

**HELSINGIN KAUPUNGIN
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO**

**KAUPUNKISUUNNITTELUN
GEOTEKNILLINEN
TUTKIMUS JA SUUNNITTELU**

**Geoteknillisen toimiston
tiedotteita 1. 11. 1973**

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

Nämä artikkelit on laadittu Kaupunkisuunnitteluviraston suunnittelijoiden koulutustilaisuutta varten marraskuussa 1973.

Sisällysluettelo:

	sivu
1. HELSINGIN MAA- JA KALLIOPERÄN GEOLOGINEN RAKENNE	1
1.1 <u>Yleistä</u>	1
1.2 <u>Kallioperä</u>	1
1.3 <u>Maaperä</u>	2
2. MAA- JA KALLIOPERÄN KÄYTTÖKELPOISUUS RAKENNUSTOIMINTAAN	6
2.1 <u>Eri maaperätyyppien jakautuma</u>	6
2.2 <u>Perustustavat ja painumat</u>	6
2.3 <u>Pohjarakennuskustannukset</u>	7
2.4 <u>Maa- ja kallioperävarat</u>	8
3. RAKENNUSTOIMINNAN VAIKUTUS LUONNONTILAIISIIN OLOSUHTEISIIN HELSINGISSÄ	9
3.1 <u>Yleistä</u>	9
3.2 <u>Täyttöalueet</u>	9
3.3 <u>Pohjaveden aleneminen</u>	10
4. POHJATUTKIMUKSET KAUPUNKISUUNNITTELUSSA	13
4.1 <u>Pohjatutkimusten tarkoitus</u>	13
4.2 <u>Tutkimusohjelma</u>	13
4.3 <u>Selvitettävät pohjaolosuhdetekijät</u>	13
4.4 <u>Tutkimusmenetelmät</u>	14
4.5 <u>Tutkimustulosten käsittely ja piirtäminen</u>	14
5. GEOTEKNILLISTEN KARTTOJEN TULKINTA	18
5.1 <u>Käytettävissä oleva geoteknillinen kartta-aineisto</u>	18
5.2 <u>Karttojen sisältö</u>	18
5.3 <u>Karttojen tulkinta</u>	20
6. POHJARAKENNUSSUUNNITTELU KAUPUNKISUUNNITTELUSSA ..	24
6.1 <u>Rakennusten ja tonttien sijoittelu</u>	24
Yleistä	24
Kallioisella alueella	24
Kitkamaa-alueella	24
Silttialueella	26

	sivu
Savialueella	26
Turvealueella	30
Täyttöalueella	30
Pohjarakennuskustannusten mukaanotto suunnit- teluun	32
6.2 <u>Täyttöalueiden suunnittelu</u>	33
Ylijäämämassat	33
Asumisjätteet	35
Ranta-alueet	35
6.3 <u>Liikenneväylien suunnittelu</u>	35
Kadut	35
Eritasoristeykset ja sillat	36
Meluesteet	37
Case-tapaus kaupunkisuunnittelun virheestä	39
7. KALLIORAKENNUSSUUNNITTELU KAUPUNKISUUNNITTELUSSA	42
7.1 <u>Yleistä maanalaisten kalliotilojen rakentamisesta</u>	
Helsingissä	42
7.2 <u>Käytetyt kalliotilatyypit ja niiden käyttökelpoi-</u> <u>suus</u>	42
Väestönsuojat	42
Laitesuojat	43
Öljyvarastot	45
Vesisäiliöt	46
Vesi- ja viemäritunnelit	46
Liikennetunnelit	46
Metro	47
7.3 <u>Kallioperän tarjoamat uudet käyttömahdollisuudet</u>	47
Pysäköintilaitokset	47
Voimalaitokset	48
Jätevesitunnelit	48
Teknillisen huollon yhteiskäyttötunnelit	52
7.4 <u>Kalliotilojen suunnittelussa esille tulevia ongel-</u> <u>mia</u>	53
Lainsäädäntö	53
Maanalainen asemakaava	53
Suoja-alueet	53
Työtunnelit	53
Massatalous	54
Pohjavesikysymys	54
8. KAUPUNKISUUNNITTELUVIRASTON GEOTEKNILLINEN TOIMINTA	55
8.1 <u>Toiminnan kehitys</u>	55
8.2 <u>Geoteknillisten tutkimusten ja suunnittelun tilaus-</u> <u>menettely (liitteenä tilausmallit)</u>	57

9. LIITTEET

- Liite 1: Helsingin kaupungin geoteknillisen toimiston toiminta
- Liite 2: Veloitusperusteet
- Liite 3: Muistio maanalaisten tilojen rakentamiseen liittyvien
kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteiden järjestä-
misestä Helsingin kaupungilla
- Liite 4: Eri painos: Geotekniikka yhdyskuntatekniikassa
- Liite 5: Eri painos: Helsingin massatalousongelmat

1. HELSINGIN MAA- JA KALLIOPERÄN GEOLOGINEN RAKENNE

Sisältö:	Sivu
1.1 Yleistä	1
1.2 Kallioperä	1
1.3 Maaperä	2

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Anttikoski-Saraste/em

Helsinki 29.10.1973

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

1.
HELSINGIN MAA- JA KALLIOPERÄN GEOLOGINEN RAKENNE1.1
Yleistä

Helsingin alueen samoinkuin koko Suomen geologiset muodostumat jakaantuvat kahteen iältään ja laadultaan toisistaan jyrkästi eroavaan ryhmään, kallioperään ja maaperään. Kallioperä on ikivanha ja se kuuluu suurimmaksi osaksi arkeiseen peruskallioon, kun taas sen päälle kerrostunut irtomaapeite on geologisesti erittäin nuori, vasta viimeisen jääkauden aikana ja sen jälkeen syntynyt. Helsingin alueen geologian historiassa on olemassa siten vain kirjan kansilehdet, josta välilehdet puuttuvat.

Maanpinta on Helsingin alueella ylimmillään tasolla noin +61.00. Merenpohja rantojen tuntumissa on alimmillaan tasolla noin -15.00. Kallionpinta on todettu alimmillaan Vanhankaupunginselällä tasolla noin -70.00. Maaston korkeuserot eivät ole erityisen suuret, mutta vaihtelut ovat usein erittäin jyrkkäpiirteisiä. Maanpinnan muodot määräytyvät kallioperän murros- ja ruhjevyöhykkeiden suuntauksen mukaan.

1.2
Kallioperä

Kallioperä on jo noin 500 milj. vuoden ajan ollut lähes nykyiseen tasoonsa kuluneena, mutta vasta noin miljoona vuotta sitten alkanut ja 10 000 vuotta sitten päättynyt jääkausi seurauksineen muokkasi kallioperän ja maaperän sellaiseksi kuin se nyt on. Kallioperän rakennetta esittävässä oheisessa karttakuvassa 1 on pääpiirteissään nähtävissä syntyhistorian lopputulos.

Karttakuvassa on esitetty eräitä tunnettuja ruhjevyöhykkeitä. Nämä noudattavat tiettyjä pääsuuntia, jotka merkitsevät eri aikoina tapahtuneiden liikuntojen esiintymistä. Vanhimmat murrosvyöhykkeet ovat kuluneet eniten, joten niiden alkuperäiset terävät muodot ovat loiventuneet. Murrosvyöhykkeet muodostavat maastoon kapeampia ja leveämpiä laaksoja, joissa kallio on hyvin rikkinäistä ja sen pinta on varsin syvällä. Kaupunkialueen ranta- viivat ja savitasanteen reunat seuraavat monin paikoin tällaisia jyrkäniteitä.

Liuskeisia kivilajeja esittävät karttakuviot muodostavat selviä kaarteita ja poimuja, jotka kaupungin alueen molemmin puolin muuttuvat rauhallisimmiksi lounaiskoillisuuntaan kulkeviksi. Liuskejaksot ympäröivät graniittisia kivilajialueita, jotka nekin ovat lähes kauttaaltaan suuntautuneet poimutusliikuntojen vaikutuksesta taipuilevien linssien muotoisiksi. Graniittien liuskeiden kontaktivyöhykkeessä ovat kivilajit sotkeutuneet toisiinsa ja lisäksi on graniittinen aines tunkeutunut liuskeisten kivilajien sekaan. Tästä syystä on kivilajien rajoja usein vaikea määrätä.

Helsingin kallioperä on yleensä erittäin luja, puristuslujuus kallionäytteissä vaihtelee rajoissa $\sigma = 1000 - 3000 \text{ kg/cm}^2$. Kallioperää leikkaavat kuitenkin runsaat ruhje- ja murrosvyöhykkeet, joissa kallio on rikkonaista ja rapautunutta. Terveetkin kallio-osat ovat pintaosastaan tavallisesti varsin runsaasti rakoilevia, jolloin pohjavesi pääsee liikkumaan verrattain helposti myöskin kalliossa.

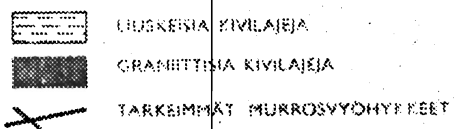
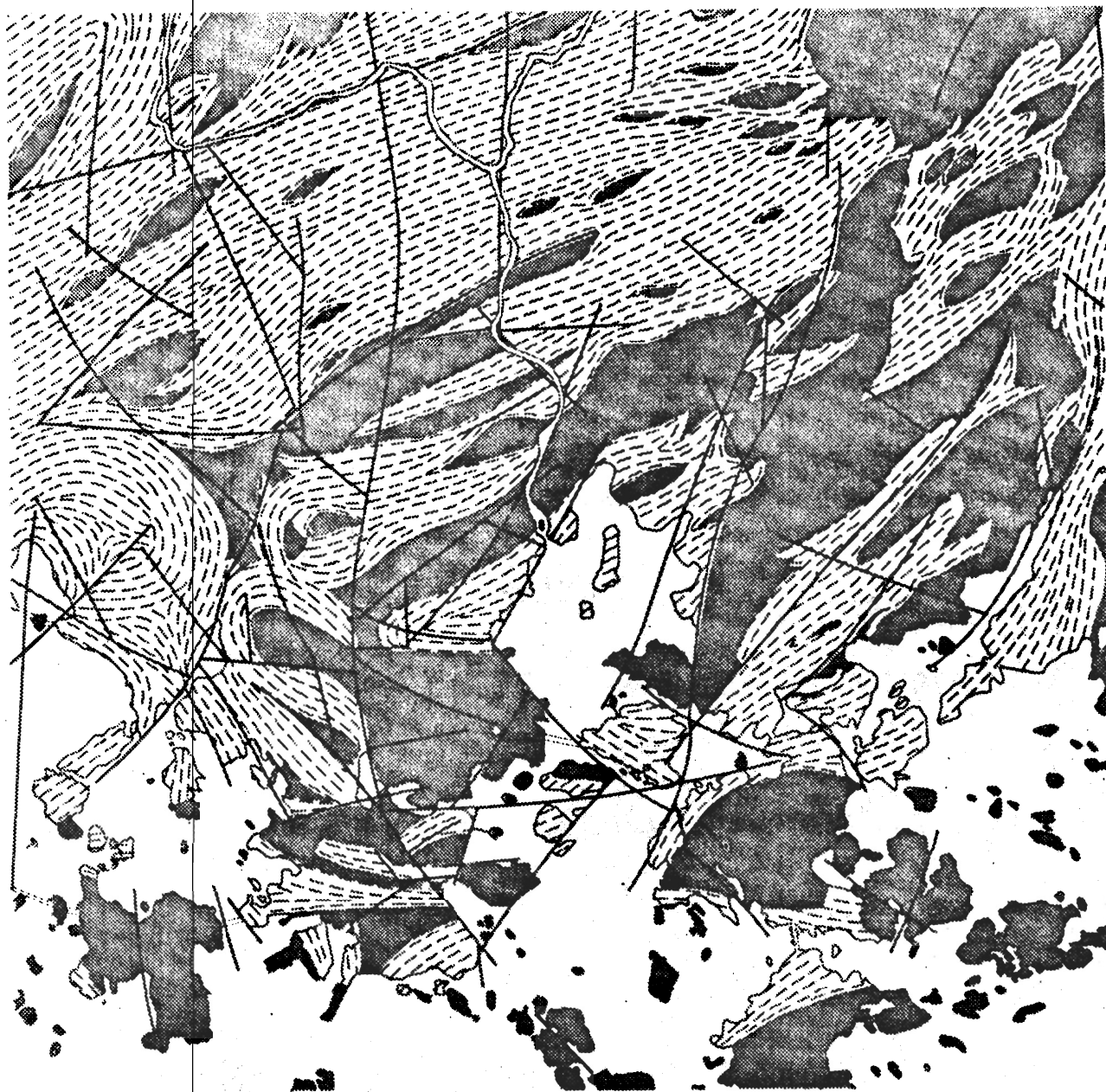
Helsingin alueen kallioperä vajosi jään painon vaikutuksesta jääkaudella. Jään sulattua on kallioperä jatkuvasti kohonnut ja kohoamista tapahtuu vielä nykyisinkin 30 cm 100 vuodessa. Tällä kallioperän kohoamisella on ollut määräävä vaikutus jään sulamisvaiheen jälkeisen maapeitteen kehitykseen.

1.3 Maaperä

Jään sulaessa syntyi valtavia vesimääriä ja suurin osa jäästä vapautuneesta maasta jäi veden peittoon. Tämä vedenpaisumuksen aika on alkanut Helsingin tienoilla noin 10 000 vuotta eKr. ja sitä sanotaan Baltian jääjärven ajaksi. Vesissä ajelehti jäävuoria ja jäävuorien mukana kulkeutui tänne idästäpäin joukottain Viipurin rapakiveä suurina lohkareina. Tästä on osoituksena mm. Lauttasaaren kirkon pihalla oleva suuri rapakivijärkäle.

Seuraavankin Itämeren vaiheen Yoldianmeren aikana oli Helsingin seutu vielä kokonaan meren alla. Tältä ajalta sekä Baltian jääjärven ajalta ovat peräisin ns. kerralliset lustosavet, jotka ovat kerrostuneet moreenien päälle.

Itämeren myöhäisemmistä vaiheista, jolloin jää oli kokonaan sulanut, on tärkein Litorinameren aika, joka alkoi noin 5000 vuotta eKr. Litorinakauden alussa oli vedenpinta vielä noin 30 metriä nykyistä ylempänä ja Helsingin kaupungin alue, joitakin korkeimpia kohtia lukuunottamatta oli edelleen veden peittämä. Litorinakauden loppuvaiheissa noin vuonna 2000 eKr. oli vedenpinta enää 16-17 metriä nykyistä ylempänä. Litorinamereen kerrostui runsaasti savea ja liejua sekä rantavyöhykkeisiin



KALLIOPERÄKARTTA

1:100 000

hiekkaa. Nämä kerrostumat muodostavat Helsingin pohjoisosan ympäristön mm. Malmi-Tapanila alueen suuret savi-tasangot, jossa litorinasavea ja -liejua saattaa olla yli 20 metrin paksuna kerrostumana.

Litorinakauden jälkeen on meriveden pinta rautakauden kuluessa alkaen noin 600 vuotta eKr. laskenut vähitellen nykyiseen tasoonsa. Merivedenpinnan laskiessa ovat merenlahdet joutuneet vähitellen kuiville ja kalliope-
rän painanteet kuroutuneet lammiksi, ja pohjaan on vuorostaan kerrostunut makean veden liejua ja mutaa. Varsinkin Litorinakauden jälkeen on ilmasto muuttunut soistumiselle edullisemmaksi ja muutamiin lampiin on syntynyt paikoin 3 ... 4 metrin paksuja turvekerroksia, esim. Tattarisuon alue.

Liejun muodostuminen jatkuu edelleenkin nykyisissä rantavyöhykkeissä ja merenlahdissa. Tämän vuoksi ja maan kohoamisen johdosta ne vähitellen täyttyvät.

Pohjavedenpinta on yleensä varsin lähellä maanpintaa ja se on tasanneosilla tavallisesti 0,5 ... 1,5 metrin syvyydessä maanpinnasta.

Tyypillisesti on Helsingin alueen maapeitteen rakenteessa alimpana kallion päällä enemmän tai vähemmän lajit-
tunut hietamoreeni, tämän päällä usein soraa, hiekkaa ja joskus paksunakin kerroksena hietaa sekä näiden päällä savea ja ylimpänä liejua.

Oheisessa kuvassa 2 on esitetty geoteknillinen kartta ja leikkaus Pikku-Huopalahtialueesta, missä näkyy tyypiliset pohjaolosuhteet Helsingin merenlahdista.



2. MAA- JA KALLIOPERÄN KÄYTTÖKELPOISUUS RAKENNUSTOIMINTAAN

Sisältö:	sivu
2.1 Eri maaperätyyppien jakautuma	6
2.2 Perustustavat ja painumat	6
2.3 Pohjarakennuskustannukset	7
2.4 Maa- ja kallioperävarat	8

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Anttikoski/em

Helsinki 29.10.1973

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

2.

MAA- JA KALLIOPERÄN KÄYTTÖKELPOISUUS RAKENNUSTOIMINTAAN

2.1

Eri maaperätyyppien jakautuma

Helsingin alueella on runsaasti kalliopaljastumia. Kitkamaakerrokset ovat tavallisesti muodostuneet hiekka-, hieta- ja moreeniaineksista. Kallioista aluetta ja kitkamaa- aluetta on Helsingin pinta-alasta yhteensä 55 %.

Helsingin pinta-alasta on jopa noin 35 % savialuetta. Saven vesipitoisuus on tavallisesti $w = 70 \dots 120 \%$ sekä leikkauslujuus $s = 0,7 \dots 2,0 \text{ t/m}^2$. Saven yläosaan on muodostunut ainoastaan ohut noin 0,5 metrin paksuinen kuivakuorikerros, muutoin savikerros on erittäin pehmeätä ja kokoonpuristuu helposti päälle tulevasta kuormituksesta. Saven yläosassa oleva liejukerros on lujuus- ja kantavuusominaisuuksiltaan savea heikompa.

Rakennustoiminnan seurauksena on Helsingin alueella runsaasti täyttöalueita. Nämä täyttöalueet sijaitsevat tavallisesti savialueiden päällä, jolloin täytekerroksen alla on pehmeitä kokoonpuristuvia savikerroksia. Täyttöalueet lisääntyvät rakennustoiminnan seurauksena jatkuvasti kaupungin alueella.

2.2

Perustustavat ja painumat

Kallioiset alueet ja kitkamaa-alueet soveltuvat erittäin hyvin rakennustarkoitukseen ja erityisiä pohjarakennustoimenpiteitä ei näillä alueilla tarvita. Kuitenkin nämä kantavat maa-alueet on jo pääosaltaan otettu rakentamiselle tai maisema- ja puistovarauksista joutuksen ei sinne voida juuri enää rakentamista ohjata. Tämän vuoksi kaupungin rakennustoiminta tulee entistä enemmän suuntautumaan heikosti kantaville pehmeille savialueille.

Savialueilla voidaan tavallisesti ainoastaan 1-kerroksisia rakennuksia perustaa suoraan saven varaan, sillä merkittävämpi kuivakuorikerros puuttuu. Sensijaan 2-

kerroksiset ja sitä korkeammat rakennukset joudutaan savialueilla yleensä perustamaan paaluilla. Myös putkijohtorakenteet joudutaan savialueilla tavallisesti paaluttamaan.

Perustusten kaivannot on savialueilla yleensä tehtävä tukiseinien suojassa. Rakennustöiden yhteydessä joudutaan tavallisesti poistamaan savimaita, jotka kaivettuna muuttuvat helposti nestemäisiksi ja niiden sijoittaminen kaupungin pienille täyttöalueille on tuottanut erittäin suuria vaikeuksia.

Kun savialueilla tehdään täyttöä katuja tai pihoja rakennettaessa, painuvat täytöt tavallisesti useita vuosia savikerroksen hitaasti kokoonpuristuesssa. Painuman suuruus on riippuvainen savikerroksen paksuudesta, jolloin esim. 1,5 metrin paksuinen täytekerros painuu 10 metrin paksuisella savikolla kaikkiaan noin 80 ... 100 cm ja ensimmäisinä vuosina painuma on 5 ... 10 cm/vuosi. Nämä painumat näyttäytyvät epätasaisuuksina piha- ja katualueilla.

Saven päälle tehdyt täytealueet painuvat myöskin jatkuvasti, joten näilläkin alueilla joudutaan rakennukset tavallisesti perustamaan paaluilla, mutta vielä suuremmalla lisäkustannuksilla kuin käyttämättömillä luonnonalaisilla savialueilla.

Turvealueet painuvat vielä voimakkaammin kuin savialueet, joten näitä alueita voidaan vielä huonommin käyttää rakennustarkoituksiin.

2.3

Pohjarakennuskustannukset

Kallioisilla alueilla ja kitkamaa-alueilla ei yleensä pohjaolosuhteista tule merkittäviä lisäkustannuksia rakennustoiminnalle, mikäli maastosuhteet eivät ole jyrkkäpiirteisiä.

Sensijaan savialueilla, täytealueilla sekä turvealueilla syntyy pohjarakennustoimenpiteistä huomattavia lisäkustannuksia. Perustuskustannus on riippuvainen kiinteän pohjakerroksen syvyydestä kyseessä olevalla rakennuspaikalla. Esim. 15 metriä pitkiä paaluja käytettäessä syntyy 1-kerroksiselle rakennukselle lisäkustannusta noin 14 % ja 5-kerroksisellekin rakennukselle vielä noin 5 %. Varsinkin 1-kerroksiselle teollisuushallille, jonka varsinainen rakennuskustannus on pieni, syntyy em. perustustavasta lisäkustannusta jopa 40 %, sillä pohjakerroksen lattialle tulee suuria kuormia ja se joudutaan tekemään kantavana. Kunnallisteknillisten rakenteiden, katujen, putkijohtojen rakennuskustannuksiin saattaa savialueilla tulla helposti lisää 50 ... 150 %, kun ne joudutaan paaluttamaan ja kaivannot teke-

mään tukiseinien suojassa. Rakennuskustannusten lisäksi nousevat kunnallisten kiikan kunnossapitokustannukset myöskin merkittävästi savialueilla, kun syntyviä painumaepätasaisuuksia joudutaan jatkuvasti korjaamaan. Kunnallistekniikan osuus koko alueen rakennuskustannuksista on kuitenkin vain noin 4 ... 8 %, joten huonoista pohjaolosuhteista johtuva kustannuslisä määräytyy kuitenkin pääasiassa talorakennustoiminnan perusteella.

2.4

Maa- ja kallioperävarat

Kaupunkialueella ei ole juuri lainkaan sora- ja hiekka-muodostumia, joita voitaisiin rakennustoiminnassa käyttää hyväksi. Tämän vuoksi sora- ja hiekka-ainekset tuodaan kaupungin rajojen ulkopuolelta. Muitakaan maa-aineksia ei voida laajemmassa mitassa käyttää hyväksi rakennustoiminnassa.

Kalliotiloista saadaan runsaasti louhetta, jota murskaamalla voidaan käyttää soran ja hiekan asemasta rakennusmateriaalina. Murskauskustannusten nousu on kuitenkin jarruttanut tätä kehitystä. Toisaalta taas sora-ainesten hinnat on pystytty pitämään verrattain vakavana osaksi kuljetuskaluston myönteisen kehityksen ja osaksi pitkäaikaisten kuljetussopimusten vaikutuksesta.

Pohjavesivarastot ovat kaupungin alueella vähäiset ja tyydyttävät ainoastaan paikallista vedentarvetta. Varmuusvarastoina on näillä kuitenkin suuri merkitys.

Helsingin kallioperä sensijaan antaa vielä runsaasti erilaisia mahdollisuuksia rakennustoiminnalle. Kallioperää tullaan entistä enemmän ottamaan käyttöön, jolloin metron ja väestönsuojien lisäksi rakennetaan kallioon runsaasti muitakin tiloja, esim. öljysäiliöitä, erilaisia tunneleita, pysäköintilaitoksia, voima-asemia ja kallio-siiloja.

Yleisesti voidaan todeta, että se mikä maaperävaroista Helsingissä puuttuu, on mahdollista saada takaisin kallioperävaroina, jotka ovat vielä suurelta osalta käyttämättä. Tämän vuoksi kaupunkisuunnittelijoita tulisi opastaa käyttämään kolmatta ulottuvuutta maanpinnasta alaspäin teknillisessä ja taloudellisessa mielessä oikein. Helsingin luja kallioperä tulee tarjoamaan kaupunkisuunnittelijoille vielä monia mielenkiintoisia ja taloudellisesti edullisia ratkaisumahdollisuuksia.

3. RAKENNUSTOIMINNAN VAIKUTUS LUONNONTILAIISIIN OLOSUHTEISIIN HELSINGISSÄ

Sisältö:	sivu
3.1 Yleistä	9
3.2 Täyttöalueet	9
3.3 Pohjaveden aleneminen	10

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Anttikoski/em

Helsinki 30.10.1973

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

3.

RAKENNUSTOIMINNAN VAIKUTUS LUONNONTILAIISIIN OLOSUHTEISIIN HELSINGISSÄ

3.1

Yleistä

Rakennustoiminta muuttaa aina luonnontilaisia olosuhteita. Tämä näyttäytyy Helsingissä varsinkin luonnontilaisen pohjavedenpinnan alenemisena sekä täyttöalueiden syntymisenä.

3.2

Täyttöalueet

Rakennustoiminnan seurauksena syntyy runsaasti ylijäämämassoja, joiden sijoitus tuottaa Helsingin alueella suuria vaikeuksia. Helsingin maaperän luonteesta johtuen joudutaan rakennustoiminnassa entistä enemmän käsittelemään kalliomassoja sekä pehmeitä savimassoja.

Täyttöpaikoille joudutaan siirtämään Helsingissä yhteensä noin 800 000 - 1 milj. m³ erilaisia massoja.

Kallio- ja kitkamaamassoille löytyy yleensä helposti sijoituspaikkoja. Louhemateriaalia on kuitenkin ajettu kaupunkialueella runsaasti pehmeille savialueille, jolloin lohkat ovat tunkeutuneet savikerroksen sisään. Rakennusten paaluttaminen on muodostunut tällaisilla alueilla myöhemmin erittäin vaikeaksi. Useat Helsingin kaupungin rannat ovat pehmeitä savialueita, mm. Vanhan kaupunginselän ranta-alueet. Näiden rantojen täyttämisen on myöskin monessa kohdassa epäonnistunut, kun alueelle on ajettu sekalaisia täytemassoja ilman mitään yleissuunnitelmaa.

Pehmeiden ja kaivutyössä nestemäisiksi muuttuvien savimassojen sijoittaminen on vaikeata. Kuljetettaessa savea auton lavalla ahtailla kaduilla, ne valuvat helposti kadulle, jolloin jälkien puhdistaminen on varsin vaivalloista. Kun savimassa kaadetaan täyttöpaikalla auton lavalta, se saattaa valua jopa 200 metriä nestemäisenä kunnes asettuu lähes vaakasuoraan tasoon. Näin ollen savimassa voidaan yleensä sijoittaa pelkästään penkereillä reunustettuihin altaisiin, jolloin maan pinta-ala muodostuu erittäin suureksi. Kun tonttialasta on kaupunkialueella puute, on täyttöpaikoista varmasti vielä suurempi puute.

Täyttöalueiden suunnittelu on maisemasuunnittelijan ja täyttötekniillisen suunnittelijan (tavallisesti geoteknillinen suunnittelija) yhteistyötä.

Täyttöpaikkojen kokonaisvaltaisella suunnittelulla voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä kaupungin massatalousongelmissa. Lisäksi täyttömäillä voidaan maisemaa rakentaa yhdyskunnan virkistystarpeiden ja ympäristön vaatimusten mukaan.

3.3

Pohjaveden aleneminen

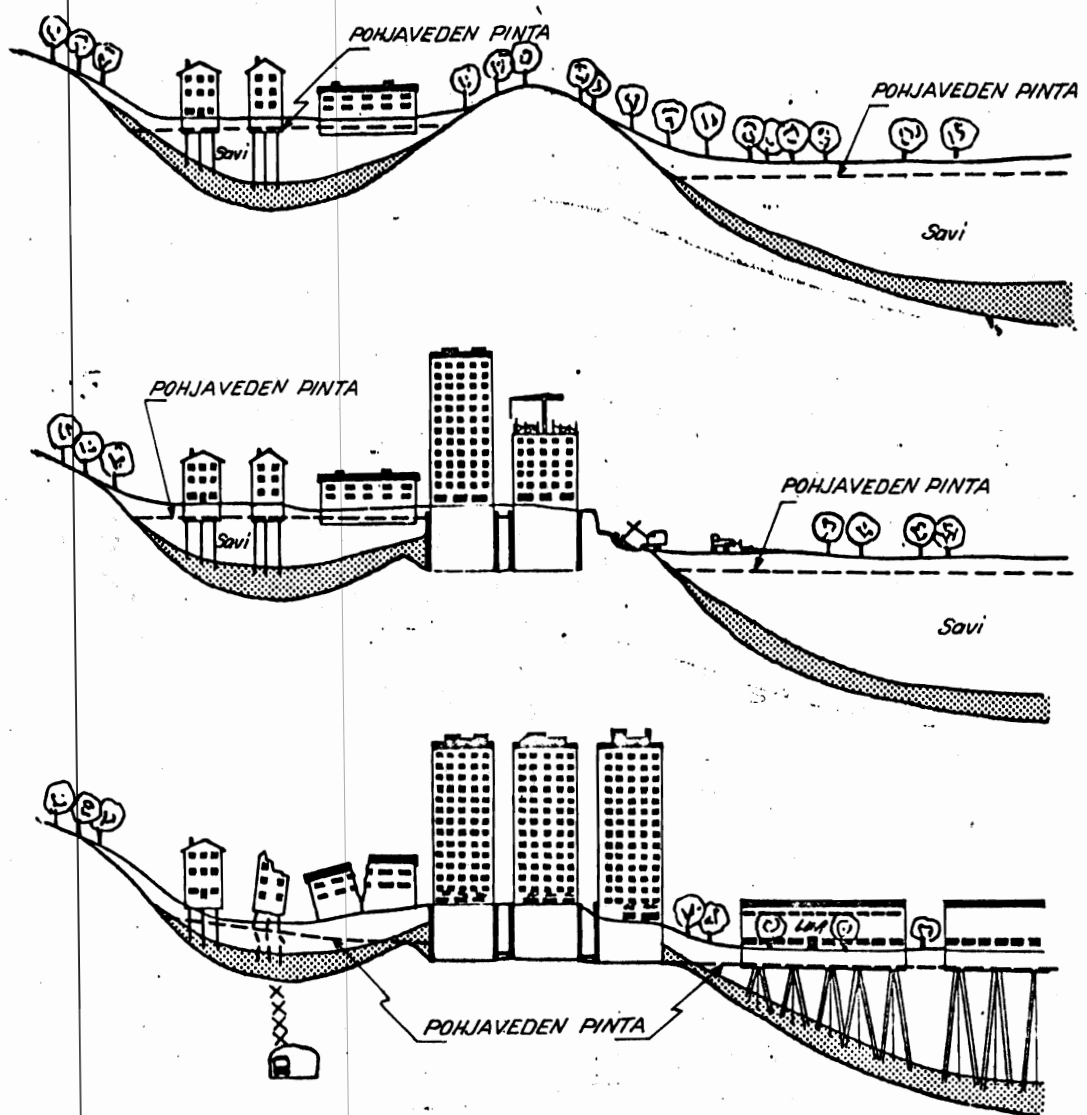
Pohjarakennustyöt sekä tunnelien ja luolien rakentaminen voivat alentaa pohjavedenpinnan korkeutta ja voivat vaikuttaa myöskin pohjaveden laatuun.

Pohjavedenpinnan korkeuteen vaikuttaa maanalaisen rakentamisen lisäksi myöskin muu rakennustoiminta, sillä katu- ja piha-alueiden asfaltointi ja viemärointi estää sadannan valumisen pohjaveteen, jolloin pohjaveden pinta voi aleta jo tästäkin syystä. Meri on kuitenkin varsinkin Helsingin keskusta-alueella varsin lähellä, jolloin pohjaveteen ilmeisesti suotautuu merestä jatkuvasti uutta vettä.

Pohjaveden alenemisen seurauksena saattaa savialueilla saven kokoonpuristuessa syntyä maan pinnalla haitallisia painumia. Lisäksi voivat rakennusten puupaalut lahota, jolloin rakennuksessakin voi syntyä painumia. Tätä ongelmaa pidetään erityisen tärkeänä Helsingin metron suunnittelussa, sillä tunnelit tulevat kulkemaan savialueiden ali mm. Kaivokadulla vettä hyvin johdettavassa kallioperässä.

Sen sijaan kitkamaa-alueilla ja kallioisilla alueilla on pohjaveden alenemisesta haittaa lähinnä kasvullisuudelle ja vedenhankinnalle, jos pohjavettä otetaan kaivoista. Painumahaitat ovat yleensä vähäisiä.

Pohjavedenpinnan aleneminen aikaansaa allaoleville maa-kerroksille kuormituslisäyksen, jonka suuruus on 1 t/m^2 jokaista pohjavedenpinnan alenemisen metriä kohti. Tämän seurauksena savialueella tapahtuu maanpinnan painumista, jonka seurauksena edelleen kellarin maanvaraiset lattiat, katualueet, putkijohdot ja kaapelit saattavat vaurioitua. Esim. 3 metrin pohjaveden alennus aikaansaa yhtä suuren kuormituksen kuin 1,5 metrin paksuinen maataytekerros. Tällöin esim. 10 metrin paksuisella savikolla syntyy noin 60-80 cm:n kokonaispainuma, joka ensimmäisinä vuosina saattaa olla noin 5 cm/vuosi. Tämän suuruisia ja tätä suurempiakin painumia voi syntyä esim. Rautatientorilla, jos pohjaveden alenemista pääsee syntymään metron rakentamisen seurauksena.



Kuva 3.

Ruotsin pohjaolosuhteet ja rakentamistapa ovat suunnilleen samat kuin meillä, jolloin voimme käyttää hyväksi ruotsalaisten kokemuksia näissä asioissa. Maanalaisen rakentamisen seurauksena on Tukholmassa ja Göteborgissa tapahtunut pohjavedenpinnan laskiessa kadunpinnan painumista 10 ... 100 cm ja myös rakennuksia on vaurioitunut. Mm. Tukholman kaupunkia vastaan on esitetty useita miljoonien kruunujen korvausvaatimuksia. Helsingissäkin saattaa syntyä samanlaisia ilmiöitä, mikäli riittäviin sekä tarvittaviin vastatoimenpiteisiin ei ryhdytä riittävän ajoissa. Tunnelin rakentaminen tai kalliokynnyksen louhiminen voi alentaa pohjavedenpintaa, jolloin seuraukset savialueella on esitetty oheisessa kuvassa 3.

Maanalaisen rakentamisen tarkkailutoimenpiteinä tarvitaan pitkäaikaisina ja jatkuvina mittauksina mm. pohjavedenpinnan korkeuden mittauksia sekä viereisten rakennusten ja katualueiden painumamittauksia.

Pohjavedenpinnan tarkkailutoimenpiteet on käynnistetty Helsingin metron suunnittelua ja rakentamista varten, jolloin on rakennettu mm. noin 80 pohjavedenpinnan tarkkailukaivoa metrolinjan viereisille alueille.

Pohjavedenpinta on laskenut Helsingin keskusta-alueella jo ennen metron rakentamista muun maanalaisen rakennustoiminnan sekä viemäröintien seurauksena ja se on alimmillaan Rautatieaseman eteläpuolella paikoitellen noin 2 metriä alle merivedenpinnan tason. Tiettyjä painumahaittoja on katualueilla ja viereisissä rakennuksissakin jo havaittu, joskin pohjavesiongelmat ovat meillä olleet toistaiseksi verrattain vähäisiä.

Pohjarakennustoiminnassa ja maanalaisessa rakentamisessa kannattaa aina pyrkiä siihen, ettei luonnontilaisesta pohjavedenpinnan korkeutta muuteta. Kaupunkisuunnittelussa tulisi määrittää alin sallittu pohjavedenpinnan taso varsinkin savialueilla ja rakennustoimintaa tulisi valvoa että pohjavedenpinta ei laskisi tämän tason alapuolelle.

Pohjavesiongelma on muodostunut yleensä kaupunkialueilla yhä vaikeammaksi ongelmaksi sillä urbanisoitumisen seurauksena pohjavedenpinta ikävä kyllä säännöllisesti alenee aikaa myöten ja tehokkaista vastatoimenpiteitä ei helposti löydy.

4. POHJATUTKIMUKSET KAUPUNKISUUNNITTELUSSA

Sisältö:	sivu
4.1 Pohjatutkimusten tarkoitus	13
4.2 Tutkimusohjelma	13
4.3 Selvitettävät pohjaolosuhdetekijät	13
4.4 Tutkimusmenetelmät	14
4.5 Tutkimustulosten käsittely ja piirtäminen	14

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Volanen/em

Helsinki 30.10.1973

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

4.

POHJATUTKIMUKSET KAUPUNKISUUNNITTELUSSA

4.1

Pohjatutkimusten tarkoitus

Pohjatutkimuksilla selvitetään tutkittavan alueen pohjasuhteet siten, että alueelle suunniteltujen rakenteiden pohjarakennustoimenpiteet voidaan luotettavasti suunnitella pohjatutkimustulosten perusteella. Suunnitteluvaiheesta riippuu miten tarkasti alueen maakerrokset ja niiden geotekniset ominaisuudet on selvitettävä. Mitä aikaisemmassa vaiheessa geotekniset näkökohdat voidaan maankäytön suunnittelussa ottaa huomioon, sen suurempi hyöty pohjatutkimuksista saadaan. Alueen pohjasuhteiden vaikutus kaavasuunnittelussa tulee näkyviin lähinnä rakennuskustannuksissa kaavasuunnitelmia toteutettaessa, joten on tarpeellista ottaa huomioon myös pohjarakennustoimenpiteistä aiheutuvat kustannukset jo alueen kaavoituspäätöksiä tehtäessä.

4.2

Tutkimusohjelma

Suunnittelutyöhön ryhdyttäessä selvitetään geoteknillisen suunnittelun tarve ja suunnittelu-aikataulu. Tämän jälkeen voidaan laatia pohjatutkimusohjelma, jota tutkimusaikana tarvittaessa täydennetään.

Tutkimusohjelmaa laadittaessa käytetään lähtötietoina tutkimusalueella aikaisemmin suoritettuja pohjatutkimuksia, geologisia maa- ja kallioperäkartoja, topografisia maastokartoja, luonnontilaismaastokartoja, ilmakuvia sekä maastokatselmuksia.

4.3

Selvitettävät pohjaolosuhdetekijät

Alueen maankäyttösuunnitelma sisältää kaiken alueelle suunnitellun rakentamisen kuten mm. rakennukset ja kunnallistekniikan. Rakentamistoimenpiteistä ja täytöistä aiheutuu kuormitusta maapohjalle, joka käyttäytyy sen mukaisesti, mitä maakerroksia suunniteltavien rakenteiden alla esiintyy. Siksi on jo suunnitteluvaiheessa tunnettava alueen maakerrokset ja niiden ominaisuudet riittävän tarkasti, ettei rakentamisen toteuttamisessa

syntyisi vaikeuksia ja ennenkaikkea odottamattomia lisäkustannuksia. Selvitettäviä pohjasuhdetekijöitä ovat lähinnä

- maakerrokset ja niiden sijainti
- maakerrosten geoteknilliset ominaisuudet
- kallionpinnan sijainti
- pohjavedenpinnan sijainti.

Taulukossa 1 on esitetty, mitä pohjasuhdetekijöitä kussakin suunnitteluvaiheessa joudutaan selvittämään ja miten tarkasti tämä tutkimus pitää suorittaa, että saataisiin tarvittava tieto maakerroksista ja niiden ominaisuuksista.

4.4

Tutkimusmenetelmät

Tavallisimmat pohjatutkimusmenetelmät ovat:

- painokairaus (käsin tai koneellisesti)
- pisto- ja lyöntikairaus
- heijarikairaus
- porakonekairaus
- siipikairaus
- näytteiden otto ja niiden laboratoriotutkimukset
- pohjavedenpinnan määritykset.

Suomen Geoteknillinen yhdistys on laatinut ohjeet kolmesta ensiksi mainitusta kairausmenetelmästä Kairausopas I:ssä. Kairausopas II:ssa on esitetty ohjeet siipikairauksen ja Kairausopas III:ssa näytteenoton suorituksesta. Suomen Geoteknillisessä yhdistyksessä on tekeillä pohjavesihavainto-opas IV ja aluesuunnittelun pohjatutkimusohjeet. Tie- ja vesirakennushallituksen laatimassa Maanrakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohteita osassa I on käsitelty maaperä ja sen tutkimusmenetelmät ja osassa II laboratoriotutkimukset.

Taulukossa 2 on esitetty mitä pohjasuhdetekijöitä kullakin tutkimusmenetelmällä voidaan selvittää ja kuinka luotettava tämä selvitys on.

4.5

Tutkimustulosten käsittely ja piirtäminen

Maasto- ja laboratoriotutkimusten tulokset merkitään lomakkeille, joita yhdessä tutkimuskohteessa syntyy suuri määrä. On hyvin vaikeata ja työlästä lomakkeita lukemalla saada käsitys tutkittavan alueen pohjasuhdetista. Siksi on välttämätöntä esittää pohjatutkimustulokset piirustuksissa sellaisessa muodossa, että ne ovat helposti ja yksikäsitteisesti myös geotekniikkaan perehtymättömien suunnittelijoiden luettavissa ja ymmärrettävissä.

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIKTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Taulukko 1

ERI SUUNNITTELUVAIHEISSA SELVITETTÄVÄT POHJASUNDETEKUIAT

Kunnallistekniikan suunnitteluvaihe	Verkkasuunnittelu		Yleissuunnittelu		Rakennesuunnittelu
Kaavatusvaihe	Yleiskaava	Kaavakunta	Asemakaava	Korttelikaava	
Mittakaava	1:10000	1:2000 1:4000	1:1000 1:2000	1:500 1:1000	1:200 1:500
Tutkimuspisteiden keskimääräinen etäisyys metriä	100-500	20-200	10-100	10-50	10-20
Geoteknillisten aluetyyppien rajat likimäärin	aina	aina			
Geoteknillisten aluetyyppien rajat tarkasti		usein	aina	aina	aina
Kallionpinnan sijainti likimäärin	usein	usein	aina	aina	aina
Kallionpinnan sijainti tarkasti			usein	usein	usein
Kiinteän pohjakerrakkeen sijainti	usein	aina	aina	aina	aina
Maalajit ja maakerrosten rajat likimäärin	aina	aina			
Maalajit ja maakerrosten rajat tarkasti			aina	aina	aina
Maakerrosten rakenteellinen tiiveys	usein	aina	aina	aina	aina
Maakerrosten kokoonpuristuvuusominaisuudet	usein	aina	aina	aina	aina
Maakerrosten lujuusominaisuudet	usein	aina	aina	aina	aina
Maan kaivettavuus	usein	usein	usein	usein	usein
Maan routivuus	usein	aina	aina	aina	aina
Pohjaveden sijainti	usein	aina	aina	aina	aina
Kallion kivilajimääritys	jostkus	jostkus	usein	usein	usein
Kallion rakennusgeologinen selvitys	jostkus	jostkus	usein	usein	usein

26.12.73 NV

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIKTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Taulukko 2

POHJASUNDETEKUIJIDEN SELVITTÄMISESSÄ
KÄYTETTÄVÄT TUTKIMUSMENETELMÄT

MERKINNAT:

- yksinomaaisena riittävä
- osatekijänä suuntaa antava

Tutkimusmenetelmät

		Pohjasselvitykset																
Maastotutkimukset	Maastotarkastelu	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Geofysikaaliset menetelmät	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Pisto- ja lyöntikairaus	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Painokairaus	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Heijarikairaus	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Porakonekairaus	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Putkikairaus	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Sydännäyttekairaus	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Koekuoppa	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Häiriintyneet näytteet	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Laboratoriotutk.	Häiriintymättömät näytteet	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Siipikairaus	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Pohjavesiputket ja kaivot	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Painumamittaukset	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Maalajimääritys silmämääräistulk.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Tilavuuspaino ja vesipitoisuus	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Seulonta- ja areometrianalyysi	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Vedenläpäisyyskoe	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Kokaanpuristuvuuskoe	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Puristuskoe	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Kartiokoe	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Kalvialkalisuuskoe	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Kapillaarisuuskoe	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

26.12.73 NV

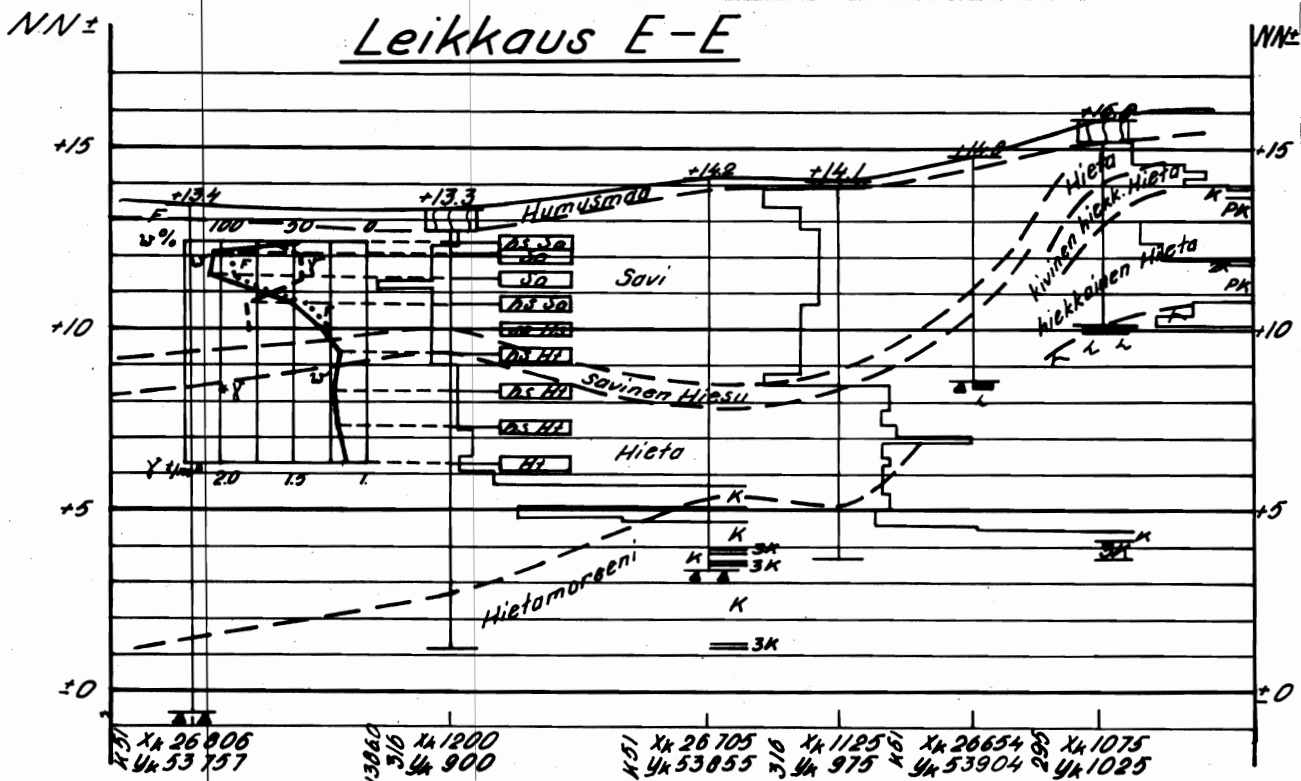
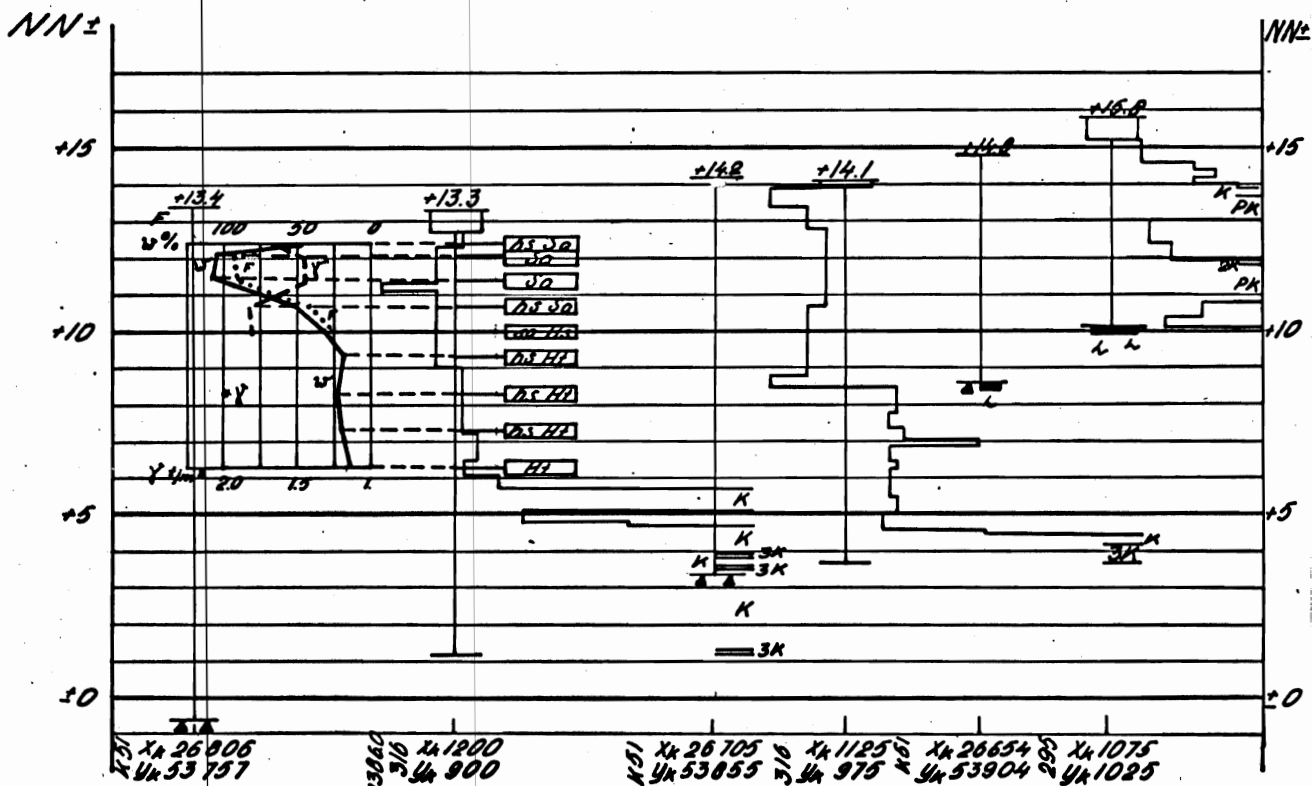
Maasto- ja laboratoriotutkimustulokset piirretään kartta- ja leikkauspiirustuksiin geoteknillisten piirustusmerkintöjen mukaisesti. Tutkimuskartat piirretään muovielementeille.

Aineistokäsittelyssä selvitetään eri maakerrosten nimet ja niiden rajat sekä laaditaan syvyys- ja korkeuskäyrästäjä kuvaamaan maakerrosrajojen tai kallionpinnan sijaintia. Maakerrosten rajat määrätään maanäytteiden, kairausvastuksen ja kairajaan maastossa tunnistamien maalajien perusteella. Lisäksi esitetään geoteknillisillä kartoilla eri geoteknillisten aluetyyppien rajat.

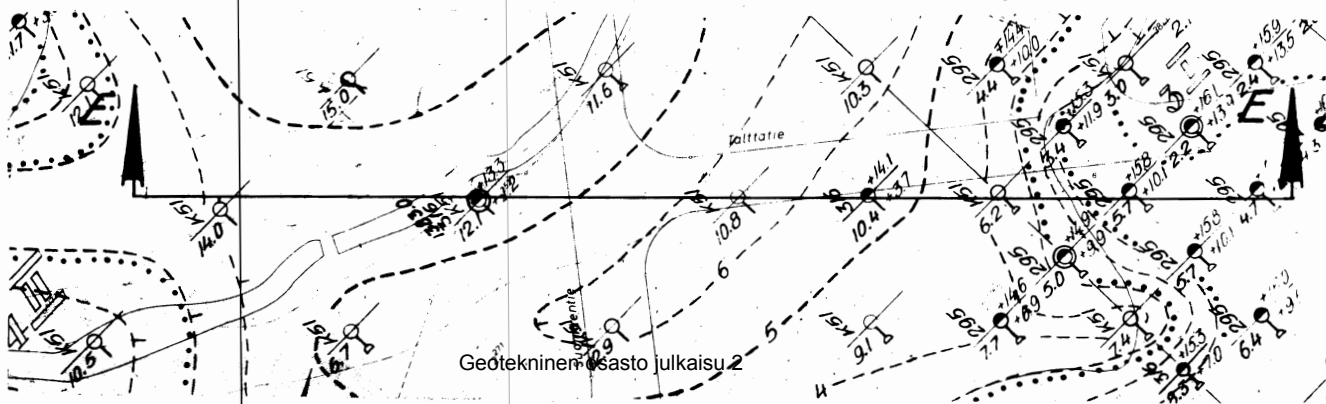
Tutkimuskarttamuoveille piirretään niissä jo olevien kairauspistetietojen lisäksi aineistokäsittelyssä rajatut geoteknillisten aluetyyppien rajat. Saven ja kallionpinnan syvyyskäyrästöt piirretään omille muovielementeille. Kopioimalla eri muovielementit päällekkäin kaupunkimittausosaston pohjakartan kanssa saadaan geoteknillisen kartan kuultojoäljennös, josta saadaan tarvittavat kopiot. Suunnittelua varten yhdistetään tarvittavat geoteknilliset karttalehdet, jolloin saadaan halutun suuruinen yhtenäinen karttaoriginaali. Leikkauspiirustuksiin piirretään puhtaaksi kaikki piirustusten tarkastuksessa ja aineistokäsittelyssä tehdyt merkinnät.

Geoteknillisiä karttoja täydennetään jatkuvasti. Täydentämisen jälkeen lähetetään Kaupunkisuunnitteluviraston eri osastoille uudet kopiot kartoista välittömästi.

Kuvassa 3 on esitetty leikkauspiirustus ennen aineistokäsittelyä ja sama leikkauspiirustus sekä tutkimuskartta puhtaaksi piirrettynä mittakaavassa 1:2000.



Geoteknillinen kartta 1:2000



5. GEOTEKNILLISTEN KARTTOJEN TULKINTA

Sisältö:	sivu
5.1 Käytettävissä oleva geoteknillinen kartta-aineisto	18
5.2 Karttojen sisältö	18
5.3 Karttojen tulkinta	20

HELSINGIN KAUPUNGIN KIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Volanen/em

Helsinki 30.10.1973

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

5.
GEOTEKNILLISTEN KARTTOJEN TULKINTA

5.1

Käytettävissä oleva geoteknillinen kartta-aineisto

Geoteknilliset kartat koko Helsingin kaupungin alueelta piirretään mittakaavassa 1:2000, joita täydennetään jatkuvasti. Nämä karttalehdet on pienennetty myös 1:10 000 negatiiveiksi, joista tarvittavat tiedot on piirretty 1:10 000 karttalehdille. Vuoden 1973 alussa geoteknillinen kartta 1:10 000 painettiin myös 6-värisenä.

Pienentämällä 1:2000 mittakaavaiset geoteknilliset karttaelementit mittakaavaan 1:4000 ja kopioimalla nämä 1:4000 pohjakarttojen kanssa päällekkäin, saadaan lukukelpoinen geoteknillinen kartta 1:4000 mittakaavassa ilman piirtämistoimenpiteitä.

Kantakaupungin alueelta on lisäksi laadittu geoteknillisiä karttoja mittakaavassa 1:500 saven ja kallion korkeuskäyrillä. Lisäksi on olemassa kaupunkimittaosaston laatimia luonnontilaismaastokarttoja mittakaavassa 1:2000 ja 1:10 000, joissa on esitetty vanhoista kartoista saatujen tietojen perusteella luonnontilaisen maaston maanpinnan korkeuskäyrät, rantaviiva ja kalliopaljastumat.

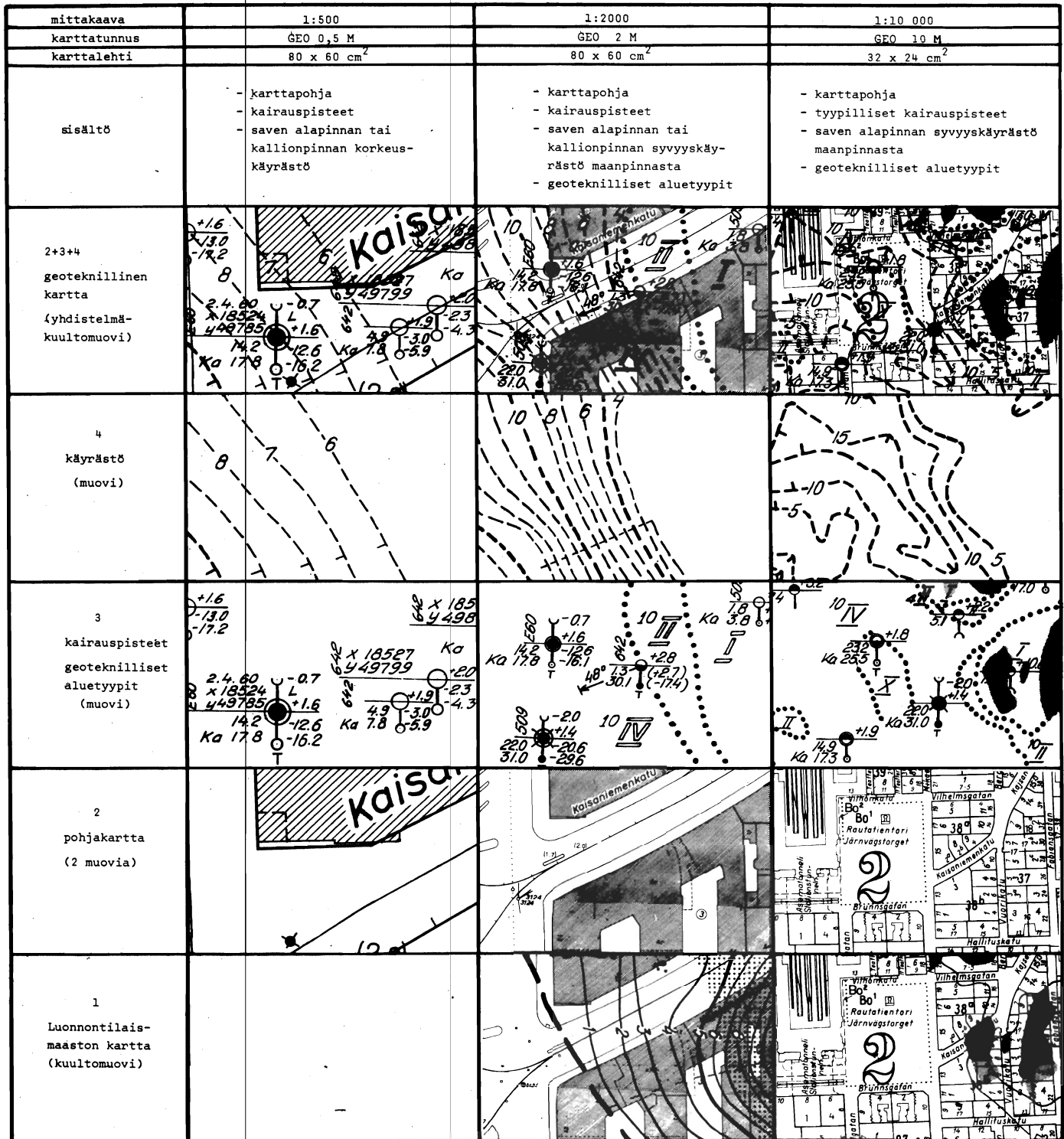
5.2

Karttojen sisältö

Geoteknilliset kartat sisältävät seuraavia tietoja:

- pohjakarttatiedot
- maanpinnan korkeuskäyrät
- kalliopaljastumat
- kallionpinnan ja saven sekä turpeen alapinnan syvyyskäyrästöjä
- tutkimuspisteet
- pohjavesihavainnot
- geoteknilliset aluetyypit.

Kuvassa 4 on karttanäyttein selvitetty eri mittakaavisten geoteknillisten karttojen sisältöä ja rakennetta tarkemmin.



Kuva 4. Geoteknillisten karttojen rakenne, sisältö ja karttanäytteet.

5.3

Karttojen tulkinta

Geoteknillisissä kartoissa esitetyt tiedot palvelevat alueen maankäytön suunnittelua eri kaavoitusvaiheissa ja yksittäisen rakennuskohteen hanke- ja esisuunnittelua. Kartoissa esitetyt geoteknilliset tiedot eivät ole riittäviä yksityiskohtaiseen rakennussuunnitteluun.

Kunnallistekniikan verkkosuunnittelussa karttojen geoteknilliset tiedot ovat yleensä riittäviä, mutta kunnallistekniikan yleissuunnitteluvaiheessa joudutaan usein suorittamaan lisätutkimuksia.

Geoteknillisen kartan käytön helpottamiseksi on kartta jaettu geoteknillisiin aluetyyppeihin, ts. alueisiin, joissa on samat geoteknilliset olosuhteet. Tässä aluetyypityksessä on pyritty rajaamaan ne alueet, joissa samanlaisen rakennetyypin perustustapa on yleensä sama. Perustussyvyys sitävastoin voi samalla aluetyypillä vaihdella hyvin suuresti.

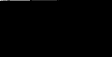
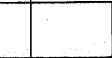
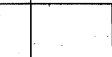
Kuvassa 5 on esitetty geoteknilliset aluetyypit ja niiden rakenne.

Päätyypit on nimetty yli 3 m paksuisen ylimmän maakerroksen mukaan. Tämä 3 m rajapaksuus on valittu siksi, että rakenteiden perustustavan valintaan ei ohuempi pintakerros vaikuta ratkaisevasti.

Täytealue on otettu omaksi päätyypiksi siksi, että täyterroksen materiaali ja tiiveys voi samalla täytealueella vaihdella hyvin paljon, mikä vaikuttaa ratkaisevasti rakenteiden perustustavan valintaan.

Päätyypin maakerroksen päällä tai alla olevat geoteknillisesti merkittävät maakerrokset esitetään yhdistelmätyypeinä. Geoteknillisesti merkitsevällä maakerroksella tarkoitetaan tässä 1 ... 3 m paksuista savi-, turve- tai täyterrosta. Tällä kerroksella on oleellinen merkitys rakenteiden perustustavan valintaan ja perustussyvyyteen. Saven välilievealueella (II₄), jossa päätyypin (II) kitkamaakerroksen alla on 1 ... 3 m paksuinen kokoonpuristuva savikerros (4), joudutaan useampikerroksisten rakennusten perustukset ulottamaan paaluilla välillä olevan savikerroksen lävitse. Tällaisia "vaarallisia" saven välilievealueita esiintyy laajempina alueina Helsingin alueella Vuosaaressa, Myllypurossa, Kontulassa ja Jakomäessä.

Kuva 5. Helsingin kaupungin käyttämät geoteknillisten karttojen aluetyypit.

GEOTEKNILLISET ALUETYYPIIT		
OMRÅDEN MED LIKARTEDE GEOTEKNISKA FÖRHÅLLANDEN		
	PÄÄTTYYPPI HUVUDTYP	Rakenne Struktur
KALLIOPALJASTUMA		
HARM.		BERG I DAGEN
KALLIOINEN ALUE		
RUSK.		I KALLIOINEN ALUE Maakerroksen paksuus 0 ... 3 m BERGIGT OMRÅDE Jordlagrets tjocklek 0 ... 3 m
KITKAMAA-ALUE		
KELT.		II KITKAMAA-ALUE Kitkamaakerroksen (karkea hieta, hiekka, sora ja moreeni) paksuus yli 3 m FRIKTIONSJORDSOMRÅDE Friktionsjordsskikt (grov mo, sand, grus och morän) med en tjocklek över 3 m
SILTIALUE		
VIHR.		III SILTIALUE Silttikerroksen (hiesu ja hienohieta) paksuus yli 3 m SILTOMRÅDE Siltskikt (mjäla och finmo) med en tjocklek över 3 m
SAVIALUE		
SIN.		IV SAVIALUE Savikerroksen paksuus yli 3 m LEROMRÅDE Lerskikt med en tjocklek över 3 m
TURVEALUE		
VIOL.		V TURVEALUE Turvekerroksen paksuus yli 3 m, jonka alla yleensä savikerros TORVOMRÅDE Torvskikt med en tjocklek över 3 m, under vilket i allmänhet ett lerskikt
TÄYTEALUE		
PUN.		X TÄYTEALUE Täytekerroksen paksuus yli 3 m, jonka alla yleensä savikerros FYLLNINGSOMRÅDE Fyllningsskiktets tjocklek över 3 m, under vilket i allmänhet ett lerskikt
Päätyypin maakerroksen päällä tai alla olevat geoteknillisesti merkittävät maakerrokset esitetään yhdistelminä Geotekniskt betydelsefulla jordsskikt på eller under huvudtypens jordlager framställs som kombinationer		
	Yhdistelmätyyppi: Kombinationstyp:	Rakenne: Struktur:
Saven lievealue		
KELT. sin.		4 II Saven lievealue Päätyypin (II) kitkamaakerroksen päällä oleva 1 ... 3 m paksuinen luonnontilainen savikerros (4) Lefans randområde 1 ... 3 m tjockt lerskikt (4) i naturtillstånd på huvudtypens (II) friktionsjordsskikt
Saven välilievealue		
KELT. sin.		II ₄ Saven välilievealue Päätyypin (II) kitkamaakerroksen alla oleva 1 ... 3 m paksuinen luonnontilainen savikerros (4) Lerans mellanrandområde 1 ... 3 m tjockt lerskikt (4) i naturtillstånd under huvudtypens (II) friktionsjordsskikt
Turpeen lievealue		
KELT. viol.		5 II Turpeen lievealue Päätyypin (II) kitkamaakerroksen päällä oleva 1 ... 3 m paksuinen luonnontilainen turvekerros (5) Torvens randområde 1 ... 3 m tjockt torvskikt (5) i naturtillstånd på huvudtypens (II) friktionsjordsskikt
Turpeen lievealue		
SIN. viol.		5 IV Turpeen lievealue Päätyypin (IV) savialueen päällä oleva 1 ... 3 m paksuinen luonnontilainen turvekerros (5) Torvens randområde 1 ... 3 m tjockt torvskikt (5) i naturtillstånd på huvudtypens (IV) lerområde
Kitkamaan lievealue		
SIN. kelt.		2 IV Kitkamaan lievealue Päätyypin (IV) savialueen päällä oleva 1 ... 3 m paksuinen luonnontilainen kitkamaakerros (2) Friktionsjords randområde 1 ... 3 m tjockt friktionsjordsskikt (2) i naturtillstånd på huvudtypens (IV) lerområde
Täytteen lievealue		
SIN. pun.		10 IV Täytteen lievealue Päätyypin (IV) savialueen päällä oleva 1 ... 3 paksuinen täytekerros (10) Fyllnings randområde 1 ... 3 tjockt fyllningsskikt (10) på huvudtypens (IV) lerområde

Geoteknillisillä kartoilla on esitetty saven alapinnan syvyyskäyrästä, joka ilmoittaa saven alapinnan syvyyden metriä maanpinnasta. Savikerroksen paksuudesta voidaan arvioida suunniteltujen rakenteiden perustustapa ja yleensä myös perustussyvyys. Myös maanvaraan suunniteltujen kevyiden rakenteiden painumia voidaan arvioida, kun tunnetaan rakenteiden alla olevan savikerroksen paksuus.

Geoteknillisillä kartoilla on esitetty myös tutkimuspisteet. Kairauspistemerkinnöistä nähdään kairaustapa ja kairauksen päättymissyvyys. Kairauksen päättymissyvyys ilmoittaa kiinteän pohjakerroksen tai kallionpinnan syvyyden. Tällöin voidaan geoteknillisiltä kartoilta arvioida tukipaalujen pituus, sillä tukipaalut tunkeutuvat suunnilleen paino- ja heijarikairausten päättymistasoon.

Kuvassa 6 on esitetty geoteknillisillä kartoilla esitetyt kairauspistemerkinnät.

Kuva 6. KAIRAUSPISTEMERKINNÄT:
BORRHÄLSBETECKNINGAR:

● Painokairaus Viktsondering	⊕ Kairaus päättynyt todennäköisesti kiinteään pohjakerrokseen Sondering till förmodad fast botten
⊠ Siipikairausreikä Vingborrhål	⊕ Kairaus päättynyt todennäköisesti kiveen tai kallioon Sondering till förmodad sten eller berg
○ Näytteenotto kairaus- reikästä Tagning av jordprov i borrhålet	⊕ Kairaus päättynyt todennäköisesti kallioon Sondering till sannolikt bergsytta

Kairauspistemerkintöjen yhdistelmä:	16.3.64	+15.0	Pohjavedenpinta havaintoputkessa 16.3.64 korkeudella +15.0
		+16.3	Maanpinnan korkeus NN ±
Maakairauksen päättymissyvyys metreinä maanpinnasta	15.3.	+ 1.0	Maakairauksen päättymiskorkeus NN ±
Kalliokairauksen päättymissyvyys metreinä maanpinnasta	18.2.	- 1.9	Kalliokairauksen päättymiskorkeus NN ±

Kombination av borrhälsbeteckningarna:	16.3.64	+15.0	Grundvattenytans nivå i observationsröret samt observationsdatum
		+16.3	Markytans nivå NN ±
Jordsonderingens avslutningsdjup räknat i meter från markytan	15.3.	+ 1.0	Jordsonderingens avslutningsnivå NN ±
Bergsonderingens avslutningsdjup räknat i meter från markytan	18.2.	- 1.9	Bergsonderingens avslutningsnivå NN ±

Geoteknillisiin karttoihin liittyviä leikkauspiirustuksia valmistuu jatkuvasti lisää tutkimusten lisääntyessä. Leikkauspiirustuksesta nähdään maakerrokset ja niiden ominaisuudet suunniteltavalta alueelta tarkemmin.

Geoteknilliset kartat ja niihin liittyvät leikkauspiirustukset sisältävät maankäytön suunnittelussa tarvittavat geoteknilliset lähtötiedot, joita oikein tulkit-

semalla voidaan ennakoivasti päätellä alueelle suunniteltujen rakenteiden pohjarakennustoimenpiteet ja niistä aiheutuvat kustannukset.

Yleiset periaatteet geoteknillisten karttojen tulkinassa voi kaupunkisuunnittelija oppia koulutuksella ja kokemuksen kautta. Luotettavimmin tulevat kuitenkin luonnonolosuhteet huomioitua, jos geoteknikko on suunnitteluryhmässä pohjaolosuhteiden laadusta riippuen suuremmalla tai pienemmällä panoksella mukana.

6. POHJARAKENNUSSUUNNITTELU KAUPUNKISUUNNITTELUSSA

Sisältö:	sivu
6.1 Rakennusten ja tonttien sijoittelu	24
Yleistä	24
Kallioisella alueella	24
Kitkamaa-alueella	24
Silttialueella	26
Savialueella	26
Turvealueella	30
Täyttöalueella	30
Pohjarakennuskustannusten mukaanotto suunnitteluun	32
6.2 Täyttöalueiden suunnittelu	33
Ylijäämämassat	33
Asumisjätteet	35
Ranta-alueet	35
6.3 Liikenneväylien suunnittelu	35
Kadut	35
Eritasoristeykset ja sillat	36
Meluesteet	37
Case-tapaus kaupunkisuunnittelun vir- heestä	39

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Järvelä/em

Helsinki 30.10.1973

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

6.
POHJARAKENNUSSUUNNITTELU KAUPUNKISUUNNITTELUSSA6.1
Rakennusten ja tonttien sijoittelu

Yleistä

Helsingin kaupunki on pohjaolosuhteiltaan melko epäedullista aluetta rakentamista silmälläpitäen. Pehmeiden savialueiden ja jyrkkäpiirteisten kalliomuodostumien vuorottelu kaavoitettavalla alueella vaatii suunnittelijalta kaavasunnittelun lisäksi perehtyneisyyttä vaikeista perustamisolosuhteista johtuneisiin probleemoihin ja rakentamisen lisäkustannustekijöihin. Ottamalla huomioon pohjasuhteiden vaikutus rakentamiskustannuksiin ja etsimällä erilaisia kokonaisuuden kannalta taloudellisia ratkaisuja voi kaavoittaja tuntuvasti pienentää rakennuskustannuksia.

Kallioisella alueella

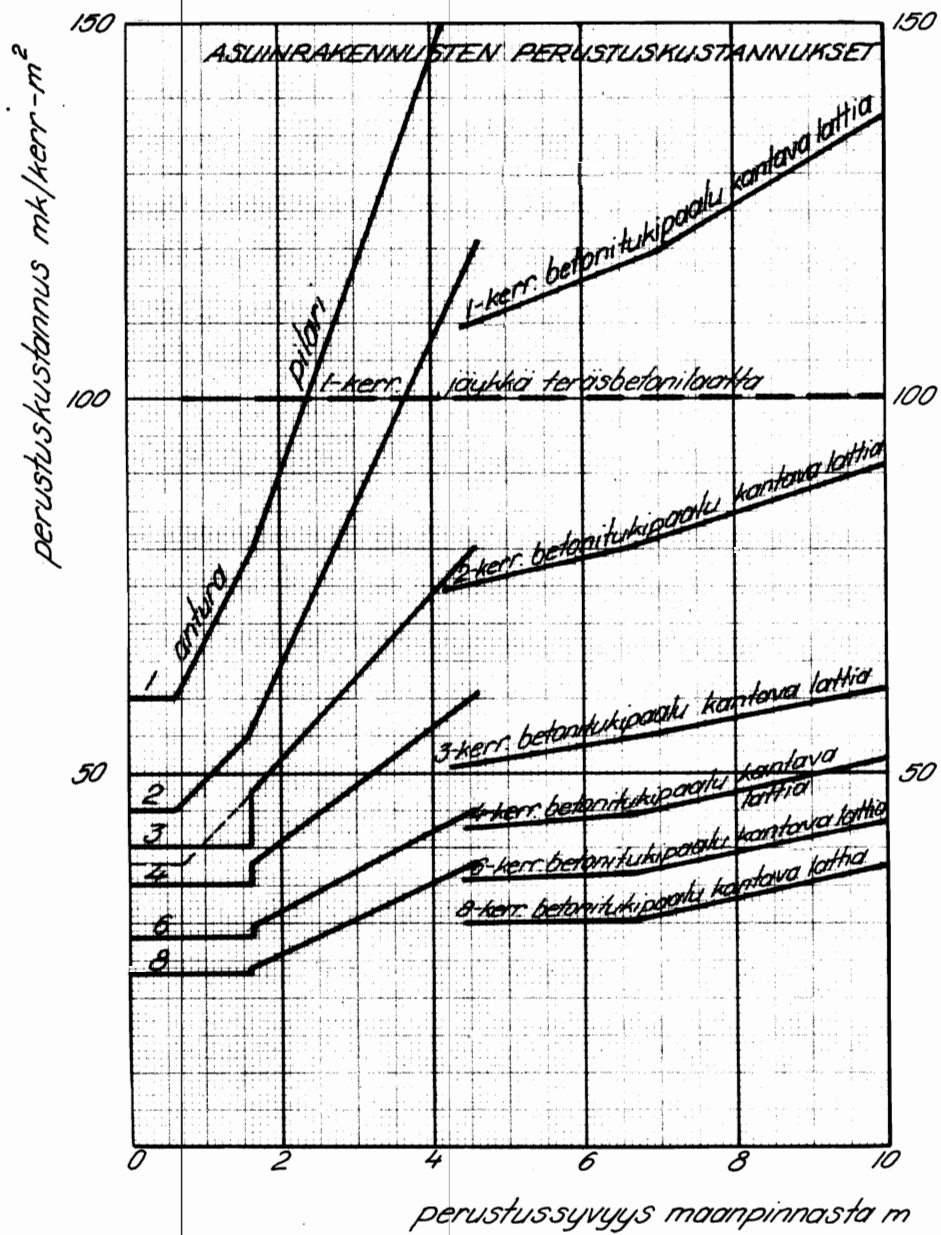
Kallioinen alue soveltuu hyvin rakennustarkoitukseen. Kallionpinnan korkeuden jyrkkä vaihtelu lisää kuitenkin perustuskustannuksia melkoisesti ideaalitapaukseen verrattuna. Perustamiskustannuksia lisäävänä seikkana on erityisesti louhintamäärien lisääntyminen.

Jos rakennettavalla alueella on kalliota peittävä maa-kerros kovin paksu, joudutaan usein tällaisella kohdalla turvautumaan eri perustamistapaan. Eri perustamistapoina tulevat tällöin kysymykseen perustaminen suoraan maan varaan erottamalla rakenne liikuntasaumalla kalliolle perustetusta osasta, tai perustaminen paaluilla.

Kitkamaa-alueella

Kitkamaa-alueet soveltuvat myöskin erittäin hyvin rakennustarkoituksiin. Helsingin alueella ei topografia yleensä nosta sanottavasti perustamiskustannuksia. Maa-aines on kuitenkin useimmissa tapauksissa routivaa ja perustukset joudutaan näin ollen ulottamaan vähintään 1,6 metrin syvyyteen tai lämpöeristämään. Perustuskustannukset ovat tällöin hieman suuremmat kuin ideaalitapauksessa, (joka rakennusten osalta = matalaperustus routimattomalla kitkamaapohjalla.)

Kuva 1.



Perustuskustannukset kerros-m²:ä kohti ovat matalaperustusta käytettäessä I, II ja III-kerroksisessa talossa vastaavasti 60 mk, 45 mk ja 38 mk kerros-m²:ä kohti. Vastaavat kustannukset ovat roudattomaan syvyyteen ulotetussa anturaperustuksessa 79 mk, 55 mk ja 46 mk kerros-m²:ä kohti.

Silttialueella

Varsinaisia silttialueita ei Helsingissä esiinny. Kuitenkin on eräillä alueilla kantavien maakerrosten päällä muutaman metrin paksuinen löyhä silttikerros. Näitä alueita esiintyy etenkin kitkamaa- ja savialueiden saumavyöhykkeillä siltin ollessa luokituksemme mukaisesti hiesua ja hietaa sisältävää maata. Kevyet rakenteet kuten 1 ... 3-kerroksiset rakennukset, putkijohdot tai muut sellaiset voidaan yleensä perustaa löyhän maakerroksen varaan ilman erikoistoimenpiteitä. Perustustason ulottuessa pohjavedenpinnan alapuolella, voidaan joutua kuitenkin maan löyhtymisvaaran vuoksi perustukset ulottamaan paaluilla löyhän maakerroksen alapuolella oleviin kiinteisiin maakerroksiin. Vaihtoehtoisesti saattaa myöskin tulla kysymykseen rakennuspaikalla tehtävä työnaikainen pohjavedenpinnan alentaminen.

Raskaat ja epätasaisille painumille arat rakenteet kuten sillat ja korkeat rakennukset joudutaan tavallisesti perustamaan paaluilla löyhän maakerroksen alapuolella olevien kiinteiden maakerrosten varaan. Perustuskustannukset asuinrakennusten osalta löyhän maakerroksen alapuolelle perustettaessa ovat nähtävissä kuvassa 1 perustussyvyydestä riippuvina.

Savialueella

Savikolla tulee kysymykseen rakennuksen osalta pääasiassa kaksi perustamistapaa, laatalle perustaminen sekä paalutus. Savikerroksille tuleva lisäkuormitus aiheuttaa kerrosten kokoonpuristumista, jonka suuruus on riippuvainen lisäkuormituksen suuruudesta, savikerroksen paksuudesta ja saven painumaominaisuuksista. Rakennus voidaan perustaa laatalle, mikäli laatan eri kohtien painumaerot eivät aiheuta ylärakenteille vaurioita ja rakennukseen liittyvät putkijohdot kestävät painumisen vaurioitumatta. Suunnittelemalla rakennettava alue mahdollisimman vähän lisäkuormitusta aiheuttavaksi mm. pihatäytön suhteen ja käyttämällä rakennuksissa kevyitä rakenteita, voidaan normaalisti 1-kerroksinen rakennus perustaa laatalle saven paksuuden ollessa rakennuksen kohdalla suunnitelleen vakion. Raskaammat rakennukset joudutaan savikolla perustamaan kiinteään pohjakerrokseen lyödyille tukipaaluille. Myöskin 1-kerroksiset, matalat ja kevyet rakennukset joudutaan perustamaan paalutusta käyttäen niissä tapauksissa, joissa saven paksuus vaihtelee rakennuksen kohdalla aiheuttavien suuret painumaerot rakennuksen eri osille. Samoin

joudutaan paalutusta käyttämään silloin kun pihatäyttö aiheuttaa laatan kohdalla liian suuren painuman.

Putkijohdot voidaan perustaa hirsiarinan välityksellä saven varaan, mikäli savikerrokselle ei putken kohdalla aiheudu lisäkuormia pihatäytöstä, tiepenkereestä yms. Mikäli painumaerot katsotaan olevan liian suuret, on putkijohdot paalutettava.

Tukipaaluina käytetään asuinrakennusten, siltojen yms. rakenteiden perustuksissa lähes yksinomaan teräsbetonia lyöntipaaluja.

Puupaaluja käytetään nykyään vain sellaisissa paikoissa, joissa paalun yläpää tulee aina olemaan pohjavedenpinnan alapuolella, kuten putkikanaaleissa.

Em. lyöntipaalujen lisäksi joudutaan joskus erikoistapauksissa käyttämään ns. suurpaaluja. Korkean hinnan vuoksi ei suurpaaluja ole tarkoituksenmukaista käyttää, jos perustus on mahdollista tehdä lyöntipaalutusta käyttäen.

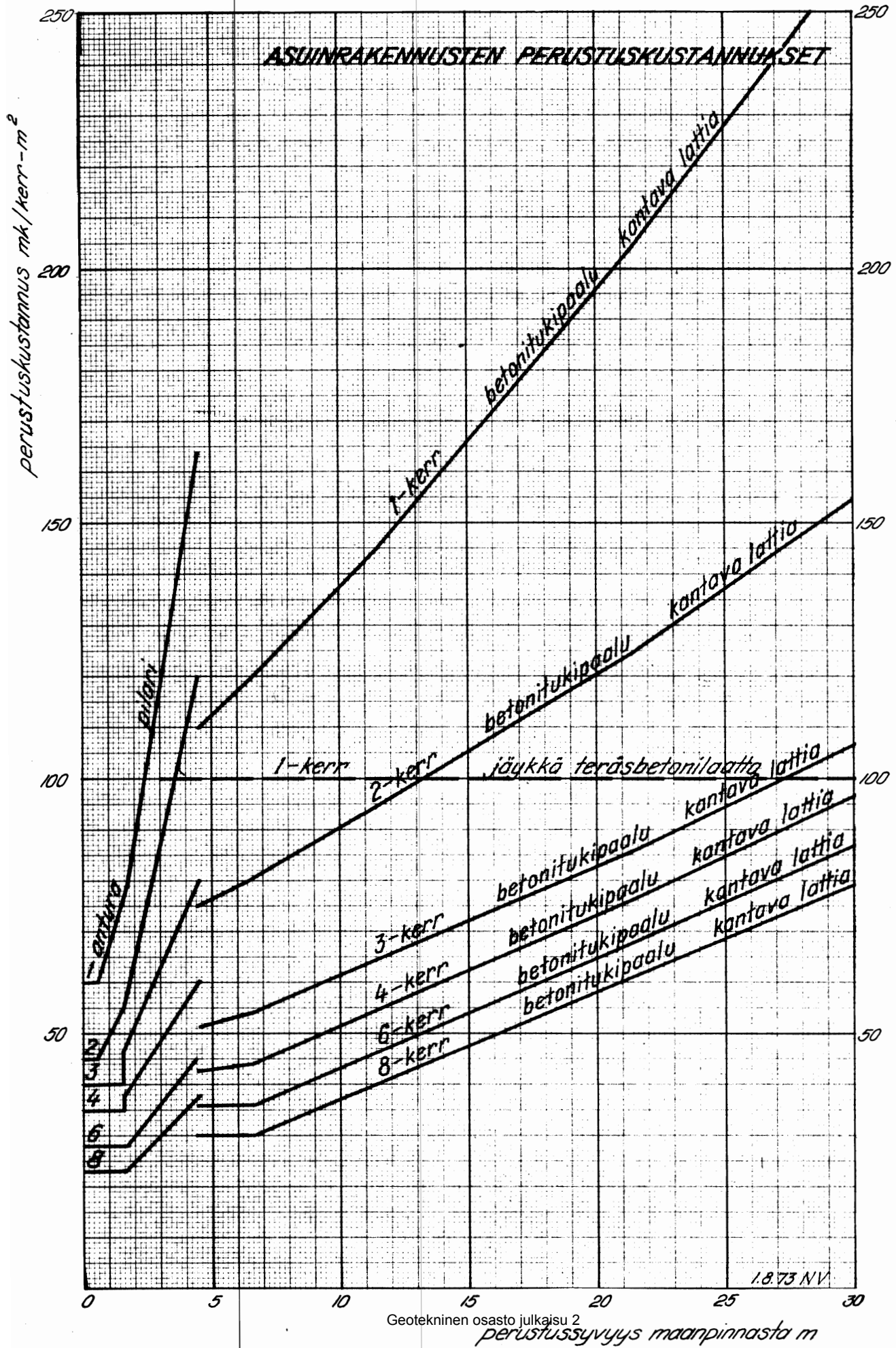
Pohjarakennuskustannukset riippuvat savikolla oleellisesti savikerroksen paksuudesta sekä kiinteän pohjakerroksen syvyydestä. Asuinrakennuksissa, joissa tulee kysymykseen tavallinen lyöntipaalutus, on perustuskustannus riippuvainen paalupituudesta. Oheisessa kuvassa 2 on esitetty 1 ... 8-kerroksisten asuinrakennusten perustuskustannus kerros- m^2 :ä kohti laskettuna maanpinnasta mitatun perustussyvyyden (=paalujen alapäiden tason) funktiona. Teollisuusrakennuksen vastaavat perustuskustannukset on esitetty kuvassa 3.

Pohjavedenpinnan alapuolelle ulotettujen rakenteiden kaivannot joudutaan tekemään yleensä kalliiden tukiseinien suojassa. Jos rakenne on lisäksi sellainen, että pohjavettä joudutaan jatkuvasti pumppaamaan rakenteesta pois, aiheuttaa tämä pohjavedenpinnan laskemista lähiympäristössä.

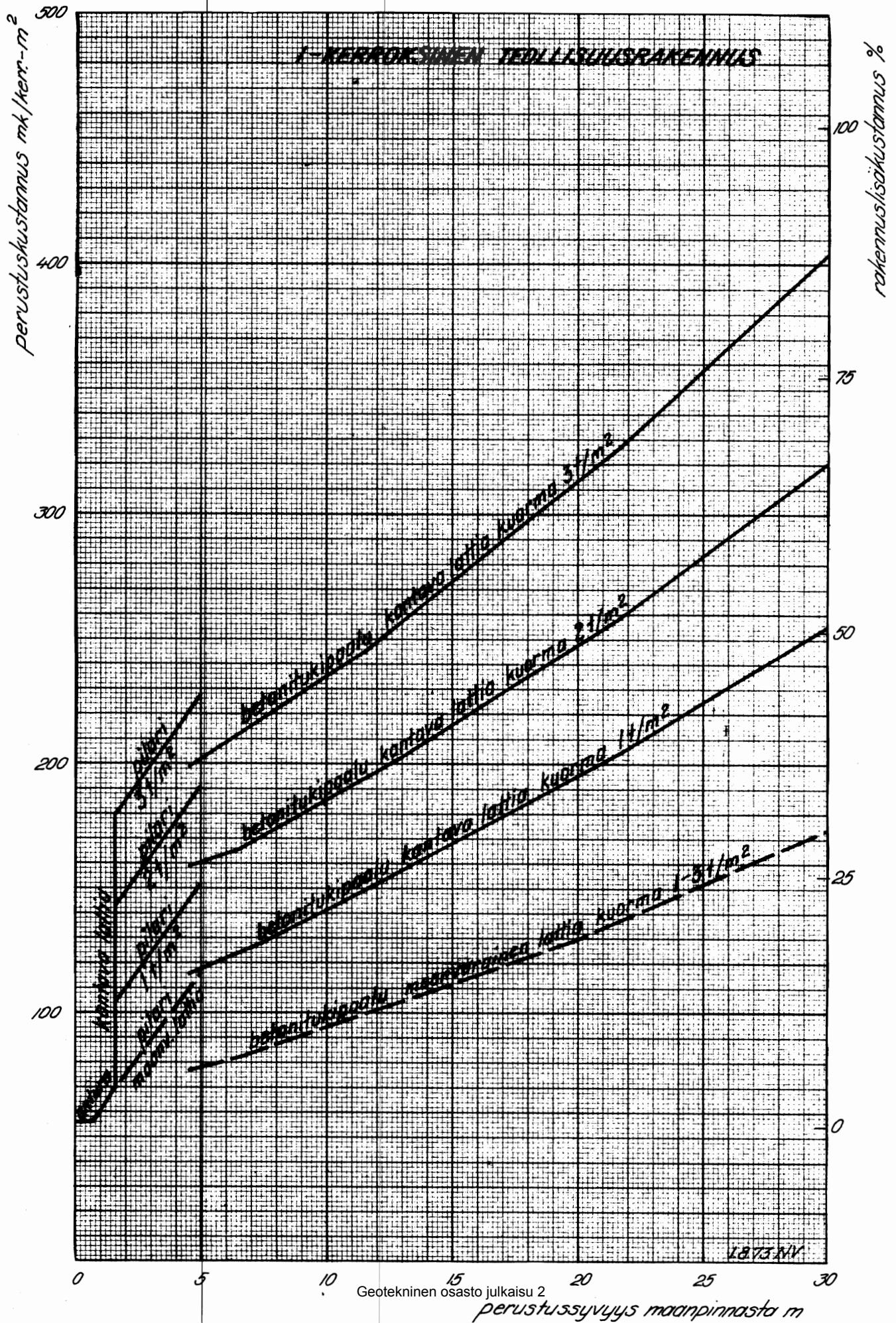
Pohjavedenpinnan laskeminen aiheuttaa kuormituksen lisääntymistä maakerroksissa, josta savikolla aiheutuu painumista.

Esim. keskustan alueella ovat monet vanhat rakennukset perustetut puupaaluille, joiden yläpäätkä alkavat lahota pohjavedenpinnan laskiessa. Lisäksi aiheuttaa painuminen vaurioita putkijohdoille ja liikenneväylille. Syvälle savikossa tehtävissä kaivannoissa tulee lisäksi eteen saven käsittelyvaikeudet kaivutyön aikana. Tällä hetkellä ei koko Helsingin alueella ole riittävästi paikkoja ylijäämämassojen sijoittamista varten. Kuljetuskustannukset muodostuvat lisäksi melko suuriksi.

Kuva 2.



Kuva 3.



Paitsi rakennusten perustuskustannuksia, on savialueella myös kunnallistekniikan perustuskustannuksia lisäävä vaikutus. Koska kunnallistekniikan rakenteet ovat suhteellisen halpoja perustamiskustannuksiin verrattuna, on heikolla maapohjalla huomattavan suuri vaikutus kunnallistekniikan rakentamiskustannuksiin. Tämän johdosta tulisi kaavoituksessa kiinnittää huomiota myös siihen, ettei kaavoitettavan alueen kunnallistekniikka aiheuta kohtuuttomia perustuskustannuksia.

Kuvassa 4 on esitetty kunnallistekniikan perustuskustannukset korkean ja matalan katupenkereen sekä putkijohtojen osalta.

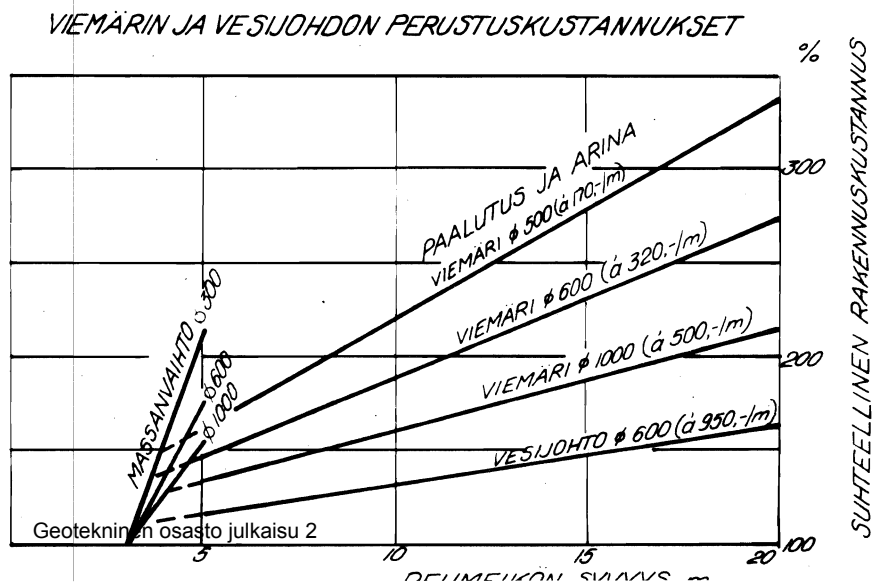
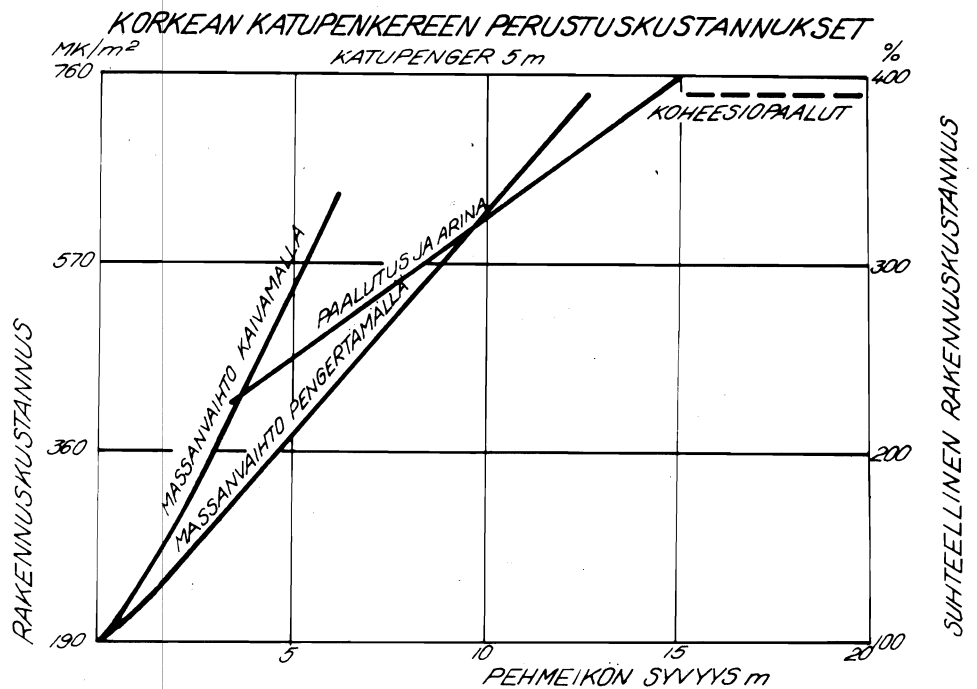
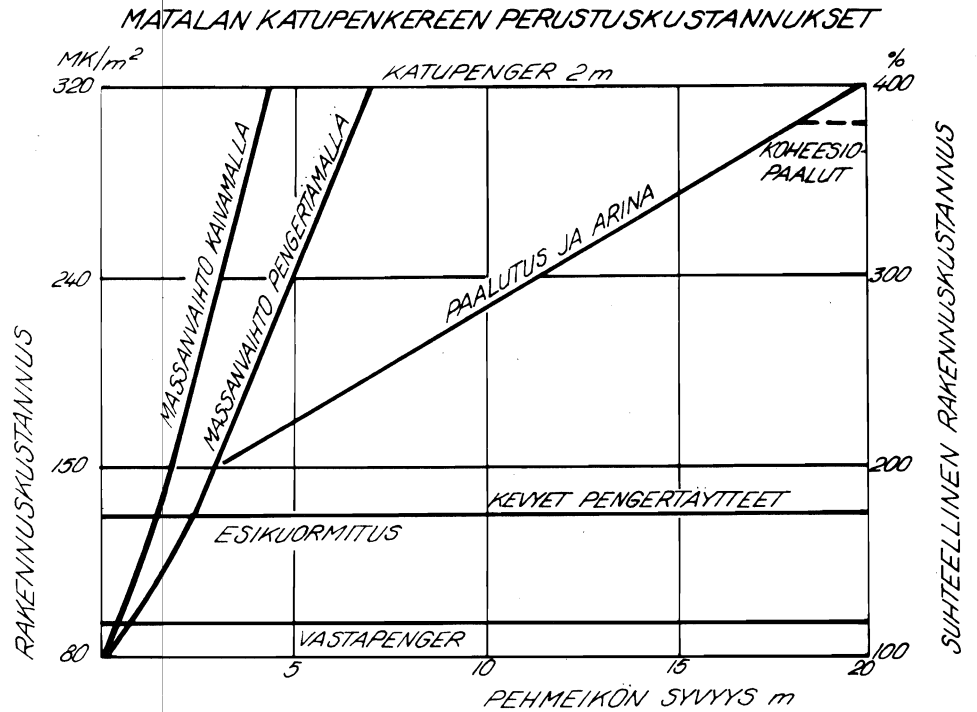
Turvealueella

Turpeen huomattavan suuren kokoonpuristuvuuden johdosta on turvemaata erittäin huono rakennuspohja. Perustamista-poina tulevat kysymykseen lähinnä turpeen alapuolella olevien kiinteiden maakerrosten varaan perustaminen. Tämä voi tapahtua joko tekemällä perusanturat kaivamalla turpeen alla oleviin kerroksiin tai paaluttamalla turvekerroksen läpi. Koska pienikin pihatäyttö aiheuttaa turpeessa voimakasta painumista, on joskus edullisinta kaivaa turve kokonaan pois ja korvata se kitkamaatäytöllä pihan kohdalla. Ellei rakennuksen kohdalla tehdä täyttöä kerroksittain tiivistäen, ei rakennusta voida yleensä perustaa suoraan täytön varaan. Perustamiskustannuksia arvioitaessa voidaan kuvasta 3 saatujen perustamiskustannusten lisäksi arvioida alueen massanvaihdosta aiheutuva kustannuslisä jaettuna rakennusten kerros- m^2 -määrällä. Karkeasti voidaan arvioida massanvaihdon hinnaksi 25 ... 30 mk/ m^3 , ja määräksi vaihdettavan alueen pinta-ala $\cdot$ turvekerroksen keskisyvyys.

Esimerkkinä voidaan mainita Kontulan III lastentarha, jossa aiotaan rakentaa 1-kerroksinen lastentarharakennus Kontulan suolle, jossa turpeen keskimääräinen paksuus on noin 3 metriä. Pelkästään alueen massanvaihtokustannukset ovat suuruusluokaltaan noin 250 000 mk (noin 300 mk/kerros- m^2), mikäli pihan kohdalla katsottaisiin tarpeelliseksi tehdä massanvaihto. Kuitenkin tässä tapauksessa on alustavasti luovuttu massanvaihtojatkuksesta ja rakennus sekä putkijohto on tarkoitettu perustaa paalutukselle ja piha jää sorapäällysteiseksi. Piha-alue tarvitsee painumisen vuoksi vuosikautia jatkuvia korjaustoimenpiteitä.

Täyttöalueella

Erittäin vaikean rakennuspohjan muodostavat täyttöalueet, jotka hyvin usein sijaitsevat kokoonpuristuvien savi- ja liejukerrosten päällä. Täytekerroksen jatkuva painuminen tekee mahdolliseksi keveidenkin rakennusten ja putkijohtojen perustamisen maanvaraisina. Tämän vuok-



si joudutaankin useimmissa tapauksissa käyttämään paalutusta. Pehmeään maahan tunkeutuneet lohkarieet tekevät tällaisilla kohdilla paalutuksenkin erittäin vaikeaksi. Pahimmissa tapauksissa joudutaan tällaisilla kohdilla ensin raivaamaan lohkarieinen täyte perustusten kohdilta kokonaan pois. Sellaisilla paikoilla, missä savikerrosten paksuus on suuri ja täytereros on paksu, aiheuttaa täytteen painuminen usein lyöntipaalu-
 lujen taipumista perustusten alla.

Vaikeissa tapauksissa joudutaan perustuksissa käyttämään ns. suurpaaluja, jotka kestävät maan liikkeen aiheuttamat taivutusvoimat. Paalutusvaikeuksien lisäksi aiheutuu edellämäinitunlaisissa paikoissa lisäkustannuksia perustuskouppien kaivu- ja tukemistöistä.

Perustamiskustannuksista voitaisiin ottaa esimerkki Kylläsaaren vesiensuojelulaboratoriosta. Tontti sijaitsee äskettäin täytetyllä vesialueella, jossa koheesiomaakerroksen paksuus vaihtelee rajoissa 16 ... 27 m. Täytön painumisen ja sivuttaisen liikkumisen vuoksi perustetaan rakennus kauttaaltaan kaivinpaaluilla kalioon. Kaivinpaalujen pituus vaihtelee rajoissa n. 22 ... 33 m, keskipituuden ollessa n. 26 m. Pohjarakennuskustannus jakautuu seuraavasti:

- Kaivinpaalutus	1,4 milj. mk
- Kaivannot + täyttö	0,1 "
- Nosturiradan paalutus	0,2 "
Yht.	1,7 milj. mk

Lisäksi tulee putkijohtojen paalutuksesta (sekä pihan siirtymäpaalutuksesta) 0,3 milj. mk
 yht. 2,0 milj. mk
 =====

Perustuskustannukset ovat näin ollen ilman alueen täyt-
 tökustannuksia ja lattiarakenteiden kustannusta n.
 470,- mk/kerros-m². Hernesaaren ranta-alueelle on suunniteltu asuinalueutta suunnilleen samanlaiseen paikkaan kuin edellä.

Pohjarakennuskustannusten mukaanotto suunnitteluun

Edellä on selvitetty rakennusten perustamismenetelmiä eri pohjasuhteolosuhteissa.

Geoteknillisten maaperäkarttojen ja edellä esitettyjen tietojen valossa voitaisiin kaavoitettavan alueen tontit ja niille tuleva rakentaminen suunnitella siten, että perustamiskustannukset tulevat mahdollisimman pieniksi. Tällainen ratkaisu ei kuitenkaan ole luonnollisestikaan aina muiden maankäytön ja kaavoitusnäkökoh-
 tien kannalta paras ratkaisu. Tämän vuoksi olisi edul-
 lista laatia alueelta useampia kaavoittajan kannalta

samanarvoisia kaavavaihtoehtoja, joiden likimääräiset rakentamiskustannukset laskettaisiin, jolloin kustannusvaihtelut tulisivat vaikuttamaan vaihtoehtojen kesken tehtävään vertailuun ja valintaan.

Tätä varten on Tekla laatinut tietokoneohjelman v. 1970. Menetelmässä muodostetaan tietokoneen muistiin pohjatutkimustulosten perusteella "pohjarakennusmalli" suunnittelualueelta. Tietokoneeseen syötetään myös pohjarakennuskustannustiedot. Vaihtoehtoisten maankäyttösuunnitelmien pohjarakennuskustannukset voidaan tämän jälkeen vaivattomasti laskea ja hakea kustannusmielessä edullista ratkaisua. Tietokonelaskennan suorittaminen edellyttää kuitenkin geoteknillistä suunnittelua perustustapojen osalta. Ohjelmaa on käytetty Länsi-Pasilan suunnittelussa ja IES-alueiden alustavassa suunnittelussa.

Liitteessä on selostettu case-tapaus kaupunkisuunnittelun virheistä, missä pohjatutkimuksia ei ole tehty kaavasuunnittelua varten eikä suunnittelussa ole mitenkään huomioitu epäedullisia pohjaolosuhteita.

6.2

Täyttöalueiden suunnittelu

Ylijäämämassat

Pohjarakennustyöt ja maanalainen rakentaminen lisääntyy jatkuvasti kaupungin alueella. Tästä on välittömänä seurauksena ylijäämämassojen lisääntyminen voimakkaasti.

Ylijäämämassoista on noin 370 000 m^3 /vuosi ylijäämälouhetta, jota ei voida sijoittaa rakennuskohteiden ja satamalaitoksen täyttökohteisiin, eikä sepelin valmistukseen.

Savimaalajit, hiesu ja hieta sekä usein myös hienojakoiset moreenimaat eivät yleensä kelpaa rakennuskohteiden täyttötöissä ja muodostavat näin ollen toisen ryhmän ylijäämämassoja. Näitä massoja tulee vuosittain noin 250 000 m^3 . Keskimääräiset kuljetusmatkat vaihtelevat tällä hetkellä rajoissa noin 12 ... 13 km. Erään tutkimuksen mukaan, jossa on inventoitu ajanjaksolla 1971 .. 1975 käsiteltävät maarakennusmassat Helsingissä, ovat ylijäämämassojen kuljetuskustannukset vuodelta 1973 noin 8,45 milj. markkaa.

Täyttöpaikkatilanne on huono koko Helsingin alueella ja tulee huononemaan entisestäänkin, ellei asiantilaa ryhdytä pikaisesti korjaamaan. Pitkät kuljetusmatkat ja täyttöalueiden rakentaminen sekä kunnossapito lisäävät maanrakennustöiden hintaa ja vaikuttavat rakennuskustannuksia lisäävänä tekijänä lähes kaikessa rakentamisessa kaupunkialueella.

Kaupunkisuunnittelun keinot tilanteen korjaamiseksi ovat rajoitetut, mutta järkevällä suunnittelulla voidaan kuitenkin tilannetta huomattavasti helpottaa. Lähtökohtana voidaankin pitää kaavasuunnittelutilannetta. Tässä vaiheessa voidaan rakentamiselle sanella ehdot, joissa maanpinnan alapuolelle ulotettavaa rakentamista rajoitetaan sellaisella alueella, missä kaivumassoja ei voida käyttää rakennuskohteissa. Tällaisia alueita ovat lähinnä savikot ja turvealueet sekä usein myös hiesuja hieta-alueet. Edellä esitetyn lisäksi voidaan alueen maisemanhoitosuunnittelussa luoda rakennuskohteiden sisälle esim. pihoille matalia täyttöalueita. Myöskin voidaan suunnitella massojen sijoitusta meluvalleihin tai muihin sellaisiin rakenteisiin, mikäli se maapohjan kantavuuden kannalta on mahdollista.

Koska ylijäämämassoja syntyy joka tapauksessa rakennustoiminnan johdosta, tulisi täyttöpaikoille varata alueita mahdollisimman läheltä rakennettavien alueiden painopisteitä. Täyttöalueiden sijoituksessa tulisi huomioida niiden myöhempi käyttö tarkoituksenmukaisesti. Täyttöpaikoista voidaan suunnitella leikki-, virkistys- yms. käyttöön soveltuvia tekomäkiä.

Mäkien suunnittelua vaikeuttavana tekijänä on kuitenkin saviaineksien suuri osuus ylijäämämassoista. Kuivakuoren alapuolelta kaivettava saviaines on kaatopaikalle tuotessa nestemäisessä tilassa ja asettuu auton lavalta kaadettaessa lähes vaakasuoraan asentoon. Rinnettä muodostettaessa joudutaan ajamaan vuorotellen kitkamaata sekä saviainesta. Tällainen tekotapa edellyttää, että savi- ja kitkamaakerrosten paksuus sekä mäen kaltevuus mitoitetaan etukäteen tarkasti. Näin rakennettavan täyttömäen kustannukset muodostuvat paljon suuremmiksi kuin tavallisen "läjitysalueen".

Mäkien rakentamisesta johtuvat suuremmat kustannukset voidaan kuitenkin kokonaan peittää lyhyemmissä kuljetusmatkoissa saavutetulla säästöllä. Keskimääräisten kuljetusmatkojen lyhentyminen 12,5 km:stä 5 kilometriin, on laskettu aiheuttavan noin 5 milj. markan säästöt vuosittaisissa kuljetuskustannuksissa.

Täyttöalueiden sijoitusta rajoittaa sopivan maa-alueen puutteen lisäksi maapohjan heikko kantokyky. Savikolla, missä saven paksuus on noin 10 metriä, voidaan täyttömäki tehdä enintään kaltevuuteen 1:10 tai tehdä täyttö vain 2 ... 3 metriä korkeaksi. Myös matala täyttö saattaa kuitenkin aiheuttaa pohjamaan murtumisen, jos se on erityisen pehmeä, kuten on tapahtunut Kyläsaaren ranta-alueella. Näiden seikkojen johdosta tulisikin korkeiden täyttömäkien sijaita kitkamaa-alueilla tai kitkamaa-alueiden ympäröivissä savipainanteissa kuten Paloheinän täyttömäki.

Asumisjätteet

Elintason kohoaminen aiheuttaa asutuskeskuksissa asumisjätteiden sijoittamisongelman. Tämän hoitamiseen voidaan kaupunkisuunnittelussa vaikuttaa ratkaisevasti. Asumisjättemassoja voidaan osittain verrata maarakennuksen ylijäämämassoihin lähinnä niiden käytön suhteen. Asumisjättemäkien rakennusaikaiset haitat ympäristölle ovat kuitenkin paljon suuremmat. Lisäksi joudutaan asumisjätealueilla kiinnittämään huomiota pohjaveden suojaamiseen alueelta valuvilta vesiltä.

Asumisjätealueet voidaan suunnitella samoin kuin ylijäämämassojen alueetkin palvelemaan virkistys- yms. käyttöä verhoilemalla jätemäki sopivalla maakerroksella. Myöskin meluvallien rakentamiseen voidaan asumisjätteitä käyttää, mikäli yleinen mielipide saadaan hyväksymään rakennusaikaiset haitat.

Ranta-alueet

Ranta-alueiden täyttöön soveltuvat parhaiten kitkamaa-aineokset. Ranta-alueilla esiintyvät savi- ja liejukerrokset vaikeuttavat huomattavasti täyttötöitä. Rakennuspaikaksi soveltuvaa täyttöä tehtäessä joudutaan pehmeät maakerrokset yleensä ruoppaamaan pois. Helsingin alueella esiintyy esimerkkejä tapauksista, joissa täyttö on tehty ilman riittävää suunnittelua pehmeiden maakerrosten varaan. Tällaisilla alueilla muodostuu alueen rakentaminen erittäin vaikeaksi ja kalliiksi kuten aikaisemmin on esitetty.

6.3

Liikenneväylien suunnittelu

Kadut

Kaavasuunnitteluvaiheessa tulee liikennesuunnittelijan olla tietoinen vaikeiden perustamisolosuhteiden aiheuttamista ongelmista ja rakentamisen lisäkustannustekijöistä.

Savikolla voidaan katupenger tehdä yleensä 1 ... 2 metriä korkeaksi ilman erityisiä perustamistoimenpiteitä. Tällainenkin penger painuu savialueella aiheuttaen vähitellen katupäällysteen rikkoutumista ja haittaa liikenteelle. Lisäksi aiheutuu kadun alitse tehdyn paalutetun putkijohdon tms. rakenteen kohdalle katuun kyhmy maan painuessa molemmiin puolin paalutettua rakennetta. Korkeammat katupenkereet joudutaan savikolla yleensä paaluttamaan tai tekemään kevyttä pengermateriaalia käyttämällä. Kuvassa 4 on esitetty kadun perustamiskustannukset perustussyvyyden funktiona. Kadun tasauksen ollessa pohjavedenpinnan alapuolella savikolla, saattavat rakentamiskustannukset tulla jopa moninkertaisiksi verrattun maan pinnalla tehtävään katuun. Lisäksi katu-

leikkauksen ympäristössä aiheuttaa pohjavedenpinnan laskeminen saven kokoonpuristumista.

Maaston topografia ei vaikeuta sanottavasti, joitakin poikkeuksia lukuunottamatta väyläsuunnittelua Helsingin alueella.

Eritasoristeykset ja sillat

Eritasoristeilyjä suunniteltaessa tulisi välttää mikäli mahdollista ratkaisuja, joissa alin väylä on pohjavedenpinnan alapuolella. Erityisen vaikeaksi muodostuu rakentaminen silloin, kun risteys sijaitsee savikolla.

Pohjavedenpinnan alapuolelle tehtävän liikenneväylän luiskat eivät saven pienen leikkauslujuuden vuoksi kestä sortumatta ilman erikoistoimenpiteitä. Joissakin tieleikkauksissa on tämän vuoksi käytetty tapaa, jossa kadun luiskaosissa tehdään savelle massanvaihto kaivamalla savi pois ja korvaamalla se louhetäytöllä. Tämän jälkeen on reunapengerten sisäpuolella tehty kadun vaatima saven poistaminen. Sillan kohdalla voidaan joutua käyttämään kalliita taaksepäin ankkuroituja tukiseiniä. Työnaikaisen pohjavedenpinnan alennuksen kustannukset ovat riippuvaisia työn kestoajasta sekä alueen laajuudesta.

Esimerkkinä kustannusten jakautumisesta sillan ja alimenevän kadun rakennuskustannusten välillä savikolle tehdyssä risteyssillassa voidaan mainita Suurmetsäntien silta (valmistunut v. 1972). Kyseisellä kohdalla alittaa nelikaistainen Suurmetsäntie pohjoiseen menevän rautatien. Rautatie kulkee ko. kohdalla noin 1,5 metriä luonnollista maanpintaa ylempänä. Sillan kohdalla on savea radan länsipuolella 1,0 ... 7,0 metriä ja itäpuolella 1,0 ... 4,0 metriä. Sillan pituus on noin 20 metriä ja leveys noin 29 metriä. Tien pinta on alimmassa kohdassaan noin 5 metriä maanpinnan alapuolella. Sillan ja alittavan tien kokonaiskustannukset olivat noin 4,4 milj. markkaa, kun vastaavankokoinen silta ja tie tulisivat ideaalisissa perustusolosuhteissa maksamaan suunnilleen puolet em. summasta. Kustannusjakautuma oli suunnilleen seuraava:

- Silta perustuksineen	1,8 milj. mk
- Tukiseinä	1,0 "
- Saven kaivu ja reunapenkereet	1,0 "
- Pohjaveden pumppaamo	0,2 "
- Tien päällysrakenne sekä luiskien verhoilu	0,4 "
Yht.	4,4 milj. mk.

Tämän syksyn hintoihin vertaillaessa tulisi käyttää vähintään kerrointa noin 1,25. Kustannuksissa ei ole mukana radan väistöraiteen rakentamiskustannuksia.

Suurmetsäntien sillan katuleikkauksen lähiympäristössä noin 40 ... 100 metrin etäisyydellä leikkauksesta on pohjavedenpinnan alentamisen jälkeen tarkkailtu rakennusten painumista noin kahden vuoden ajan. Rakennusten painumat ovat olleet suuruusluokkaa 3 ... 8 cm, suurimman maanpinnan painuman ollessa noin 13 cm. Toistaiseksi painuminen on ollut melko tasaista. Yhdessä ulkorakennuksessa on syntynyt vaurioita, josta talon omistajan vaatimukset ovat 23 000 mk.

Meluesteet

Liikenteen aiheuttaman meluntorjunnan suunnittelu liikenneväylien ympäristössä on vasta viime aikoina saanut vakavampaa huomiota osakseen. Maanpinnan yläpuolelle, kuten penkereille tai sillalle rakennetun liikenneväylän aiheuttama melu aiheuttaa ympäristölle suurempaa haittaa, kuin maanpinnan alapuolella leikkauksessa oleva väylä. Kuitenkaan liikenneväyliä ei voida joka kohdassa rakentaa leikkaukseen liikenteen järjestelyiden ja lisääntyneiden rakentamiskustannusten vuoksi. Tämän vuoksi on melun torjumiseksi suunniteltu liikenneväylien viereen meluesteitä.

Meluesteen tarkoitus on estää kaikki tien tasausviivasta alle 1,0 metrin korkeudelta syntyvät äänet pääsemästä suoraan vaikuttamaan liikenneväylän vieressä oleviin rakennuksiin. Koska ääniaalloilla on pyrkimys "kiertää" sen etenemisen tielle asetettu este, ei melun kuulumista voida kokonaan poistaa, vaan saavutetaan ainoastaan tietty äänten vaimennus. Meluesteet voidaan ryhmitellä rakenteensa perusteella melupenkereisiin, meluaitoihin ja meluseinämiin.

Kuten edellä ylijäämämassojen sijoituspaikoista puhuttaessa mainittiin, voidaan ylijäämämassoja käyttää tehokkaasti melupengerten rakentamiseen. Melupengerten vaadittu korkeus vaihtelee rajoissa noin 2,5 ... 4,0 metriä, sen etäisyydestä ajoradasta sekä melulta suojattavan alueen luonteesta riippuen. Melupenkereen tehokkaan toimimisen kannalta tulisi penkereen tien puoleinen luiska olla mahdollisimman jyrkkä. Tällöin ovat sopivia rakennusmateriaaleja louhe sekä karkeat kitka-maa-ainekset. Vastakkainen luiska voidaan sitävastoin rakentaa loivaksi, jolloin siinä voidaan käyttää silttiä sekä kuivakuorisavea.

Korkeiden penkereiden käyttöä rajoittaa savialueilla kuitenkin maapohjan huono kantokyky. Varsinkin savi-alueilla joudutaan tämän vuoksi tekemään melun torjunnassa meluaitoja ja meluseinämiä. Toistaiseksi näyttää siltä, että maluaitojen ja meluseinämien rakentamiskustannukset ovat jonkin verran suuremmat kuin vastaavankorkuisen melupenkereen.

Savikoilla, missä maapohja kestää murtumatta vain 2 .. 3 metriä korkean täytön, tuntuisi sopivalta ratkaisulta käyttää melupenkereiden ja -aidan yhdistelmää. Melupenger rakennettaisiin siihen korkeuteen, minkä maapohja sallii ja penkereen päälle tehtäisiin meluaita, jolloin kokonaiskorkeus saataisiin riittäväksi. Melupenkereeseen voitaisiin sijoittaa lähialueilla syntyviä ylijäämämassoja, jolloin saavutettaisiin säästöä kuljetuskustannuksissa. Melupenkereen päällä olevan aidan rakenteeseen tulee tällöin kiinnittää huomiota painumista silmälläpitäen, koska melupenger aiheuttaa saven koonpuristumista. Tuuli- ja aurauslumikuormien ja seinämien osalta myös oman painon vuoksi rakenteet joudutaan usein savikolla paaluttamaan.

KSV:n liikennesuunnitteluosaston tilauksesta suoritetaan geoteknillisessä toimistossa parhaillaan melu~~ster~~akenteiden perustustapojen selvitys, jolloin suoritetaan meluseinärakenteiden paalujen sivusuuntaisia koekuormituksia savialueella Nurmijärventielle ja Itäväylällä.

CASE TAPAUKSEKSI KAUPUNKISUUNNITTELUN VIRHEISTÄ

[rakennuslehti]

N:o 42 • 25. 10. 1973

Klaukkalan talot vajoavat yhä — yksi jo purkukunnossa

PAUKAHTELUN säästyksellä syntyy Nurmijärven Klaukkalan kovaonnisiin omakotitaloihin uusia halkeamia. Mitaukset osoittavat talojen kallistuvan ja vajoavan jatkuvasti liejuun. Perheet asuvat betonipölyn ja rakennusrojun keskellä. Jatkuvan epävarmuudenkin johdosta on sietokyky joutunut kyseisissä neljässä perheessä kovalle koetukselle. Aina-kin yksi taloista lieenee jo purettavassa kunnossa. Kunnanvaltuusto pohtinee tilannetta vasta marraskuussa.

Kaikki neljä taloa ovat kallistuneet samaan suuntaan. Kaksi taloa on perustettu siten, että osa perustuksista laatasta tukeutuu ylemmän maasto-

kohdan kovempaan maaperään. Kaksi taloa on perustettu kokonaan hetteikön päälle. Näiden kohdalla kallistuma johtuu ilmeisesti talojen painopisteiden sijainnista kallistuman puoleisessa osassa rakennusta.

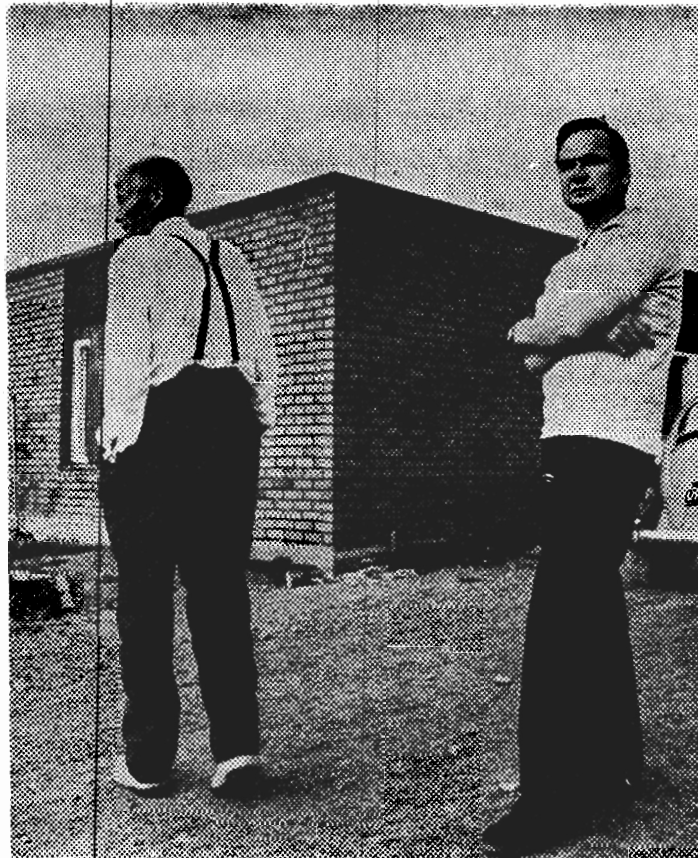
Myös kahden muun rakennuksen painopiste sijaitsee nimenomaan pehmeikön puolella mm. hormiston sijoittumisen johdosta. Samoin raskain umpinainen tiiliseinäosa sijaitsee pehmeän puolella. Juuri nämä erilaisen kantavuuden omaaville maalaaduille perustetut talot ovat painuneet eniten eli tällä hetkellä näin 20 senttimetriä.

Tauriainen paalutti talonsa harjateräksellä

Kauttaaltaan hetteikön päälle rakennetuissa taloissa ei ole toistaiseksi havaittu murtumavaurioita. Ne ovat myös toistaiseksi painuneet hie-
man vähemmän. Kallistumat niissä havaittiin kun vesi alkoi virrata pesuhuoneesta saunaan päin, vaikka kallistukset oli tehty normaaliin tapaan.

Rakennusmestari Veikko Tauriainen on nyttemmin "paaluttanut" talonsa perustusten ulkoreunoilta 32 mm vahvuisella harjateräksellä. Terästä on mennyt talon tukeamiseen noin 300 metriä. Syvimmissä kohdissa painuivat terästangot 21 metriä ennenkuin saavuttivat kovan pohjan. Matalimmissakin kohdissa talon ylärinteen puoleisella sivulla painui teräs 15.40 senttimetrin verran.

Maaperän löysyys tuli hyvin ilmi teräksiä upotettaessa. Tangot painuivat maahan omalla painollaan. Vasta lähellä kallon pintaa ilmeni kovempaa maakerrosta, joka puhkaistiin käyttämällä täryttimenä maakiilavasaraa.



Rakennusmestari Veikko Tauriainen oik. ja appi Viljo Ranta keskellä katkenneen tiilitalon pihamaalla, jonka savipohja aiheuttaa vauriot.

Tauriainen varoitti rakennuslautakuntaa

Ensimmäinen Haikalan asuntoalueen liejunotkelmaan rakentaja oli rakennusmestari Veikko Tauriainen. Hän aloitti rakentamisensa keväällä 1971. Ensimmäiset havainnot hän teki painumista helmi-maaliskuun vaihteessa, jolloin rakennus oli vajonnut kymmenen senttimetriä.

Tuossa vaiheessa Tauriainen otti yhteyden rakennuslautakuntaan ilmaisten käsityksensä, että tontti ilman paalutusta on rakennuskelvotonta maata. Hän toivoi samalla lautakunnan perehtyvän asiaan ja ottavan kantaa kunnan vastuukysymyksiin mahdollisista paalutuskustannuksista. Tauriainen ilmaisi kirjelmässä pelkonsa siitä, että naapuritonteillakin voisi tapahtua vastaavaa.

Rakennuslautakunta totesi kuitenkin, ettei vastuukysymysten selvittely kuulu sen toimivallan piiriin. Myös kunnanhallitus vetosi siihen, että ostajalla on ollut mahdollisuus tutustua tonttiin ennen kaupan tekoa ja kieltäytyä painumien aiheuttamista korvausvaatimuksista.

Kunta teettää tutkimusta korjausmahdollisuudesta

Rakentajat ottivat yhteyttä myös Suomen Pienkiinteistöliittoon. Liiton aloitteesta yhdessä Suomen Kunnallisliiton kanssa järjestettiin asiantilanjohdosta yhteinen neuvottelutalaisuus 11.9.1973. Neuvotteluun otti osaa liittojen lisäksi Nurmijärven kunnanjohtaja yhdessä kunnan teknisten toimihenkilöiden kanssa sekä rakentajat.

Neuvottelun tuloksena asia tuli uudelleen esille kunnanhallituksessa, joka päätti teettää vaurioituneiden talojen korjausarvion kunnan kustannuksella. Tutkimus on parhaillaan tekeillä ja sen valmistuttua asia tulee esille valtuustossa. Tämä tapahtunee aikaisintaan marraskuussa.

Halkeamat levenevät ja lisää syntyy

Tällä hetkellä on kahdessa talossa kolmen tai jopa viidenkin mm. levyisiä halkeamia, jotka hiljaa levenevät, seinissä sekä sisä- että ulkopuolella. Perustuksissa ei sitävastoin erota vaurioita. Ensimmäiset vauriot seiniin ilmaantuivat Tauriaisen rakennukseen sen jälkeen kun harjateräksset oli lyöty paaluiksi hetteikön puoleiseen päähän rakennusta. Laatta joutui tuolloin liian suureen rasitukseen ja se alkoi ilmeisesti taipua keskeltä.

On ilmeistä, että raskaiden kuorma-autojen ajo muutaman metrin päässä rakennuksesta sijaitsevalla tiellä on ollut huomattavana tekijänä painumien nopeuttajana. Nyttämmin on kyseinen tieosuus saatettu kuorma-autojen osalta ajokieltoon.

Tauriaisen rakennuksessa ei viimeisessä punnituksessa muutama päivä sitten ole havaittu lisäkallistumaa. Sitävastoin on havaittu merkkejä siitä että rakennus on painunut keskeltä, mikäli mittauksissa käytetyt kiintopisteet ovat pysyneet paikallaan. Myös lisähalkeamia syntyy jatkuvasti.

Harjateräsmaalutus on ainoastaan hätäratkaisu

On vaikea ennustaa mitä tulee tapahtumaan "paalutetulle" talolle tulevaisuudessa. Maahan ilmeisesti kaikessa tapauksessa painuu kunnallisteknillisen viemäröinnin aiheuttaman kuivumisen johdosta. On mahdollista että 32 millimetrin vahvuinen harjateräs nurjahtaa liejussa, joka ei anna niille tukea sivusuunnassa.

Kokonaan tukemattomat talot tulevat ilmeisesti painumaan maan kuivumisen tahdissa aiheuttaen vaurioita paitsi itse rakennukselle myös erityisesti rakennuksen alla olevalle putkistolle.

Rakennusmestari Tauriaisen tekemää perustusten vahvistusta on pidettävä vain hätätoimenpiteenä vaikka paalut olisivat kantaviakin. Paalutuksenhan tulisi ulottua käsittämään koko laatan alue tasaisesti, että laatan mitoitusperiaate olisi voimassa.

Humusta ja täytehiekkaa syytetty painumista

Kaikki neljä taloa, joissa painumia on havaittu ovat perustetut reunalpaalkeilla vahvistetuille maanvaraisille teräsbetonilaatoille. Laatat ovat yhtenäisiä koko rakennusten alalla. Ennen laatan perustamista on maan pinnalta poistettu humuskerros ja tilalle ajettu joko sora tai hiekka.

On esitetty arvioita, että rakennuksen alle mahdollisesti jäänyt humuskerros tai jälkeinpäin ajettu hiekka olisi kokoon puristuessaan aiheuttanut painumia. Kuitenkin jokaisen neljän talon perustuksia rakennettaessa on humuskerros kuorittu ennen hiekan tai soran levittämistä pois. Rakennusmestari Tauriainen tosin myöntää, että jokin määrä humusta on pyöräkuormaajan kauhalta jäänyt kuorimatta epätasaisessa maastossa. Sen aiheuttama painuma olisi kuitenkin sentin parin luokkaa. Tämäkin painuma on tapahtunut jo sorapatjan ja perustusten valun jälkeen, joten nyt tapahtuneisiin painumiin ei vähäisellä humuskerroksella liene osuutta.

Naapurit pitivät perustusten tekoa liian perusteellisena

Toinen painumisen syyn olettaus on mahdollisesti liian löyhään jäänyt tasoitushiekka tai sora. Onpa jossakin vaiheessa rakennusmestari Tauriainen moitittu liian hienorakeisen tasoitehiekkan käytöstä, jonka on oletettu olevan osasyynä painumiseen.

Rakennuslehdelle antamassaan lausunnossa rakennusmestari Tauriainen toteaa tehneensä tiivistämis-työn jopa niin perusteellisesti, että naapurit pitivät sitä liioiteltuna. Kuormaajalla tehdyn tasoittelun ja edestakaisen ajelun jälkeen seisoivat tasoitehiekka kokonaisen talven, ennenkuin Tauriainen aloitti varsinaisen vesijunttauksen ja täytyksen. Täytemaan rakeisuutta ei myöskään liene syytä pitää edes osasyllisenä painumiseen, koskapa muissa painuneissa taloissa on käytetty tasausmaana karkeaa soraa.

Maaperä täysin sopimatonta laattaperustalle

Kun painumia alkoi ilmetä teki rakennusmestari Tauriainen lainaksi hankkimallaan kalustolla pliktauksia tontillaan. Näistä selvityksistä kävi ilmi, että ainakin hänen tonttinsa ja mahdollisesti myös naapuriton- tit olivat maavaraiseen laattaperus- tamiseen täysin kelpaamatonta maa- lajia.

Tonteilla on humusmaan alla noin puolentoista metrin vahvuinen kuiva savikuori ja sen alla erittäin pehmeää savea, paikoitellen aina 20 metriin saakka. Tontit sijaitsevat mäkien välisessä alavassa laaksossa, joka on täytynyt pehmeillä sedimen- teillä.

Talot tulevat painumaan noin 70 cm

Asiantuntijoiden arvioiden mukaan tulee painuminen olemaan melko nopeaa lähimmän viiden vuoden sisällä mm. viemärien aiheutta- man maaperän kuivumisen seurauk- sena. Maaperän oletetaan painuvan ainakin 70 senttimetriä, josta aivan lähivuosina ehkä 30 senttimetrin verran. Kun maaperän kuivuminen hidastuu, hidastuu myös maaperän kokoonpuristuminen ja painumista arvellaan jatkuvan hitaana useam- man vuosikymmenen ajan.

Jos talot painuisivat tasaisesti ja rakennusosille vaurioita aiheutta- matta, olisi painuma kiusallisuudes- taan huolimatta ilmeisesti hoidetta- vissa. Nykyisessä muodossaan pai- numa on piinallista. Se aiheuttaa jatkuvan epävarmuuden tulevaisuu- desta. Joka hetki ja seuraavan auton ajaessa Karsillan tietä voi odottaa tapahtuvan lähes mitä tahansa.

Viranomaisten menettely tuntuu edesvastuuttomalta

Uusien halkeamien synnyttämä paukahtelu on hermoja kuluttavaa. Asuminen keskeneräisessä raken- nuksessa betonipölyn ja muun ra- kennusrojun keskellä on enemmän kuin epämiellyttävää. Ja tässä kai- kessa ovat mukana myös lapset ja kuten eräissäkin perheissä sairas vanhus.

Näin jälkikäteen ajatellen tuntuu edesvastuuttomalta se, että kunnan rakennusviranomaiset eivät estäneet naapuritonttien rakentamista siinä vaiheessa, kun Tauriainen oli tehnyt selkoa talonsa kohtalosta rakennus- lautakunnalle. Rakennustarkastaja kiinnitti huomionsa nyt tapahtuneen kannalta toisarvoisiin seikkoihin, kuten mittapeätarkkuuksiin ja lat- tian lämpöeristeiden kantavuuteen. (PV 150 L)

KLAUKKALAN talojen vajoaminen on osoitus raken- nusmääräysten puutteellisuudesta. Rakennuslupa- anomuksessa ei kaikkialla vaadita selvitystä maaperäs- tä ja perustuksista. Sitä ei edellytä laki eikä asetukset.

Nurmijärvellä on kunta kaavoittanut alueen ja an- tanut ohjeen perustamistavasta. Kunta on tehnyt vir- heen — kuten tavallista — jättäessään kaavoituksen yhteydessä maaperän tutkimisen alueella. Kaavat ovat valitettavasti liian vähän rakennusteknillisiä ja raken- nustaloudellisia.

Vastuu ei voi olla omakotirakentajan, joka tavalli- simmin on maallikko eikä tiedä selvittää maaperän laatua. Varsinkin kun hänelle on annettu perustami- sesta ohjeet.

RAKENNUSLEHTI esittää Klaukkalan tapauksen varoittavana esimerkkinä ammattikunnalle ja toivoo, että liittomme puuttuisivat lainsäädännön oikeustur- van puutteisiin.

7. KALLIORAKENNUSSUUNNITTELU KAUPUNKISUUNNITTELUSSA

Sisältö:	sivu
7.1 Yleistä maanalaisten kalliotilojen rakentamisesta Helsingissä	42
7.2 Käytetyt kalliotilatyypit ja niiden käyttökelpoisuus	42
Väestönsuojat	42
Laitesuojat	43
Öljyvarastot	45
Vesisäiliöt	46
Vesi- ja viemäritunnelit	46
Liikennetunnelit	46
Metro	47
7.3 Kallioperän tarjoamat uudet käyttömahdollisuudet	47
Pysäköintilaitokset	47
Voimalaitokset	48
Jätevesitunnelit	48
Teknillisen huollon yleiskäyttötunnelit	52
7.4 Kalliotilojen suunnittelussa esille tulevia ongelmia	53
Lainsäädäntö	53
Maanalainen asemakaava	53
Suoja-alueet	53
Työtunnelit	53
Massatalous	54
Pohjavesikysymykset	54

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Hintikka/em

Helsinki 30.10.1973

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

7.

KALLIORAKENNUSSUUNNITTELU KAUPUNKISUUNNITTELUSSA

7.1

Yleistä maanalaisten kalliotilojen rakentamisesta Helsingissä

Helsingin kallioperä on laadultaan yleisesti ottaen varsin hyvää ja tarjoaa erittäin monipuolisia mahdollisuuksia kaupunkirakentamiselle. Helsingin kaupungin alueelle on koko sen historian aikana louhittu tunnelleita ja erilaisia maanalaisia kalliotiloja n.1,5 milj. m³. Pääosa tästä määrästä muodostuu väestö- ja laitesuojista, öljy- ja vesisäiliöistä sekä vesi- ja viemäritunneleista. Koko louhittu tunnelipituus on Helsingissä n. 55 km. Lähivuosina myös metron osuus tulee merkittäväksi, kun sen rakentaminen edistyy pitemmälle. Nykyisellä rakentamisvauhdilla kalliotilat lisääntyvät n. 350 000 - 400 000 m³:lla vuodessa. Edellä mainitut luvut osoittavat, että rakentaminen myös maan alla on tällä hetkellä erittäin vilkasta ja lähitulevaisuudessa kallioperän hyväksikäyttö Helsingissä tulee edelleen tehostumaan ja yhä enemmän tiloja pyritään sijoittamaan maan alle.

7.2

Käytetyt kalliotilatyypit ja niiden käyttökelpoisuus

Väestönsuojat

Väestönsuojamääräyksemme vuodelta 1958 asettavat väestönsuojan rakentamisvelvollisuuden jokaiselle suojelu-kohteessa sijaitsevalle yli 3000 m³ kivirakenteiselle rakennukselle. Tämä on normaalisti merkinnyt sitä, että kaikkiin kerrostaloihin sekä mm. useimpiin teollisuusrakennuksiin on rakennettu väestönsuoja. Pientaloja sekä suurinta osaa rivitaloja eivät määräykset sen sijaan ole koskeneet.

Aikaisemmin talot rakennettiin pääasiassa yksittäiskoh-teina traditionaalisia rakennusmenetelmiä käyttäen. Tällöin oli tarkoituksenmukaista rakentaa kutakin taloa varten oma väestönsuoja, varsinkin kun sen rakentaminen sopi käytössä olevaan tuotantotekniikkaan. Tähän saakka lähes yksinomaan käytetty C-luokan (nyk. S1-luokan) väestönsuojaratkaisu on yleensä ollut halvin. Tilanne on kuitenkin muuttunut monessa suhteessa. Teol-

listen rakentamismenetelmien yleistyessä olisi tärkeätä kyetä rakentamaan kaikki kerrokset teollisin menetelmin. Traditionaalista rakennustapaa vaativan väestönsuojan sijoittaminen taloon ei näin ollen ole yhtä edullista kuin ennen. Aluerakentaminen on tehnyt mahdolliseksi entistä yhtenäisemmät väestönsuojasuunnitelmat ja tuonut esille uusia vaihtoehtoja, joita ovat tällä hetkellä talokohtaiset suojat, maastoon erillisinä rakennetut suojat sekä kalliosuojat.

VTT Rakennustalouden laboratorion 1972 julkaiseman tutkimuksen mukaan (Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka julkaisut 4 ja 7) mm. korkeasta tonttihinnaista johtuen jo esim. pienen 750 suojapaikan suojien rakentaminen on kantakaupungin alueella yhtä edullista kallioon kuin talokohtaisena suojatilana. Suurimpina yksikköinä kalliosuojat tulevat taloudellisesti talokohtaisia suojia edullisemmiksi suurimmassa osassa Helsingin kaupunkia. Kts. kuvat 1 ja 2.

Tärkeintä on, että näiden suojien rakentamisessa huomioidaan järkevä rauhanajan käyttö siten, että suojiin sijoitetuista rahoista saadaan kohtuullinen tuotto. Suurempia suojia voidaan käyttää esim. autopaikoitukseen, jolloin asuntoalueella ei maan pinnalla tarvitse varata suuria alueita autopaikoitukseen ja jää enemmän tilaa virkistyskäyttöön.

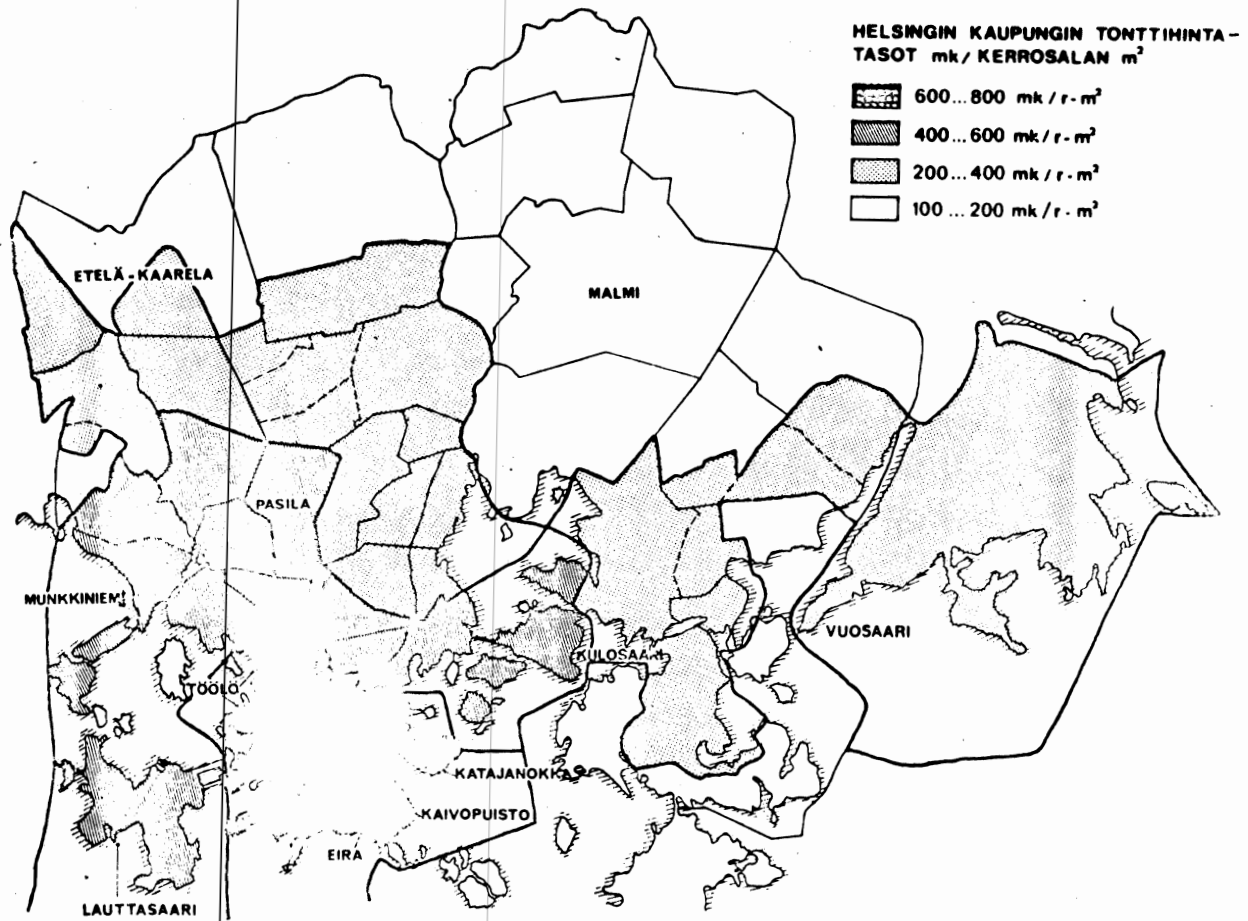
Kallioon rakennettua väestönsuojatilaa on Helsingissä tehty yhteensä n. 350 000 m³, vastaten n. 72 000 suojapaikkaa. Osa tästä määrästä on vanhentunutta tilaa, joka ei enää vastaa nykypäivän vaatimuksia. Rakennuskustannukset kalliosuojissa suojapaikkaa kohden vaihtelevat aika suurissa rajoissa. Edellä mainitussa VTT:n tutkimuksessa esitetyssä esimerkkitapauksessa kustannukset ovat 850 ... 1800 mk/suojapaikka. Kustannuserot johtuvat pääasiassa suojan koosta, sillä isommissa suojissa voidaan kulkuyhteyksien, rakennusteknisten töiden ja Vss-laitteiden aiheuttamia kustannuksia suojapaikkaa kohden pienentää oleellisesti.

Laitesuojat

Kyseinen ryhmä muodostaa sekalaisen ryhmän erilaisiin tarkoituksiin tehtyjä tiloja, joita käytetään tällä hetkellä mm. seuraaviin tarkoituksiin:

- varavoima-asemien sijoituspaikkana
- raaka- ja viemäriveresipumppaamojen sijoituspaikkana
- tele- ja puhelinliikenteen sekä tietokonelaitteiden sijoitukseen
- liikenteen valvontakeskuksien sijoitukseen ym.

Kahdessa viimeksi mainitussa kohdassa esitetyt tilat tehdään yleensä väestönsuojien yhteyteen ja väestönsuojavaatimusten mukaisesti, jolloin ne ovat toimintakelpoisia myös kriisiaikoina.



Helsingin kaupungin tonttihintatasot
mk/kerrosalan m².

KUVA 1

		Traditionaalinen rakennusmenetelmä				Täysselementtitekniikka			
Tonttihintamk/rak.m ²		100-300	200-400	300-600	600-800	100-200	200-400	400-600	600-800
K: mk/m ² . kk		1-2	2-4	4-6	6-8	1-2	2-4	4-6	6-8
T: mk/m ² . kk		1-2	2-3	3-4	4-5	1-2	2-3	3-4	4-5
suojapaikkojen tarve	750								
	1500								
	3000								
	6000								
	12 000								

- talosuoja edullisin
 joissain tapauksissa talosuoja edullisin
 kalliosuoja edullisin
 joissain tapauksissa kalliosuoja edullisin

K kalliosuoja
T talosuoja

Uudisrakennusalueen väestönsuojavaihtoehtojen (kalliosuoja ja talosuoja) kokonaistaloudellinen edullisuusvertailu alueen rakentamismenetelmän, tonttihintam- ja vuokratason sekä suojapaikkojen tarpeen mukaan. Vertailussa on käytetty 150 hengen S1-luokan talosuojan kustannusta ja luonnollisella jäähdytysmenetelmällä varustetun kalliosuojan kustannusta.

Käytössä olevasta laitesuojatilasta ei ole erityisen tarkkaa arviota olemassa ja tilojen rakennuskustannukset vaihtelevat paljon johtuen niiden erilaisista käyttötarkoituksista.

Öljyvarastot

Polttoöljyn kulutuksen noustessa vuosittain n. 7-10 % vauhdilla, on Helsingin alueella varastotilan tarve kasvanut ja mm. varmuusvarastointi todettu täysin riittämättömäksi.

Kaupungin vuonna 1972 tekemän tutkimuksen mukaan vapaiden maanpinta-alueiden puute ja maan päällisten varastojen rakennuskustannukset ovat johtaneet tilanteeseen, että kalliovarastointi on tällä hetkellä lähes ainoa mahdollisuus saada uutta lisätilaa.

Kalliovarastointi onkin nykyisin varsin edullista. Rakennuskustannukset 45-60 mk säiliö-m³:ä kohden tulevat selvästi halvemmaksi kuin maanpäällisissä varastoissa. Kalliovarasto ei aiheuta mainittavaa paloturvallisuusriskiä ympäristölle ja varaston vesistölle sekä pohjavesille aiheuttama pilaantumisvaara on olematon.

Tällä hetkellä on Helsingissä valmiina ainoastaan yksi suurempi kalliovarasto, Salmisaaren öljyluolat tilavuudeltaan 225 000 m³, joka otettiin käyttöön pääosiltaan vuonna 1972. Lisäksi on olemassa muutamia pienempiä varavoima-asemien kallioon sijoitettuja säiliöitä. Edellä mainitut tilat edustavat kuitenkin jo lähes 40 %:a Helsingissä käytettävissä olevista varastointikapasiteetista.

Seuraava suurempi kalliovarasto, joka on tarkoitettu kevytöljyn varastointiin, valmistuu Shell yhtiölle Laajasaloon vuonna 1974. Varaston kokonaistilavuus 280 000 m³ muodostuu kahdesta erillisestä luolasta. Valtio osallistunee myös hankkeeseen ja saa käyttöönsä osan luolastosta varmuusvarastointia varten.

Suunnitteilla oleva kolmas suuri varasto on ajateltu sijoitettavaksi Mustikkamaan saareen, josta öljy johdetaan kalliotunneleihin sijoitettuja putkijohtoja myöten käyttöpaikalle Hanasaaren voimalaitoksille.³ Luolaston kokonaistilavuus tulee olemaan 300 000 m³ tai 450 000 m³, riippuen siitä kuinka paljon varmuusvarastointitilaa valtio haluaa varastoon. Mustikkamaan luolaston, joka on tarkoitettu raskasöljyn varastointiin, käyttöönottovuodeksi on suunniteltu 1976 tai 1977.

Vesisäiliöt

Suurin ja tärkein puhdasvesiysikkö sijaitsee Vanhassa kaupungissa, missä Helsingin kaupungin vesilaitoksella on vuonna 1972 valmistunut luolasto. Se muodostuu kolmesta eri kalliosäiliöstä ja luolaston yhteyteen sijoitetusta veden puhdistus- ja pumppaamotiloista. Vesisäiliöiden avulla pystytään tasaamaan veden kulutuksen huippuja. Yksikön rakennustilavuus on yhteensä n. 92 000 m³ ja louhinta- ja rakennusteknisten töiden kustannukset yht. 7,85 mmk.

Vesi- ja viemäritunnelit

Vesi- ja viemäritunneleita on Helsingissä käytössä tällä hetkellä n. 50 km. Rakentamisvauhti on nykyisin 3-4 km/v. Näiden tunneleiden poikkileikkauksen koko vaihtelee yleensä 6-12 m². Vesitunnelit rakennetaan joko painetunneli- (raakavesitunnelit) tai paineputkiperiaatteella (puhdistuslaitoksen ja kaupunginosien väliset päälinjat), jolloin putki sijoitetaan tunneliin siten, että huoltoliikennettä varten jää sopivaa tilaa. Louhintakustannukset ja normaalit kallion lujitustöiden kustannukset huomioiden tulee varsinaisen kalliotunnelin hinnaksi 800-1000 mk/m.

Viemäritunnelit vaativat tavanomaisella poraus- ja räjäytyslouhintamenetelmällä tehtynä pohjalla V-muotoisen betonikourun, koska virtaama saattaa vaihdella niissä huomattavasti. Valmiin viemäritunnelin hinta on tämän hetken hintatason mukaan 1200-1500 mk/m, jolloin ne ovat erittäin kilpailukelpoisia vastaavan kapasiteetin omaavaan irtomaakerrokseen upotettuihin viemäriputkilinjoihin verrattuna.

Nykyään tehdään suurin osa eri kaupunginosia ja jätevesipuhdistamoja yhdistävistä viemärilinjoista kalliotunneleina. Kalliotunnelien käyttöä rajoittavana tekijänä on ko. tapauksessa yleensä vain se, että viemärit tehdään pituussuunnassa puhdistamoihin päin viettäviksi. Viemärin korkeustaso tulee tällöin hyvin tarkasti määrättyä, eikä tunnelille löydetä kaikissa paikoissa riittävän vahvaa kalliokattoa.

Liikennetunnelit

Liikennetunneleita (poisluettuna metro) on tähän mennessä tehty Helsingissä hyvin vähän, n. 900 m ja vastaten n. 45 000 m³ louhintamäärää. Näiden liikennetunnelien rakennuskustannukset/m ovat tietysti suuresti riippuvaisia tunnelin poikkileikkauskoosta ja tunneliin tulevista rakenteista. Tunnelien louhintakustannukset vaihtelevat välillä 35-75 mk/k-m³. Kallion lujittaminen tunnelissa käytön vaatimalle tasolle on suoritettavissa varsin kohtuullisin kustannuksin ollen suuruusluokaltaan 50-100 % louhintakustannuksista. Autoliikenteelle tarkoi-

tetuissa tunneleissa tuuletuskysymykset ovat yleensä hankalia, mutta alle 500 m pitkissä suuriläpimittaisissa tunneleissa ne eivät muodostu vielä merkittäviksi.

Liikennesuunnittelijoiden tulisi entistä paremmin huomioida kalliotunnelimahdollisuus vaikeiden risteyskohtien liikenneprobleemojen ratkaisemisessa.

Metro

Metron I-vaiheen rakentaminen tulee lähivuosina olemaan erittäin merkittävä myös kalliorakennuskohteena työn vaativuuden ja tarvittavien suurien investointien vuoksi. Kuluvan vuoden loppuun mennessä tulee louhituksi n. 5,4 km metrotunneleita. Kuitenkin hankalin ja eniten kaupunkilaisille häiritsevä vaihe, metroasemien rakentaminen, on vasta alkamassa. Linjan Puotinharju-Kamppi pitäisi nyt voimassa olevan rakentamisaikataulun mukaan olla liikennöitävässä kunnossa vuonna 1979. Metron I-rakennusvaiheen kallio-osan Junatie-Kamppi rakennustilavuus tulee olemaan n. 500 000 m³ (sisältää tunnelit ja asemat). Tästä määrästä on jo louhittu n. 170 000 m³. Ko. välin rakennuskustannukset on arvioitu olevan n. 206 mmk, syyskuun 1973 hintatason mukaan.

7.3

Kallioperän tarjoamat uudet käyttömahdollisuudet

Pysäköintilaitokset

Elintason myötä kasvanut henkilöautokanta ja liikenne aiheuttaa mm. Helsingissä monenlaisia probleemoja eikä vähäisin näistä ole sopivan pysäköintitilan puute kantakaupungin alueella.

Helsingin hyvä kallioperä tarjoaa runsaasti mahdollisuuksia pysäköintitilan rakentamiseksi maan alle ja useiden väestönsuojahankkeiden yhteydessä suojat ovatkin varattu ko. tarkoitukseen rauhanaikana. Puhtaasti henkilöautopysäköintiä varten suunniteltujen tilojen rakentamisessa on kysymys suurelta osalta rahasta, vaikka kustannuksia pystytään esim. väestönsuojoihin verrattuna autopaikkaa kohden alentamaan pois jäävien VSS-erikoisrakenteiden ansiosta.

Geoteknillinen toimisto on laatinut muutamia alustavia suunnitelmia KSV:lle tällaisista laitoksista ja niissä on päädytty rakennuskustannuksiin 10 000- 18 000 mk/autopaikka. Pelkästään rakentamiskustannuksia ajatellen hinta lienee liian korkea, jotta kaupunki olisi halukas investoimaan rahaa rakentamistyöhön. Pelkät laitoksen rakentamis- ja myös käyttökustannukset eivät ole tässä tapauksessa kuitenkaan ratkaisevia. Samassa yhteydessä olisi selvitettävä esim. kuinka paljon pysäköintilaitoksen rakentaminen vapauttaa tilaa muuhun käyttöön maan pinnalla ja kuinka paljon voidaan esim.

rajoittaa laitoksen lähiympäristössä kadunvarsipysäköintiä liikenteen sujuvuuden parantamiseksi. Edellä mainitut seikat ovat luonnollisesti hankalasti rahaksi muutettavissa. Näiden tekijöiden vaikutus olisi seikkaperäisellä tutkimuksella selvitettävä.

Voimalaitokset

Voimaloiden sijoittaminen kallioon ei varsinaisesti ole uutta Helsingissä, sillä pieniä varavoima-asemia on sijoitettu täällä maan alle jo useita. Uutena mahdollisuutena, jota myös Helsingin kaupungin sähkölaitos on tutkinut, on sen sijaan pidettävä mahdollisuutta sijoittaa sähköä- ja kaukolämpöä tuottavia atomivoimaloita kallioon. Monet atomivoimalaan liittyvät turvallisuuskysymykset kyetään tällöin ratkaisemaan varsin luotettavasti ja laitoksen sijoittaminen suhteellisen lähelle asutusta tulee paremmin kysymykseen. Samalla voimalan kokonaishyötysuhde saadaan hyvin korkeaksi kun reaktorien jäähdytysveden muutoin hukkaan menevää lämpöenergiaa pystytään käyttämään hyväksi.

Atomivoimalat on rakennettava suurina yksikköinä, jotta niistä saadun sähkön hinta olisi kilpailukelpoinen esim. raskaalla polttoöljyllä toimivista voimalaitoksista saatuun sähköön nähden. Tällä hetkellä keskikokoisen atomivoimalan sähköteho on n. 600 MW. Maan alle sijoitettuna ko. laitoksen koneistojen ja kiehutusvesityypisen reaktorin vaatima hallitila on n. 200 000 m³, ja hallin maksimimitat pituus 190 m, leveys 30 m ja korkeus 60 m. Kts. kuvat 3-5. Nykyisillä työmenetelmillä on tällaisen hallitilan rakentaminen riittävän kestäväksi ja turvalliseksi hyvään kalliooperään täysin realistista. Merkittäviä kustannuseroja kallioon sijoitetun ja maan päälle tehtävän laitoksen välillä ei synny, sillä koneistojen ja muiden rakennusteknisten töiden osuus atomivoimalas^{sa} on ratkaiseva.

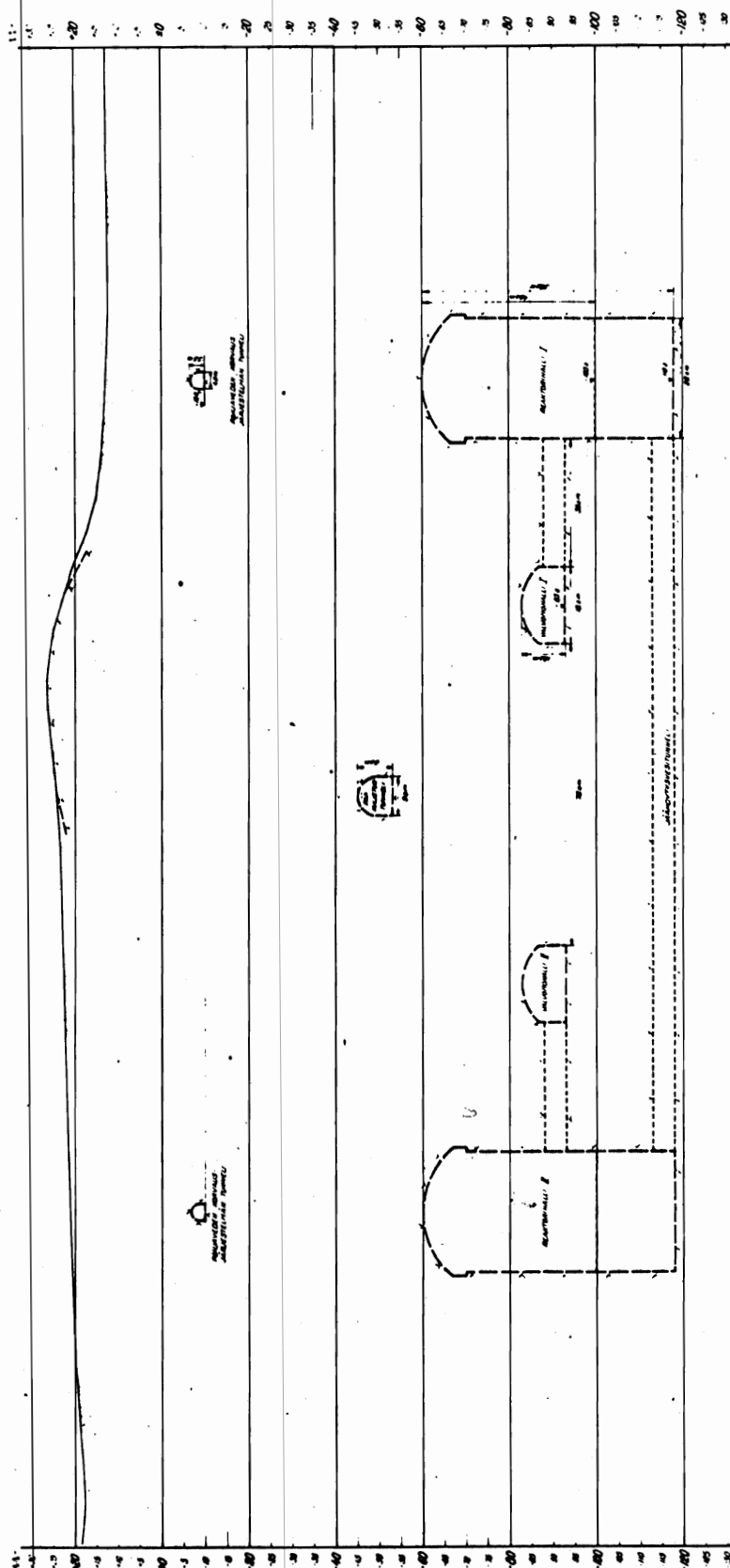
Pohjoismaissa tehdyissä alustavissa suunnitelmissa kallioon sijoitettavista laitoksista on varsinaisten kalliorakennustöiden ts. louhinta- ja kallion lujitustöiden osuus myös jäähdytysvesitunnelit huomioiden n. 3 % koko laitoksen kustannuksista.

Jätevesitunnelit

Uusia tunnelien käyttömuotoja Helsingissä edustaa tällä hetkellä suunnittelun alla oleva jätevesitunneliverkosto.

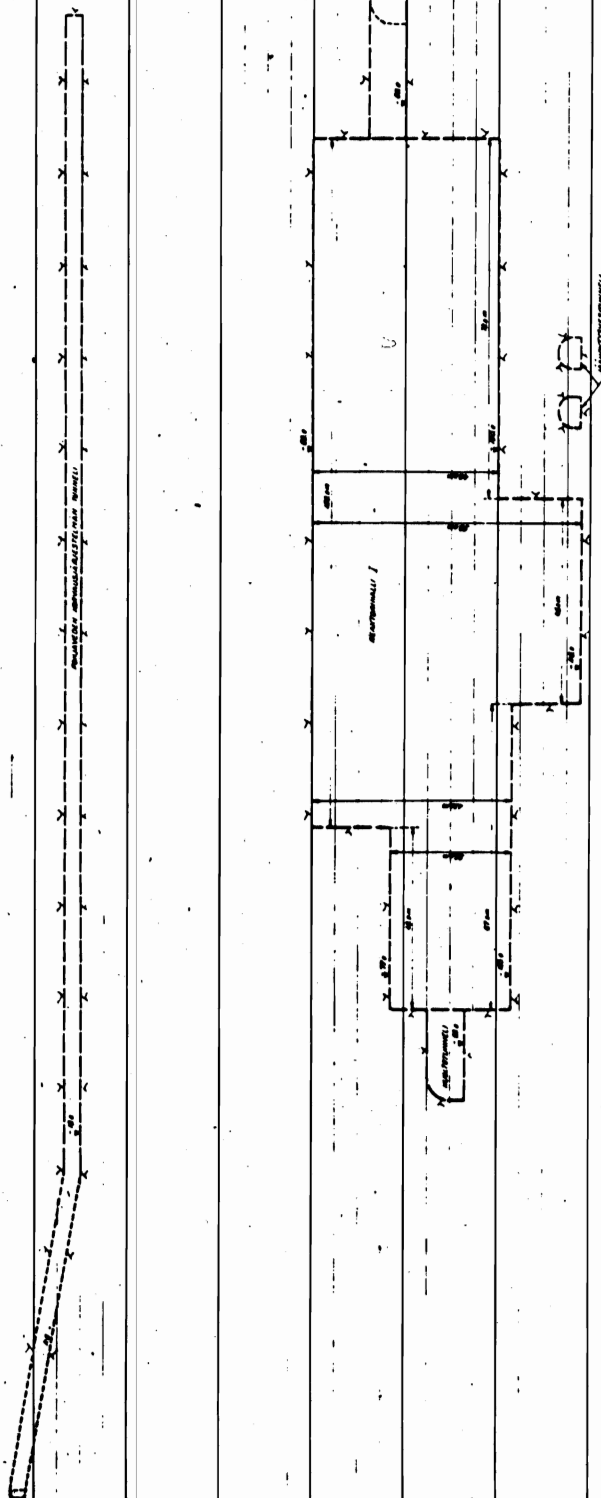
Jätevesikysymyksiä tutkineen komitean mukaan paras ja ainoa riittävän varma keino Helsinkiä ympäröivien lahtien tilan parantamiseksi ja niiden suojelemiseksi on puhdistettujen jätevesien johtaminen poistotunnelijärjestelmässä avomerelle, jossa vesistön luontainen vastaanottokyky on virtausten ja sekoittumisen vuoksi parempi kuin kaupungin jätevedenpuhdistamoiden nykyisinä purkupaikkoina olevissa matalissa merenlahdissa.

KUVA 3



KUVA 4

[illegible]



KUVA 5

[illegible]

Poistotunnelijärjestelmän mitoituksessa on varauduttu siihen, että avomerelle voidaan johtaa Helsingin puhdistettujen jätevesien lisäksi muodostettavaksi ehdotetun Keski-Uudenmaan viemärilaitoskuntainliiton alueen puhdistetut jätevedet ja kesäaikana Vantaanjoen ravinnepitoista vettä.

Vuoden 2000 maksimivirtaama ($20.0 \text{ m}^3/\text{s}$) on otettu järjestelmän mitoitusvirtaamaksi. Se on jaettu virtaamiksi eri tunneliosuuksille nykyisten virtaamatietojen ja odotettavissa olevien virtaamamuutosten perusteella. Edullisin tunnelikoko on määrätty etsimällä pumppauskustannusten ja louhintakustannusten summan pienin arvo kullekin tunneliosuudelle määrätyllä mitoitusvirtaamalla.

Järjestelmää varten louhittavat kalliotunnelit yhteispituudeltaan n. 40 km, ovat painetunneleita. Ne kulkevat 25-85 m syvällä kalliooperässä puhdistamoilta lähtien yhteen suuntaan kaltevina, jotta niihin mahdollisesti joutuva kiintoaines saataisiin talteen eräistä tunnelijärjestelmään sijoitettavista lietepumppaamoista. Tunnelissa johdettavat vedet joudutaan tietyn suuruisen virtaaman ylittymisen jälkeen pumppaamaan pääpumppaamolla, joka on ajateltu sijoitettavaksi Munkkisaaren puhdistamon läheisyyteen. Tunneli päättyy Katajaluodon eteläpuolelle sijoitettavaan kasuuniin, josta vedet jaetaan mereen rei'itetyillä purkuputkilla (diffuusioputkilla) mahdollisimman suuren alkulaimennuksen saavuttamiseksi.

Yleissuunnitelman mukainen toteuttamisaikataulu on laadittu siten, että louhintatöiden aloittamiseen tarvittavien päätösten jälkeen koko tunnelijärjestelmän lyhin rakennusaika on n. 6,5 vuotta. Järjestelmän päälinja on väli Katajaluoto-Viikki, josta toteutetaan ensimmäisessä rakennusvaiheessa 7,5 km pitkä meriosa Munkkisaari-Katajaluoto. Koko poistotunnelijärjestelmän toteuttaminen maksaisi yleissuunnitelman mukaan n. 70 milj. mk.

Teknillisen huollon yhteiskäyttötunnelit

Tämä tunnelien käyttömuoto ei ole lyönyt itseään läpi vielä Helsingissä, vaikka sen alue rakentamiselle tarjoamat edut ovat monessa suhteessa, kuten myös kustannusmielessä, aivan ilmeiset. Tukholmassa näitä yhteiskäyttötunneleita, joihin pyritään sijoittamaan eri kaupunginosiin johdettavat puhelin- ja sähkökaapelit, vesija kaukolämpöputket ym. on rakennettu jo huomattavia kilometrimääriä (yli 20 km) ja saadut kokemukset ovat olleet positiivisia. Tukholmassa tehtyjen tunnelien poikkileikkaukset vaihtelevat kooltaan 11-22 m^2 :iin.

Huoltotoimintaa varten tunneliin varataan ajoneuvoille kulkutilaa. Putki- ja kaapelilinjojen korjaukset ja tarkastukset ovat tällöin helposti suoritettavissa.

Tällaisen yhteiskäyttötunnelin kalliorakennustöiden kustannukset ovat suuruusluokkaa 1000-1400 mk/m. Aluerakentamisessa tulisi tämä kalliooperän käyttömahdollisuus ottaa pikaisesti huomioon myös Helsingissä.

7.4

Kalliotilojen suunnittelussa esille tulevia ongelmia

Maanalaisen rakentamisen oikeana päämääränä ja periaatteena kaupunkiolosuhteissa tulisi nykyisen käsityksen mukaan pitää sitä, että maan alle sijoitetaan ihmisiä häiritsevät toiminnot, kuten kuljetukset ja varastointi. Muuta inhimillistä toimintaa kannattaa sijoittaa maanalaisiin tiloihin vain siinä laajuudessa kuin se on perusteltavissa miljööön huomattavalla paranemisella. Maanalaisen rakentamisen tämän hetken tilannetta arvosteltaessa on todettava, että meillä on Helsingissä huomattavia resursseja vielä käyttämättä.

Nykypäivän maanalaista rakentamista jarruttavina tekijöinä esitetään muutamia tekijöitä, joihin pitäisi kiinnittää enemmän huomiota tai jotka pitäisi kiireellisesti selvittää. Näitä asioita on käsitelty myös liitteenä olevassa muistiossa maanalaisten tilojen rakentamiseen liittyvien kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteiden järjestämisestä Helsingin kaupungilla.

Lainsäädäntö

Lainsäädäntö on puutteellista omistusoikeuden ulottuvuuksista ja korvausvelvollisuudesta vahinkotapauksissa.

Maanalainen asemakaava

Maanalaisen asemakaavan suunnitteluperusteet ovat epäselvät. Ainoastaan metron keskustalinjalta on laadittu maanalainen asemakaava.

Suoja-alueet

Maanalaisten tilojen suoja-aluemääräykset puuttuvat. Maanalainen kalliotila vaatii ympärilleen tietyn suoja-alueen, jotta rakenteen vakavuus ei vaarannu ympärillä jälkeinpäin tehtävien muiden rakennustöiden vuoksi.

Työtunnelit

Kalliotilojen louhintaa varten tehtävien työtunneleiden rakentamisessa tulisi huomioida entistä paremmin, että työtunnelia voitaisiin käyttää hyväksi myös muiden myöhemmin tehtävien rakennushankkeiden toteuttami-

seen. Työtunnelit, erityisesti kun niiden suosia joudutaan kattamaan erikoisrakentein, edustavat huomattavaa kustannuserää maanalaisissa rakennusprojekteissa.

Massatalous

Maanalaisesta rakentamisesta syntyvien kallio- ja maa-
massojen käytöstä puuttuu kokonaisvaltainen suunnitel-
lu. Tästä aiheutuu monesti merkittävää rahan hukkaa,
ja suunnittelemattomalla louheen käytöllä vaikeutetaan
esim. myöhemmin tehtävää rakentamista maan päällä.

Pohjavesikysymykset

Pohjavesikysymykset eivät ole vielä täysin selkiytyneet.
Maanalaisen rakentamisen on todettu monasti aiheutta-
neen pohjavedenpinnan alenemista kuten myös maanpäälli-
lisen rakennustoiminnan. Pohjavedenpinnan havaintoverkos-
tojen puute on aiheuttanut monia epäselviä riitatapauk-
sia mm. Ruotsissa. Edelleen ei ole pystytty osoittamaan
kuinka paljon esim. kalliotila saa vuotaa, jotta se ei
olisi ympäristölleen haitallinen. Tilan tekeminen abso-
luuttisen vesitiiviiksi ei aina ole taloudellisesti mie-
lekästä. Vastakeinona on kokeiltu pohjaveden korvaus-
järjestelmiä, joilla syötetään ko. alueelle lisävettä
pohjavedenpinnan pitämiseksi vakiona, mutta nämäkään
järjestelmät eivät ole aina riittävän toimivia johtuen
hankalista maalajiolosuhteista.

8. KAUPUNKISUUNNITTELUVIRASTON GEOTEKNILLINEN TOIMINTA

Sisältö:

	sivu
8.1 Toiminnan kehitys	55
8.2 Geoteknillisten tutkimusten ja suunnittelun tilausmenettely	57
Tilausmallit	59

HELSINGIN KAUPUNGIN KIIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO

Anttikoski/em

Helsinki 30.10.1973

KAUPUNKISUUNNITTELUN GEOTEKNILLINEN TUTKIMUS JA SUUNNITTELU

8.

KAUPUNKISUUNNITTELUVIRASTON GEOTEKNILLINEN TOIMINTA

8.1

Toiminnan kehitys

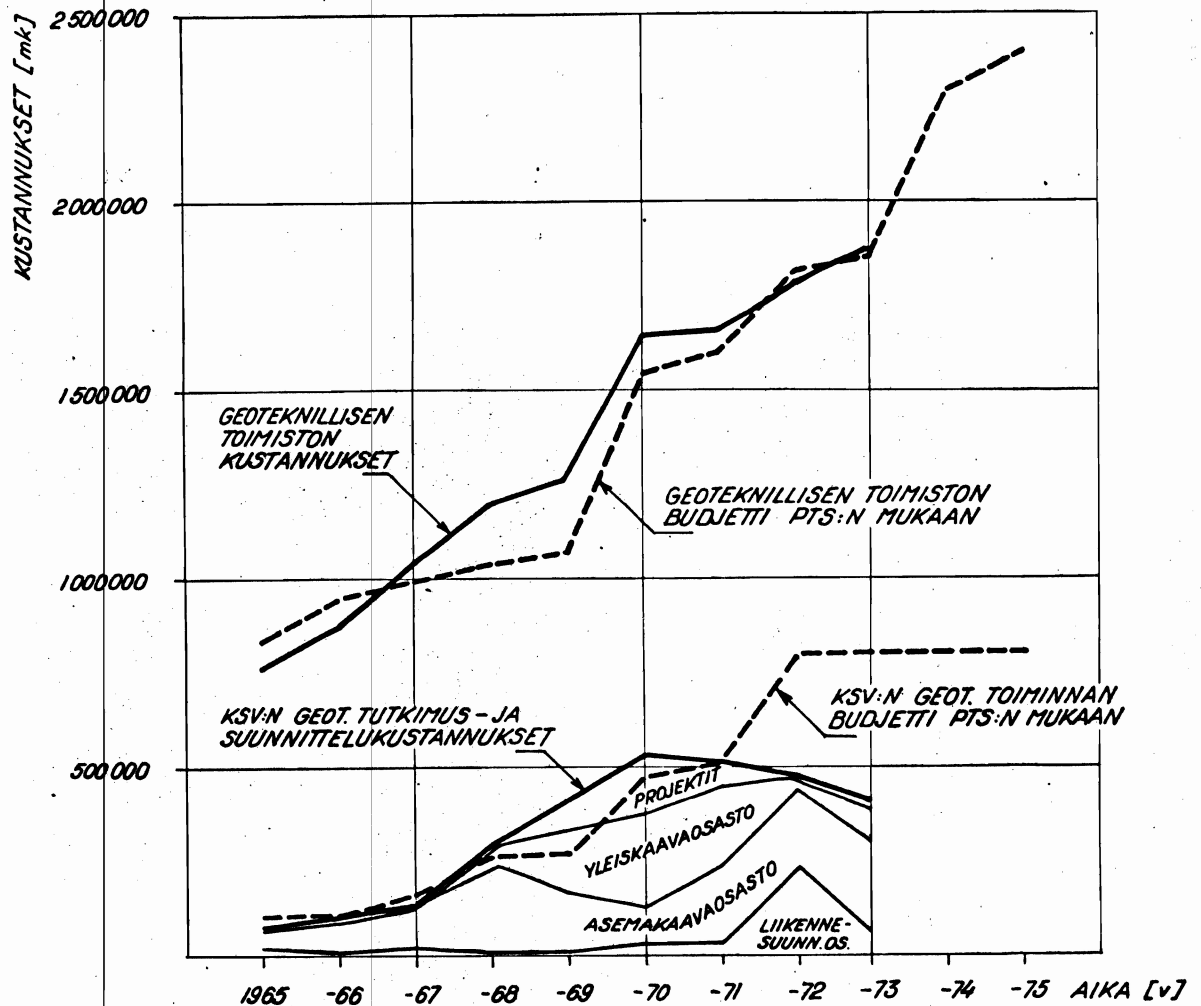
Kaupunkisuunnitteluvirasto on käyttänyt geoteknillisissä suunnittelu- ja tutkimustehtävissä yleensä aina hyväksi pelkästään kiinteistöviraston geoteknillisen toimiston palveluksia. Geoteknillisistä suunnittelua on vähäisessä määrässä tilattu myöskin yksityisiltä konsulteilta, varsinkin liikenneväylien suunnittelutöissä. Tänä vuonna on kaupunkisuunnitteluvirasto tehnyt tutkimussopimuksen VTT:n geotekniikan laboratorion kanssa pientalojen perustamisesta MaTaPuPu-alueella. Tämän selvityksen kokonaiskustannus on noin 80 000 markkaa, jakaantuen vuosiksi 1973 ja 1974. Itäisen aluekeskuksen geoteknillinen suunnittelu on myös tilattu ulkopuoliselta konsultilta. Ulkopuolisten geoteknillisten konsulttien käyttö tulee ilmeisesti edelleenkin lisääntymään.

Oheisessa kuvassa 1 on esitetty kaupunkisuunnitteluviraston geoteknillisen toiminnan kustannukset eri vuosina.

Tutkimus- ja suunnittelukustannukset ovat viime vuosina jääneet selvästi alle talousarvioon merkityn summan tai pitkäntähtäyksen suunnitelmassa laaditun ennusteen alle. Kun kustannustaso ja kaupunkisuunnittelun määrä on kuitenkin lisääntynyt, merkitsee tämä, että kaupunkisuunnitteluviraston geoteknillinen tutkimus- ja suunnittelutoiminta on jatkuvasti vähentynyt.

Kaupungin rakennustoiminta suuntautuu kuitenkin entistä enemmän huonosti kantaville alueille ja varsinkin keskusta-alueella maanalaiseen rakentamiseen, jolloin geoteknillisen toiminnan osuuden pitäisi kuitenkin jatkuvasti lisääntyä. Pohjatutkimusaineisto kaupungin alueelta jatkuvasti täydentyy, tällöin geoteknillinen toiminta muuttuu enemmän tutkimusten puolelta suunnittelun puolelle.

KAUPUNKISUUNNITTELUVIRASTON GEOTEKNILLISTEN TUTKIMUS- JA SUUNNITTELUTÖIDEN KEHITYS



Kuva 1.

Geoteknillisen toiminnan väheneminen kaupunkisuunnitteluviraston toiminnassa on aiheutunut toisaalta siitä, että geoteknillisen toimiston oma kapasiteetti on rajoitettu, toisaalta kaupunkisuunnitteluviraston suunnittelijat eivät ole riittävästi tiedostaneet geoteknillisen tutkimus- ja suunnittelutoiminnan merkitystä kaupunkisuunnittelun osana, jolloin pohjaolosuhteet ovat jääneet liian vähäiselle huomiolle.

Kaupunkisuunnitteluviraston virastopäällikkö asetti 11.1.1972 työryhmän kaupunkisuunnitteluviraston suunnittelijoista selvittämään geoteknillisten suunnittelu- ja tutkimustöiden määrärahan käyttöä ja kehittämään tätä

toimintaa. Työryhmän laatimassa raportissa 30.3.1972 on esitetty mm. seuraavaa: "Työryhmän käsityksen mukaan geoteknillisellä tutkimustyöllä on suuriarvoinen merkitys varsinaista kaavoitustoimintaa edeltävässä selvittelytyössä. Tämä koskee kaikkeen rakentamiseen käytettävää maata, olipa sitten kysymyksessä talonrakennukset, kadut, tiet, sillat, viemärit, vesijohdot ja satamarakenteet. Yhdyskunnan kannalta on tärkeätä pyrkiä välttämään mahdollisuuksien mukaan suuria perustuksiin kohdistuvia lisäinvestointeja. Jotta geoteknillisen alan tutkimuksia voitaisiin käyttää riittävästi hyväksi, tulisi kaupunkisuunnitteluviraston suunnittelijoilla olla perustiedot alalta ja tiedonvälitystä viraston suunnittelijoille tulisi kehittää nimeämällä virastosta alan yhdyshenkilö ... "

Tämän raportin laatimisen jälkeen on geoteknillinen toiminta kehittynyt myönteisempään suuntaan. Kaupunkisuunnitteluviraston eri osastot ovat nimenneet yhdyshenkilöt geotekniikan sektoria varten. Tämän yhdyshenkilöverkoston ja geoteknillisen toimiston edustajien kanssa on pidetty useita neuvotteluja ja pyritty kehittämään myöskin koulutustoimintaa, minkä tuloksena ovat nyt järjestettävät kaupunkisuunnittelijoiden geotekniikan kurssit.

8.2

Geoteknillisten tutkimusten ja suunnittelun tilausmenettely

Kaupunkisuunnitteluviraston geoteknillisten suunnittelu- ja tutkimustöiden varoja voidaan käyttää tilaamalla töitä joko geoteknilliseltä toimistolta tai yksityisiltä konsulteilta.

Määrärahaa ei voida käyttää maanalaisten tilojen tilausuunnitteluun eikä olemassaolevien maanalaisten tilojen kartoitukseen. Tämä kuuluu kaupunkimittausosaston toimialaan, ja kaupunkimittausosasto määrää nykyisen käytännön mukaan itse varojen käytöstä laskuttamatta kaupungin muita laitoksia.

Pohjatutkimusten suorittaminen ja niihin liittyvät aineiston käsittely- ja piirtämistyöt on kuitenkin tarkoituksenmukaisinta suorittaa geoteknillisessä toimistossa, koska tutkimuksia on vaikeata rajata tarkasti ja ulkopuolisten suorittamat tutkimukset jouduttaisiin kuitenkin geoteknillisen toimiston toimesta piirtämään uudeleen kaupungin geoteknillisiin maaperäkarttalehtiin. Näin ollen ulkopuolisilta tilataan nykyisin tavallisesti vain geoteknillistä suunnittelua.

Geoteknillinen toimisto laskuttaa toimeksiantajaansa työkohtaisesti omakustannusperiaatteella. Toimiston veloitusperusteet on esitetty monisteen lopussa olevassa liitteessä. Geoteknillisen suunnittelun tilaaminen ul-

kopuolisilta toimistoilta tapahtuu kaupunkisuunnitteluviraston yleisesti käyttämien suunnittelusopimusten perusteella.

Geoteknilliseltä toimistolta voidaan nykyisen käytännön mukaan tilata kaupunkisuunnitteluviraston tarpeisiin seuraavia vaihtoehtoja:

- pohja- tai kalliotutkimus (geoteknillisine maaperäkartoineen ja leikkauspiirustuksineen)
- geoteknillinen suunnittelu
- ulkopuolisen konsultin geoteknillisen suunnittelun valvonta.

Tilaus tehdään geoteknilliseen toimistoon kirjallisesti, niin että tilauksesta ilmenee tilauksen tekijä, alueen raja-
aus, kaupunkisuunnitteluviraston yhdysmies, työn valmistumisajankohta, kustannusarvio sekä sen kaupunkisuunnitteluviraston toimintasuunnitelman mukainen työn numero, mihin työ liittyy. Liitteenä on ehdotukset eri vaihtoehtojen tilausmalleiksi.

Geoteknillinen toimisto on pyrkinyt jatkuvasti kehittämään geoteknillistä tutkimus- ja suunnittelutoimintaa paremmin soveltuvaksi kaupungin muuhun suunnittelutoimintaan. Tätä varten on laadittu 7.5.1973 muistio maanalaisten tilojen rakentamiseen liittyvien kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteiden järjestämisestä Helsingin kaupungilla. Muistion sisältö on esitetty monisteen lopussa olevassa liiteosassa.

Kun geoteknillisten maaperäkarttojen ylläpito ja täydentäminen kaupungilta, valtiolta ja konsulteilta saatavalla aineistolla on osoittautunut vaikeaksi toteuttaa kaupunkisuunnitteluviraston erillisiin projekteihin jaetuilla määrärahoilla, on ensi vuotta varten esitetty, että kaupunkisuunnitteluvirasto varaisi tähän työhön erikseen paloittelemattoman määrärahan ja loppuosa määrarahasta käytettäisiin projektikohtaiseen tutkimus- ja suunnittelutyöhön.

Geoteknillinen toimisto harkitsee parhaillaan esitystä tämän määrärahan siirtämisestä suoraan geoteknillisen toimiston käyttöön, jolloin kaupunkisuunnitteluvirastolle jäisivät määrarahat ainoastaan projekteihin liittyviin geoteknillisiin tutkimus- ja suunnittelutöihin. Tämä budjetointiperiaate voi tulla käyttöön budjetointisyistä kuitenkin vasta vuonna 1975, mikäli rahoitusjohtajien ja kaupunkisuunnitteluviraston kanssa päästään sopivaan ratkaisuun.

Geoteknillisen tutkimuksen ja suunnittelun tilausmalleja liitteenä

Tilausmalli A Geoteknilliselle toimistolle

Kaupunkisuunnitteluviraston osasto tilaa kiinteistöviraston geoteknilliseltä toimistolta (kohde) -tasaisen pohja- (tai kallio-) tutkimuksen sekä (kohde) geoteknillisen suunnittelun.

Pohja- (tai kallio-) tutkimusaineiston tulee olla valmiina mennessä ja geoteknillinen suunnittelu mennessä osaston yhdysmiehenä on Muut suunnittelijat ovat Työn kokonaiskustannukset eivät ilman eri sopimusta saa ylittää markkaa.

Tilausmalli B Geoteknilliselle toimistolle

Kaupunkisuunnitteluviraston osasto tilaa kiinteistöviraston geoteknilliseltä toimistolta (kohde) -tasaisen pohja- (tai kallio,) tutkimuksen sekä (kohde) ulkopuolisen konsultin suorittamaan geoteknillisen suunnittelun valvonnan. Pohja- tai (kallio-) tutkimusaineiston tulee olla valmiina mennessä osaston yhdysmiehenä on Muut suunnittelijat ovat Työn kokonaiskustannukset eivät ilman eri sopimusta saa ylittää markkaa.

Tilausmalli C Ulkopuoliselle konsultille

Kaupunkisuunnitteluviraston osasto tilaa (tarjouksen mukaan) (ulkopuoliselta konsultilta) (kohde) -tasaisen geoteknillisen suunnittelun. (Geoteknillinen suunnittelu määritellään yksityiskohtaisemmin kohteen mukaan).

Pohja- ja (tai kallio-) tutkimusaineisto on saatavissa geoteknillisestä toimistosta. Geoteknillisen suunnittelun tulee olla valmis mennessä osaston yhdysmiehenä toimii Konsultin geoteknillistä suunnittelua valvoo kaupungin geoteknillisestä toimistosta Työn kokonaiskustannukset eivät ilman eri sopimusta saa ylittää markkaa.

9. LIITTEET

Liite 1: Helsingin kaupungin geoteknillisen toimiston toiminta

Liite 2: Veloitusperusteet

Liite 3: Muistio maanalaisten tilojen rakentamiseen liittyvien kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteiden järjestämisestä Helsingin kaupungilla

Liite 4: Eri painos: Geotekniikka yhdyskuntatekniikassa

Liite 5: Eri painos: Helsingin massatalousongelmat

24.1.1973 Anttikoski/em

HELSINGIN KAUPUNGIN GEOTEKNILLISEN TOIMISTON TOIMINTA

Kiinteistöviraston kaupunkimittausosaston yhteyteen perustettiin vuonna 1955 maaperätutkimusjaos, jonka tehtävänä oli aluksi suorittaa pohjatutkimuksia kaupunkisuunnittelun tarpeita varten. Kaupungin geoteknillisen toiminnan lisääntyessä muodostettiin jaoksesta itsenäinen geoteknillinen toimisto vuonna 1964. Toimiston palveluksessa on kuusi insinööriä, geologi, kolme rakennusmestaria, ekonomi sekä muuta henkilökuntaa yhteensä 45 henkilöä.

Geoteknillinen toimisto palvelee kaupungin sisäisenä insinööritoimistona kaikkia kaupungin rakennuskohteiden suunnittelua ja rakentamista sekä yleistä kaupunkisuunnittelua hoitavia virastoja ja laitoksia. Toimisto laskee toimeksiantajiaan työkohtaisesti omakustannusperiaatteella, jolloin toimiston toiminnasta vaikuttaa vain noin 4 % suoranaisesti kaupungin nettotalouteen ja loput 96 % esiintyvät menoerinä eri virastojen ja laitosten talousarvioissa. Toimiston budjetti oli vuonna 1972 noin 2,0 milj. markkaa. Geoteknillinen toimisto tyydyttää kaupungin geoteknillisen toiminnan tarpeita noin puolet. Myös rakennusviraston katurakennusosasto ja satamalaitoksen rakennusosasto suorittavat pohjatutkimuksia.

Geoteknillinen toimisto suorittaa kaupunkisuunnittelun sekä yksittäisten rakennuskohteiden pohja- ja kalliotutkimuksia sekä rakennuskohteiden pohja- ja kalliorakennussuunnittelua. Suurimpina asikkaina ovat rakennusviraston katurakennusosasto ja talorakennusosasto, kaupunkisuunnitteluvirasto, sähkölaitos sekä metrotoimisto.

Lisäksi geoteknillinen toimisto valvoo yksityisille insinööritoimistoille annettujen vastaavien tehtävien suoritusta, ja toimii kaupungin hankkimien tai itse tekemien tutkimustietojen käyttöarkistona. Geoteknillinen toimisto on piirtänyt tätä pohjatutkimusaineistoa erilaisiksi geoteknillisiksi kartoiksi, jotka on tarkoitettu kaupungin suunnittelijoiden käyttöön. Lisäksi on painettu 1:10 000 värillinen geoteknillinen maaperäkartta koko Helsingin alueelta, jota myös yksityiset kaupunkilaiset voivat hankkia käyttöönsä. Geoteknillinen toimisto pyrkiikin tulevaisuudessa entistä enemmän palvelemaan kaupungin suunnittelijoiden lisäksi myös yksityisiä kaupunkilaisia.

Kaupungin rakentaminen suuntautuu entistä enemmän huonosti kantaville alueille ja maanalainen rakentaminen lisääntyy voimakkaasti. Näin ollen geoteknillinen tutkimus ja suunnittelutoiminta tulee edelleenkin voimakkaasti lisääntymään.

HELSINGIN KAUPUNGIN GEOTEKNILLISEN TOIMISTON
HENKILÖLUETTELO JA VELOITUSPERUSTEET 15.9.1973

TOIMINTA

Geoteknillisen toimiston toiminnan tarkoituksena on riittävän korkeatasoisesti tyydyttää kaupungin pohja-, maa- ja kalliorakennusteknillisen suunnittelu- ja tutkimustoiminnan tarvetta.

HENKILÖLUETTELO JA VELOITUSRYHMÄT

Vakinainen henkilökunta 1973-10-15

Geoteknillinen asiantuntija

Anttikoski, Usko toimistopäällikkö, dipl.ins. 01

Pohjarakennusteknilliset työt

Hartikainen, Jorma geoteknikkoinsinööri, tekn.tri 02

Järvelä, Reijo - " - dipl.ins. 02

Saarelma, Matti suunnitteluteknikko, tekn.yo 05

Kalliorakennusteknilliset työt

Hintikka, Pentti-J. geoteknikkoinsinööri, dipl.ins. 02

Kähönen, Yrjö suunnitteluinsinööri, ins. 03

Saraste, Ahti geologi, fil.maist. 03

Valmistelutyöt

Volanen, Niilo toimistoinsinööri, ins. 03

Lehtonen, Tapani käsittelytekniikko 06

Rajala, Erkki - " - 06

Stenius, Kari - " - 06

Alestalo, Mervi piirtäjä 07

Havana, Mervi - " - 07

Kytömäki, Lea - " - 07

Laurila, Hannele - " - 08

Malmia, Toivi - " - 07

Mattero, Eila - " - 07

Peräsola, Paula - " - 07

Riekkola, Paula - " - 08

Tuomisto, Tuula - " - 07

Terrihauta, Martti preparaattori 07

Koistinen, Marja laborantti 07

Silvonen, Anna-L. - " - 07

Kenttätöyt

Korhonen, Reijo kenttätöypäällikkö rak.mest. 04

Kuokkanen, Veikko tutkimustekniikko 06

Lauronen, Jouko - " - 06

Nyholm, Åke - " - 06

Dahlqvist, Matti kairausetumies 07

Grönberg, Markus - " - 07

Hakkarainen, Kauko - " - 07

Hartikainen, Teuvo - " - 07

Juvonen, Ensio - " - 07

Knuutila, Vilho - " - 07

Kohonen, Yrjö - " - 07

Nyholm, Helge - " - 07

Tiitinen, Taisto - " - 07

Vastapuu, Martti - " - 07

Andersson, Heikki	kairausmies	08
Hakanen, Simo	- " -	08
Hurmekoski, Urho	- " -	08
Kangaspuro, Moritz	nuor.kairausmies	08
Kestinmäki, Eino	kairausmies	08
Mäkinen, Esko	nuor.kairausmies	08
Rajala, Mikko	kairausmies	08
Räsänen, Kalevi	- " -	08
Sallanen, Heikki	nuor.kairausmies	08
Sundström, Nils	varastonhoitaja	07
Tiihonen, Sakari	huoltokorjaaja	08
Teräväinen, Pertti	autonkuljettaja	08
Virtanen, Kalevi	- " -	08
Toimistotyöt		
	toimistosihteeri	05
Liimatta, Hilikka	kirjanpitäjä	07
Männistö, Eeva	kanslisti,konekirjoittaja	07
Oinonen, Tuula	toimistoapulainen	07
Kärkkäinen, Matti	vahtimestari,monistaja,yo	07
Yhteensä 55 henkilöä		

VELOITUSHINNAT JA PERUSTEET

Geoteknillinen toimisto laskuttaa toimeksiantajiaan työkohtaisesti omakustannusperiaatteella.

1. Työtunnit

Työtunnit laskutetaan asianomaiseen työhön käytetyn työajan perusteella. Veloitus sisältää toimiston sosiaali- ja yleiskustannukset kattavan yleiskustannuslisän.

veloitusryhmä	mk/h
01 Johtajat	74
02 Johtavat konsultit	64-67
03 Konsultit	50-56
04 Vanhemmat suunnittelijat	37
05 Suunnittelijat	27-30
06 Nuoremmat suunnittelijat	24-29
07 Teknilliset avustajat	19-25
08 Nuoremmat teknilliset avustajat	17-21

Veloitusryhmien luokitus on tehty Suomen Konsulttitoimistojen Liitto SKOL:n ry 1973 laatiman luokituksen mukaan.

2. Kenttätökalusto

Kenttäkaluston käyttökorvaukset veloitetaan 8 tunnin tehollista työvuoroa kohden. Käyttökorvaukset sisältävät kaikki koneiden ja kaluston huolto- ja korjauskustannukset, polttoaineet sekä varastointikulut. Käyttökorvausten lisäksi veloitetaan työkohteilta maahan jäänyt kalusto.

Kalustolaji	konekäytt. mk	välinekäytt. mk	teräskäytt. ²⁾ mk/m
Tankokairaukset			
Painokaira		20	
Painokaira moottorikäytt.	40	20	
Pisto- ja lyöntikair. käsin		20	
Puristuskaira			
Heijarikaira	40	20	
Porauskairaus, käsikone T 10	40	40	
Porauskairaus, S 125 yksikkö 6 m ³ /mk	200	100	
Porauskairaus, ES 300 yksikkö 10 m ³ /mk	300	100	
Porauskairaus, L 400 yksikkö 12 m ³ /mk	350	100	
Porauskairaus, yksikkö 17 m ³	450	100	
Pelkkä ruuvikompr. 10 m ³	120		
Pelkkä ruuvikompr. 17 m ³	150		
Pelkkä trakt. ja ES-300	180		
Pelkkä trakt. ja L 400	200		
Putkikairaukset			
Junttakairauskone	40	50	
Sydännäytekair.kon.juntaten XB	60	50	
Sydännäytekair.kon.juntaten XCH-90	80	50	
Heijarikairauskone	40	50	
Porauskairausyksikkö S 125 6 m ³	200	150	5
Porauskairausyksikkö ES 300 10 m ³	300	150	5
Porauskairausyksikkö L 400 12 m ³	350	150	5
Porauskairausyksikkö 17 m ³	450	150	5
Sydännäytekair.kone Casing SCH-90	120	70	50
Sydännäytekairaukset 1)			
T 36 teräp. XB kone	60	70	30
T 36 teräp. XCH-90 kone	120	70	30
T 46 teräp. XB kone	60	70	40
T 46 teräp. XCH-90 kone	120	70	40
T 66 teräp. XB kone	60	80	60
T 66 teräp. XCH-90 kone	120	80	60
T 86 teräp. XB kone	60	90	80
T 86 teräp. XCH-90 kone	120	90	80
Vesipainekokeet, XB kone	40	70	
Vesipainekokeet, XCH-90 kone	80	70	
Näytteenotto ja erikoiskairaukset			
Lapio- ja kierrekaira		20	
Pienoismäntäkaira		20	
Mäntäkaira ST II Ø 50, sis.nostimen		50	
Heijarikairan mäntäkaira(lisäkorv.)		30	
Järeärak.putkiottimet "		50	
Siipikaira, sis. nostimen		60	
Kuormituskokeet			
Levykuormituslaitteet		60	
Paalukuormituslaitteet		80	
Mittaukset ja havaintomitt.			
Tav.omaiset mittaukset ja vaaitukset		20	
Erikoismittaukset Reikäkiikari		80	
Pultt.mitt.1.			
Sivusiirtymämitt.pystyletkusta			
PP mittarilla		80	
Pohjavesihavainnot		30	
Kaltevuusmitt.inklinometrillä		60	
Painumahav.haitariletkulla			

Kalustolaji	konekäytt. mk	välinekäytt. mk	teräskäytt. ²⁾ mk/m
<u>Yleinen kenttäkalusto</u>			
Työmaavälineet ja kopit ³⁾		30	
Kairauslautta		60	
Hydr.nostin 30 ton. moottorikäytt.		60	
Työmaa-apukoneet:			
moottorikelkka	60		
vene + moottori	60		
Kuljetusvälineet mk/km			
maastoauto + perävaunu	0,70		

1) Timanttikoneilla sis. konekäyttökorvaus siirto- ja korkeapainepumpun.

2) Timanttiteräskorvaukset veloitetaan suurissa töissä tedollisina kustannuksina, muulloin metrikorvauksina.

3) Työmaavälinekorvaus sisältää: työkalut, työvaatteet, suojavälineet, työkalu- ja miehistökopit.

3. Matkakustannukset

Toimiston autojen käytöstä samoinkuin henkilökunnan omista autoilla ajosta veloitetaan työkohteita -,33 mk/km + -,02 mk/henkilölisä. Mikäli kenttähenkilökunnalle suoritetaan matkarahaa veloitetaan maksetut summat työkohteilta.

4. Laboratoriokokeet

Maalaboratorio

Laboratoriokokeiden veloitukset sisältävät laboranttien ja työnjohdon palkat, välineiden ja tarvikkeiden käyttökustannukset sekä näytteiden säilytyksestä syntyvät kustannukset.

Määrittäminen	mk/kpl
Silmämääräinen maalajimäärittäminen ja näytteen säilytys ja arkistointi	5
Vesipitoisuus	6
Tilavuuspaino	7
Kartiokoe häiriintynyt näyte (hienousluku F)	15
Kartiokoe häiriintymätön näyte (leikk.lujuus S_k)	25
Attenbergin rajat kieritysraja	20
- " - juoksuraja	30
Humuspitoisuus hehkutushäivöinä	15
- " - colorimetrisesti	7
Puristuskoe (leikkauslujuus S_p)	22
Putkileikkaukset (leikkauslujuus S_1)	30
Kuivaseulonta (raekoostumus)	25
Pesuseulonta (raekoostumus)	35
Areometrikoe (raekoostumus)	35
Proctor-sullonta (maksim. tilavuuspaino)	100
Ödometrikoe (kokoonpuristuvuus) 5-kuorm.porr.	110
Vedenläpäisevyys vakio paine kokeena	50
Vedenläpäisevyys muuttuvalla paineella	35

Kalliolaboratorio

Yhden kivinäytelaatikon varastoinnista veloitetaan työkohteelta 110,- mk. Veloitus sisältää näytteiden käsittelyn ja valokuvauksen, filmien kehityksen, näytelaatikon hinnan sekä varastoinnista syntyvät kustannukset.

5. Muut veloitukset

Valojäljennöksistä veloitetaan työkohteilta kopiolaitosten taksan mukaan. Lausuntojen konekirjoituksesta, monistuksesta ja ni-donnasta veloitetaan vahtimestarin ja kanslistin (07) työkustannukset. Mikäli työkohdetta varten tarvitaan ulkopuolista konsultointia tai aputoita, veloitetaan työkohdetta to istolta laskutetulla summalla.

Geoteknillinen
asiantuntija

Usko Anttikoski

Liitteenä SKOL:n henkilökuntaryhmäluokitus

HENKILÖKUNTARYHMÄT

01. Johtajat

Johtajat ja muut korkeimman tason asiantuntijat, jotka osallistuvat välittömästi projektityöskentelyyn tai projektien valvontaan.

02. Johtavat konsultit

Korkean tason asiantuntijat, esim. projektien valvojat ja suurten projektien johtajat.

Koulutustaso: dipl.ins., arkkit., maist., ins., rak.arkkit. tai ekon.

Yleensä korkean ammatillisen pätevyyden omaava henkilö, joka vastaa itsenäisesti oman erikoisalansa tai organisaatiokokonaisuuden toiminnasta tai joka suorittaa erittäin vaativia ja vastuullisia konsultointitehtäviä. Kokemusta vaaditaan vähintään 8 vuotta.

03. Konsultit

Asiantuntijat, esim. kokeneet tutkimus- tai suunnitteluryhmän johtajat. Koulutustaso: dipl.ins., arkkit. maist., ins., rak.arkkit. tai ekon.

Konsultointitehtävän itsenäiseen, vastuulliseen johtamiseen tai suorittamiseen pystyvä kokenut henkilö, joka omaa korkean ammattitaidon omalla erikoisalallaan. Kokemusta vanhempana suunnittelijana tai vastaavissa tehtävissä vaaditaan vähintään 5 vuotta.

04. Vanhemmat suunnittelijat

Kokeneet tutkijat ja suunnittelijat.

Koulutustaso: dipl.ins., arkkit., maist., ins., rak.arkkit., ekon. tai tekn.

Vanhemmalta suunnittelijalta edellytetään ammattitaitoa ja kykyä itsenäisesti hoitaa vaativia tehtäviä konsultin valvonnan alaisena. Alan suunnittelukoulutuksen saaneet akateemisen loppututkinnon suorittaneet sijoitetaan tähän ryhmään. Insinööreiltä, rak.arkkitehdeiltä ja ekonomeilta vaaditaan kokemusta suunnittelijana tai vastaavissa tehtävissä vähintään 3 vuotta sekä teknikoilta vähintään 5 vuotta.

05. Suunnittelijat

Tutkijat ja suunnittelijat, jotka toimivat tehtävänjohtajan tai kokeneemman suunnittelijan apulaisina.

Koulutustaso: ins., rak.arkkit., ekon. tai tekn.

Ryhmään sijoitetaan ins-,rak.arkkit.-,ekonomi- tai vastaavan koulutuksen saaneet. Teknikoilta vaaditaan kokemusta nuorempana suunnittelijana tai vastaavissa tehtävissä vähintään 3 vuotta.

06. Nuoremmat suunnittelijat

Aloittelevat tutkijat ja suunnittelijat sekä erittäin kokeneet teknilliset avustajat.

Koulutustaso: tekn., erikoisalan ammattikoulutus tai käytännön kokemus.

Ryhmään sijoitetaan teknikot sekä vähintään 8 vuoden kokemuksen omaavat teknilliset avustajat.

07. Teknilliset avustajat

Koulutustaso: virallisesti hyväksytty erikoisalan ammattikoulutus, keskikoulu tai käytännön kokemus.

Ryhmään sijoitetaan esim. piirtäjät, laborantit, laskijat, teknilliset sihteerit, työnjohtajat, kartoittajat, kairausesimiehet. Projekteissa ryhmän henkilöt tekevät yleensä piirtämis- tai laskentatehtäviä sekä maasto- ja laboratoriotutkimuksia. Käytännön kokemusta vaaditaan vähintään 3 vuotta, mukaanlukien alan ammattikoulutukseen käytetty aika.

08. Nuoremmat teknilliset avustajat

Ryhmään sijoitetaan aloittelevat tai vähäisen kokemuksen omaavat teknilliset avustajat, esim. piirtäjäharjoittelijat, lab. harjoittelijat, kairausesimiehet, kairaaajat yms. projekteihin osallistuvat henkilöt.

Esitetyt perusteet henkilökunnan sijoittamiseksi eivät ole täysin sitovia esim. koulutuspohjan osalta, vaan esitettyjen perusteiden ohella otetaan huomioon henkilön ammattipätevyys, kokemus, tehtävän vaativuus ja työpanos.

**HELSINGIN KAUPUNGIN KIINTEISTÖVIRASTO
GEOTEKNILLINEN TOIMISTO**

Helsinki 7.5.1973 Anttikoski/em

TNo

Kohde:

Asia: MUISTIO MAANALAISTEN TILOJEN RAKENTAMISEEN LIITTYVIEN KARTOITUS-
JA TARKKAILUTOIMENPITEIDEN JÄRJESTÄMISESTÄ HELSINGIN KAUPUNGILLA

Sisältö:

	sivu
1. TARVE	2
1.1 Nykyinen tilanne	2
1.2 Mitä tarvitaan	3
2. MAAPERÄKARTAT	3
3. KALLIOPERÄKARTAT	3
4. PERUSTUSTAPAKARTAT	4
5. RAKENNETTUIJEN MAANALAISTEN TILOJEN KARTAT	5
6. POHJAVEDENPINNAN KORKEUDEN TARKKAILU	6
7. PAINUMATARKKAILU	6
8. KARTOITUKSEEN JA TARKKAILUTOIMINTAAN LIITTYVIEN TEHTÄVIEN OHJEELLISET KUSTANNUKSET VUODESSA JA TÖIDEN RAHOITUS	7
9. JATKOTOIMENPITEET	8

1. TARVE

1.1 Nykyinen tilanne

Helsingin maanalaisten tilojen rakentaminen on tällä hetkellä voimakkaasti lisääntymässä mm. metron rakentamisen seurauksena sekä pian aloitettavan viemäri-vesien poistojohtotunnelijärjestelmän rakentamisen vuoksi. Lisäksi kaupungin kallioperään tullaan rakentamaan entistä enemmän muitakin tiloja.

Maanalainen rakentaminen samoin kuin maanpäällinen rakentaminenkin edellyttää kuitenkin runsaasti erilaisia kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteitä. Maanalaisen rakentamisen osalta ei tätä toimintaa Helsingin kaupungilla ole vielä lainkaan organisoitu.

Ruotsin pohjaolosuhteet ja rakentamistapa ovat suunnilleen samat kuin meillä, jolloin voimme käyttää hyväksi ruotsalaisia kokemuksia näissä asioissa. Tämä muistio perustuukin osaltaan Ruotsissa pidettyyn "Utnyttjar vi underjorden rationellt"-kursseilla saatuihin tietoihin sekä Tukholman kaupungin katukonttoriin tehtyihin vierailuihin. Ruotsissa pidetään erittäin tärkeänä, että maanalaisten tilojen rakentamista valvotaan, tilat kartoitetaan sekä suoritetaan jatkuvia tarkkailutoimenpiteitä maanalaisen rakennustoiminnan vaikutuksen selvittämiseksi ympäristössä. Tukholman kaupunki on verrattain hyvin organisoinut nämä toimenpiteet ja tarkkailu tapahtuu pääasiassa Tukholman kaupungin katukonttorin toimesta.

Helsingin kaupungilla on vaikeampaa toimintaa järjestää, sillä kaupungin organisaation rakenteesta johtuen maanalaista rakentamista suoritetaan monella taholla (esim. metrotoimisto, vesilaitos, sähkölaitos, rakennusvirasto) ja kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteitä suorittavat elimet (esim. geoteknillinen toimisto ja kaupunkimittaussosasto) eivät kuulu mihinkään näistä laitoksista. Lisäksi yhteistoiminta varsinkin rakentamista suorittavien laitosten välillä on varsin vähäistä.

Maanalaisen rakentamisen seurauksena on Tukholmassa ja Göteborgissa tapahtunut vedenpinnan laskiessa kadunpinnan painumista 10 ... 100 cm ja myös rakennuksia on vaurioitunut. Mm. Tukholman kaupunkia vastaan on esitetty useita miljoonien kruunujen korvausvaatimuksia. Helsingissäkin saattaa tilanne muuttua samaksi, mikäli riittäviin kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteisiin sekä tarvittaviin vastatoimenpiteisiin ei ryhdytä riittävän ajoissa.

1.2 Mitä tarvitaan

Maanalaisten tilojen suunnittelua ja rakentamista varten tarvitaan ainakin seuraavat kartat:

1. Maaperäkartat
2. Kallioperäkartat
3. Rakennettujen talojen perustustapakartat
4. Rakennettujen maanalaisten tilojen sijaintikartat (tilat, lujitusrakenteiden sijainti ja tilan tarvitsema suoja-alue) sekä maanpinnan alla sijaitsevien johtojen kartat ns. johtokartat.

Maanalaisten tilojen rakentamisen tarkkailutoimenpiteinä tarvitaan pitkäaikaisia ja jatkuvasti toistuvia mittauksia:

1. Pohjavedenpinnan korkeuden mittaukset
2. Rakennusten painumamittaukset
3. Kadun pinnan painumamittaukset.

Välittömästi rakennustöihin liittyvänä suoritetaan työnaikaisesti myöskin erilaisia tarkkailumittauksia (painumamittaukset, pohjavedenpinnan korkeuden mittaukset, tärinämittaukset, katselmukset jne.), mutta nämä suoritetaan tavallisesti urakoitsijan toimesta ja ne kestävät vain rakennustyön ajan.

2. MAAPERÄKARTAT

Maaperäkarttatilanne Helsingin kaupungin alueelta on varsin hyvä, varsinkin sen jälkeen kun 1:10 000 värillinen geoteknillinen maaperäkartta on saatu painettua koko kaupungin alueelta. Geoteknilliset maaperäkartat täydentyvät kaupungin alueelta jatkuvasti suoritettavien yksittäisten rakennuskohteiden pohjatutkimusten ja kaupunkisuunnitteluviraston tilaamien alueellisten pohjatutkimusten perusteella.

3. KALLIOPERÄKARTAT

Helsingin alueelta ei ole olemassa vielä yhtenäistä geoteknillistä kallioperäkarttaa. Tämän kartan laatimistyö on kuitenkin jo käynnistetty geoteknillisessä toimistossa ja tarkoitus olisi noin kahden vuoden kuluessa laatia 1:10 000 kallioperäkartta Helsingin alueelta, missä erityisesti pyrittäisiin esittämään kalliopinnan muotoa ja kallioperän rakennetta. Samalla kartalla tultaisiin ilmeisesti esittämään myöskin jo rakennettuja maanalaisia tiloja.

Kallioperän sijainnista maapeitteisillä osilla on tietoa ainoastaan erilaisten tunnelilinjojen kohdilta sekä muutamista kallioon ulotetuista rakennuskohteista.

Yksityiskohtaista kalliopintatietoa tullaan pohjatutkimuksilla täydentämään niiltä kohdin, missä rakennustoiminta ulottuu kallionpintaan asti tai menee sen sisälle. Kallioperäkarttaa varten ei tehdä erikseen kalliotutkimuksia, vaan käytetään nykyistä aineistoa.

Geoteknillistä kallioperäkarttaa kaupungin alueelta tarvitaan erityisesti vaihtoehtoisten tunnelisuuntien valinnassa, jolloin ensisijaisina käyttäjinä tulisivat olemaan metrotoimisto ja rakennusvirasto.

Geoteknillistä kallioperäkarttaa varten kannattaa kaikki rakennetut tunneli- ja luolatilat kartoittaa kalliorakenteen osalta ennen ruiskubetoinointia ja muita suojaustoimenpiteitä. Rakennetun tilan kalliorakennekartoitus voidaan tehdä ko. rakennuskohteen geoteknillisen konsultin toimesta tai geoteknillisen toimiston geologin toimesta. Kalliorakennekartoitustulokset tulee toimittaa geoteknilliseen toimistoon, jolloin nämä tiedot voidaan siirtää laadittavalle geoteknilliselle kallioperäkartalle. Kalliorakennekartoituksessa tulee erityisesti kartoittaa ruhje- ja muut heikkouskohdat.

4. PERUSTUSTAPAKARTAT

Maanalaista rakentamista varten tarvitaan nykyisten talojen perustustapakartoitus. Näillä kartoilla esim. mittakaavassa 1:2000 esitetään maanalaisten tilojen rakentamisalueella (esim. koko Helsingin keskusta-alueella) talojen perustustapa sopivilla merkintätavoilla. Lisäksi esitetään kellarin lattioiden taso sekä mm. puupaalujen yläpäiden taso.

Helsingin kaupungin alueelta ei ole olemassa vielä tällaisia karttoja. Metrotoimisto on hankkinut näitä tietoja metron I-vaiheen tunnelilinjan viereisiltä alueilta.

Perustustapaselvitys tehdään maistraatin arkistojen perusteella esim. luonnontilaismaastokartan pohjalle, missä näkyvät valmiina myöskin rakennukset. Perustustapakartan valmistamistyötä valvoisi geoteknillinen toimisto, mutta työ voitaisiin antaa myöskin jollekin konsulttitoimistolle sen jälkeen, kun merkitsemistavoista ja työn suorittamisesta on saatu riittävästi kokemuksia.

Tätä karttaa tarvitaan rakennettavien talojen kaivantojen suunnittelussa ja erityisesti pohjavedenpinnan mahdollisen alenemisen aiheuttamia vaurioita arvioitaessa, sekä rakennustyöhön liittyvien tärinämittausten ja katselmusten suorittamisessa.

5. RAKENNETTUIJEN MAALAISTEN TILOJEN KARTAT

Kaupunkimittausosastolle kuuluu maanpäällisten rakennusten ja rakenteiden kartoitus. Alustavissa neuvotteluissa on katsottu myöskin maanalaisten tilojen kartoitustoiminnan kuuluvan kaupunkimittausosaston toimialaan.

Kaupunkimittausosasto on jo aikaisemmin suorittanut johtokarttojen laatimista kaupungin alueelta. Johtokarttatöiden kokonaisjärjestely on parhaillaan valmis teillä kaupunkimittausosastolla. Tämän lisäksi kaupunkimittausosasto on kartoittanut satunnaisesti johtokarttatöiden yhteydessä tunneli- ja luolatiloja 1:500 ja 1:2000 mittakaavaisille kartoille.

Tätä kartoitustoimintaa tulisi edelleenkin kehittää ja kun maanalaisten tilojen karttojen tarve lisääntyy, tulisi tämä toiminta nyt vakiinnuttaa ja organisoida.

Kaupunkimittausosasto saa tiedon niistä maanalaisista tiloista, jotka kuuluvat rakennustarkastuksen valvontaan. Kaupungin tulisi kehittää systeemi, että kaupunkimittausosasto saisi kaikki tiedot myös muista maanalaisista tiloista, jotka eivät tule rakennustarkastuksen kautta kaupunkimittausosaston tietoon, niin että se voisi kartoittaa myöskin nämä tilat.

Maanalaisten tilojen julkistamisoikeus tulisi kokonaisuudessaan selvittää. Kaupungin pohjakartoilla esitetään jo nyt maanalaisia tiloja. Puolustusvoimien tiloista ei luonnollisesti esitetä tietoja. Maanalaisten tilojen julkistamisesta tulisi kysyä eri laitosten lainopillisten asiantuntijoiden sekä kaupungin lainopillisen osaston mielipidettä. Maanalaisten tilojen rakentamisessa tulisi joka tapauksessa olla sama julkisuusperiaate kuin maanpäällisten tilojen rakentamisessakin. Jos näistä tiloista ei ole tietoa, voidaan läheisyydessä suoritettavilla louhintatöillä vaurioittaa toteutettuja rakenteita.

Maanalaisiin tiloihin liittyy usein lujitusrakenteita, jotka ulottuvat tilarakenteita kauemmaksi (esim. pultitukset ja ankkuroinnit). Lisäksi vaatii kallioon rakennettu tila ympäristöstä tietyn suoja-alueen, jotta kallion toiminta kantavana rakenteena säilyisi. Tämän suoja-alueen sisäpuolella ei voida muita tiloja myöhemmin sijoittaa. Tiedot lujitusrakenteista ja suoja-alueista tulee esittää suunnitelmapiirustuksissa, jotka tulee säilyttää ainakin maanalaisten tilojen haltijana toimivan laitoksen arkistossa sekä maistraatin arkistossa ja mahdollisesti myös kaupunkimittausosaston arkistossa sekä geoteknillisen toimiston arkistossa. Suoja-alue tulisi pyrkiä esittämään myöskin maanalaisten tilojen kartoituspiirustuksissa.

6. POHJAVEDENPINNAN KORKEUDEN TARKKAILU

Maanalainen rakennustoiminta vaikuttaa herkimmin pohjavedenpinnan korkeuteen. Tämän vuoksi tarvitaan näillä alueilla jatkuvaa pohjavedenpinnan tarkkailua, jotta tarvittaviin vastatoimenpiteisiin voitaisiin ryhtyä riittävän ajoissa. Mainittakoon, että mm. Tukholman kaupungilla on yli 600 kpl jatkuvaa pysyvää pohjavedenpinnan tarkkailuputkea.

Ensimmäisen vaiheen metrolinjalla on jo rakennettu noin 40 pysyvää tarkkailuputkea. Maanalaiseen rakennustoimintaan liittyvien pysyvien tarkkailuputkien asennukset ja pitkäaikaiset tarkkailumittaukset on suunniteltu tehtäväksi geoteknillisen toimiston toimesta. Yhden putken asennus maksaa noin 2000-4000 mk/kpl ja tarkkailutyöhön tarvitaan kahden miehen ryhmä sekä yksi piirtäjä.

Pohjavedenpinnan tarkkailu tulisi aloittaa noin kaksi vuotta ennen varsinaista maanalaisen tilan rakentamista. Metron osalta on näitä tarkkailumittauksia tehty vasta noin puolen vuoden aikana, jolloin tässä tarkkailutoiminnassa ollaan pahasti myöhässä.

Mittauksia tulee tehdä vähintään kerran kuukaudessa ja alkuvaiheessa joka viikko. Pohjavesiputkia joudutaan vähintään kerran vuodessa huuhtelemaan puhtaaksi ja niiden kunnossapitoon joudutaan kiinnittämään runsaasti huomiota. Pohjavesitarkkailu muodostuu kaupungille varsin työlääksi, mutta siihen on välttämättä ryhdyttävä.

Maanalaisessa rakentamisessa tulisi aina pyrkiä siihen, että luonnontilaista pohjavedenpinnan korkeutta ei saisi muuttaa.

Maan päältä suoritettavien pohjavedenpinnan korkeuden mittausten lisäksi tulee maanalaisista tiloista mitata tiloihin kertyvät vuotovedet rakennustyön aikana (esim. 100-200 metrin välein) rakentamalla erityisiä mittapatoja. Nämä mittaukset tehtäisiin rakentajan toimesta. Tilan haltijan toimesta mitataan myöhemmin säännöllisesti salaojaverkostoon valuvien vuotovesien määrä. Nämä tiedot tulee toimittaa geoteknilliseen toimistoon.

Pohjavedenpinnan korkeusmittauksin ja vuotovesimittauksilla saadaan kokonaiskäsitys ko. maanalaisen tilan vaikutuksesta alueen pohjavesitalouteen.

7. PAINUMATARKKAILU

Pohjavedenpinnan korkeuden tarkkailun lisäksi tarvitaan maanalaisten tilojen rakennusalueella, varsinkin savialueella, rakennusten ja katujen painumatarkkailua.

Sensijaan kitkamaa-alueella ei painumatarkkailu ole yhtä tärkeätä. Tarkkailupisteet laitetaan yleensä rakennusten nurkkiin ja katualueella kaivetaan roudattomaan syvyyteen painumalevyjä.

Helsingin kaupungilla on muutamia rakennuksia, joiden painumia mitataan jatkuvasti kaupunkimittausosaston toimesta. Näissä ovat olleet pohjarakennustyöt erittäin vaikeita ja tämän vuoksi halutaan saada rakennusten painumiskäyttäytymisestä arvokasta tietoa. Lisäksi geoteknillinen toimisto ja katurakennusosasto mitaavat samasta syystä eräiden katualueiden painumista.

Maanalaiseen rakennustoimintaan liittyvänä ei sensijaan ole kaupungin alueella rakennettu vielä yhtään painumatarkkailupistettä pitkäaikaiseen käyttöön.

Jatkuvatoimiset painumatarkkailupisteet rakennettaisiin geoteknillisen toimiston osoittamiin paikkoihin kaupunkimittausosaston toimesta. Kaupunkimittausosasto suorittaisi jatkuvat mittaukset suunnilleen kerran kuukaudessa ja hoitaisi raportoinnin. Alustavissa neuvotteluissa on arvioitu, että vasta v. 1974 alussa pääsivät kaupunkimittausosaston mittaukset täysipainoisesti käyntiin.

8. KARTOITUKSEEN JA TARKKAILUTOIMINTAAN LIITTYVIEN TEHTÄVIEN OHJEELLISET KUSTANNUKSET VUODESSA JA TÖIDEN RAHOITUS

Geoteknillisellä toimistolla on ollut budjetissa vuosittain vain 40 000 mk yleiskäyttöisiin selvityksiin ja perusluonteisten tutkimusten suorittamiseen. Nämä rahat ovat menneet erilaisiin kalliokaivantokartoituksiin ja muihin pienempiin erikoisselvityksiin. Geoteknillinen toimisto on kehittänyt toimintaansa siten, että se voisi laskuttaa kaikki kustannukset tilaajilta, jotka tulevat geoteknillisiä tutkimus- ja suunnittelutöitä tarvitsemaan, jolloin toimiston toimintaa voi tilaaja valvoa kustannusten ja suoritteiden perusteella. Näin ollen geoteknillinen toimisto haluaisi tässä esitetyt toiminnot omalta osaltaan laskuttaa eri laitoksilta, joiden tulisi puolestaan varata tähän tarkoitukseen rahaa.

Kaupunkimittausosaston budjetointisysteemi on toinen ja kaupunkimittausosasto pystyisi ilmeisesti pienemmät tehtävät suorittamaan omien määrärahojensa puitteissa laskuttamatta kaikkea muilta laitoksilta.

Oheisessa taulukossa on esitetty suuruusluokkaisesti arvioiden eri toimintojen ohjeelliset kustannukset kaikine sosiaali- ja yleiskuluineen laskettuna vuotta kohti. Taulukossa on esitetty myöskin virasto tai laitos, joka ensisijaisesti hyötyisi tästä toiminnasta ja lisäksi on ehdotettu myöskin toiminnan rahoittaja.

Taulukko 1.

	Kust./vuosi mk (sos.+ yleiskuluineen)	Ensisijainen hyöty	Rahoittaja	Suorittaja
1. Geot.maaperäkarttojen ylläpito ja täydentämi- nen kaupungilta, valti- olta ja konsulteilta saatavalla aineistolla	200 000	KSV	KSV	Geot.tsto
2. Metron pohjatutk.kon- sulttien pohja- ja kal- liotutkimusten täydentä- minen geot.kartoille	50 000	Metro	Metro	Geot.tsto
3. Geot.tston suorittamien rakennuskohteiden pohja- tutkimustietojen täyd. geot.karttalehdille tutk. yhteydessä	30 000	eri virastot ja laitokset	eri virastot ja laitokset	Geot.tsto
4. Geot.kallioperäkartan laatiminen ja kalliora- kennekartoitus (2... 3 vuotta)	100 000	Metro (RKV)	Metro	Geot.tsto
5. Perustustapakartta (2 ... 3 vuotta)	100 000	Metro (RKV)	Metro	Geot.tsto
6. Maanalaisten tilojen kartoitus (Johtokartasta tulee kaup.mitt.os. antamaan myöhemmin oman raportin)	300 000	eri virastot ja laitokset	Kaup.mitt. os.	Kaup.mitt. os.
7. Pohjavesiputkien asen- nus ja pohjavedenpinnan tarkkailu	300 000	Metro	Metro	Geot.tsto
8. Painumapisteiden asen- nus ja painumamittauk- set	200 000	Metro (RKV)	Kaup.mitt. os.	Kaup.mitt. os.

Kartoitus- ja tarkkailutyö on jatkuvaa, jolloin tätä työtä ei voida tehdä konsulttityönä, vaan kaupungin on otettava asia itse tukevasti hoitaakseen. Tiettyjä osatehtäviä voidaan luonnollisesti antaa konsulteille.

9. JATKOTOIMENPITEET

Tässä esityksessä on käsitelty maanalaisten tilojen rakentamisessa tarvittavat kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteet sekä esitetty ehdotus niiden suorittamisesta Helsingin kaupungilla.

Maanalaisten tilojen rakentaminen liittyy useimpien virastojen ja laitosten toimintaan vain vähäiseltä

osalta, jolloin tässä esitettyjä toimenpiteitä ei ehkä vielä täysin tiedosteta. Geoteknillinen toimisto joutuu kuitenkin olemaan mukana lähes kaikissa kaupungin maanalaiseen rakennustoimintaan liittyvissä suunnitelmissa ja rakentamisessa, jolloin kartoitus- ja tarkkailutoimenpiteiden tarve tunnetaan erittäin voimakkaana. Ruotsalaiset ja varsinkin tukholmalaiset kokemukset ovat osoittaneet, että tämä toiminta tulee aloittaa riittävän aikaisessa vaiheessa, ennenkuin kaaos syntyy maanalaisten tilojen rakentamisen seurauksena.

Helsingin kaupungilla tulisi järjestää maanalaisten tilojen rakentamista käsittelevä tilaisuus, missä näistä asioista voitaisiin keskustella. Metrotoimiston tiloissa on suunniteltu avattavaksi elokuussa maanalaista rakentamista käsittelevä näyttely, jossa pyritään esittämään erityisesti metron rakentamista. Tämän näyttelyn ympärillä olisi näistä asioista erittäin hyödyllistä keskustella.

Geoteknillinen toimisto pyytää virastojen ja laitosten maanalaista rakennustoimintaa hoitavia henkilöitä tekemään huomautuksia tässä esitettyyn ehdotukseen. Huomautukset tulisi tehdä 15.6.1973 mennessä geoteknilliseen toimistoon os. Yrjönkatu 21 b, A, Helsinki 10, puh. 647 801/Anttikoski.

Geoteknillinen toimisto tulee käymään yksityiskohtaisia neuvotteluja tässä esitetyistä toimenpiteistä k.o. virastojen ja laitosten kanssa.

Geoteknillinen asiantuntija

Usko Anttikoski
Usko Anttikoski
dipl.ins.

Jakelu:

Kaupunkisuunnitteluvirasto	4 kpl
Kiinteistöviraston virastopäällikkö	1 "
Kaupunkimittausosasto	2 "
Metrotoimisto	4 "
Rakennustarkastusvirasto	1 "
Rakennusvirasto	4 "
Satamalaitos	1 "
Sähkölaitos	1 "
Vesilaitos	1 "
Geoteknillinen toimisto	3 "
	22 kpl

Geotekniikka yhdyskuntatekniikassa

DIPL.INS. USKO ANTTIKOSKI

1. Geotekniikan sisältö

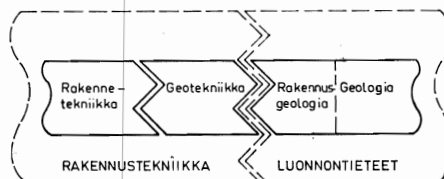
Geotekniikka on itsenäisenä tekniikan haarana verrattain nuori, mutta kuitenkin vanhempi kuin näissä kirjoituksissa tarkasteltava yhdyskuntatekniikka. Geotekniikka on rakennustekniikan osa, joka soveltaa luonnon (maa, kallio ja vesi) rakennustekniikan käyttöön. Geotekniikka voidaan ajatella sijoitettavaksi geologian erikoishaaran rakennusgeologian ja rakennetekniikan väliin, kuten kuvassa 1 on esitetty. Geotekniikan parissa työskentelee tälle sektorille erikoistuneita rakennusinsinöörejä ja vuori-insinöörejä (kallionrakennus) sekä rakennetekniikassa käytännön kokemusta hankkineita geologeja.

Geologin näkemystä tarvitaan sitä enemmän mitä aikaisemmasta kaavoitusvaiheesta on kysymys ja geoteknikon näkemystä taas mitä yksityiskohtaisemmasta kaavatasosta on kysymys. Korttelisuunnittelussa joudutaan suorittamaan jo alustavaa rakennesuunnitteluakin.

Geoteknikkosuunnittelijan työken-
tän rajaaminen muihin suunnitteli-
joihin päin on vaikeata. Rajan vetä-
minen riippuu siitä, miten paljon
esim. rakennesuunnittelijalla tai ka-
tusuunnittelijalla on geotekniikan
tuntemusta. Tärkeintä on, että geo-
tekniikan suunnittelupanos on yh-
dyskuntatekniikassa riittävän suuri,
jottei aukkoja kokonaisuudessa pää-
se tällä kohdalla syntymään.

2. Geoteknillisen toiminnan luonne

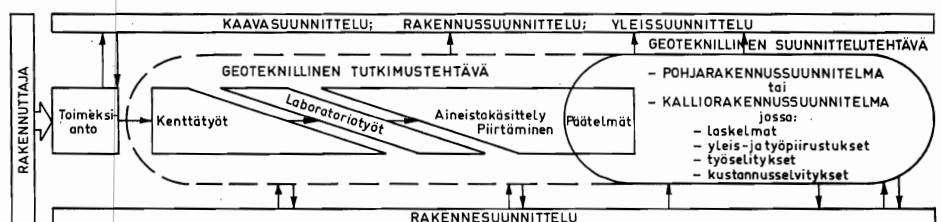
Geoteknillinen toiminta jakautuu geoteknilliseen suunnitteluun ja geoteknillisiin tutkimuksiin. Geoteknillisiin tutkimuksiin kuuluvat pohjatutkimukset tai kalliotutkimukset. Geoteknillisessä suunnittelussa laaditaan muuhun suunnitteluun (kaava-, kunnallisteknillinen ja rakennesuunnittelu) liittyvä pohjaraken-



1 Ajatusmalli geotekniikan sijoittumisesta rakennustekniikan ja luonnon-tieteiden »kenttään».

nusteknillinen tai kalliorakennusteknillinen suunnitelma. Tästä on kuvassa 2 esitetty yleispiirteinen tapahtumakaavio.

Geoteknilliset tutkimukset ja suunnitelmat tekee tavallisesti sama suunnittelija. Kuitenkin nämä voidaan tehdä myös toisistaan erillisinä käyttäen eri konsultteja. Geoteknillinen suunnittelu ja tutkimukset etenevät muun suunnittelun mukana ja tarkentuvat samantasoisesti muun suunnittelun kanssa.



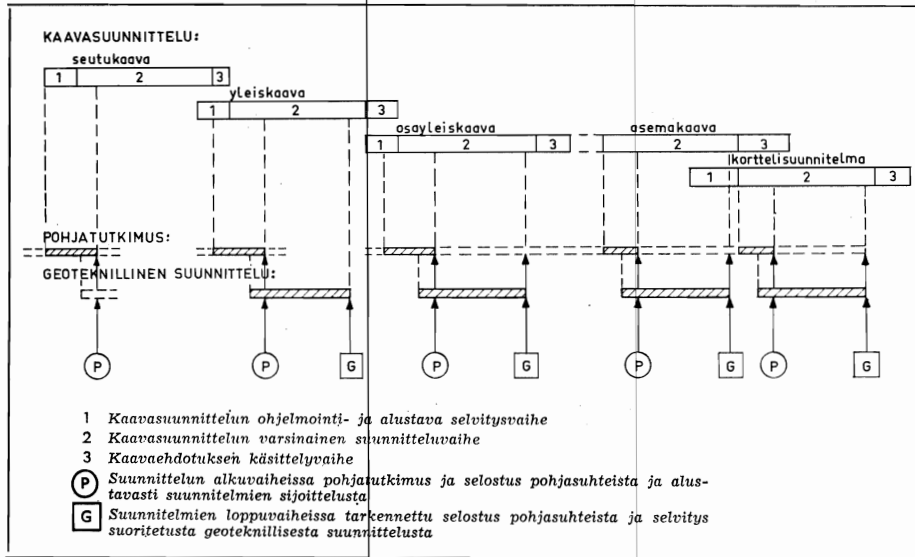
2 Geoteknillisen tehtäväsuorituksen yleispiirteinen tapahtumakaavio.

OSATEHTÄVÄ	KAAVASUUNNITTELU					KUNNALLISTEKN. SUUNN.		TALON-SUUNN.
	Seutu- kaava	Yleis- kaava	Osayleis- kaava	Asema- kaava	Korttelis- uunnitelma	Verkko- suunnitelu	Yleis- suunnitelu	Esi- suunnitelu
Pohjotutkimus	•	○	●	●	●	●	●	●
Selostus pohja- suhteista	○	●	●	●	●	●	●	●
Alueen jakaminen eri pohjasuhde- tyyppeihin		●	●	●	○	○		○
Perustustavan ja -syvyyden valinta		○	●	●	●	●	●	●
Pohjavesi - tarkastelu	○	○	○	●	●	●	○	●
Alueellinen vaka- vuustarkastelu	•	○	○	○	○	●	●	•
Materiaali-, massa- talous ja täyttö - selvitykset	•	•	○	○	○	●	●	•
Kaivanto- suunnitelmat					○	○	○	○
Pohjarakennus- kustannus- selvitykset		●	●	●	○	●	●	●

3 Geoteknikon tehtävät eri suunnittelu-
vaiheissa.

Geotekninen osasto julkaisu 2

Geotekniikka yhdyskuntatekniikassa



4 Pohjatutkimusten ja geoteknillisen suunnittelun liittyminen eri kaavatasoihin.

alueelliset vakavuustarkastelut ovat tulleet varsin tärkeiksi. Kuvassa 3 on esitetty geoteknikon tehtävät eri suunnitteluvaiheissa.

Yhdyskuntatekniikkaan liittyvän geoteknillisen suunnittelun merkittävien osa on kuitenkin laadittavien suunnitelmien taloudelliseen tarkasteluun liittyvä pohjarakennuskustannusten selvittäminen. Eräissä kirjoituksissa on esitetty, että epäedulliset pohjasuhteet voivat aiheuttaa 5...20 %:n lisäkustannukset talon rakentamiselle; kunnallisteknillisten töiden osalta saattavat lisäkustannukset nousta yli 100 %:iin, ja eräiden rakenteeltaan yksinkertaisten teollisuusrakennusten rakennuskustannukset saattavat lisääntyä jopa 80 %:lla. Geotekniikalla on siis kustannuskysymyksissä huomattava merkitys, koska sen avulla voidaan rakennuskustannuksia alentaa ratkaisevasti.

Geoteknikkosuunnittelijan tulee kuulua yhdyskuntasuunnittelun työryhmään ja olla koko työn ajan mukana. Kuvassa 4 on esitetty kaavio pohjatutkimusten ja geoteknillisen suunnittelun liittymisestä eri kaavatasoihin. Kuvasta ilmenee, että toiminta on jatkuvaa ja tarkentuu muun suunnittelun mukaisesti.

Geoteknikkosuunnittelijan alkuosan kaavoitukseen on merkittävä. Muille suunnittelijoille tulee antaa heti suunnittelun alkuvaiheissa selvitys pohjasuhteista ja alustavat ohjeet suunnitelmien sijoittelusta. Eri suunnitteluvaiheissa tulee tarkistaa pohjarakennuksen kannalta laadittuja sijoitussuunnitelmia sekä suorittaa pohjarakennuskustannusten ja -lisäkustannusten selvitystä. Suunnittelun loppuvaiheissa tulee antaa

tarkennettu selvitys pohjasuhteista ja selvitys suoritettua geoteknillisen suunnittelun tuloksista. Nämä liitetään yhteiseen raporttiin, joka jou- tuu päätöksentekokäsittelyyn.

4. Esimerkki kaavasuunnitteluun liittyvästä geoteknillisestä suunnittelusta

Seuraavassa selostetaan lyhyesti Helsingin kaupungin geoteknillisen toimiston suorittaman Haaga-Vantaa

alueen Kannelmäen osa-alueen geoteknillistä suunnittelua.

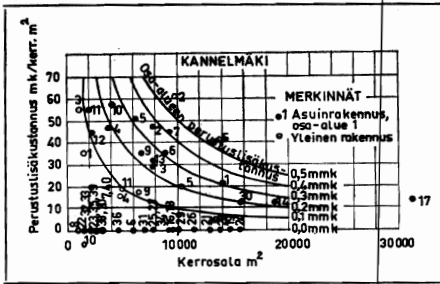
Alueen kaavasuunnittelua (osa-yleiskaava, kaavarunko ja asema-kaava) varten suoritettiin pohjatutkimukset aluksi osayleiskaavatasoisesti ja lopuksi asemakaavatasoisesti. Savialueilla (IV) oli kairauspisteiden etäisyys 40...100 metriä, kun taas kallio- ja kitkamaa-alueilla (I-II) ei suoritettu juuri lainkaan kairauksia. Kaikilla suunnittelijoilla oli käytävissään geoteknilliset kartat 1:10000 ja 1:2000. Kuvassa 5 on esitetty Kannelmäen alueen geoteknillinen kartta 1:10000, jossa on esitetty mm. erilaisten geoteknillisten aluetyyppien sijainti ja saven alapinnan syvyyskäyrä.

Geoteknikkosuunnittelija antoi muille suunnittelijoille (arkkitehti, kunnallisteknillinen suunnittelija, maisemasuunnittelija) ohjeet rakennusten, täyttömäkien ja purouomien pohjarakennusratkaisuista ja niiden sijoittelusta pohjasuhteiden kannalta mahdollisimman edullisiin paikkoihin. Arkkitehtisuunnittelijan laatimille vaihtoehtoisille rakennussuunnitelmille geoteknillinen suunnittelija laski pohjarakennuskustannukset ja pohjarakennuslisäkustannukset.

Kuvassa 6 on esitetty Kannelmäen alueen rakennuksille tulevat epäedullisista pohjasuhteista aiheutuvat poh-



5 Kannelmäen alueen geoteknillinen maaperäkartta.



6 Kannelmäen alueen pohjarakennus-
lisäkustannukset kortteleittain.

jarakennuslisäkustannukset kortte-
leittain. Pohjarakennuskustannukset
olivat epäedullisimmissa tapauksissa
90...110 mk/kerr.-m² ja pohjaraken-
nuslisäkustannukset jopa 60 mk/
kerr.-m² (vuoden 1968 hintatason
mukaisesti). Muut suunnittelijat ovat
ottaneet huomioon pohjarakennus-
kustannukset omassa kustannusar-
vioissaan.

Loppuraporttia varten laadittiin selostus alueen pohjasuhteista, selvitys pohjarakennustavoista ja esitettiin kortteleittain pohjarakennuslisäkustannukset.

5. Geoteknillisten tutkimusten määrästä ja kustannuksista eri suunnittelutasoilla

Geoteknillisen toiminnan kustannukset muodostuvat ensisijaisesti pohjatutkimusten kustannuksista, jotka voivat olla noin 60-90 % koko kustannuksista. Kuvassa 7 on esitetty ohjeellinen pohjatutkimuspisteiden etäisyys eri suunnittelutasoilla helsinkiläisissä olosuhteissa savi- ja silttialueilla. Piirroksessa on myös esitetty oheisen pistetiheyden mukaan määräytyvä ohjeellinen pohjatutkimuskustannus. Kustannusarvio on tehty olettaen, että yksi pohjatutkimuspiste maksaa 350 mk/piste. Kenttätöiden osuus on 250 mk/piste, jota laboratorio-, piirtämis- ja aineistonkäsittelykustannukset lisäävät vielä 40 %:lla.

Kun pohjatutkimustyön suorittaminen koostuu useista peräkkäisistä tehtävistä kuten mm. kairaustöistä, laboratoriotöistä, piirtämistöistä, aineistonkäsittelystä ja puhtaaksi piirtämisestä (kuva 2), kuluu siihen paljon aikaa. Geoteknillisen tutkimuksen suoritus aika vaihtelee rajoissa noin 2 viikkoa ... 6 kuukautta. Kaavasuunnitteluun liittyvät pohjatutkimukset ovat tavanomaista työläämpää, ja työaika onkin usein 3 ... 6 kuukautta. Näin ollen tutkimuksia varten tulee varata riittävästi aikaa.

6. Geoteknikon tehtävät yhdyskunnan rakennusvaiheessa

Geoteknikkosuunnittelija on normaalisti mukana myös rakennusvaiheessa ja sitä edeltävässä suunnitteluvaiheessa. Geoteknillinen suunnittelu tarkentuu samantasoisesti muun suunnittelun mukaisesti, ja geoteknikon tehtävät määräytyvät rakennuskohteen mukaan.

Geoteknikon tehtäviä rakennusvaiheessa on dipl.ins. Antti Natukka käsitellyt erittäin seikkaperäisesti (Rakennustekniikka 1971: 6).

Geoteknikon tulee rakennusvaiheessa erityisesti seurata tehtyjen suunnitelmien ja ennusteiden toteutumista, jotta tarpeellinen takaisin-
kytkentä yhdyskuntasuunnittelun geotekniikkaan tapahtuisi.

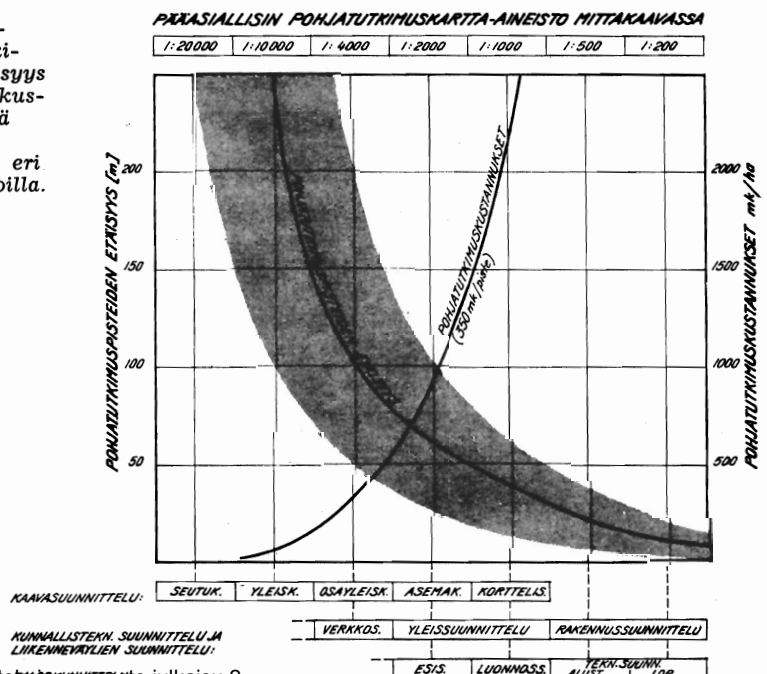
7. Geotekniikan ongelmia yhdyskuntatekniikassa

Geotekniikan ongelmat yhdyskuntatekniikassa ovat pääasiassa suunnittelun niveltämiseen ja organisointiin liittyviä ja aiheutuvat yleensä ohjeituksen puutteesta. Seuraavassa esitetään eräitä keskeisiä ongelmia.

1. Yleensä on todettu, että geoteknillinen suunnittelu otetaan yhdyskuntasuunnitteluun mukaan vasta niin myöhäisessä vaiheessa, että epäedulliset pohjaolosuhteet eivät enää pääse vaikuttamaan rakennussuunnitelmien sijoitteluun. Tämä saattaa aiheuttaa rakenta-

7

**Pohjatutkimus-
pisteiden keski-
määräinen etäisyys
ja ohjeelliset kus-
tannukset sekä
pääasiallisin
kartta-aineisto eri
suunnittelutasoilla.**



misvaiheessa merkittäviä turhia
lisäkustannuksia.

2. Geoteknillinen suunnittelu tulisi niveltää muuhun suunnitteluun siten, että sitä suoritetaan oikean tasoisena muuhun samanaikaiseen suunnitteluun verrattuna. Tämä tapahtuu parhaiten, jos geoteknikk-suunnittelija on työryhmässä mukana alusta lähtien pienemmällä tai suuremmalla panoksella alueen pohjaolosuhteiden laadusta riippuen.
3. Tilaaajataso tulisi saada perusteellista tietoa geotekniikan merkityksestä. Tähän mennessä ei ole riittävästi ymmärretty sitä, että alueen suunnittelussa kannattaa pohjatutkimuksiin ja geoteknilliseen suunnitteluun uhrata varoja jo kaavasuunnittelun alkuvaiheessa, jolloin saavutetaan merkittävimmät kustannussäästöt.
4. Pohjatutkimusaineiston kokoaminen niin, että tehdyt tutkimukset olisivat kaikkien käytettävissä, on toistaiseksi järjestämättä maassamme. Kuntien tulisi entistä enemmän järjestää alueillaan pohjatutkimusaineiston taltiointia.
5. Maanpinnan alle ja kallion sisään tullaan rakentamaan entistä enemmän tiloja. Tämä rakentaminen vaikuttaa aina jollain lailla pohjavedenpinnan korkeuteen ja pohjaveden laatuun. Maanalaisen rakentamistoiminnan vaikutuksesta ei ole vielä maassamme paljon kokemuksia. Vaikutukset saattavat ilmetä vasta pitkän ajan kuluttua rakentamisen jäl-

Geotekniikka yhdyskuntatekniikassa

keen ja aiheuttaa merkittäviäkin muutoksia ympäristössä.

6. Yhdyskuntasuunnitteluun liittyvä pohjatutkimusten suorittaminen ja geoteknillinen suunnittelu on tällä hetkellä maassamme erittäin eri tasoista ja epäyhtenäistä. Suomen Geoteknillisellä Yhdistyksellä on ollut käynnissä mm. pohjatutkimusten yhtenäistämiseen tähtäävää komiteatyöskentelyä jo noin 7 vuoden ajan. Tämän työn tuloksena on laadittu mm. Kairausopas I, II ja III, joissa annetaan ohjeet tavanomaisista pohjatutkimusmenetelmistä. Yhdyskuntasuunnitteluun liittyvästä geoteknillisestä suunnittelusta ei kuitenkaan ole olemassa mitään ohjeita. RIL on viime vuosina pyrkinyt tekemään tätä ohjeitustyötä, mutta ei ole saanut työlleen taloudellista tukea.
7. Geoteknillisellä suunnittelulla on yhdyskuntasuunnittelussa ensisijaisesti taloudellinen merkitys. Mitään tutkimusta pohjaraken-

nuskustannuksista ja niihin vaikuttavista tekijöistä ei maassamme kuitenkaan ole suoritettu. Näin ollen kustannusvertailuissa käytetään erilaisia lähtötietoja, jotka saattavat olla epäluotettavia. VTT:n geotekniikan laboratorio on ohjelmoinut pohjarakennuskustannustutkimuksen, mutta ei ole saanut toistaiseksi tätä tutkimusta varten varoja.

8. Tulevaisuuden näkymät

Yhdyskuntasuunnittelu on voimakkaassa kehitysvaiheessa. Varsinkin taloudellinen suunnittelu on tulosmerkittävänä esiin. Kustannuksia pyritään alentamaan. Geotekniikan avulla voitaisiin pohjarakennuskustannuksia merkittävästi alentaa, kunhan tähän vain ymmärrettäisiin tarttua.

Uudet keveämmät rakennusmateriaalit keventävät myös pohjarakenteita, ja syntyy uusia perustustaparatkaisuja, jolloin epäedullisia raken-

nusalueita voidaan entistä taloudellemmin ottaa käyttöön.

Kunnat tulevat laatimaan alueeltaan erilaisia geoteknillisiä karttoja (pohjasuhdekarttoja), jolloin epäedullisten pohjasuhteiden vaikutus tulee yleisemmin otetuksi huomioon. Tässä asiassa Helsinki on ilmeisesti edelläkävijä, sillä kaupungin omaan käyttöön tehtyjen geoteknillisten karttojen lisäksi painettiin vuoden 1972 lopulla koko Helsingin alueelta mitta-kaavassa 1:10000 värillinen geoteknillinen kartta, jota kaikki voivat hankkia käyttöönsä.

Geoteknillisen suunnittelun määrä yhdyskuntasuunnittelussa tulee lisääntymään sitä enemmän, mitä voimakkaammin yhdyskunnan rakentaminen suuntautuu maanpinnan alle tai levittäytyy pohjasuhteiltaan epäedullisille alueille. Tarpeellinen geoteknillinen tieto on olemassa. Kysymys on vain siitä, kuinka se oikein sovitetaan yhdyskuntatekniikan polyfoniaan.

UDK 624.13:771.4

English Summary

Soil mechanics and community planning

USKO ANTTIKOSKI

(Finnish original) Rakennustekniikka 1973: 1 pp. 51...54

The field of the soils engineer in community planning is large. It covers all building activity from regional planning to the design of a sewer foundation.

The first stage at each level of town planning is the performance of soil investigations and the analysis of the soil qualities of the area. After this, foundation solutions and depths for the proposed buildings of the area are determined, from which the actual foundation costs can be evaluated. It is also the soils engineer's task to analyse the influence of the building process on the environment. Especially questions of ground water (lowering its level or pollution of it) and different questions of filling as well as stability problems connected with filling have become quite important.

Geotekninen osasto julkaisu 2

Community planning is in a strong developmental stage, especially with the emergence of economic planning. The effort is to lower costs. The proper use of soil mechanics could lower foundation costs markedly.

Municipalities will produce various geotechnical maps of their territories, which probably will lead to a situation in which people will observe the influence of unfavourable foundation conditions more than at present. The city of Helsinki is obviously a pioneer in this respect. At the end of 1972 it is making available 1:10 000 coloured maps of the entire Helsinki area, which anyone may acquire for his own use.

In community planning the amount of soil engineering will increase as the building of the community directs itself below the surface of the earth or spreads to areas with unfavourable foundation conditions. The necessary soil engineering knowledge is available. It is merely a question of how it is applied.

Dipl.ins. Usko Anttikoski

Eripainos Maansiirto 2/1973

Helsingin massatalousongelmat

Kaupungin massatalousongelmat poikkeavat varsin paljon tienrakennuksen massatalousongelmista. Helsingin alueella ei voida käsitellä esim. kadun massataloutta omalla probleemanaan, vaan koko kaupungin massatalous tulee aina ottaa huomioon. Helsingin massataloudelle tyypillisiä piirteitä ovat vaikea krooninen täyttöpaiikkojen (läjitys-paiikkojen) puute, pitkät ja ruuhkautumisalttiit massojen kuljetusmatkat sekä pehmeiden savimassojen sijoittamisvaikeudet.

Tässä artikkelissa valotetaan Helsingin massatalousongelmia yksityiskohtaisemmin kuvaamalla nykyhetken tilannetta ja arvioimalla näitä ongelmia tulevaisuudessa.

Maa- ja kallioperä

Helsingin kaupungin geoteknillisen toimiston tammikuussa 1973 julkaisema värillinen geotekninen maaperäkartta mittakaavassa 1:10 000 antaa hyvän yleiskuvan koko Helsingin alueen maaperän rakenteesta.

Helsingin alueella on runsaasti kalliopaljastumia. (1) Kitka- ja maakerrokset ovat tavallisesti muodostuneet hiekka-, hieta- ja moreeniamaisista. Kallioista aluetta ja kitkamaa-alueita on kaupungin maapinta-alasta yhteensä noin 55 %.

Helsingin pinta-alasta on jopa

noin 35 % savialuetta. Savikerroksen ja sen päällä olevan liejukerroksen paksuus on enimmäkseen jopa 40 metriä Vanhankaupungin selällä. Savi on erittäin pehmeää ja sen vesipitoisuus on tavallisesti $w = 70 \dots 120 \%$ kuivapainosta sekä leikkauslujuus $s = 0,7 \dots 2,0 \text{ t/m}^2$. Saven yläosaan on muodostunut yleensä ainoastaan ohut noin 0,5 metrin paksuinen kuivakuorikerros. Saven yläosassa oleva liejukerros on lujuus- ja kantavuusominaisuuksiltaan vielä saveakin heikompaa. Turvealueita on kaupungin alueella ainoastaan muutamia, joista merkittävin on Tattarisuo.

Kaupungin alueella on runsaasti vanhoja täyttöalueita, jotka sijaitsevat usein savialueiden päällä. Saven päälle ajatun louhemateriaalin lohkariekat ovat tunkeutuneet savikerroksen sisään. Rakennusten paaluttaminen on muodostunut tällaisella alueella myös



Kuva 1. Louhemassat painuvat saven sisään, jolloin paalujen lyönti on tällaisilla paikoilla erityisen vaikeata.



Kuva 2. Savimassa valuu täyttöpaiikalla auton lavalta.



Kuva 3. Savimassa valuu täyttöpaiikalla nestemäisenä ja asettuu lähes vaakasuoraan tasoon.

hemmin erittäin vaikeaksi (kuva 1).

Kallionpinta on Helsingin alueella ylimmillään tasolla +61.00 ja alimmillaan tasolla noin -50.00. Kallionpinnan korkeuserot eivät ole erityisen suuret, mutta vaihtelut ovat usein erittäin jyrkkäpiirteisiä. Helsingin kallio-perä on pääosaltaan graniittia tai graniittisia seoskiviä eli migmatiittia ja erilaisia liuskeisia kivilajeja. Kallio-perää leikkaavat runsaat ruhje- ja murrosvyöhykkeet, joissa kallio on rikkonaista ja rapautunutta. Muuten kallio-perä on verrattain tervettä, mutta on kuitenkin pintaosastaan tavallisesti varsin runsaasti rakoilevaa.

Maa- ja kallio-perävarat

Kaupunkialueella ei ole juuri lainkaan sora- ja hiekkamuodostumia, joita voitaisiin rakennustoiminnassa käyttää hyväksi (1). Tämän vuoksi sora- ja hiekka-ainekset tuodaan kaupungin rajojen ulkopuolelta. Muitakaan maa-aineksia ei voida laajemmassa mittassa käyttää hyväksi rakennustoiminnassa.

Pohjavesivarastot ovat kaupungin alueella vähäiset ja tyydyttävät ainoastaan pientä ja paikallista veden tarvetta. Varmuusvarastoina on näillä kuitenkin suuri merkitys.

Helsingin kallio-perä sensijaan antaa vielä runsaasti erilaisia mahdollisuuksia rakennustoiminnalle. Kallio-perää tullaan entistä enemmän ottamaan käyttöön, jolloin metron ja väestönsuojien lisäksi rakennetaan kallioon runsaasti muitakin tiloja esim. öljysäiliöitä, erilaisia tunneleita, pysäköintilaitoksia, voima-asemia ja kalliosiloja. Kalliotilojen rakentamisen seurauksena pohjaveden pinta voi näillä alueilla laskea, mi-

kä puolestaan voi aiheuttaa mm. maanpinnan painumista savialueilla, puupaalujen lahoamista sekä kallio-akasvillisuuden tuhoutumista.

Kalliotiloista saadaan runsaasti louhetta, jota murskaamalla voidaan käyttää soran ja hiekan asemasta rakennusmateriaalina. Murskauskustannusten nousu on kuitenkin jarruttanut tätä kehitystä. Toisaalta taas sora-ainesten hinnat on pystytty pitämään verrattain vakaina osaksi kuljetuskaluston myönteisen kehityksen ja osaksi pitkäaikaisten kuljetussovimusten vaikutuksesta.

Yleisesti voidaan todeta, että se mikä maaperävaroista Helsingissä puuttuu, on mahdollista saada takaisin kallio-perävaroina, jotka ovat vielä suurelta osalta käyttämättä.

Siirrettävät massamäärät

Pohjarakennustyöt sekä maan-alainen rakentaminen lisääntyvät jatkuvasti voimakkaasti kaupungin alueella. Erityisesti kallio-perää tullaan entistä enemmän ottamaan käyttöön. Helsingin alueella on pohjaolosuhteiltaan edulliset, kantavat rakennusmaat otettu jo suurelta osalta käyttöön, jolloin rakennustoiminta tulee suuntautumaan entistä enemmän pehmeille savialueille. Näin olleen rakennustoiminnassa joudutaan käsittelemään entistä enemmän kalliomassoja sekä pehmeitä savimassoja.

Louhintamäärä oli Helsingin kaupungin alueella vuonna 1970 vähintään 400 000 k-m³. Vuotuinen kasvu on noin 10 %. Vuonna 1975 olisi louhintamäärä vähintään 600 000 k-m³ ilman Päijänne-tunnelihanketta. Helsingin kaupungilla on alkanut tai on alkamassa erittäin suuria kalliorakennuskohteita, mm. metron I-

vaiheen rakennustyöt noin 500 000 k-m³, Itä-Pasilan louhinnat noin 400 000 k-m³, puhdistettujen jätevesien Katajaluotoon johtava tunnelijärjestelmä noin 550 000 k-m³, Päijänne-tunneli-hanke noin 2 000 000 k-m³ ja Sähkölaitoksen toisen öljyluolaston louhinnat noin 320 000 k-m³, jne.

Louhittua kalliomassaa käytetään sepelin ja murskeiden valmistamiseen sekä pengermateriaaliksi piha- ja katualueilla. Sattamalaitoksen rantatäyttöihin sijoitetaan kalliomassoja vuonna 1971 tehdyn selvityksen (2) mukaan noin 200 000 — 300 000 i-m³ vuodessa. Pieni osa kalliomassoista sijoitetaan myös muille täyttöpaikoille.

Uusien aluerakennuskohteiden, katujen ja rautateiden rakentamisen seurauksena kaivetaan saman selvityksen (2) mukaan vuosittain hieta-, hiekka- ja moreenimassoja noin 400 000 k-m³ sekä savimassoja noin 300 000 k-m³.

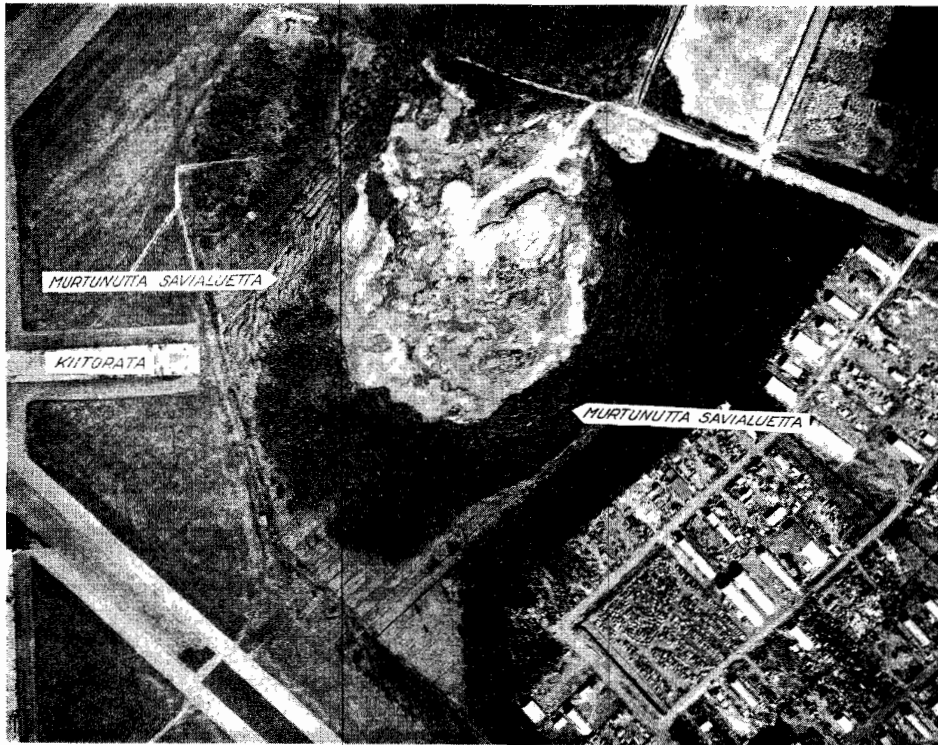
Hieta-, hiekka- ja moreenimassoja voidaan käyttää piha- ja katualueiden rakentamisessa. Osa näistäkin massoista ajetaan kuitenkin täyttöpaikoille, jotta savimassojen vastaanotto olisi täyttöpaikoilla mahdollista.

Sen sijaan savimassoja ei voida käyttää rakentamistarkoitukseen, vaan nämä joudutaan sijoittamaan täyttöpaikoille. Osaksi niitä voidaan kuitenkin käyttää jätteen kaatopaikoilla peittomana.

Täyttöpaikoille joudutaan siirtämään Helsingissä vuosittain yhteensä noin 800 000 — 1 000 000 i-m³ erilaisia massoja.

Massojen sijoitus

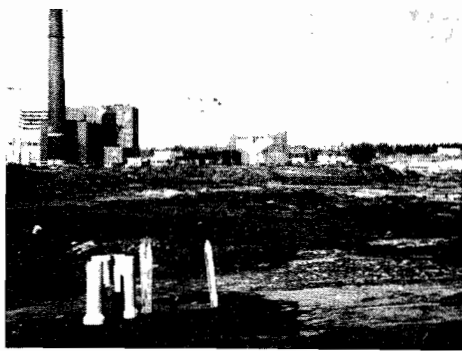
Edellä esitetty massamäärät eivät tunnu tien rakentajasta erityisen suurilta. Helsingin alueel-



Kuva 4. Tattarisuon täyttöpaiikka v. 1967 Malmilla. Kun massoja ajettiin täyttöpaiikalle liikaa, maapohja murtui ja savimassa "aaltoili" 100...200 metrin etäisyydelle.



Kuva 5. Tattarisuon täyttöpaiikan murtunut savi"aalto" ulottui lähes lentokentälle asti.



Kuva 6. Kyläsaaren sortunutta rantaa. Matalakin rantatäyttö voi sortua, jos pohjamaa on erityisen pehmeää ja täyttösuunnitelmaa ei ole tehty.



Kuva 7. Paloheinän täyttömäki v. 1970. Maapohja on kestänyt täyttömäen painon ja mäen luiskat (kaltevuus < 30 %) ovat pysyneet täytön jälkeen paikoillaan.



Kuva 8. Paloheinän täyttömäki v. 1970. Täyttömäen kokonaiskorkeus 33 metriä. Maisemanhoidollinen käsittely vielä tekemättä.

la ei kuitenkaan enää ole riittävästi täyttöpaiikkoja, joihin nämä massat voitaisiin vaivattomasti sijoittaa.

Erityisesti savimassojen siirtäminen ja sijoittaminen on vaikeata. Kuljetettaessa savea auton lavalla ahtailla kaduilla, ne valuvat helposti kadulle, jolloin jälkien puhdistaminen on varsin vaivalloista. Kun savimassa kaadetaan täyttöpaiikalla auton lavalta, se saattaa valua jopa 200 metriä nestemäisenä, kunnes asettuu lähes vaakasuoraan tasoon. (kuvat 2 ja 3). Näin ollen savimassa voidaan yleensä sijoittaa pelkästään penkereillä reunustettuihin altaisiin, jolloin tarvittava maanpinta-ala muodostuu erittäin suureksi.

Aikaisemmin ajettiin maamassoja täyttöpaiikalle ilman erityistä suunnitelmaa. Jos täyttöpaiikka sattui olemaan savialueella, syntyi täytön loppuvaiheessa alueella pahoja sortumia, kun maamassoja oli tullut paikalle liikaa (kuvat 4 ja 5).

Savialueilla voidaan suorittaa tavallisesti vain matalaa täyttöä, missä täytön korkeus on enintään 2...3 metriä. Mutta matalakin täyttö voi epäonnistua, jos pohjamaa on erityisen pehmeä, kuten Vanhankaupungin selän ranta-alueilla (kuva 6).

Viime vuosina on täyttöalueita ruvettu entistä enemmän suunnittelemaan. Täyttöpaiikat on pyritty sijoittamaan geoteknisten maaperäkartojen perusteella kantaville alueille tai "kovareunaisille" painanneosille, missä täyttömäen vakavuus on turvattu. Tällöin on pystytty rakentamaan varsin suuriakin täyttömäkiä, esim. Paloheinän täyttömäki (kuvat 7 ja 8), missä täytön korkeus on 33 metriä ja mäen tilavuus noin 2 000 000 m³.

Kaupungin alueella on nykyisin

avoinna 10 ... 15 täyttöpaikkaa. Moniin niistä mahtuu vain vähän massoja. Muutamat ovat pehmeillä ranta-alueilla, jolloin sinne tarvitaan aluksi tie- ja reunapengerrakenteet, ennenkuin niitä voidaan ottaa käyttöön.

Yleensä täyttöpaikat sijaitsevat vielä kaukana rakennuskohteista, jolloin ajomatkat voivat olla 10 ... 15 km. Vilkkaasti liikennöidyillä kaduilla kuljetuskustannukset muodostuvat kohtuuttoman korkeiksi ja häiriöitä syntyy muulle liikenteelle.

Täyttöpaikan suunnittelu ja rakentaminen

Täyttöpaikan avoinna pitäminen edellyttää huolellista täyttöpaikan valintaa, täytön etukäteissuunnittelua ja täyttötyön yksityiskohtaista valvontaa ja ohjaamista, mikäli halutaan kunnollista lopputulosta.

Täyttömäen suunnittelu on maisemasuunnittelijan ja täyttöteknillisen suunnittelijan (tavallisesti geoteknillinen suunnittelija) yhteistyötä.

Maisemasuunnittelija laatii täyttömäen muodon (korkeuskäyrät) valitun käyttötarkoituksen mukaisesti sekä tekee pinnan yksityiskohtaisen maisemahoidollisen suunnitelman. Täyttöteknillinen suunnittelija selvittää aluksi pohjatutkimuksiin perustuen suunnittelun täyttöalueen pohjaolosuhteet, määrittää pohjaolosuhteiden mukaan täyttömäen luisukan kaltevuudet ja kokonaiskorkeuden ja tekee täyttöteknillisen suunnitelman erilaisten maamassojen sijoittamisesta alueelle siten, että täyttömäki pysyy luotettavasti koossa. Maisemasuunnittelijan ja täyttöteknillisen suunnittelijan tulee laatia myös täyttöpaikan vesitaloudesta suunnitelma, sillä alueen pintavesien lunnontilainen valumissuunta tavallisesti muuttuu.

Hyvään lopputulokseen pääseminen edellyttää kuitenkin hyvän täyttösuunnitelman lisäksi kaupungin ja maansiirtäjän yhteistyötä täyttötyön aikana.

Kansantaloudelliselta kannalta katsottuna täyttöpaikat pitäisi sijoittaa mahdollisimman lähelle rakentamisen painopistealueita, jotta välttyttäisiin turhilta kuljetuksilta. Täyttöpaikkojen suunnittelua tulisi tarkastella myös seudullisena kysymyksenä. Helsingin seudulla tarvitaan täyttöasioiden hoitamisessa eri kuntien yhteistyötä. Tulisi avata kuntien yhteisiä, laajoja ja hyvin suunniteltuja täyttöpaikkoja, joihin kuljetusetäisyydet rakennuskohteista olisivat kohtuullisia.

Täyttöalueet tulisi varata jo kaavoitusvaiheessa ja rakennussuunnittelussa tulisi pyrkiä massamäärien optimointiin. Lisäksi tulisi järjestää massojen välivastointialueita, joissa esim. nestemäisiä savimassoja voitaisiin kuivata käyttökelpoisempaan muotoon. Täyttöalueet tulisi suunnitella pitkällä tähtäyksellä varsinkin ranta-alueilla, jotta savikerrosten päälle tulevat täyttöalueet ehtisivät painua 5 ... 10 vuotta ennen kuin niille suunnataan muuta rakennustoimintaa.

Täyttöpaikkojen kokonaisvaltaisella suunnittelulla voidaan saavuttaa vielä merkittävää kustannussäästöä kaupungin massatalousongelmissa. Lisäksi täyttömailla voidaan maisemaa rakentaa yhdyskunnan virkistystarpeiden ja ympäristön vaatimusten mukaan.

Tulevaisuuden näkymiä

Helsingin massatalousongelmat näyttävät tulevaisuudessa muo-

dostuvan entistä vaikeammiksi, sillä nykyiset täyttöpaikat ovat lähes täynnä ja uusia ei ole riittävästi.

Kalliotiloja tullaan louhimaan entistä enemmän. Louhetta murskattaneen myös enemmän sepeiksi ja murskeeksi varsinkin mikäli murskaus kalliotiloissa yleistyy. Louheesta voi kohta syntyä pulaa mm. eräissä suunnitelluissa rantatäyttöissä. Hiekka-, hieta- ja moreenimassojen määrä ei ilmeisesti lisäännä nykyisestä.

Savimassojen määrä tulee lisääntymään voimakkaasti. Savimassojen täyttöpaikat loppuvat kaupungin alueella kokonaan, ellei laaja-alaisia uusia täyttöalueita voida avata. Savimassojen määrää voitaisiin vähentää, jos vältetään savialueilla katuleikkausten ja kellaritilojen rakentamista ja pyritään kehittämään perustusmenetelmiä, missä massanvaihtoja ei tarvita.

Täyttöpaikkoja tultaneen suunnittelemaan entistä yksityiskohdaisemmin. Erityisesti täyttöalueiden maisemahoidollinen suunnittelu tulee kehittymään. Myöskin erilaisten täyttömäkien rakentamista tullaan kehittämään.

Täyttöpaikkojen huolellisempi rakentaminen ja maisemahoidollinen käsittely sekä kuljetusmatkojen piteneminen tulevat lisäämään maansiirron kustannuksia kaupungin alueella.

Helsingin massatalousongelmat ovat joka tapauksessa jo nyt niin suuret, ettei niitä voida enää siirtää tulevaisuuteen.

(1) Helsingin kaupungin geoteknillinen toimisto, Geoteknilliset kartat ja niiden käyttäminen, moniste, Helsinki 1973

(2) Helsingin kaupungin rakennusvirasto, Maarakennusmassojen käyttöselvitys Helsingin alueella 1971 ... 1980, julkaisematon raportti, Helsinki 1971