettujen rakennusten sivuilla ja paalutettujen putkijohtolinjojen kohdalla. Ongelmien poistamiseksi tässä työssä on ehdotettu tiukempaa painumakriteeriä, jossa suurin sallittu painuma tonttien piha-alueilla on rajoitettu 200 mm:iin sekä aivan rakennuksen viereen sijoittuvalla noin metrin levyisellä kaistalla vielä tätäkin pienemmäksi. Riippuen rakennuksen viereen tulevan alueen päällysrakenteista voisi painuma em. kaistalla olla 0-60 % suurimmasta sallitusta painumasta, jonka ulkopuolella siirtymärakenteiden avulla tasattaisiin painumaero noin neljän metrin matkalla suurimpaan sallittuun painumaan. Tästä aiheutuu joitakin lisäkustannuksia, mutta toisaalta alueen korjauskustannukset myöhemmin alenevat.

Pikku-Huopalahdessa esirakentamattoman raakamaan arvo oli n. 100 mk/m^2 ja vastaavasti esirakentamisen kustannukset vaihtelivat välillä 250-1000 mk/m^2. Tonttimaan hinta vuoden 1986 tasossa oli noin 1600 mk/m^2, joten esirakentamisella oli mahdollista saada suoraa taloudellista hyötyä n. 500-1250 mk/m^2. Tämä arvonnousu on muuttunut tonttien myynneistä ja vuokrista saaduiksi tuloiksi. Esirakentamiskustannukset on peritty takaisin esirakentamismaksuina. Ottaen huomioon kaupungille alueen kunnallistekniikan rakentamisesta aiheutuneet kulut ja verrattaessa tätä tonttien myynneistä ja tonttien vuokrista saatuihin tuloihin nähdään, että alueen esirakentaminen on ollut kaupungin talouden kannalta erittäin kannattavaa.

LÄHDELUETTELO

/1/ Anundi, Merja. Tutkimus syvästabiloinnin soveltuvuudesta Pikku-Huopalahden ranta-alueen vakavuuden parantamiseksi. Diplomityö. Oulu 1982. 106 s.

/2/ Broms, Bengt & Boman, Per. Stabilization of Soil with lime Columns. 2nd ed. Stockholm 1978. Department of Soil and Rock Mechanics, Royal Institute of Technology. 92 s.

/3/ ClimaConsult Finland Oy. As Oy Miina Pohjaviemäreiden painuminen. Helsinki 12.7.2001. Muistio. 2 s. + 1 karttaliite.

/4/ Esirakentamisen kehittäminen. Helsinki 1985. Helsingin kaupunki, Geotekninen osasto. Tiedote 43. 51 s. ISBN 951-771-545-5.

/5/ Eurasto, Seppo. Puhelinkeskustelu 5.11.2002. Asuntotuotantotoimisto.

/6/ Eurasto, Seppo. Urakkaneuvottelupöytäkirja. 26.6.2001 Helsinki. Asuntotuotantotoimisto.

/7/ Feda, Jaroslav. Creep of Soils and Related Phenomena. Czechoslovakia 1992. Jaroslaw Feda, Marta Dolezalova. 422 s.

/8/ Geo-Juva Oy. As. Oy Helsingin Taavetti Laitisenkatu 3. Korjaustöiden työpiirustukset. Espoo 30.4.2002. Työnumero G20400. 13 s.

/9/ Geotekninen osaston laatimat painumakäyrästöt Pikku-Huopalahdessa käyttötilassa esirakentamisen jälkeen. Microstation tiedosto. 2002.

/10/ Halkola, Hannu. Perustamisvauriot. Helsinki 1979. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Moniste. 28 s.

/11/ Halkola, Hannu. Syvästabiloinnin laadun ja lujuuden valvontamenetelmät. Helsinki 1982. Geoteknisen osaston tiedote 30. 87 s. ISBN 951-771-332-0.

/12/ Helenelund, K.V. Pohjarakennusvauriot. Luku 11. Hartikainen Jorma. Pohjarakennus RIL 95. Helsinki 1974. Suomen rakennusinsinöörien liitto. s. 397-410.

/13/ Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, geotekninen osasto. Pikku-Huopalahti, tarkkailumittaukset. Helsinki 15.2.1995. Työnumero 4069. 21 s. + 4 karttaliitettä.

/14/ Helsingin kaupunki ympäristökeskus, Kokousmuistio 9.5.1995. Pikku-Huopalahti 1 s.

/15/ Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Helsingin kartta- ja geotekninen tietokanta. 2002.

/16/ Helsingin kaupunki/Asuntotuotantotoimisto. 2002. [WWW-dokumentti]. <www.hel.fi/att/info.htm>.

/17/ Helsingin kaupunki/Kaupungin kanslia/Talous- ja suunnitteluosasto. 2002. [WWW-dokumentti]. <www.hel.fi/kkansl/taso.htm>.

/18/ Helsingin Kaupunki/Kaupunkisuunnitteluvirasto. 2002. [WWW-dokumentti]. <www.hel.fi/ksv/index.html>.

/19/ Helsingin kaupunki/Kiinteistövirasto/Geotekninen osasto. 2002. [WWW-dokumentti] <www.kv.hel.fi/geo/default.htm>.

/20/ Helsingin kaupunki/Kiinteistövirasto/Tonttiosasto. 2002. [WWW-dokumentti]. <www.kv.hel.fi/tontti/default.htm>.

/21/ Helsingin kaupunki/Rakennusvalvontavirasto. 2002. [WWW-dokumentti]. <www.rakvv.hel.fi/>.

/22/ Honkaniemi, Matti. Tilkankadun asemakaava-alueen kaavatarkastelun geotekniset laskelmat. Helsinki 16.9.1987. IPT Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Työnumero 13382. 6 s.

/23/ Huang, H. Yang. Stability Analysis Of Earth Slopes. New York 1983. Van Nostrand Reinhold Company. 305 s. ISBN 0-442-23689-1.

/24/ Huokuna, Matti. As. Oy Helsingin Taavetti Laitisenkatu 3. Korjaustöiden jako osa-alueisiin. Faksi. Espoo 14.6.2002. Geo-Juva Oy. 7 s.

/25/ Insinööritoimisto Lauri Pitkälä Oy. Pikku-Huopalahti, Tilkantori, rakenteet, yleispiirustus. Helsinki 1.3.1989. Työnumero 1001. Piirustus 58.

/26/ Insinööritoimisto Oy Vesi-Hydro Ab. Paciuksen kaava-alue. Kallioportaankatu massanvaihto. Helsinki. Työnumero 15530. Piirustus 117.

/27/ Insinööritoimisto Oy Vesi-Hydro Ab. Paciuksen kaava-alue. Rannan syvästabilointi pyörrepaalukartta. Helsinki 31.12.1993. Työnumero 15530. Piirustus 160.

/28/ Insinööritoimisto Oy Vesi-Hydro Ab. Paciuksen kaava-alue. Rannan syvästabilointi, työselitys. Helsinki 31.12.1993. Nro 15530/III s. 4.

/29/ Insinööritoimisto Oy Vesi-Hydro Ab. Rantarakenne, leikkauksia. Helsinki 6.4.1987. Työnumero 12139/5. Piirustus 55742.

/30/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. esirakentaminen. Yleistäyttö ja täyttövaihe I, Täytön rakentaminen periaatepiirros. Helsinki 18.8.1986. Työnumero 12670. Piirustus 54.

/31/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Tilkankadun kaava-alue esirakentaminen. Kuivatusrakenteiden tyyppipoikkileikkaukset. Helsinki 19.3.1990. Työnumero 3815. Piirustus 204.

/32/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Tilkankadun kaava-alue esirakentaminen. Periaateleikkaus B-B Helsinki 14.9.1987. Työnumero 13382. Piirustus S15.

/33/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Tilkankadun kaava-alue keskiosa. Korttelialueiden ja katujen syvästabilointi. Sijaintipiirustus. Helsinki 24.4.1992. Työnumero 14244. Piirustus 506.

/34/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Esirakentamisurakka 3, alue B. Rakennusselitys. Helsinki 15.5.1987. Työnumero 12670. 11 s.

/35/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuon kaava-alue, Tilkankadun ja Tilkantorin pohjarakennustyöt periaatepiirustus. Helsinki 7.11.1990. Työnumero 12670. Piirustus 403.

/36/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuon kaava-alue, Tilkankadun ja Tilkantorin pohjarakennustyöt, Mätäpuro, uoman rakenneleikkauspiirustus. Helsinki 7.11.1990. Työnumero 12670. Piirustukset 405, 406.

/37/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuon kaava-alue, Tilkankadun ja Tilkantorin pohjarakennustyöt, Tilkankadun pengerpaalutus. Helsinki 7.11.1990. Työnumero 12670. Piirustus 414.

/38/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuon kaava-alue, Tilkankadun ja Tilkantorin pohjarakennustyöt,Kadun pengerpaalut ja putkijohtoarina. Helsinki 7.11.1990. Työnumero 12670. Piirustus 416.

/39/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuontien kaava-alueen eteläosa, esirakentaminen. Täyttöpenkereiden rakentaminen. Helsinki 15.5.1987. Työnumero 12670. Piirustus 306.

/40/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuontien kaava-alueen eteläosa, esirakentaminen. Korppaanmäenalue, JV-viemäri vierustäyttö, kevennystäyttö. Helsinki 30.7.1987. Työnumero 12670. Piirustus 351.

/41/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuontien kaava-alueen eteläosa, esirakentaminen. Massanvaihto, Tilkankatu ja Hiittistenpolku. Helsinki 15.5.1987. Työnumero 12670. Piirustus 310.

/42/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuontien kaava-alueen eteläosa, esirakentaminen. Mätäpuron nykyisen uoman täyttö. Helsinki 15.5.1987. Työnumero 12670. Piirustus 304.

/43/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Kytösuontien kaava-alueen eteläosa, esirakentaminen. Rannan kuivatusrakenne. Helsinki 30.7.1987. Työnumero 12670. Piirustus 305.

/44/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Mätäpuro, esirakentaminen. Asemapiirros Helsinki 30.7.1987. Työnumero 12670. Piirustus 305.

/45/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Pikku-Huopalahden esirakentamisurakka II:n pohjarakennuspiirustukset.

/46/ Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy. Tilkankadun kaava-alue, Rannan kalkkipilarointi, leikkaus 5-5 Helsinki 9.11.1988. Työnumero 3815. Piirustus 126.

/47/ IPT Insinööritoimisto Pohjatutkimus Oy / Oy Vesi-Hydro Ab, Pikku-Huopalahti Esirakentaminen ja kunnallistekniikka. Helsinki 1989. Helsingin kaupunki. 8 s.

/48/ Junnila, Antti. Pohjanvahvistusmenetelmän valinta. Espoo 24.9.2002. Rak-50.160 Pohjarakentamisen jatkokoulutusjakso. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto, Pohjarakennuksen ja maamekaniikan laboratorio. INNOGEO OY. Moniste. 15 s.

/49/ Junnila, Antti. Syvästabiloinnin suunnitteluohje. Tiehallinto. Edita Oyj Helsinki 2001. 41 s. ISBN 951-726-823-8.

/50/ Järvinen, Reijo. Katurakenteen elinkaarikustannukset. Helsinki 2000. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, Katuosasto. Selvityksiä 2000:15. s. 43+10 liitettä.

/51/ Jätelaki 1072/1993 § 23.

/52/ Katu 90. Kadunrakennuksen tekniset ohjeet. Jyväskylä 1991. Suomen kunnallisteknillinen yhdistys. Julkaisu 11. s. 273 + liitteet (24) ISBN 951-95374-9-x.

/53/ Korhonen, K-H. Muodonmuutosominaisuudet. Luku 8. Mäkelä Harri. RIL 157-I Geomekaniikka I. Espoo 1985. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y. s. 259-307 ISBN 951-758-086-X.

/54/ Korhonen, Osmo. Haastattelut. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto.

/55/ Korhonen, Osmo. KOY Taavetinaukio KOY Taavetinkuva korjaussuunnitelma. Helsinki 15.5.2001. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, Geotekninen osasto. GEO 10082. 4 s. + 5 liitettä.

/56/ Korhonen, Osmo. Suunnittelun kulku. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Esityskalvomoniste. 1 s.

/57/ Korhonen, Osmo. Vanhankaupungin länsirannan täyttö osa-aluea II. Pohjarakennussuunnitelma. Helsinki 10.4.1985. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Työnro 3114. s. 8.

/58/ Korpela, Jaakko ja Schüller Mikael. Jäykkien liitosjohtojen pohjarakenneselvitys (JÄLI-selvitys) Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Geoteknisen osaston tiedote 40. Helsinki 1984. 190 s. ISBN-951-771-470-X.

/59/ Koski, Kimmo ja Lahti, Pekka. Arabianrannan taloudellinen arviointi. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Helsingin kaupungin julkaisusarja A. 5/2002. Helsinki 2002. 173 s. ISBN 951-718-861-7.

/60/ Lahtinen Pentti. Rakennuspohjan esirakentaminen. INSKO Espoo 1997. Teknillinen Korkeakoulu. Rak-50.135. Kurssimoniste 1997. 16 s.

/61/ Leiskallio, Antti & Lehtonen, Jouko. Maankäytön geotekninen suunnittelu. Helsinki 1993. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Tiedote 62/1993. 126 s. ISBN-951-772-395-4.

/62/ Lyöntipaalutusohje. LPO-87. Neljäs painos. Helsinki 1987. Suomen geoteknillinen yhdistys ry. ja Rakennustieto Oy. 120 s. ISBN 951-682-522-2.

/63/ Maisala, Matti. Pyörrepaalu. Helsinki 1993. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Moniste 119 s.

/64/ Maksuposti As Oy Taavetti Laitisenkatu 3. Helsinki 2002. Rakentajien osakeyhtiö. 1 s.

/65/ Martamo, Reijo. Pikku-Huopalahden Suunnittelu ja Rakentaminen. Helsinki 2001 VTT Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikka. Helsingin Kaupunginkanslia, Talous- ja suunnitteluosasto, Kehittämistoimisto. 135 s. ISBN 951-718-585-5.

/66/ Massanvaihto. Helsinki 1993. Tielaitoksen selvityksiä 2/1993. Geopalvelut. Painatuskeskus Oy. 41 s. ISBN 951-47-6961-9.

/67/ Melander, Kari. Kirje. Helsinki 18.8.1994. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, Geotekninen osasto.

/68/ Mäkelä, Harri. Kevennysperustaminen. Suunnitteluperiaatteet. Espoo 1979. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geotekniikan laboratorio 29 s.

/69/ Natukka, Antti. Rakennuspaikan kuivatus. Luku 10. Hartikainen Jorma. Pohjarakennus RIL 95. Helsinki 1974. Suomen rakennusinsinöörien liitto. s. 379-396.

/70/ Nauhapystyojitus. Helsinki 1994. Tielaitoksen selvityksiä 42/1994. Geokeskus. Painatuskeskus Oy. 67 s. ISBN 951-47-9434-6.

/71/ Nauska, Jari & Havukainen, Jorma . Esirakentaminen 1998. Helsinki 1998. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Tiedote 77/1998. 92s. ISBN 951-718-098-5.

/72/ Niinikivi, Voitto. Puhelinkeskustelu 13.8.2002. Miina Sillanpään säätiö.

/73/ Nikkinen, Jyrki. Syvästabiloitujen pilarien ja maan yhteistoiminta. Oy Edita Ab Helsinki 2000. Tielaitoksen selvityksiä 15/2000. 141 s. ISBN 951-726-629-4.

/74/ European Commission, Directorate-General XII for Science, Research and Development, Co-operation in Science and Technology (COST) Action C7, Soil-Structure Integration in Urban Civil Engineering, Working Group D, Geotechnical and Geo-Environmental Engineering for Urban Planning, Hidden Aspects Of Urban Planning. In T. Paul, F. Chow & O. Kjekstad (eds), Thomas Telford Publishing, London, 2002. 85 s. ISBN 0 7277 31017

/75/ Perkiö, Kimmo. Syvästabiloinnni tuotantotekniikka ja sekoituskärjen muodon vaikutus sekoistustyön laatuun. Diplomityö. Espoo 2000. Teknillinen korkeakoulu, Pohjarakennuksen ja maamekaniikan laboratorio. 156 s.

/76/ Pietilä, H. Tilkankadun kaava-alueen keskiosan syvästabilointiurakka I. Helsinki 1.12.1992. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, Katuosasto. Pöytäkirja nro 6. 5 s.

/77/ Pikku Huopalahti-projekti Paciuksenkadun asemakaava-alue suunnitteluohje. Pohjasuhteiden ja esirakentamistoimenpiteiden asettamista vaatimuksista tonttien rakennussuunnitteluun. Helsinki 1994. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto. 11 s.

/78/ Pikku Huopalahti-projekti Pohjasuhteiden ja esirakennustoimenpiteiden asettamista vaatimuksista talonrakennussuunnitteluun. Suunnitteluohje. Helsinki 1987. Helsingin kaupunginkanslia, Kehittämistoimisto, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. 12 s.

/79/ Pikku Huopalahti-projekti Tilkankadun asemakaava-alue suunnitteluohje. Pohjasuhteiden ja esirakentamistoimenpiteiden asettamista vaatimuksista tonttien suunnitteluun. Helsinki 1992. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto. 9 s.

/80/ Pikku-Huopalahden aluerakentamisprojekti. Toteuttamisohjelma 2. Helsingin kaupunki, Kaupungin kanslian talous- ja suunnitteluosasto, Kehittämistoimisto. Helsingin kaupunginkanslian julkaisusarja A/1989. Helsinki 1989. 62 s. ISBN 951-771-994-9.

/81/ Pikku-Huopalahden korttelitalo K.16735 Pikku-Huopalahden puisto pohjarakennusluonnos. Helsingin kaupunki kiinteistövirasto, Geotekninen osasto TNO 4898. 3.5.1995. 7 s.

/82/ Pikku-Huopalahden ruoppaus. Työselitys 30.03.1990. Helsingin kaupunki rakennusvirasto. Oy Vesi-Hydro Ab. Tno 3971, Piirustus 101.

/83/ Pikku-Huopalahti osayleiskaava. Osayleiskaavaan liittyvä geotekninen selvitys. Helsinki 1981. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Työnro 2449.0.

/84/ Pikku-Huopalahti Paciuksen alue. Asemakaavoitukseen liittyvä geotekniikan yleissuunnittelu. Yhteenveto laskentatuloksista. Helsinki 4.5.1990. OY Vesi-Hydro AB. Helsingin kaupunki, Kaupunkisuunnitteluvirasto, Yleiskaavaosasto. Tno 13047. 7 s.

/85/ Pikku-Huopalahti -projekti. Toteuttamisohjelma 1. Helsingin kaupunginkanslia, Talous- ja suunnitteluosasto, Kehittämistoimisto. N:o 5/1986 s. 44.

/86/ Pikku-Huopalahti, Tilkantori Rantarakenteet, rantojen vakavuus. Helsinki 13.1.1992. Kirje 2 s.

/87/ Pikku-Huopalahti. Esirakentamisen tarkkailu. Urakka III, Korppaanmäki. Helsingin kaupunki, HKR katuoasto. 11.12.1987. Raportti.

/88/ Pohjanvahvistusmenetelmän valinta. Helsinki 1996. Tielaitoksen selvityksiä 79/1996. Geokeskus. 26 s. ISBN 951-726-307-4.

/89/ Pyrylä, Reetta. Saastuneen maa-alueen kunnostuskustannukset. Helsinki 1998. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 15/98. 46 s.

/90/ Rakennuspohjien ja piha-alueiden maarakenne- ja kuivatusopas. Maku 2001. Vammala 2001. Ympäristöministeriö. Suunnittelu- ja Rakennustieto Oy Helsinki, Konsulttitoimistojen liitto SKOL ry. Suomen geoteknillinen yhdistys ry. Innnogeo Oy. Rakennustieto Oy. 89 s. ISBN 951-682-636-9.

/91/ Rakennusten ja tonttialueiden kuivatus RIL 126-1979, Vammala 1979. Suomen Rakennusinsinöörien liitto 103 s.

/92/ Rantamäki, Martti & Tammirinne, Markku. Pohjarakennus 465. 10. muuttumaton painos. Hämeenlinna,1996. Otatieto Oy. 232 s. ISBN 951-672-160-5.

/93/ Rekonen Rita ja Halkola Hannu. Saven ominaisuuksien parantaminen massastabiloinnilla. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Tiedote 64/1994. 69 s. ISBN 951-772-570-1.

/94/ Riisiö, Risto. As. Oy Helsingin Taavetti Laitisenkatu 3. Piha-alueiden ja ryömintätilojen kunnostus työohje vaihe 1. Espoo 30.4.2002. GEO-Juva Oy. 3 s.

/95/ Riisiö, Risto. As. Oy Helsingin Taavetti Laitisenkatu 3. Selvitys piha-alueiden ja ryömintätilojen kunnosta sekä jatkotoimenpiteistä. Espoo 30.4.2002. GEO-Juva Oy. 6 s. + 5 liitettä.

/96/ RIL 121-1988 Pohjarakennusohjeet 1988. Helsinki 1988. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL R.Y. 92 s. ISBN 951-758-178-5.

/97/ Savolainen, Markku & Halkola Hannu. Painuma- ja sivusiirtymä- ja huokospainemittausten tarkkuus. Helsinki 2001. Helsingin kaupunki, Kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Julkaisu 83/2001. 79 s.

/98/ SCC Viatek. As. Oy Miina. Maa-ja pohjarakennus työselitys. Helsinki 30.10.2001. Työnumero G0818. 6 s.

/99/ Seitamo, Asko. Puhelinkeskustelut 13.8.2002 ja 29.10.2002. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, Ympäristötuotanto, Läntinen katuyksikkö.

/100/ Slunga, E. & Autio, J. Maa-ja kallioluiskien vakavuus. Luku 14. Mäkelä Harri. RIL 157-2 Geomekaniikka. Vaasa 1990. s. 89-143 ISBN 951-758-213-7.

/101/ Sopenlehto Kari. Puhelinkeskustelu 26.8.2002. Tekninen isännöitsijä. Taavetinaukio 3.

/102/ statfin.stat.fi/statweb/start.asp?LA=fi&lp=catalog&clg=hinnat_ja_kustannukset. Rakennuskustannusindeksi 1980-2002. Tilastokeskuksen internetsivut 11.10.2002.

/103/ Syvästabilointi Tielaitoksen kohteissa, Osa 1 : Toteutetut kohteet Helsinki 1999, Tielaitoksen selvityksiä; 2/1999. 69 s. ISBN 951-726-477-1.

/104/ Taipale, Antero. Paciuksen kaaren korjaus. Helsinki 14.10.2002. Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto, HKR-Ympäristötuotanto, Läntinen katuyksikkö. Kirje.

/105/ Talonrakennuksen pohjatutkimusohjeet TPO-83. Helsinki 1983. Suomen geoteknillinen yhdistys ry ja Rakentajainkustannus Oy. 94 s.

/106/ Tiehallinto. Paalulaattojen ja paaluhatturakenteiden suunnitteluohje, Helsinki 2001. Edita Prima Oy. 46 s. ISBN 951-726-817-3.

/107/ Tielaitos 39/1994. Tiepenkereen siirtymärakenteet pehmeiköllä. Helsinki 1994. Geokeskus. Painatuskeskus Oy. 44s. ISBN 951-47-9431-1.

/108/ Toivola, Tanja. Kaatopaikkojen ympäristövaikutuksia ja Helsingin entisten kaatopaikkojen nykytilanne. Helsinki 2001. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2/2001. 46 s. ISBN 951-718-620-7.

/109/ Uotila, Riitta. Puhelinkeskustelu 30.8.2002. Isännöitsijäkonttori (ISA).

/110/ Velhonoja, Pauli. Havaintoja epätasaisten painumien vahingollisuudesta pientaloissa. Eripainos Rakennustekniikka 1972:2. VTT, Geoteknillinen laboratorio. s. 123-126.

/111/ Vesi-Hydro Ab, IPT Pohjatutkimus Oy ja Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto. Tilkankadun asemakaava-alueen geotekniikan ja yhdyskuntateknisen huollon suunnittelu. Helsinki 1987. Moniste 35 s.

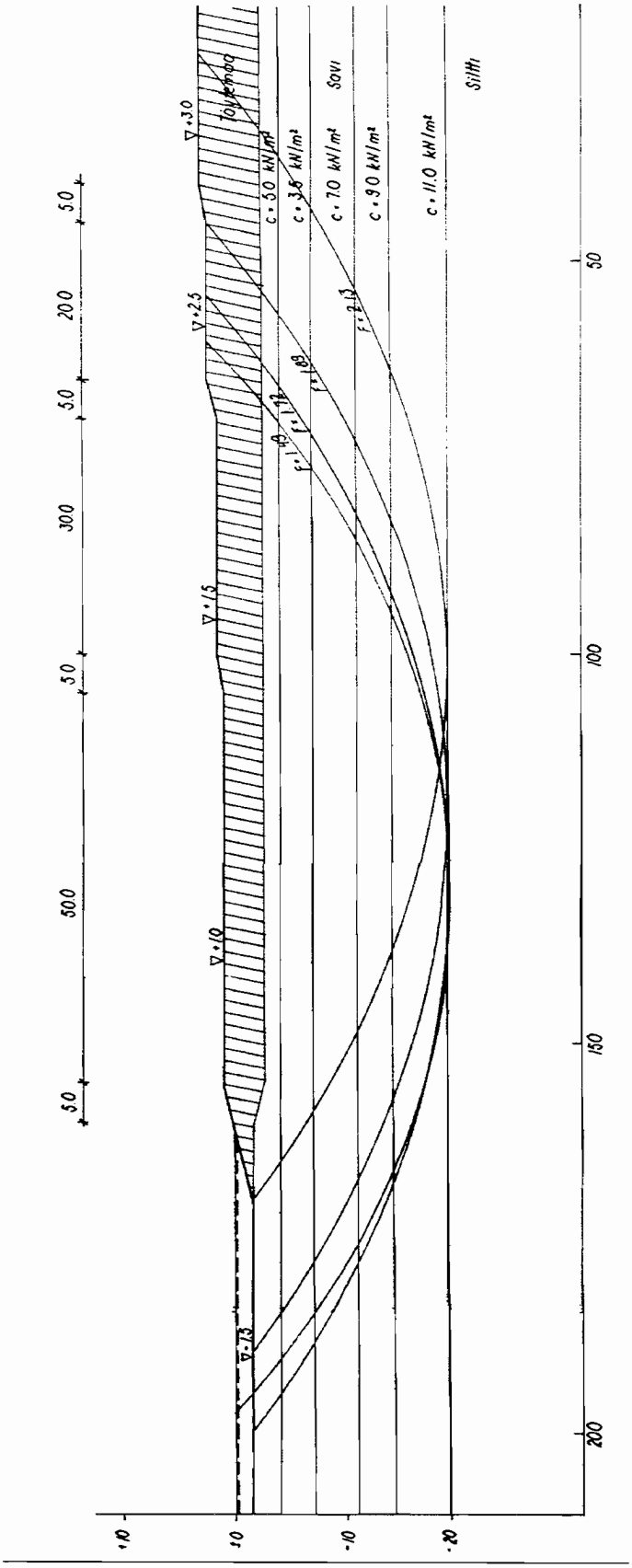
/112/ Vesiväylien sortuminen ja vahvistaminen ja korjaaminen. Espoo 1998. Rak-50.132 Pohjarakentamisen ja maamekaniikan perusopintojakso Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Moniste. 58 s.

/113/ Vinopaalujen käyttö Tilkantorin rakentamisessa. Moniste.

/114/ Volanen, Niilo. Asuinrakennusten pohjarakennuskustannukset maankäytön suunnittelussa ja rakennusten luonnossuunnittelussa. Helsinki 1995. Moniste.

/115/ Yrjänä, Jouni & Korhonen, Osmo. Pystyojitus Pikku-Huopalahdessa. Helsinki 1991. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto, Geotekninen osasto. Tiedote 55/1991. 110 s.

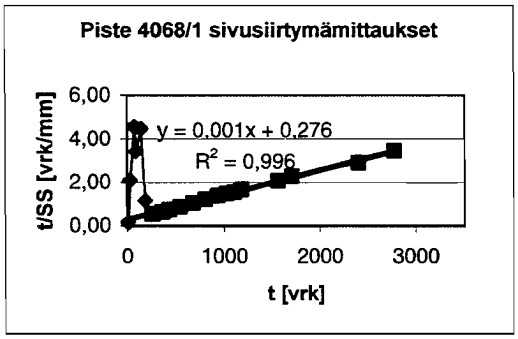
Liite A (1/1)

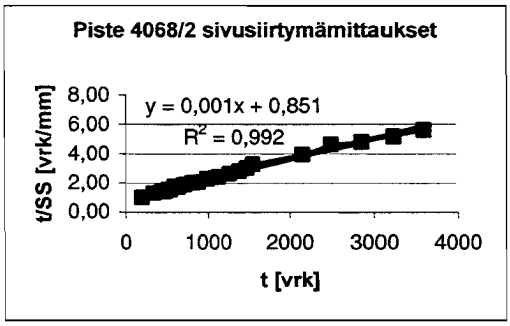


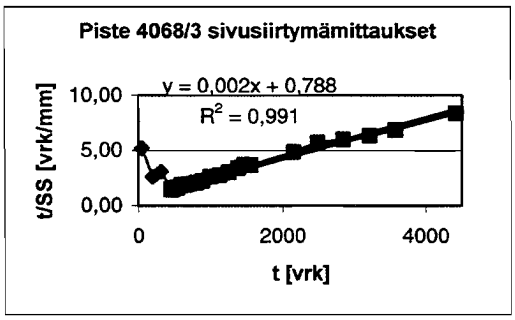
Kuva 1 Pikku-Huopalahden osayleiskaavavaiheessa tehty maastomalli vakavuuden määrittämiseksi eri etäisyyksillä rantaviivasta ruoppaussyvyydellä –1,5 ja maanpinnan korkeustasolla +3,0. /83/

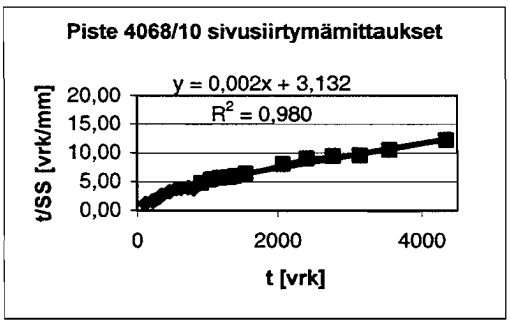
Liite B (1/2)

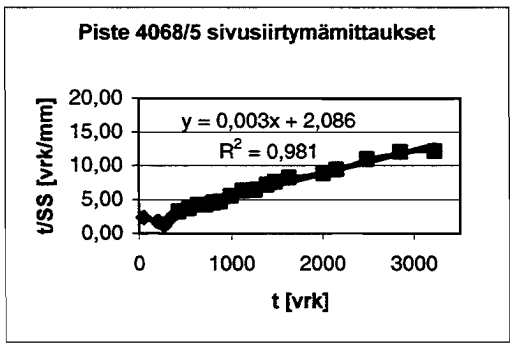
Alla on kappaleessa 6.5.3 esitettyjen sivusiirtymäennusteiden laadinnassa käytettyjen mittauspisteiden sivusiirtymätulokset sekä niihin sovitetut suorat yhtälöineen ja korrelaatiokertoimineen.

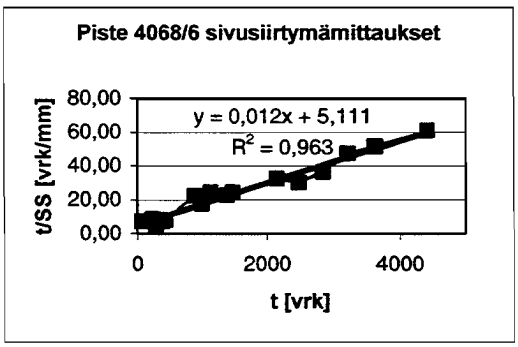


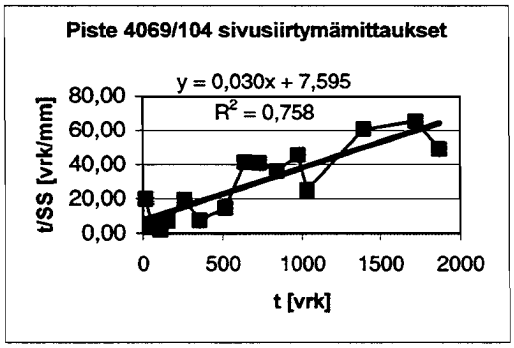


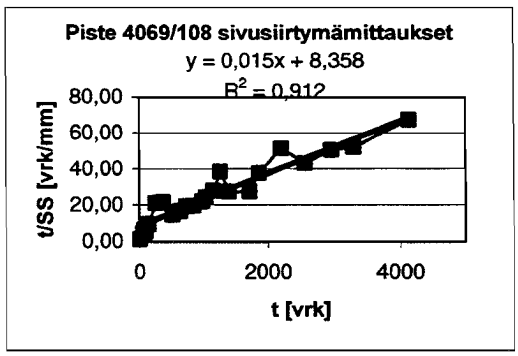




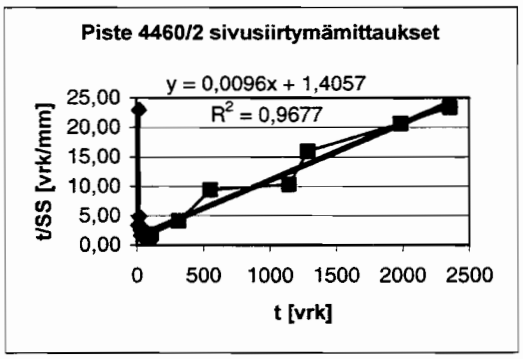


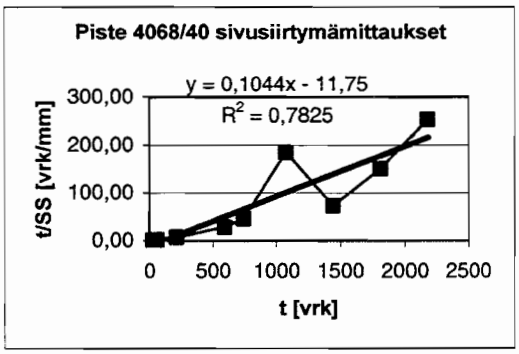


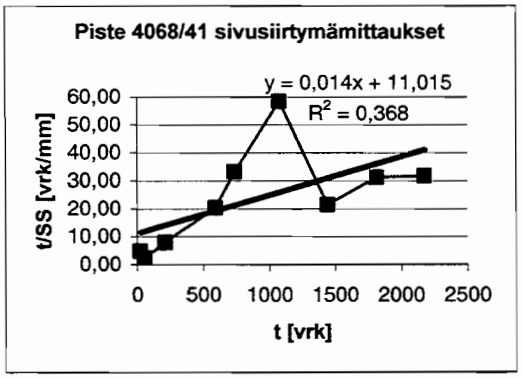


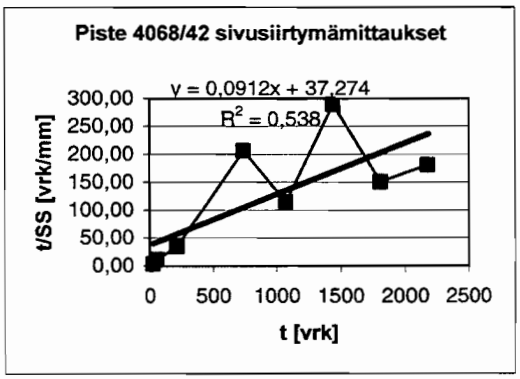


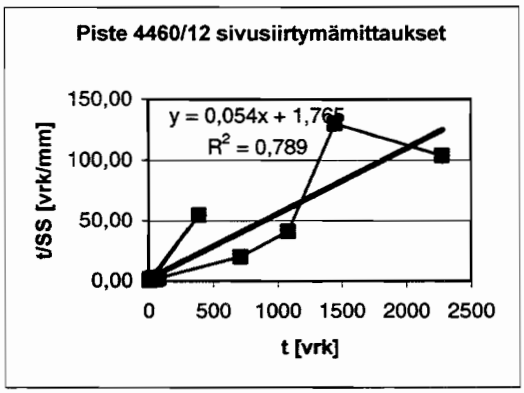
Liite B (2/2)


Piste 4460/2 sivusiirtymämittaukset
y = 0,0096x + 1,4057
R² = 0,9677
t/SS [vrk/mm]
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
0
500
1000
1500
2000
2500
t [vrk]


Piste 4068/40 sivusiirtymämittaukset
y = 0,1044x - 11,75
R² = 0,7825
t/SS [vrk/mm]
300,00
200,00
100,00
0,00
0
500
1000
1500
2000
2500
t [vrk]


Piste 4068/41 sivusiirtymämittaukset
y = 0,014x + 11,015
R² = 0,368
t/SS [vrk/mm]
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
0
500
1000
1500
2000
2500
t [vrk]

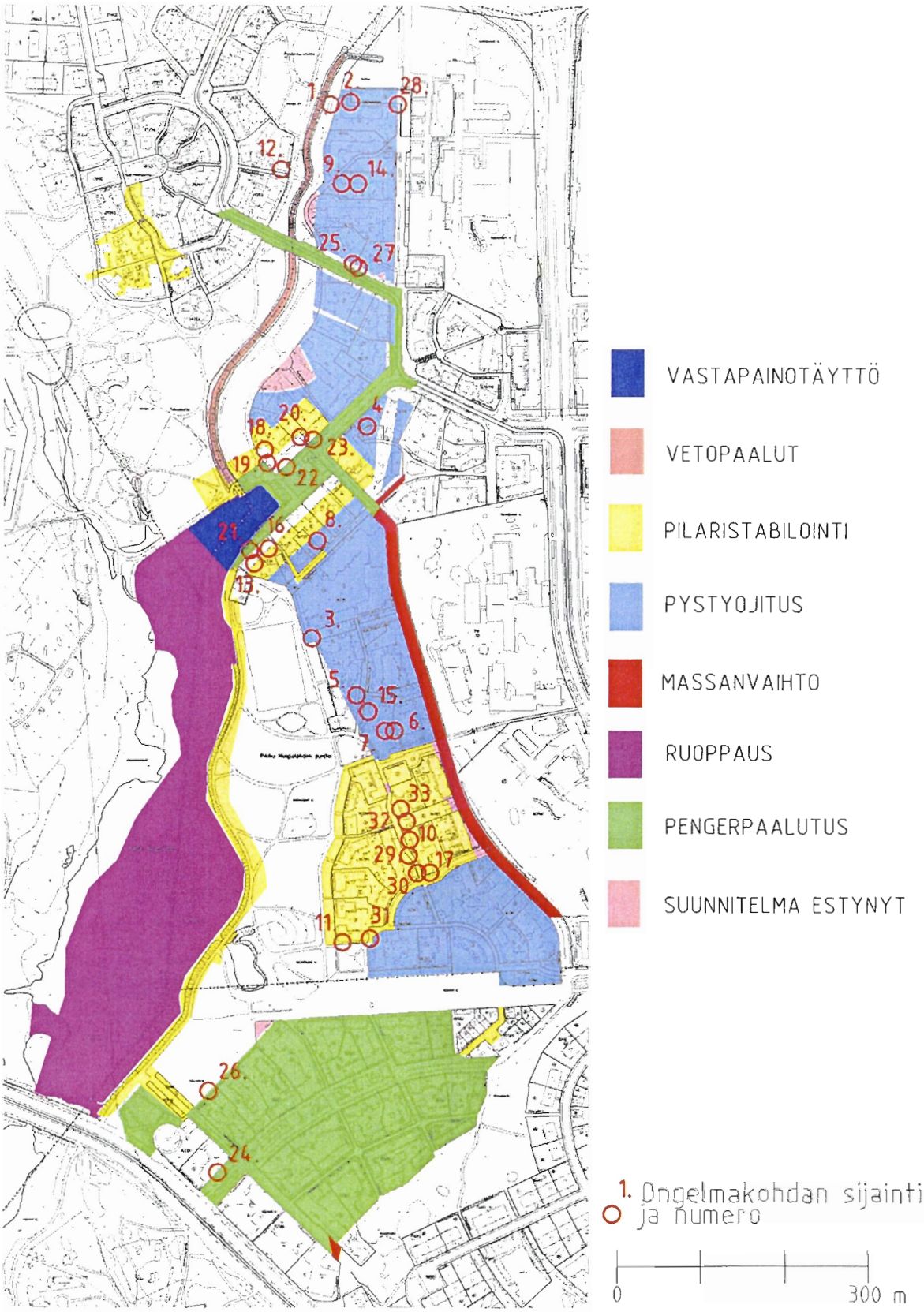

Piste 4068/42 sivusiirtymämittaukset
y = 0,0912x + 37,274
R² = 0,538
t/SS [vrk/mm]
300,00
250,00
200,00
150,00
100,00
50,00
0,00
0
500
1000
1500
2000
2500
t [vrk]


Piste 4460/12 sivusiirtymämittaukset
y = 0,054x + 1,765
R² = 0,789
t/SS [vrk/mm]
150,00
100,00
50,00
0,00
0
500
1000
1500
2000
2500
t [vrk]

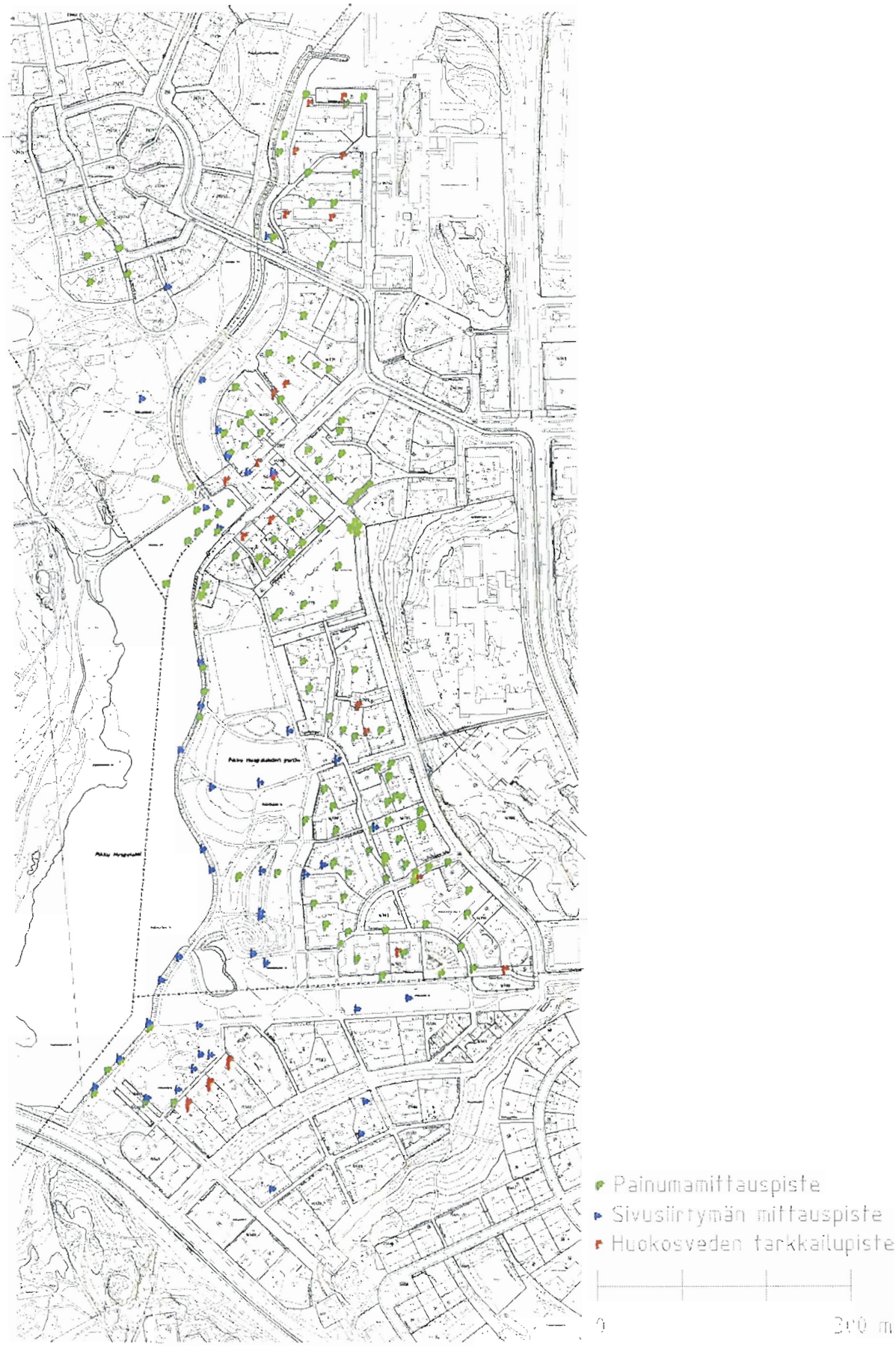
Taulukko 1 Tilkankadun pilaristabiloidun alueen korjaus- ja kokonaiskustannukset tonteittain esirakennettavan alueen maaneliömetriä kohti

Alueen nimi	Tontin ala [m2]	Rakennusala [m2]	Esirakennettava ala [m2]	Rakentamiskustannus Pilaristabilointi [€/m2]	Korjauskustannus Pilaristabilointi [€]	[€/m2]	Konaiskustannus Pilaristabilointi [€/m2]
Tontti 16704/1	4500	1500	3000	90	342500	114	204
Tontti 16704/2	2300	850	1450	90	0	0	90
Tontti 16704/3	2730	1170	1560	90	10150	7	97
Tontti 16705/2	2000	620	1380	90	157500	114	204
Tontti 16705/3	1370	620	750	90	0	0	90
Tontti 16705/5	2050	800	1250	90	55100	44	134
Tontti 16705/6	2020	740	1280	90	0	0	90
Tontti 16706/3	2340	850	1490	90	0	0	90
Tontti 16706/2	1490	710	780	90	0	0	90
Tilkankatu 29,33 LPA	1250	0	1250	90	10000	8	98

Liite D (1/1)


VASTAPAINOTÄYTTÖ
VETOPAALUT
PILARISTABILOINTI
PYSTYOJITUS
MASSANVAIHTO
RUOPPAUS
PENGERPAALUTUS
SUUNNITELMA ESTYNYT
1. Ongelmakohdan sijainti ja numero
0
300 m

Liite E (1/1)


Painumamittauspiste
Sivusiirtymän mittauspiste
Huokosveden tarkkailupiste
0
300 m

Julkaisija	Julkaisusarja, numero ja julkaisuaika
HELSINGIN KAUPUNKI KIINTEISTÖVIRASTO **GEOTEKNINEN OSASTO** PL 2202 00099 HELSINGIN KAUPUNKI PUHELIN (09) 1691, FAX (09) 169 4555 http://www.hel.fi/kv/geo	Geoteknisen osaston julkaisut 86 /2002 Joulukuu 2002 Projektinumero(t) 6664
Tekijä(t) Perttu Juntunen Osmo Korhonen	Julkaisija HELSINGIN KAUPUNKI KIINTEISTÖVIRASTO **GEOTEKNINEN OSASTO**

Nimike

Pikku-Huopalahden esirakentamiskokemukset

Tiivistelmä

Tämän työn tavoitteena on koota informatiivinen yhteenveto Pikku-Huopalahden esirakentamisesta suunnittelun, rakentamisen ja rakennuttamisprosessin osalta, sekä selvittää miksi erilaisiin ratkaisuihin on lopulta päädytty. Työn toisena tavoitteena on tarkastella esirakentamisen työnaikaisia sekä etenkin esirakentamisen jälkeen saatuja kokemuksia ja tuloksia mm. painumien, sivusiirtymien ja alueella havaittujen ongelmien avulla. Ongelmien esittämisen lisäksi työssä on pyritty löytämään syitä ja ratkaisuja esitettyihin ongelmiin, jotta niitä voitaisiin vastaavissa kohteissa tulevaisuudessa vähentää.

Tutkimus perustuu kirjallisuuteen, paikan päällä tehtyihin havaintoihin painumaongelmista, geoteknisen osaston painuma- ja sivusiirtymämittaustuloksiin sekä esirakentamisen aikana tai sen jälkeen kerättyyn aineistoon. Aineisto koostuu suurimmaksi osaksi rakennus- ja korjausselostuksista ja niihin liittyvistä piirustuksista sekä muista rakentamiseen liittyvistä dokumenteista. Korjauskustannusten osalta aineistoa on kerätty erilaisilla kyselyillä ja haastatteluilla. Aineiston avulla on koottu yhteenveto tehdyistä toimenpiteistä sekä laadittu painuma- ja sivusiirtymäennusteet alueelle.

Alueellisen painumaennusteen mukaan suurin osa alueesta tulee jäämään esirakentamisen yhteydessä painumalle asetettujen tavoiterajojen alle. Laadittujen sivusiirtymäennusteiden mukaan alueen sivusiirtymät ovat suurimmaksi osaksi tapahtuneet ja jäljellä olevien sivusiirtymien suuruudet eivät ole merkityksellisiä alueen toiminnan tai vakavuuden kannalta. Vaikka esirakentaminen on painumien suhteen onnistunutkin tavoitteen mukaisesti, niin alueella esiintyy ongelmia. Yhtenä ratkaisuna ongelmiin työssä esitetään uudeksi painumakriteeriksi tonttialueille enintään 200 mm painumaa. Toimenpiteellä ei kuitenkaan pystytä poistamaan niitä ongelmia, jotka eivät aiheudu käytetyistä esirakentamismenetelmistä, vaan puutteellisista siirtymärakenteista sekä suunnittelussa tai rakentamisessa tehdyistä virheistä. Näiden ongelmien välttämiseksi annettujen esirakentamisohjeiden noudattamista tulisi tehostaa.

Esirakentamisprojekti oli Helsingin kaupungin talouden kannalta onnistunut, sillä asetetuissa budjeteissa pysyttiin. Esirakentamisessa käytetty laatu- ja kustannustaso vastasivat siihen aikaan vallinneita standardeja. Tältä pohjalta valitut esirakentamismenetelmät ovat toimineet melko hyvin lukuun ottamatta Tilkankadun alueen pilaristabiloitu osaa, jossa esirakentaminen ei ole onnistunut toivotusti ja korjauskustannukset ovat nousseet kohtuuttoman suuriksi. Tämä tukee käsitystä, että esirakentamisen onnistumisvarmuuden tulisi olla etusijalla valittaessa käytettävää esirakentamismenetelmää.

Avainsanat

Pikku-Huopalahti, esirakentaminen, maan painuminen, painumaongelmat, sivusiirtymät, korjauskustannukset

ISSN	ISBN	Luokitus (UDK)
1458-2198	952-473-007-3	624.131.54, 624.137
Kieli	Sivuja	
suomi, engl. tiivistelmä	155 s. + liitt. 6 s.	

Published by
HELSINKI CITY
REAL ESTATE DEPARTMENT
GEOTECHNICAL DIVISION
P.O Box 2202
00099 THE CITY OF HELSINKI
FINLAND
PHONE +358-9-1691, FAX +358-9-169 4555
http://www.kv.hel.fi/geo

Series title, number and date
Geotechnical Division, publications
86 /2002
December 2002

Project number(s)
6664

Author(s)
Perttu Juntunen
Osmo Korhonen

Commissioned by
HELSINKI CITY
REAL ESTATE DEPARTMENT
GEOTECHNICAL DIVISION

Title
PREBUILDINGEXPERIENCES IN PIKKU-HUOPALAHTI

Abstract
The aim of this study is to present a text, which includes different aspects of the prebuilding project in Pikku-Huopalahti. Aspects considered here are design, construction and building of the Pikku-Huopalahti area as well as the reasons that led to different prebuilding decisions that were later carried out. The second object of this study is to explain and clarify some of the experiences and results that were obtained during and after the project completion. Obtained results and experiences are portrayed in detail by showing some common problems in the area caused by ground settlement. In addition to showing the problems, some reasons and solutions to the problems are presented as well.

This study is based on literature, field surveys, settlement- and lateral deflection measurements carried out by the geotechnical division of City of Helsinki. Other related material includes construction drawings and reports drawn up during the project. Some data concerning the repair costs were gathered by interviews and mail. Data and other acquired material were later used to draw up settlement- and lateral deflection forecasts for the area, as well as to explain the chosen prebuilding methods and the basis for their selection.

According to the settlement forecasts major proportion of the area will remain within the settlement limits that were imposed for the area before the prebuilding. Lateral deflections have for the most part already happened and the remaining deflections are insignificantly small. Even though the regional settlement limits will not be exceeded problems still exist. As a solution to the problems a new maximum allowed settlement limit of 200 mm for the building ground is introduced. However this solution cannot eliminate those problems that are not consequence of the prebuilding methods used but by the fact that design or construction of the necessary transition structures are done poorly or neglected altogether. To avoid these problems existing prebuilding instructions should be followed more carefully.

In financial terms the prebuilding project in Pikku-Huopalahti was succesful, because the budgets were met. The quality- and cost levels of the chosen prebuilding methods correspond to the standards that were acceptable at that time. The used methods have for the most part worked quite well except in the deep stabilized part of the Tilkankatu area. In this area the repair costs have accumulated quite high and give evidence that the reliability of the appropriate prebuilding method to be used is the most important factor for making selection decision.

Keywords
Pikku-Huopalahti, prebuilding, ground improvement, ground settlement, ground settlement problems, lateral deflections, repair costs

ISSN	ISBN	Class (UDC)
1458-2198	952-473-007-3	624.131.54, 624.137
Language	Pages	
Finnish, Engl. Abstr.	155 p. + app. 6 p.	

GEOTEKNISEN OSASTON JULKAISUT 1(2)

1	*Anttikoski, Usko*	Geoteknilliset kartat ja niiden käyttäminen	1973	*
2	*Anttikoski, Usko*	Kaupunkisuunnittelun geoteknillinen tutkimus ja suunnittelu	1973	*
3	*Anttikoski, Usko*	Kunnallistekniikan geoteknillinen tutkimus ja suunnittelu	1974	*
4	*Mäkinen, Reino*	Täyttömäkien rakentaminen kaupunkialueella	1974	*
5	*Saarelma, Matti*	Melusuojarakenteiden perustamistapaselvitys	1974	*
6	*Hartikainen, Jorma*	Kitkapaalujen kantavuus	1976	
7	*Petäjä, Jouko*	Putkijohtojen pohjarakenteiden mitoittaminen	1977	
8	*Raudasmaa, Pekka*	Metrotunneleiden injektointi	1977	*
9	*Anttikoski, Usko*	Kalliotunneleiden käyttö varastointiin	1977	*
10	*Tikkanen, Heikki*	Rakentamisen vaikutus pohjaveteen Helsingin keskustassa	1978	
11	*Arkima, Olli*	Kluuvin ruhjeen jäädytys	1978	*
12	*Raudasmaa, Pekka*	Puiset perustusrakenteet	1979	
13	*Havukainen, Jorma*	Voimalalaitostuhkan ja polttolaitoskuonan hyötykäyttö rakentamisessa	1979	
14	*Vähäaho, Ilkka*	Pehmeikölle perustettavan pientalon painumien laskeminen	1979	*
15	*Raudasmaa, Pekka*	Pohjavesitarkkailu -80	1980	*
16	*Anttikoski, Usko*	Katsaus tunnelien rakentamistekniikan nykytilaan Atlantan kansainvälisen tunnelikonferenssin kokemusten perusteella	1979	*
17	*Roinisto, Jarmo*	Matkakertomus tutustumismatkalta Tukholman yhteiskäyttötunneleihin	1981	
18	*Havukainen, Jorma*	Kivihiilivoimalan tuhkan käyttö maarakenteissa	1981	*
19	*Roinisto, Jarmo*	Yhteiskäyttötunneleiden teknis-taloudellinen selvitys	1981	
20	*Vuola, Pekka*	Talonrakennuksen maarakenteet ja niiden laadunvalvonta	1981	
21	*Havukainen, Jorma & Korhonen, Osmo*	Tonttialueiden maarakenteet	1981	
22	*Havukainen, Jorma*	Esimerkkejä jätteiden hyötykäytöstä raaka-aineena ja energianlähteenä	1981	
23	*Havukainen, Jorma*	Kivihiilivoimalan tuhkien hyötykäyttöselvitys kunnallistekniikassa	1982	
24	*Latvala, Ahti*	Rakennusjätteen alustava hyötykäyttöselvitys	1982	
25	*Havukainen, Jorma & Hämäläinen, Alpo & Sulamäki, Antti*	Alustava selvitys polttolaitoskuonan hyötykäyttömahdollisuuksista maarakentamisessa	1982	
26	*Halkola, Hannu*	Kunnallistekniikan geotekniikkaan liittyvät koerakentamiskohteet Torpparinmäessä	1982	*
27	*Paavola , Pertti*	Kunnallisteknisten tunneleiden louhintakustannusselvitys	1982	
28	*Vähäaho, Ilkka*	Maarakennusta koskeva mallityöselitys	1982	*
29	*Gulin, Kai*	Rakentamisen vaikutus pohjaveden tasoon ja rakennusten painumiin Helsingin Puistolassa	1982	
30	*Halkola, Hannu*	Syvastabiloinnin laadun ja lujuuden valvontamenetelmät	1982	
31	*Havukainen, Jorma*	Kivihiilituhkan käyttö maarakentamisessa, tekniset ohjeet	1983	
32	*Havukainen, Jorma*	Användning av stenkolsaska vid anläggningsarbeten, tekniska anvisningar	1983	
33	*Havukainen, Jorma*	The utilization of coal ash in earth works, technical guidelines	1983	
34	*Salmelainen , Juha*	Helsingin kallioperän geologiasta ja kivilajien lujuusominaisuuksista porattavuuden kannalta	1983	
35	*Havukainen, Jorma*	Matkakertomus kivihiilituhkien ympäristövaikutuskonferenssista	1983	
36	*Hytti, Pekka*	Esi-injektoinnin suoritus ja sen huomioiminen urakka-asiakirjoissa	1984	
37	*Leinonen, Jukka*	Kalliomekaaniset mittaukset Hanasaaren syvävarastossa	1984	
38	*Pirinen, Jussi*	Kelluvan rantapenkereen rakentaminen	1984	*
39	*Latvala, Ahti*	Geoteknisen kustannustiedosto, Geo-kuti	1984	*
40	*Korpela, Jaakko & Schuller, Mikael*	Jäykkien liitosjohtojen pohjarakennusselvitys (Jäli-selvitys)	1984	
41	*Lahtinen, Eeva-Riitta*	Maanalaiset tilat ja yhdyskuntarakentaminen (MARASU-tutkimus, väliraportti)	1985	
42	*Korpi, Juha*	In Situ -kuormituskoe painumien määrittämiseksi	1985	
43	*Havukainen, Jorma*	Esirakentamisen kehittäminen	1985	
44	*Vähäaho, Ilkka*	Jäädytysmenetelmän käyttö	1987	
45	*Havukainen, Jorma & Hämäläinen, Alpo & Latvala, Ahti*	Kivihiilituhkien käyttökokemukset kunnallistekniikan maarakenteissa	1987	*
46	*Julkunen, Arto*	Geofysiikan tutkimusmenetelmat kalliorakentamisessa	1987	
47	*Hutri, Kaisa-Leena*	Vuosaaren kivilajien soveltuvuus asfalttipäällysteisiin	1988	
48	*Melander, Kari*	Puristin-heijarikairaus kairausmenetelmänä	1989	
49	*Leppänen, Mikko*	Vahvistinkankaiden käyttö Vanhankaupunginlahden ranta-alueen rakentamisessa	1989	
50	*Vähäaho, Ilkka & Ryhänen, Hannu*	Sulamiskonsolidaation vaikutukset savessa	1989	
51	*Vähäaho, Ilkka*	Effects of Thaw Consolidation on Geotechnical Properties of Clay	1989	
52	*Koskela, Pekka*	Routastabiloinnin vaikutus ruoppausmassaan	1989	
53	*Saari, Mauri & Korhonen, Osmo*	Paalujen dynaaminen koestus PDA-laitteistolla	1990	
54	*Saari, Mauri & Volanen, Niilo*	Ruoholahden koepaalutus	1990	
55	*Yrjänä, Jouni & Korhonen, Osmo*	Pystyojitus Pikku-Huopalahdessa	1991	
56	*Niinimäki, Risto & Raudasmaa, Pekka*	Viikinmäen keskuspuhdistamon rakennusgeologiset kalliotutkimukset	1992	
57	*Nieminen, Jarmo & Johansson, Erik & Holopainen, Pekka*	Viikinmaen keskuspuhdistamon louhinnan aikainen kalliomekaaninen seuranta	1992	
58	*Ahola, Jukka & Viitala, Raimo*	Lujitus- ja tiivistysmäärät Helsingin pientunneleissa	1992	
59	*Ravea, Timmo & Korhonen, Osmo*	Helsingin tulvapadon rakentamisen edellytykset	1992	
60	*Taipale, Hannu & Korhonen, Osmo*	Paalutustarinän arviointi kirjallisuuden ja mittausten perusteella	1992	
61	*Karlstedt, Paul & Halkola, Hannu*	Ylijäämasavien massastabilointi	1993	
62	*Leiskallio, Antti & Lehtonen, Jouko*	Maankäytön geoteknisen suunnittelu	1993	

63	*Anttikoski, Usko & Kumar, Seppo & Saarelainen, Seppo*	Kalliokaivanto jätehuollossa (esiraportti)	1993
64	*Rekonen, Rita & Halkola, Hannu*	Saven ominaisuuksien parantaminen massastabiloinnilla	1994
65	*Ulmala, Ola & 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	*Puumalainen Niina & Havukainen Jorma*	Vakuumikonsolidointikoe Helsingin Torpparinmäessä	1996
69	*Mehtälä, Jani & Korhonen, Osmo*	Puotilan metroaseman pohjavesivaikutusten arviointi numeerisilla menetelmillä	1998
70	*Niemінen, Jarmo & Anttikoski, Usko*	EU:n rahoitustuki Helsingin kaupungin tutkimustoiminnassa	1996
71	*Junnila, Antti & Lehtonen, Jouko*	Geotekninen kustannustiedosto, Geokuti 96	1996
72	*Wegelius, Arto & Viitala, Raimo*	Kallioluokitusmenetelmien käyttö tunnelien lujituksessa	1996
73	*Vähäaho, 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	*Nauska, Jari & Havukainen, Jorma*	Esirakentaminen 1998	1998
78	*Svanström, Terhi & Raudasmaa, Pekka*	Pohjavesi Helsingin kaupunkiympäristössä: esiintyminen, käyttö, suojelu ja vaikutus rakentamiseen	1998
79	*Pitkänen, Juha & Vähäaho, Ilkka & Raudasmaa, Pekka*	Puupaalujen rakenteellisen kantokyvyn tarkastaminen	1999
80	*Mikkola, Jannis & Viitala, Raimo*	Pitkien vesitunneleiden sortumat ja lujitus	1999
81	*Mäkelä, Harri & Höynälä Harri & Halkola Hannu & Kettunen Ari*	Viikin savikatu	2000
82	*Mäkelä, Harri & Höynälä Harri & Halkola Hannu & Kettunen Ari*	Massastabiloitujen ylijäämäsavien käyttö maarakentamisessa, suunnitteluohjeet, työselitykset ja laatuvaatimukset	2000
83	*Savolainen Markku & Hannu Halkola*	Painuma-, sivusiirtymä- ja huokospainemittausten tarkkuus	2001
84	*Leminen Jenni & Raudasmaa Pekka & Antti Salla*	Orgaaniset liuottimet Helsingin maaperässä	2001
85	*Viljanen Jari & Korhonen Osmo*	Pudotustiivistys Saukonpaaden täyttöalueella	2002
86	*Juntunen Perttu & Korhonen Osmo*	Pikku-Huopalahden esirakentaminen ja esirakentamiskokemukset	2002
GEO 10 K		Kallioperäkartta - Berggrundskarta 1:10.000, Helsinki - Helsingfors	1978
GEO 10 M		Maaperäkartta - Jordmånskarta - Geotechnical Atlas of Soil Deposits 1:10.000, Helsinki - Hels	1989

*) painos loppuunmyyty

Helsingin kaupunki
Kiinteistövirasto
geotekninen osasto
PL 2202
00099 HELSINGIN KAUPUNKI

Käyntiosoite: Malmin asemantie 3 A, Helsinki 70
Vaihde (09) 1691, asiakaspalvelu (09) 169 4559, fax (09) 169 4555
Email geo@hel.fi
http://www.hel.fi/kv/geo