

Pohjaolosuhteiden lisäselvitykset ST-urakoissa

Anssi Lindfors

Opinnäytetyö
Elokuu 2010
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen
Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

LINDFORS ANSSI: Pohjaolosuhteiden lisäselvitykset ST-urakoissa

Opinnäytetyö 42 sivua, liitteet 4 sivua.

Kesäkuu 2011

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää pohjaolosuhteiden lisäselvitysten tarpeellisuus Suunnittele ja toteuta -urakoissa. Taustalla olivat ST-urakoissa havaitut puutteelliset tai virheelliset pohjaolosuhteiden selvitykset, jotka olivat aiheuttaneet lisäkustannuksia ja aikataulullisia viivästyksiä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia pohjaolosuhteiden lisäselvitysten tarpeellisuutta ja laajuutta erilaisissa tapauksissa sekä hankkia kustannuksellista tietoa pohjaolosuhteiden teettämisestä.

Työssä tutkittiin yleiset pohjaolosuhteiden tutkimusmenetelmät sekä selvitetään niiden soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin. Työssä tutkittiin myös ST-urakoiden sopimussuhteita sekä urakan eri osapuolten vastuujakoa. Työssä pyrittiin myös selvittämään vastuunjakoa pohjaolosuhteista tilaajan ja urakoitsijan välillä. Opinnäytetyö on laadittu kirjallisuuden sekä haastattelujen pohjalta. Tutkinnan apuna käytettiin myös kahta Soraset Oy:n urakkaa esimerkkitapauksina: Valtatie 4 ja Valtatie 20. Työn tuloksena saatiin nostettua esille muutamia ongelmakohtia sekä laadittua laskutapa alustaville lisäselvitysten kustannuksille.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu

Tampere University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction engineering

Option of Infraconstruction

LINDFORS ANSSI: Additional examinations of ground conditions in ST-contracts

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 4 pages

July 2011

ABSTRACT

The subject of this thesis was to examine the necessity of additional examinations concerning ground conditions in ST-contracts. The need for this thesis was the incomplete or erroneous reports of ground conditions which had led to additional costs and schedule delays. The purpose of this thesis was to examine the need and scale for additional examinations in different cases and to obtain information about expenses of the additional ground examinations.

This thesis explores the general ground examination methods and their applicability to different situations. The thesis also examines the contractual relations in ST-contracts. This thesis has been prepared on the basis of literature and interviews. Two example cases of Soraset Ltd has been used: Highway 4 and Highway 20. As a result a few trouble spots have been brought up and a calculation platform was made.

SISÄLLYSLUETTELO

1	POHJAOLOSUHTEET	5
1.1	Yleistä pohjaolosuhteista	5
1.2	Pohjaolosuhteiden tutkiminen	5
1.3	Yleissuunnitelma, tiesuunnitelma ja rakennussuunnitelma	8
1.4	Erilaiset maaperätutkimusmenetelmät	12
1.4.1	Yleistä tutkimusmenetelmistä	12
1.4.2	Tierakenteen erityispiirteet	12
1.4.3	Kairaukset ja tutkimukset	13
1.4.4	Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät	19
1.5	Lisäselvitykset pohjarakentamisessa	21
2	URAKAN LASKENTAVAIHE	22
2.1	Yleistä urakan laskentavaiheesta	22
2.2	ST-urakan erityispiirteet	23
2.3	Suunnitelun lähtötiedot ST-urakoissa	24
2.4	Pohjaolosuhteet tarjouspyynnössä ST-urakassa	24
2.5	Tilaajan ja suunnittelijan rooli ST-urakoissa	25
3	VALTATIE 4 TOIVAKKA - VAAJAKOSKI	26
3.1	Yleistä valtatie 4 Toivakka- Vaajakoski urakasta	26
3.2	Valtatie 4 pohjaolosuhteet	27
3.3	Lisäselvitykset pohjaolosuhteisiin	27
4	VALTATIE 20 OULU - KORVENKYLÄ	29
4.1	Yleistä Valtatie 20 Oulu – Korvenkylä urakasta	29
4.2	Pohjaolosuhteet valtatiellä 20	30
4.3	Lisäselvitykset pohjaolosuhteisiin	31
4.4	Haastattelussa ilmenneitä yleisiä huomioita lisäselvityksistä	31
5	POHJAOLOSUHTEIDEN LISÄSELVITYKSET	32
5.1	Pohjaolosuhteiden selvitysten laajuus ST-urakoissa	32
5.2	Yleistä pohjaolosuhteiden lisäselvityksistä ST-urakoissa	32
5.3	Sopimussuhteet ST-urakoissa	33
5.4	Pohjaolosuhteiden lisäselvityksien kustannusrakenne	34
5.5	Lisäselvityksien aikataulullinen vaikutus urakkaan	37
6	YHTEENVETO	38
7	LÄHDELUETTELO	40
8	LIITTEET	42

1 POHJAOLOSUHTEET

1.1 Yleistä pohjaolosuhteista

Pohjaolosuhteiden selvitys sisältää rakennusprojekteissa rakennusalueen kartoituksen, vaaituksen ja varsinaiset pohjatutkimukset. Raimo Jääskeläinen (2009, 234). Kaikki edellä mainitut työt kytkeytyvät toisiinsa, mutta tässä työssä keskitytään pohjatutkimuksiin sekä kartoitukseen.

1.2 Pohjaolosuhteiden tutkiminen

Pohjaolosuhteiden tutkimista tehdään pohjavahvistusten ja pohjarakenteiden suunnittelua varten. Suunnittelua voidaan tehdä yleissuunnitelma-, tiesuunnitelma- tai rakennussuunnitelmatasolla. Rakenteet pyritään suunnittelemaan mahdollisimman edullisiksi. Rakennussuunnitelmien tulee olla niin yksityiskohtaiset, että niiden perusteella rakenne voidaan toteuttaa. (Tiehallinto, Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, 2001, 11).

Pohjaolosuhteiden tutkiminen tehdään suunnitelman mukaisesti ja tulokset esitetään karttoina, leikkauspiirustuksina, tutkimusselostuksina ja selosteina. Pohjatutkimuksia johtaa henkilö joka laatii pohjatutkimuksien ohjelman sekä raportoi tulokset. (Raimo Jääskeläinen, 2009, 236–238).

Pohjatutkimuksien tavoitteena on selvittää rakennuskohteen maaperäolosuhteet niin että varsinaiset rakenteet voidaan luotettavasti suunnitella ja toteuttaa. Tämä edellyttää kohteesta riippuen usein maakerrosten selvittämistä, tiiviin pohjakerroksen tai kallionpinnan tutkimista sekä pohjavedenpinnan selvittämistä. Näillä tiedoilla pystytään mitoittamaan rakenteita kun maaperästä on selvitetty lisäksi laskelmille tarvittavat ominaisuudet kuten: routivuus, vedenläpäisevyys, tilavuuspaino, kitkakulma, leikkauslujuus ja painumaparametrit. Pohjatutkimuksia koordinoidessa selvitetään onko rakennuspaikalta otettu aiemmin tutkimuksia ja voidaanko niitä hyödyntää. (Raimo Jääskeläinen, 2009, 238–239).

Pohjatutkimukset tehnyt osapuoli raportoi saamansa tulokset pohjatutkimusraporttina suunnittelijalle. Raportista ilmenee tutkimuksen suorittaja, käytetty menetelmä ja kalusto, mittauspöytäkirjat, tulosteet sekä laadunvarmistusdokumentit. Laboratoriotutkimukset tekevä organisaatio luovuttaa tutkimustuloksensa myös suunnittelijalle. Geoteknisen suunnittelun tuloksena syntyy pohjarakennussuunnitelma joka sisältää: työselitykset, laatuvaatimukset, esitykset perustamistavasta sekä piirustukset pohjarakenteista ja pohjatutkimustuloksista. (Tiehallinto, 2001, 11–12).

1.3 Yleissuunnitelma, tiesuunnitelma ja rakennussuunnitelma

Tiehankkeiden suunnittelu voidaan jakaa esi-, yleis-, tie- sekä rakennussuunnitteluvaiheisiin. Esisuunnittelua käytetään vain suurissa hankkeissa ja siinä käsitellään vain suuria periaateratkaisuja esimerkiksi tien linjauksen suhteet. Kuvassa 1 on esitetty eri suunnitteluvaiheiden limitys kaavoituksen eri vaiheiden kanssa. (Tiehallinto, geoteknisen suunnittelun vaiheet, 2008, 21- 24).



Kuva 1. Tiesuunnittelun ja maankäytönsuunnittelun eri vaiheet. Liikennevirasto tiesuunnittelun kulku (2010, 8)

Yleissuunnitelman lähtökohtana on usein aikaisemmin laadittu esiselvitys. Tiehankkeen yleissuunnitelma laaditaan aina, mikäli hankkeen vaikutukset eivät ole vähäiset tai hankkeen vaikutuksia ja sijaintia ole jo ratkaistu voimassa olevassa asemakaavassa tai yleiskaavassa. Yleissuunnitelma laaditaan myös aina, mikäli hankkeessa sovelletaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyä annetun lain mukaista YVA arviointimenettelyä. Yleissuunnitelmassa tutkitaan hankkeen vaihtoehdot, määritellään tielinjan likimääräinen sijainti, liikenteelliset ja tekniset perusratkaisut, hankkeen vaikutukset sekä alustava kustannusarvio. (Liikennevirasto, 2010, Yleissuunnittelun toimintaohjeet, 6).

Yleissuunnitelmaa laatiessa tutkitaan maaperä- sekä muiden tutkimusten ja selvitysten tarve ja laajuus. Kohteesta laaditaan tutkimussuunnitelmat. Varsinaisten pohjatutkimusten laajuus riippuu suunnittelukohteesta, usein käytännössä tehdään hyvinkin laajoja pohjatutkimuksia, sillä yleissuunnitelmatasolla suunnitellaan alustavasti merkittävät pohjanvahvistukset sekä pohjarakenteet. Rakennuskustannusten pitää olla määritelty niin tarkasti yleissuunnitelmatasolla, ettei niihin tule merkittäviä nousuja jatkosuunnittelussa. (Tiehallinto, 2001, 12–14).

Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty yleissuunnitelmassa selvittävät pohjasuhdetiedot kun tietty yleissuunnitelma on valittu vaihtoehdoista jatkojalostettavaksi. Taulukossa 3 on esitetty kairauspisteiden määrät ja etäisyydet yleissuunnitelmatasolla.

Taulukko 1. Yleissuunnitelman pohjaselvitysten tarkkuustaso. Tiehallinto, geotekniset tutkimukset ja mittaukset (2008, 44)

Kattavuus	Selvitettävä ominaisuus	Yksityiskohtaisuus	Hankittava olemassa oleva aineisto	Menetelmä
Pohjavesialueet	pohjaveden muodostumisalue ja virtaussuunnat	kyettävä määrittämään vaikutuksen suuruus ja laajuus	vanhat tutkimukset pohjaveden muodostumisalue-tiedot, vanhat tutkimukset	näytteenotto, pohjavesimittaukset, maatutka tai refraktioseisminen luotaus ⁽¹⁾
Rakennettu ympäristö	olemassa olevat rakenteet ja suunniteltavien rakenteiden vaikutus niihin	valitaan vaikutusten selvittämistarpeen mukaan	vanhat tutkimukset, tiedot olemassa olevista rakenteista	valitaan vaikutusten selvittämistarpeen mukaan
Nykyiset tien alusrakenteet	tien alusrakenteiden ja pohjamaan ominaisuudet, kalliopinnan asema ⁽³⁾	kaikki tierakenteet	vanhat tutkimukset	maatutkaluotaus, porakoe-kairaus ja näytteenotto ⁽²⁾
Kalliotunnelit	ehjän kallion pinta, ruhjevyyhykkeet	tunnelien linjat	vanhat tutkimukset maaperäkartat kallioperäkartat topografikartat	porakonekairaus, maatutka- tai refraktioseisminen luotaus ⁽¹⁾
Pilaantuneet maa-alueet	pilaantuneisuus	toimeksiannon mukaan	toimeksiantajan määrittelemä aineisto	riskikartoitus ja havainnot tutkimusten aikana, näytteenotto erikseen sovittaessa
Erityisen vaativiksi tunnistetut maaston kohdat	pohjamaan lujuus, alueellinen ja rakenteen vakavuus	Tiesuunnitelmaa vastaava tarkkuus	vanhat tutkimukset	rakennusosan mukaiset menetelmät

Taulukko 2. Yleissuunnitelman pohjaselvitysten tarkkuustaso. Tiehallinto, geotekniset tutkimukset ja mittaukset (2008, 44)

Kattavuus	Selvitettävä ominaisuus	Tutkimuksen yksityiskohtaisuus	Hankittava olemassa oleva aineisto	Menetelmä
Koko tielinja	geologisten muodostumien sijainti ja yleispiirteet	lähtöaineiston ja havaittavuuden mukaan	YS:n vaihtoehtotarkastelut, maaperäkartat, vanhat tutkimukset	maastokäynnit ja RG - kartoitus
Pehmeikkö-alueet	muodostuman paksuus ja pohjamaan kokoonpuristuvuus	pehmeikkökohtaisesta	vanhat tutkimukset	sähköinen vastusluotaus ⁽¹⁾ ja kokoonpuristuvuus tutkimukset ⁽¹⁾
	turvepehmeikön paksuus	pehmeikkökohtaisesta	vanhat tutkimukset	maatutkaluotaus, näytteenotto, CPTU
	pohjamaan lujuus, rakenteen vakavuus	pehmeikkökohtaisesta	vanhat tutkimukset	siipikairaus
	pohjamaan lujuus, alueellinen vakavuus	pehmeikkökohtaisesta i, kun kalteva topografia	vanhat tutkimukset	siipikairaus
	liikennetärinästä aiheutuva haitta	tunnistettut tai tiedossa olevat ongelmakohdat	viranomaisten tiedot ongelmista, vanhat tutkimukset	kokoonpuristuvuus tutkimus sekä siipikairaus
	pohjaveden esiintyminen, painetaso ja arvio rakentamisen vaikutuksesta	rakentamisen vaikutuksen suuruus ja laajuus	vanhat tutkimukset	näytteenotto, pv mittaukset paino- ja heijarikairaukset
Tieleikkaukset (kantava maa)	kallion pinta	leikkauskohtaisesti massoiltaan merkittävät kohdat	vanhat tutkimukset	porakonekairaus, avokallioiden kartoitus, maatulka- tai refraktioseisminen luotaus ⁽²⁾
	päämaalaji	leikkauskohtaisesti massoiltaan merkittävät kohdat	vanhat tutkimukset	näytteenotto
	vaikutus pohjaveteen	kyettävä määrittämään vaikutuksen suuruus ja laajuus	vanhat tutkimukset	näytteenotto, pv-mittaukset paino- ja heijarikairaukset

Taulukko 3. Yleissuunnitelman pohjaselvitysten kairauksilla tehtävien kenttätutkimusten määrät ja etäisyydet. Tiehallinto, geotekniset tutkimukset ja mittaukset (2008, 44)

Tutkimuksen tarkoitus	Selvitettävä ominaisuus	Tutkimuspisteväli tielinjan pituussuunnassa ⁽¹⁾	Poikkileikkaustutkimus ⁽²⁾	Tutkimuspisteiden lukumäärä / poikkileikkaus ⁽²⁾
Yleistutkimus	maakerrokset	100 (...60) m	1 (...2) kpl / geologien muodostuma	2 (...3) kpl
Nykyiset penkereet	penkereen rakenne ja perustamistapa	200 (...100) m	-	-
Rakenteen vaatima tutkimusmenetelmä	rakennusosan mukainen geotekninen ominaisuus	1 (...3) kpl /rakenne	1 (...2) kpl /rakenne	2 (...3) kpl

Tiesuunnitelmatasolla määritellään hanke yksityiskohtaisesti. Hyväksytyllä tiesuunnitelmalla voidaan ottaa tiealueeseen kuuluvat alueet haltuun ja ryhtyä töihin.

Tiesuunnitelmassa esitetään seuraavat asiat:

- Tien suunta ja poikkileikkausmuoto
- Tiealueen rajat
- Suunnitelman vaikutukset ympäristöön
- Pohjaveden suojaus tarvittaessa
- Maastonmuotoilu
- Kustannusarvio
- Varattavat liitännäisalueet
- Siltapaikat
- Pohjanvahvistukset, pohjarakenteet sekä rakenteiden vaatima tila.

Tämä edellyttää kaikkien rakenteiden yksityiskohtaista suunnittelua ja täten myös usein täydentäviä pohjatutkimuksia yleissuunnitelmatason pohjatutkimuksiin. (Tiehallinto, 2001, 14–16).

Taulukko 4. Tiesuunnitelman pohjaolosuhdetietojen selvitystaso sekä tutkimuspisteiden etäisyydet ja määrät. Tiehallinto, geotekniset tutkimukset ja mittaukset (2008, 46)

Tutkimuksen tarkoitus	Selvitettävä ominaisuus	Tutkimuspisteväli tien pituussuunnassa	Poikkileikkaustutkimus	Tutkimuspisteiden lukumäärä / poikkileikkaus
Pohjaolosuhteet tielinjalla				
Yleistutkimus pohjasuhteiden selvittämiseksi				
Tutkimukset kaikissa olosuhteissa	maakerrokset, kallionpinta	60 (80 ...20) m	80 (100...20) m	1 (...3) kpl
Pohjatutkimusten kohdentaminen				
Tutkimukset kantavalla maalla	rakenteen mukaiset ominaisuudet	60 (...20) m	60 (80...20) m	2 (...4) kpl
Tutkimukset pehmeiköillä	rakenteen mukaiset ominaisuudet	40 (...20) m	40 (...20) m	2 (...4) kpl
Nykyiset penkereet	penkereen rakenne ja perustamistapa	60 (...20) m	60 (80 ...20) m	2 (...3) kpl
Rakenteiden tutkimukset				
Rakenteen tai rakennusosan raja	rajakohdan selvittäminen	20 (...10) m	20 (...10)m	2 (...4) kpl
Rakenteen vaatima tutkimusmenetelmä	rakenteen mukainen geotekninen ominaisuus	40 (60 ...10) m	20 (80...10)m	1 (...3) kpl

Rakennussuunnitelmassa määritellään kohteen lopputulos. ST-urakoissa ST-tiesuunnitelma on rakennussuunnitelmaa vastaavalla tarkkuustasolla. Taulukossa 5 on esitetty rakennussuunnitelmatason ja myös ST-tiesuunnitelmatason pohjatutkimusten määrät ja tavoitteet.

Rakennussuunnitelmassa esitetään:

- Työssä tarvittavat mitat
- Rakennusaineet
- Laatuvaatimukset
- Siltojen rakennustavat.

(Tiehallinto, 2001, 18–19).

Taulukko 5. Rakennussuunnitelma- sekä ST-tiesuunnitelmatason pohjaolosuhteiden tavoitteet sekä määrät ja etäisyydet. Tiehallinto, geotekniset tutkimukset ja mittaukset (2008, 47)

Tutkimuksen tarkoitus	Selvitettävä ominaisuus	Tutkimuspiste- väli tien pituus- suunnassa	Poikkileik- kaustutki- mus	Tutkimus- pisteiden lukumäärä / poikkileik- kaus
Pohjaolosuhteet tielinjalla				
Yleistutkimus pohjasuhteiden selvittämiseksi				
Tutkimukset kaikissa olosuhteissa	maakerrokset, kallionpinta	60 (...20) m	60 (80...20) m	2 (...4) kpl
Pohjatutkimusten kohdentaminen				
Tutkimukset kantavalla maalla	rakenteen mukaiset ominaisuudet	40 (...20) m	40 (...20) m	2 (...4) kpl
Tutkimukset pehmeiköillä	rakenteen mukaiset ominaisuudet	20 m	20 (...10) m	2 (...4) kpl
Nykyiset penkereet	penkereen rakenne ja perustamistapa	40 (...20) m	40 (...20) m	1 (...3) kpl
Rakenteiden tutkimukset				
Rakenteen tai rakennusosan raja	rajakohdan selvittäminen	20 (...10) m	20 (...10)m	2 (...4) kpl
Rakenteen vaatima tutkimusmenetelmä	rakenteen mukainen geotekninen ominaisuus	20 (...10) m	20 (...10)m	1 (...3) kpl

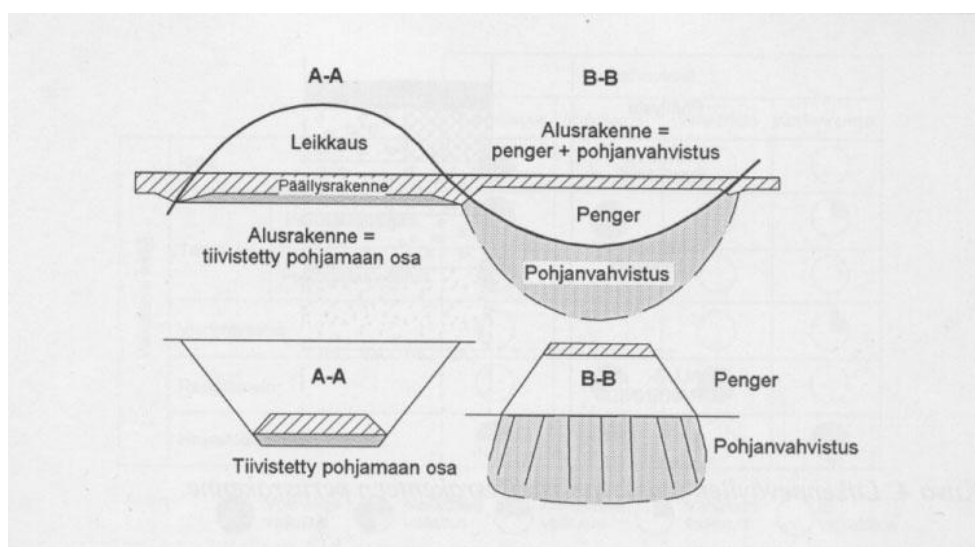
1.4 Erilaiset maaperätutkimusmenetelmät

1.4.1 Yleistä tutkimusmenetelmistä

Maaperää tutkitaan erilaisilla kairausmenetelmillä, näytteillä, pohjavesiputkilla ja geofysikaalisilla menetelmillä. Pohjatutkimukset tehdään tarpeeksi laajassa mittakaavassa, jotta rakenteet voidaan suunnitella liikenneviraston ohjeiden mukaan. Tämä tarkoittaa kohteen geoteknisten yleistietojen selvittämistä alueellisesti syvyysuunnassa sekä mitoittamisen kannalta tarvittavien tietojen hankkimista. (Tiehallinto, Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, 2008, 35).

1.4.2 Tierakenteen erityispiirteet pohjaolosuhteita tutkiessa

Tien linjausta suunnitellessa pituusleikkaukseen syntyy leikkauksia tai pengerryksiä, kuten kuvassa 2 on esitetty.



Kuva 2. Esko Ehrola (1996, 13)

Alusrakenteen tehtävänä on muodostaa tasalaatuinen, kantava ja painumaton alusta kerrokselliselle päällysrakenteelle. Luonnontilaisen pohjamaan kantavuuden ollessa huono joudutaan kantavuuden parannustoimenpiteisiin, joista useimmiten käytetään stabilointia, vahvisteita, massanvaihtoa, kevennysrakenteita, vastapenkereitä tai

paalutusta. Jälkipainaumia hallitaan myös esikuormituksella, ylipengerryksellä, pystyjoituksella tai syvätiivistyksellä. (Esko Ehrola, 1996, 13, 160).

Kalliomassat kasvavat tiehankkeissa yleensä suunnitelmien arvioista, siitä syystä ettei kaikkia kallioesiintymiä ole todettu pohjatutkimuksilla. Tällä voi olla suuria vaikutuksia massatasapainoon. Tyypillistä on että rakennusalueelta löytyy ylimääräisiä kallion kohoumia. (Tielaitos, tieleikkausten pohjatutkimukset, 1995, 34).

1.4.3 Kairaukset ja tutkimukset

Erilaisia kairausmenetelmiä käytetään tarvittavien parametrien mukaan. Alla on esitetty erilaisia kairaus ja tutkimusmenetelmiä sekä niiden lyhenteitä taulukossa 6. (Tiehallinto, Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, 2008, 35 – 36).

Taulukko 6. Erilaiset kairausmenetelmät ja niiden lyhenteet. (Tiehallinto, Geoteknilliset tutkimukset ja mittaukset, 2008, 36).

Tutkimusmenetelmä	Lyhenne
Painokairaus	PA
Siipikairaus	SI
heijarikairaus	HE
Huokospainekairaus (CPTU)	CU
Heijari-puristinkairaus	HP
Porakonekairaus	PO
Pohjaveden pinnankorkeus	VP
Orsiveden mittausputki	VO
Huokosvedenpaineenmittaus	HV
Koekuoppa	KO
Näytteenotto -häiritty	NO
Näytteenotto -häiriintymätön	NE
Laboratoriotutkimukset	LB
Rakeisuuskäyrä	RK

Painokairaus toimii parhaiten eri maakerroksia erottelevana peruskairauksena ja soveltuu savisiin, siltisiin, löyhiin ja keskitiiviisiin kitkamaihin sekä löyhiin moreenimaihin. (Tielaitos, tieleikkauksen pohjatutkimukset, 1995, 22).

Siipikairaus soveltuu pääasiassa hienorakeisten maalajien suljetun leikkauslujuuden määrittämiseen, sillä voidaan myös suuntaa-antavasti määrittellä maan konsolidaatiojännitystä. (Tielaitos, teiden pehmeikkötutkimukset, 1998, 21).

Heijarikairausta käytetään pääsääntöisesti pengerpaalutuksen paalupituuksien tutkimiseen. (Tielaitos, teiden pehmeikkötutkimukset, 1998, 19).

CPTU-kairaus on puristinkairaus jossa on myös huokospainemittaus. Sillä saadaan tietoa maalajirajoista, maaleista, maakerrosten lujuudesta sekä maakerrosten konsolidaatiotilasta. CPTU-kairaus soveltuu käytettäväksi savisissa, silttisissä sekä löyhissä kivettömissä kitkamaissa. (Tielaitos, teiden pehmeikkötutkimukset, 1998, 20).

Heijari-puristinkairaus soveltuu maakerrosten määrittämiseen ja suuntaa-antavana lujuuden sekä tiiveyden määrittämiseen. Sitkeissä ja kovissa savissa puristinheijarikairaus on painokairausta luotettavampi. (Tielaitos, teiden pehmeikkötutkimukset, 1998, 20).

Porakonekairauksella soveltuu kalliopinnan määrittämiseen sekä kallion laadun tutkimiseen. Pehmeiköllä porakonekairausta voidaan hyödyntää häiriintyneiden näytteiden ottamiseen sekä massanvaihdon tarkistamiseen. (Tielaitos, teiden pehmeikkötutkimukset, 1998, 22).

Pohjaveden pinnankorkeus määritetään pohjavesiputkesta joka asennetaan heijari- tai porakonekalustolla. Pohjaveden pinnankorkeutta tutkiessa saadaan myös tietoa pohjavedenpinnan painetasosta sekä tarvittaessa orsivesistä. (Tielaitos, teiden pehmeikkötutkimukset, 1998, 22).

Koekuopista saadaan luotettava kalliopintatieto, kuva maakerrosrajoista, näytteitä, tietoa maan kivisyydestä ja suuntaa-antava tieto pohjavedenpinnan korkeudesta. (Tielaitos, tieleikkauksen pohjatutkimukset, 1995, 25).

Kalliopintaa tutkittaessa on otettava huomioon maakivien esiintyminen, ja täten sopivia tutkimusmenetelmiä ovat kivilohkareen poissulkevat kairaukset. Pääasiallisesti kalliopinnan löytämiseen käytetään porakonekairausta. Tiiviin maakerroksen etsimiseen soveltuvat paino-, heijari- ja tärykairaukset. Huomioitavaa on että porakonekairaus voi

mennä tiiviin pohjan, useimmiten iskostuneen pohjamoreenin, lävitse tunnistamatta maalajimuutosta. (Raimo Jääskeläinen, 2009, 240–241).

Erilaisten kairauksien tulokset esitetään diagrammeissa, joista ammattilainen lukee halutut tiedot. (Raimo Jääskeläinen, 2009, 243- 287).

Taulukko 7. Selvitettävät maaperän ominaisuudet rakennettaessa pengerrykseen erilaisia rakenteita joiden kuormat siirtyvät pohjamaalle. Taulukossa myös määritettäville ominaisuuksille rakennekohtaisesti sopivat tutkimusmenetelmät. (Tiehallinto, Geotekniset mittaukset, 2008, 37).

Maaperän ominaisuus	Rakenne						
	Penger; kuormat pohjamaalle						
(taulukon viitteiden selitykset on esitetty sivulla 40)	maanvarainen kantavala	maanvarainen pehmeiköllä tai muita rakenteita kuormittavat täytöt	vastapenger	esikuormitus	kevennys	lujitteet ja telat	pudotustivisyys
Perustiedot							
Maalaji (päämaalaji)	x	x	x	x	x	x	x
I Kerrosten laajuus; rakenteen vaatimaan syvyyteen H/V)	x	x	x	x	x	x	x
I Kerrosten laajuus; tutkimusmenetelmän mukainen päättymissyvyys H/V)	x	x	x	x	x	x	x
II Pohjaveden korkeustaso	(x)	x	x	x	x	x	x
II Huokosvedenpaine 1)		(x)		(x)	(x)	(x)	
Geotekniset ominaisuudet							
Rakeisuus (raekoko)	(x)	x	x	x	x	x	x
Vesipitoisuus	(x)	x	x	x	x	x	
Humuspitoisuus		x		x	x	x	
Hienousluku, Atterbergin rajat		x		x		x	
Tiheys, tilavuuspaino		x	x	x	x	x	
III Lujuus	□	x	x	x	x	x	
IV Kokoonpuristuvuus	□	x	□	x	x	x	□
IV Vedenläpäisevyys 2)		x		x	(x)	x	□
V Routivuus					(x)	(x)	(x)
Määritettävä ominaisuus	Kenttätutkimusmenetelmät						
I Kokoon puristuvien tai huonosti kantavien kerrosten paksuus		PA, HP, CU	PA, HP, CU	PA, HP, CU	PA, HP, CU	PA, HP, KO	
II Pohjavedenpaineen, orsivedenpinnan ja/tai pohjavedenpinnan mittaus	(VP)	VP, (HV)	VP	VP, HV	VP, HV	VP, HV	VP
I & III Lujuus- ja kantavuusominaisuudet	HP, HE, NO	NE, CU, SI	NO, CU, SI	NE, CU, SI	NE, CU, SI	NE, CU, SI	HP, HE, PA, NO
IV Kokoonpuristuvuus- ja vedenläpäisevyyso ominaisuudet	NO, HP, HE	NE, CU	(NO)	NE, CU	NE, (CU)	NO	NO, HE, HP, PA

Taulukko 8. Selvitettävät maaperän ominaisuudet erilaisille rakenteille rakennettaessa pengerrykseen jonka kuormat siirtyvät pohjarakenteelle tai vahvisteelle. Taulukossa myös määritettäville ominaisuuksille rakennekohtaisesti sopivat tutkimusmenetelmät. (Tiehallinto, Geotekniset mittaukset, 2008, 38).

Maaperän ominaisuus		Rakenne			
		Penger; kuormat pohjarakenteelle tai -vahvistukselle			
		pystyjoitus	syvästabi-lointi	massanvaihto	paalulaatta ja -hatut
(taulukon viitteiden selitykset on esitetty sivulla 40)					
Perustiedot					
	Maalaji (päämaalaji)	x	x	x	x
	Kivilaji, kallion laatu				
	Kivisyys, lohkaraisuus	x	x	x	x
I	Kerrosten laajuus; rakenteen vaatimaan syvyyteen H/V)	x	x	x	x
I	Kerrosten laajuus; tutkimusmenetelmän mukainen päättymissyvyys H/V)	x	(x)	x	x
II	Pohjaveden korkeustaso	x	x	x	(x)
II	Huokosvedenpaine 1)	x			
Geotekniset ominaisuudet					
	Rakeisuus (raekoko)	x	x	x	x
	Vesipitoisuus	x	x	(x)	(x)
	Humuspitoisuus	x	x		
	Hienousluku, Atterbergin rajat	x	x		
	Tiheys, tilavuuspaino	x	x	□	x
III	Leikkauslujuus	x	x	x	x
IV	Kokoonpuristuvuus	x	x	□	□
IV	Vedenläpäisevyys 2)	x	x	□	□
VI	Kemialliset kokeet 3)		x		x
V	Routivuus			(x)	(x)
Määritettävä ominaisuus		Kenttätutkimusmenetelmät			
I	Tavoitetaso tai -syvyys, määrätaso tai -syvyys	CU, PA, HP, NE	CU, PA, HP, NO	HE,HP,(PO),NO,PA	HE,HP,(PO),NO
I	Kokoonpuristuvien tai huonosti kantavien kerrosten paksuus	PA, HP, CU	PA, HP, CU	PA, HP	PA, HP
II	Pohjavedenpaineen, orsivedenpinnan ja/tai pohjavedenpinnan mittaus	VP, HV,VO	VP	VP	VP
III	Lujuus- ja kantavuusominaisuudet	NE, CU, SI	NE, CU, SI	NO, CU, SI	NO, CU, SI
IV	Kokoonpuristuvuus- ja vedenläpäisevyysominaisuudet	NE, CU	NE, CU	NO, CU, NE	NO, CU, NE
VI	Korroosiotutkimus, stabiloituvuustutkimus		NO		NO
V	Routivuus			(NO)	(NO)

Taulukko 9. Selvitettävät maaperän ominaisuudet erilaisille rakenteille rakennettaessa leikkaukseen. Taulukossa myös määritettäville ominaisuuksille rakennekohtaisesti sopivat tutkimusmenetelmät. (Tiehallinto, Geotekniset mittaukset, 2008, 39).

Maaperän ominaisuus		Rakenne						
		Leikkaus						
(taulukon viitteiden selitykset on esitetty sivulla 40)		leikkaus kanta- vassa	leikkaus peh- meikkössä	massanvaihto luiskassa, tuki- penger	syvästabilointi	luiskapaalutus	tukiseinät ja muurit	kaukalot, tiivis- teet
Perustiedot								
	Maalaji (päämaalaji)	x	x	x	x	x	x	x
	Kivilaji, kallion laatu	(x)					x	x
	Kivisyys, lohkaraisuus	x	x	x	x	x	x	x
I	Kerrosten laajuus; rakenteen vaatimaan syvyyteen H/V)	x	x	x	x	x	x	x
I	Kerrosten laajuus; tutkimusmenetelmän mukainen päättymissyvyys H/V)	x	x	(x)	(x)	x	x	x
II	Pohjaveden korkeustaso	x	x	x	x	x	x	x
II	Huokosvedenpaine 1)		(x)			(x)		(x)
Geotekniset ominaisuudet								
	Rakeisuus (raekoko)	x	x	x	x	x	x	x
	Vesipitoisuus	x	x	x	x	x	(x)	x
	Humuspitoisuus				x			
	Hienousluku, Atterbergin rajat		x		x	x		
	Tiheys, tilavuuspaino		x		x	x	x	
III	Leikkauslujuus	□	x	x	x	x	x	x
IV	Kokoonpuristuvuus	□	□	□	x	□		□
IV	Vedenläpäisevyys 2)	□	□	(x)		□	(x)	(x)
VI	Kemialliset kokeet 3)				x	x	x	x
V	Routivuus	x					x	x
Määritettävä ominaisuus		Kenttätutkimusmenetelmät						
I	Tavoitetaso tai -syvyys, määrätaso tai -syvyys	HE, HP, NO, PA		CU, PA, HP, NO	CU, PA, HP, NO	HE, HP, NO, PA		
I	Kokoonpuristuvien tai huonosti kantavien kerrosten paksuus		PA, HP, CU	PA, HP, CU	PA, HP, CU	PA, HP, CU		
II	Pohjavedenpaineen, orsivedenpinnan ja/tai pohjavedenpinnan mitta	VP	VP, (HV)	VP	VP	VP, (HV)	VP	VP, (HV)
III	Lujuus- ja kantavuusominaisuudet	NO, HP, HE	NE, CU, SI	NE, CU, SI	NE, CU, SI	NE, CU, SI	HE, HP, NO, PA	CU,HE, HP,NO, PA
IV	Kokoonpuristuvuus- ja vedenläpäisevyysominaisuudet	(NO)	NO, CU, NE		NO	NO, CU, NE	CU,HE HP,NO PA	CU,HE, HP,NO, PA
VI	Korroosiotutkimus, stabiilituvuustutkimus				NO	NO	NO	
V	Routivuus	NO					NO	NO

Taulukko 10. Selvitettävät maaperän ominaisuudet erilaisille rakenteille. Taulukossa myös määritettäville ominaisuuksille rakennekohtaisesti sopivat tutkimusmenetelmät. (Tiehallinto, Geotekniset mittaukset, 2008, 40).

Maaperän ominaisuus - tnnleissa kallion ominaisuus		Rakenne							
		leikkaus- ja kaivumas- sat; karkearakeiset maat, moreenit	leikkaus- ja kaivumas- sat; eloperäiset ja hie- norakeiset maat	tien päällysrakenne; pohjamaa (ml. penger)	putket, johdot ym.	padot, eroosiosuojauk- set	merkittävät ei-pysyvät rakenteet (tukiseinät)	varusteet (mm. meluai- dat, pylväät, portaalit 6)	kalliotunnelit
(taulukon viitteiden selitykset on esitetty sivulla 40)									
	Perustiedot								
	Maalaji (päämaalaji)	x	x	x 5)	x	x	x	x	x
	Kivilaji, kallion laatu	(x)		(x)					x
	Kivisyys, lohkeaisuus	x	x	x	x	x	x	x	x
I	Kerrosten laajuus; rakenteen vaatimaan syvyyteen H/V)	x	x	x	x	x	x	x	x
I	Kerrosten laajuus; tutkimusmenetelmän mukainen päättymissyvyys H/V)	x	x	(x)	x	x	x	x	x
II	Pohjaveden korkeustaso	x	x	x	x	x	x	x	x
II	Huokosvedenpaine 1)								(x)
	Geotekniset ominaisuudet								
	Rakeisuus (raekoko)	x	x	x 4)	x	x	x	x	
	Vesipitoisuus	x	x	x	x	x	x	x	
	Humuspitoisuus (ja maatumisaste)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)		
	Hienousluku, Atterbergin rajat		x					(x)	
	Tiheys, tilavuuspaino	x	x						
III	Leikkauslujuus		□	□	x	x	x	x	x
IV	Kokoonpuristuvuus		□		(x)	(x)	□	x	
IV	Vedenläpäisevyys 2)		□			x			x
VI	Kemialliset kokeet 3)					(x)	(x)	(x)	
V	Routivuus	x	x	x	(x)	x	(x)	x	
Määritettävä ominaisuus		Kenttätutkimusmenetelmät							
I	Maakerrosten laatu	NO, HE.H P	NO, HE. HP	NO, HE. HP	NO, KO, (PO)	NO, KO, (PO)	NO, KO, (PO)		PO, KL,KN ,KV
I	Kokoonpuristuvien tai huonosti kantavien kerrosten paksuus				PA, HP, CU	PA, HP, CU	PA, HP, CU		
II	Pohjavedenpaineen, orsivedenpinnan ja/tai pohjavedenpinnan mittaus	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP
III	Lujuus- ja kantavuusominaisuudet		(NO)	(NO)	NO, PA, SI	NO, PA, SI	NO, HE, HP, SI	NO, HE, HP, SI	PO, KL, KN, KV
IV	Kokoonpuristuvuus- ja vedenläpäisevyysominaisuudet		(NO)		(NE)	(NE)	(NO)	NE	KV
VI	Korroosiotutkimus, stabiloituvuustutkimus						(NO)	(NO)	
V	Routivuus	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

1.4.4 Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät

Geofysikaalisia mittauksia tehdään pääsääntöisesti tiehankkeen aikaisemmissa suunnitteluvaiheissa. Geofysikaalisten menetelmien ja kairausten sijoittuminen suunnitteluasteille on esitetty kuvassa 3.

ESISUUNNIT- TELU	YLEISSUUN- NITTELU	TIE- JA RAKENNUSSUUNNITTELU
Rakennettavuusselvitys		Väylien rakentamisratkaisut
Geofysikaaliset menetelmät		Kairaukset, näytteet

Kuva 3. Geofysikaalisten menetelmien ja kairausten limittäytyminen eri suunnitteluasteille. Tiehallinto, 47/2006 (2006, 1).

Maatutkaluotaus soveltuu pehmeikkötutkimuksissa turvekerrosten paksuuden määrittämiseen, nykyisten teiden päällystepaksuuden määrittämiseen sekä pengerpaksuuden tutkimiseen, mikäli täyttö ei ole sekoittunut saviseen pohjamaahan. Maatutkan tutka-aalloilla on heikko tunkeutuvuus saviseen maaperään. (Tielaitos, pehmeikköjen pohjatutkimukset, 1998, 17).

Leikkauksissa maatutkaa voidaan hyödyntää kalliopinnan määrittämiseen, maakerrosrajojen määrittämiseen, pohjavedenpinnan määrittämiseen, lohkaroiden toteamiseen, olemassa olevien tierakennekerrosten tutkimiseen, kallioiden eheyden selvittämiseen sekä ympäristötutkimuksiin. Huomattavaa on kuitenkin, että syvyyshavainnot vaativat aina jonkin verran kairauksia tuekseen. (Tielaitos, tieleikkausten pohjatutkimukset, 1995, 19).

Seismisiä luotauksia tehdään tietutkimuksissa kalliopinnan sijainnin sekä pohjavedenpinnan likimääräisen sijainnin määrittämiseksi. Seisminen luotaus soveltuu parhaiten yli 10m maakerroksille jolloin tyypillinen tulokinnan syvyystarkkuus on $\pm 10 - 20 \%$. Alle 10m maakerroksilla on vastaava virhe $\pm 1\text{m}$ luokkaa, joten ohuilla maakerroksilla (<5m) seismisen luotauksen tarkkuus jää huonoksi. Maa-aineksista seismiselle luotaukselle otollisin on hiekka- tai sora-alue. Moreenialueille tyypilliset

ohuet maakerrokset tekevät seismisistä mittauksista kyseisillä alueilla usein hyödyttömiä, mutta mittauksia voidaan käyttää, mikäli tutkimusalueella on paksumpia moreenimuodostumia. Seismisen mittauksen täryaallon lähteenä käytetään räjähdyspanosta tai iskuvasaraa. Routa vaikeuttaa seismisiä tutkimuksia merkittävästi, joten tutkimuksia voidaan tehdä vain kesäaikaan. Seismiset tutkimukset vaativat aina erikoisosaamista tulkinnan osalta ja vaativat tuekseen kairauksia. (Tielaitos, tieleikkauksen pohjatutkimukset, 1995, 20–22).

Gravimetrinen mittaus on ollut pitkään käytössä malmin etsinnässä ja sillä saadaan tutkittua kalliopinnan syvyyttä kallion ja irtomaan tiheyseron perusteella. Mittaus tehdään kannettavalla laitteistolla ja vaaituslaitteella. Mittaus soveltuu yli 10m maakerroksille jolloin päästään kallionpinnan sijainnista suurin piirtein samaan tarkkuusluokkaan kuin seismisillä luotauksilla. Maakerroksien rajoista ei saada tietoa gravimetrisellä mittauksella. Gravimetrinen mittaus vaatii tuekseen kairauksia. (Tielaitos, tieleikkauksen pohjatutkimukset, 1995, 22).

Sähköisellä vastusluotauksella mitataan maalajin sähköistä ominaisvastusjakaumaa ja toimii parhaiten kosteilla mailla, kuten savipehmeiköillä. Sähköisellä vastusluotauksella voidaan tutkia muun muassa pehmeikön rajapinnat sekä kerrostuminen vesipitoisuus. Sähköisellä vastusluotauksella on myös mahdollista tutkia vesipitoisten maakerrosten alapuolisia tiiviitä maakerroksia tai kalliopintaa. (VTT, sähköinen vastusluotaus tien painumalaskennan lähtötietojen hankkimisessa, 2001, 1).

Geofysikaalisia tutkimusmenetelmiä voidaan hyödyntää luotettavasti vain karkearakeisten kerrostumien paksuuksien selvittämiseen. Kallionpintaa geofysikaalisesti tutkittaessa tulee aina suorittaa täydentäviä kairauksia. Sähköisellä vastusluotauksella voidaan myös tutkia savikoiden paksuuksia, mutta kaikkia geofysikaalisia tutkimuksia tulisi käsitellä orientoivina tutkimuksina joiden perusteella määritellään kairausten määrä ja laajuus. Geofysikaalisten mittausten tuloksia tulkittaessa on tulkitsijan ammattitaito tärkeää. On myös varmistuttava ettei mittaushetkellä ole sähkölinjoja, sähköä johtavia maakerroksia tai muita mittauksia vääristäviä tekijöitä. Maatutkauksen ja sähköisen vastusluotauksen sovellettavuusalueita on esitetty taulukossa 11. (Tiehallinto, 47/2006, 16–18).

Taulukko 11. Maatutkan ja sähköisen vastusluotauksen soveltuvuusalueet. (Tiehallinto, 47/2006, 2006, 17).

Tutkittava ominaisuus / Tutkimusmenetelmä	Maatutka	Sähköinen vastusluotaus
Kalliopinta	Tierakenteen alla oleva kallio: soveltuu kallion löytämiseen. Neitseellisessä maastossa kalliopinnan löytäminen riippuu kallion rikkonaisuudesta ja päällä olevasta materiaalista ¹⁾	Moreenipeitteiset kalliot: Saadaan esille tiivis pinta, kairauksin varmistetaan, onko kyseessä moreeni vai kallio, muut maapeitteet: erottuu selvästi
	Kalliopinta pitää aina varmistaa kairauksin	
Karkearakeisen kerrostuman paksuus	Soveltuu hyvin	Ei sovellu
Savikon paksuus	Ei sovellu	Soveltuu hyvin
Turvekerroksen paksuus	Tierakenteen alla oleva turve: suolaus sotkee tulkintoja, ei saada esille rajaa massanvaihdon ja turvekerroksen välillä ²⁾ Neitseellinen maasto: soveltuu hyvin	
Nykyiset tierakenteet	Soveltuu hyvin ³⁾	Ei sovellu

1.5 Lisäselvitykset pohjarakentamisessa

Lisäselvityksillä tarkoitetaan tässä yhteydessä selvityksiä joita tehdään pohjaolosuhteiden ollessa jo rakennesuunnitelmaa edellyttävällä tasolla. Rakennesuunnitelmassa tehdään pohjatutkimukset niin kattavasti, että kaikki rakenteet voidaan suunnitella ja mitoittaa yksityiskohtaisesti. Lisäselvityksiä tehdään, mikäli on aihetta epäillä että tutkimustiedot ovat puutteellisia tai virheellisiä. Lisäselvityksiä voidaan myös tehdä lähtötiedoiksi miettiessä vaihtoehtoisia ratkaisuja rakennussuunnitelmassa esitetyille ratkaisuille. Pohjaolosuhteiden tutkimustiedon puutteellisuus voi johtua liian harvajakoisesta tutkimusten kohdistamisesta tai tutkimusten riittämättömästä määrästä tietyillä kohdilla. Virheellisiä tutkimuksia voi syntyä ammattitaidottomuuden seurauksena tai vääränlaisen tutkimustavan käytöstä tietyllä maaperällä. (Tiehallinto, Geoteknilliset tutkimukset ja mittaukset, 2008, 42–49).

2 URAKAN LASKENTAVAIHE

2.1 Yleistä urakan laskentavaiheesta

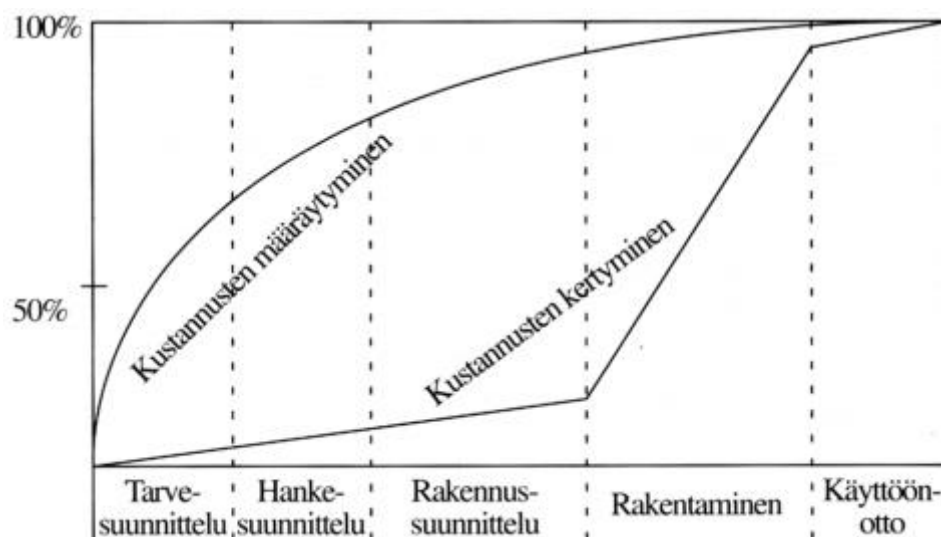
Kustannuslaskennalla pyritään selvittämään tilaajan odotusten tai/ja suunnitelmien mukaisen hankkeen todelliset kustannukset. Tämä sisältää suhdannetilän analysoinnin sekä riskien tunnistamisen. (Ril ry, 2006, 15).

Kustannuslaskentaan ryhdytään tarjouspyynnön pohjalta päätettäessä osallistua tarjouskilpailuun. Tällöin rajataan laskettava kokonaisuus asiakirjoihin perehtymällä ja aloitetaan määrälaskenta, hinnoittelu ja hintatiedustelut. Asiakirjoihin perehtymisellä saadaan kuva suunnitelmien valmiudesta sekä kustannuksiin vaikuttavista asioista, jotka edellyttävät erillisselvitystä. Kustannuslaskenta organisoidaan ja ajoitetaan annettuun aikatauluun. (Ratu, 1998, 37).

Kustannuslaskennan organisoinnissa selvitetään aliurakat ja hankinnat sekä niiden hintatiedustelut, laskentakohteen jako osakohteisiin, määrälaskijoiden työnjako, alustava työsuunnittelu, hinnoittelu, panosten mitoitus, kyselyt epäselvyyksistä ja ristiriitaisuuksista sekä kustannuslaskelman tarkistus. (Ratu, 1998, 39).

Kustannuslaskennan aikana laaditaan muistio havaituista epäselvistä ja huomion arvoisista kohdista. Tämä sisältää muun muassa mahdolliset asiakirjoissa määriteltyjen työtapojen muutokset ja selvitykset hankalista kohteista, poikkeamat suunnitelmista ja urakkarajoista sekä vaikeista työvaiheista joissa on riski lisäykseen työ- ja tarvikemenekkiin tai korotus aliurakkahintaan. Suunnitelmien puutteellisuuteen ja ulkoisiin olosuhteisiin varaudutaan riskivarauksella. (Ratu, 1998, 49).

Infrahankkeissa olosuhdetekijöillä on suuri vaikutus kustannuksiin. Kyseisiä tekijöitä ovat: Pohjaolosuhteet, rakennettu ympäristö, työaika rajoitukset ja ympäristötekijät. Olosuhdetekijät, kuten puutteelliset pohjatutkimukset, kirjataan hankeohjelmaan. Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pitkälti suunnitteluvaiheessa (kuva 4). (Ril, 2006, 17).



Kuva 4, Kustannusten kertyminen urakan aikana (Ril 2006, 17).

2.2 ST-urakan erityispiirteet

ST-urakkalla tarkoitetaan suunnittele ja toteuta urakkaa, jonka perusmalli sisältää rakennesuunnittelun, rakentamisen ja takuuajan velvoitteet. Laaja malli sisältää myös tiesuunnittelun. ST-urakkamuotoa käytetään keskisuurissa, suurissa tai pienien hankkeiden hankenipuissa. ST-urakoissa pyritään urakoitsijan ja suunnittelijan tiiviiseen yhteistyöhön, jolla mahdollistetaan aika- ja/tai kustannusetuja perinteisiin urakointimalleihin verrattuna. ST-urakat ovat liikenneviraston yleisimmin käyttämät hankintamuodot suurissa urakoissa ja tulevat olemaan tiehankkeiden investointien pääurakkamuotoja myös jatkossa. Maksuperusteena ST-urakoissa on yleensä kokonaishinta. ST-urakkaa ohjaa yleiset sopimus ehdot YSE98, sekä sopimuskohtaiset ehdot SKU. (Tiehallinto 2010, 28–29, 50).

ST-urakan erikoisuutena on mahdollisuus innovaatioihin ja muutoksiin alkuperäisistä suunnitelmista tilaajan myötävaikutuksella. ST-urakan luonteeseen kuuluu myös, ettei kaikkia yksityiskohtia ole esitetty suoraan, vaan työhön sisältyy myös suunnittelua. Täten tarjouspyyntöasiakirjoissa ei esitetä kaikkia tarvittavia toimenpiteitä ja tilaajan tahtotilan määrittely on yleispiirteisempi. (Tiehallinto, 2009, 13).

ST-urakoihin laadittava ST-tiesuunnitelma toimii urakoitsijoiden lähtökohtana urakkaa laskettaessa. (Tiehallinto, Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, 2008, 47).

2.3 Suunnittelun lähtötiedot ST-urakoissa

Suunnittelun lähtötietoina käytetään tilaajan laatimaa ST-tiesuunnitelmaa ja siihen laadittuja tutkimuksia sekä täydentäviä tutkimuksia perinteisessä ST-urakkamallissa. (Tiehallinto, 2009, 20–24).

2.4 Pohjaolosuhteet tarjouspyynnössä ST-urakassa

Tilaaja selvittää pohjatutkimuksilla pohjaolosuhteet tiesuunnitelmaa varten ja esittää ne ST-tiesuunnitelmassa. Pohjatutkimusten ja maastomallin tarkkuuden tulisi olla rakennussuunnittelua vastaavalla tasolla ennen urakkatarjousvaihetta. Tilaaja toteaa pohjatutkimusten riittävyyden tarjouksen valmisteluvaiheessa. (Tiehallinto, 2009, 16).

Pohjaolosuhteiden suositeltava tarkkuustaso ST-tiesuunnitelmassa on esitetty Taulukossa 5.

Pohjaolosuhteiden vaikutus urakkaan on suuri. Pohjaolosuhteet ovat tarjousvaiheen suunnittelun kannalta tärkeitä tietoja. Niiden perusteella laaditaan suunnitelmaratkaisut ja massatalous. Pohjaolosuhteiden perusteella valitaan mahdolliset pohjanvahvistustavat. Suunnitteluratkaisut vaikuttavat suoraan urakan tarjoamishintaan. Tilaajan laatimissa pohjaolosuhdetutkimuksissa havaitut puutteet voivat aiheuttaa muutoksia kuten pohjanvahvistusmenetelmän muutoksen tai muutoksia massataloudessa, tällöin tilaaja on korvausvelvollinen. Pohjatutkimusten väärä tulkitseminen urakoitsijan puolelta siirtää vastuun urakoitsijalle. Urakoitsija voi ilmoittaa pohjatutkimusten täydennystarpeesta tilaajalle, mikäli tilaaja tuottaa lisäselvityksiä ovat ne kaikkien tarjoajien käytössä tarjouslaskennassa. Urakoitsija voi teettää omalla kustannuksellaan lisätutkimuksia joiden tiedot ovat urakoitsijan omassa käytössä. (Tiehallinto, 2009, 5-30).

ST-tiesuunnitelmassa on otettu huomioon potentiaalisten vaihtoehtojen toteuttaminen, tutkimukset on tehty niin laajasti, että ainakin yksi vaihtoehtoinen perustamistapa on mahdollista suunnitella annetuilla lähtötiedoilla. (Tiehallinto, 2008, Geotekniset tutkimukset ja mittaukset, 2008, 47).

Sopimuksessa on usein esitetty vastuurakenne pohjaolosuhteiden vaihdellessa, muutos- ja lisätyöt ovat kuitenkin usein neuvottelun aihe urakan edetessä. (Haastattelu, Sami Immonen, 31.3.2011).

Liikennevirasto ei usein anna geofysikaalisten tutkimusten mittaustietoja tulkitsemattomana ST-urakoiden lähtötiedoksi geofysikaalisten tutkimusmenetelmien tulosten tulkinnan vaikeudesta johtuen. (Tiehallinto, 47/2006, 2006, 15).

Lähtötietoina käytetään myös muitakin lähtötietoja kuin tilaajan antamia lähtötietoja. Urakkakohtaisesti selvitetään onko suunnittelun lähtötietoja saatavilla muista lähteistä. Tällöin tietoja tulkitaan omalla vastuulla ja on tiedostettava tapauskohtaisesti mahdolliset riskit. Voi olla että viranomaisilla ei ole käytössä toistensa tutkimustuloksia maaperätutkimuksista. (Haastattelu, Sami Immonen, 31.3.2011).

2.5 Tilaajan ja suunnittelijan rooli ST-urakoissa

Tilaajan toimii urakoitsijan sopimuskumppanina. Tilaajan on kyettävä määrittelemään riittävän tarkasti lähtötietojen määrä ja tarkkuus sekä tarkistettava aiempien suunnitelmien käyttökelpoisuus. (Tiehallinto, 2009, 13).

Tilaaja toteuttaa esi-, yleis-, ja tiesuunnitelmat niiden vaatimassa laajuudessa. Hankkeen toteutusvaiheessa toteuttajan valitsema suunnittelija antaa käytännön tiedot mitä tarvitaan hankkeen toteuttamiseen ja minkälaisia asioita pitää selvittää kustannusten määrittelemiseksi. Suunnittelija määrittelee tarvitsemansa parametrit valitsemiensa rakenteiden valinnan perusteella. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

3 VALTATIE 4 TOIVAKKA-VAAJAKOSKI

3.1 Yleistä valtatie 4 Toivakka - Vaajakoski urakasta

Valtatie 4 Toivakka-Vaajakoski toteutettiin ST-urakkana. Urakkaan kuului uutta 10,5 metriä leveän valtatien rakentamista 22 kilometrin matkalle. Urakkaan sisältyi myös 5 ohituskaistaa, 17 siltaa ja kaidetoita 29 kilometriä. Tarjouskilpailussa hyväksyttäviä tarjouksia saatiin 4 kappaletta, urakan voitti TYL Valtatie 4 sisältäen Soraset oy ja Niska&nyyssonen oy 39 820 000,00 € euron tarjouksella. (Tiehallinto, nettisivut, 10.10.2008).



Kuva 5. Valtatie 4 Toivakka-Vaajakoski urakan sijainti (Valtatie 4 tarjouspyyntöaineisto, 2008).

3.2 Valtatie 4 pohjaolosuhteet

Pohjaolosuhteet rakennettavalla tielinjalla olivat hyvin vaihtelevat. Maanpinta vaihteli tasolla +82...+145 ja maaperä oli pintaosiltaan kivistä ja lohkkareista. Maaperä koostui hiekasta, hiekkamoreenista, siltistä, soraamoreenista ja savesta. Tiealueella oli pehmeikköjä monessa kohtaa. Tieosuudella oli tehty tiesuunnitteluvaiheessa paino-, heijari-, siipi- ja porakonekairauksia sekä otettu häiriintyneitä näytteitä.

(Valtatie 4 tarjouspyyntöaineisto, geoselostus, 2008, 2).

Laskentavaiheessa pohjaolosuhteiden perusteella valittiin rakennekerrokset ja pohjavahvistustoimenpiteet. Tarjouspapereiden perusteella tehtiin riskikartoituksia erityisesti massanvaihtojen kohdalle, mahdolliseen kallionpinnan vaihteluun ei nähty tarvetta varautua erityisesti, sillä määrien muuttuessa merkittävästi vastuu siirtyi tilaajalle puutteellisten lähtötietojen perusteella. Tilaaja laati pohjatutkimukset pistemäisesti ja kalliopinnan huomattavat määrämuutokset korvattiin. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

3.3 Lisäselvitykset pohjaolosuhteisiin

Liikennevirasto teki lisäselvityksiä vanhoihin pohjatutkimustietoihin hankkeen suunnitteluvaiheessa, rakentamisvaiheessa liikennevirasto ei tehnyt lisäselvityksiä lukuun ottamatta lisäselvityksiä pilaantuneisiin maihin, sekä pohjaveden tarkkailuun. Liikenneviraston tahtotila on ollut että tarjouspyyntömateriaalin tiedoilla lähdetään viemään urakkaa eteenpäin ja mahdolliset lähtötietojen poikkeavuudet käsitellään lisä- ja muutostöinä. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Tarjouslaskentavaiheessa Soraset Oy käytti mittausryhmää urakkapaikalla, jolla tarkistettiin tielinjan korot sekä massanvaihtojen laajuudet. Liikenneviraston lähtötiedot osoittautuivat paikkansapitäviksi näihin mittauksiin verrattuna.

(Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Soraset oy teki urakka-aikana omia lisätutkimuksia omasta aloitteestaan, liikennevirasto osallistunut kustannuksiin. Lisätutkimukset olivat luonteeltaan pehmeikön reunan määrittämistä, eli massanvaihdon ulottuman tutkimista, siipikairauksia leikkauslujuuden

määrittämiseksi sekä kallion pinnan määrittelemistä. Lisätutkimusten seurauksena jouduttiin muuttamaan rakenteita ja tämän perusteella esitettiin lisä- ja muutostyötarpeet, joista päästiin sopimukseen. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Urakan aikana haluttiin tarkistaa tiettyjen rakenteiden toimivuus lisäkairauksilla. Kairauksissa oli suuria vaikeuksia päästä massanvaihdon lävitse kalliopintaan asti. Kallion pinnan määrittelemisessä oli vaikeuksia ilmeisesti suurista kivistä johtuen, eikä varsinaista kallion pintaa pystytty määrittämään riittävän tarkasti. Kalliopinnan todettiin olevan osittain vino tien poikkileikkauksessa joten liikenneviraston yksittäisten pisteiden perusteella lasketut kalliomäärät todettiin virheellisiksi ja lisääntyneet kalliomäärät käsiteltiin muutos- ja lisätöinä. Kalliopinnan korkeuden toleranssirajaksi määritettiin 1m, jonka ylittävä todellinen kalliopinta käsiteltiin muutos- ja lisätöinä, laajoilla alueilla tästä saattoi kasvaa suurikin määriä kalliota joka jäi toleranssirajan alapuolelle. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Nelostiellä ei kaikilla kohdin nähty tarpeelliseksi tehdä lisätutkimuksia rakenteen luonteesta johtuen. Pengerkohdista kairattiin massanvaihtokohdat, muille pengerryskohdille tuli paksu louhekerros jolloin lisäkairausten tarvetta ei nähty tarpeelliseksi. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Siltapaikoilla tehtiin lisätutkimuksia joilla huomattiin, ettei kahta siltaa voida perustaa suunnitelmien mukaisesti. Silta 2 oli tiesuunnitelmassa ajateltu perustettavan teräsputkipaaluilla, mutta urakoitsija oli päätenyt vaihtoehtoratkaisuun massanvaihdon muodossa kovan pohjan ollessa massanvaihdolle suotuisalla syvyydellä alkuperäisten dokumenttien mukaan. Myöhemmin sillalla 2 tehtiin lisäselvityksiä siipikairauksen muodossa joilla haluttiin tutkia onko mahdollista massanvaihtoa keventää tai tehdä muita vaihtoehtoisia ratkaisuja. Alkuperäiset tiedot pohjaolosuhteista eivät pitäneet paikkaansa ja massanvaihdon tilalle tehtiin paalulaatta. Silta 7 oli tiesuunnitelmassa ajateltu perustettavan teräsputkipaaluilla, mutta urakoitsija oli päätenyt vaihtoehtoratkaisuun massanvaihdon muodossa. Silta 7 kohdalla massanvaihto epäonnistui väärän kaivutason takia ja massanvaihdon alle jäi ohut pehmeikkökerros. Massanvaihdon valmistuttua alue syvä tiivistettiin, mutta painumaseurannassa ei päästy toleransseihin. Alueella tehtiin porakonekairauksia joista huomattiin, että massanvaihdon alle oli jäänyt savikerrostumia. Tämän seurauksena silta perustettiin

teräsmaalujen varaan. Siltoihin aiheutuneet muutokset käsiteltiin muutostöinä. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Kaikki muutokset rakenteisiin ja massoihin käsiteltiin muutos- ja lisätyöluettelon mukaisesti muutostyömassoina. Lisääntyneet massat käsiteltiin määrämuutoksina.. Lisätöinä käsiteltiin selkeät muutokset alkuperäisiin suunnitelmiin. Sopimuksen mukaiset muutostyöhinnat olivat katteellisia hintoja ja lisääntyneet määrät eivät aiheuttaneet taloudellista rasitetta. Pohjaolosuhteiden paikkansapitämättömyydestä johtuen syntyneisiin epäsuoriin kustannuksiin liikennevirasto ei osallistunut. Epäonnistuneista massanvaihdosta ei saatu lisäkorvausta. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Aikataululliset vaikutukset lisätutkimusten johdosta tapahtuneista työtapamuutoksista ja massansiirroista olivat merkittävät, mutta ne eivät myöhästyttäneet urakkaa. Silta 7 viivästyi noin puoli vuotta alkuperäisistä valmistumissuunnitelmista. Silta 2 myöhästyi noin 3 kuukautta. Lisäaikaa urakkaan ei pyydetty tilaajalta, vaikka lisäaikaa olisi ollut mahdollista hakea ja sitä todennäköisesti olisi saatu. Aikataululliset muutokset koskivat lähinnä työmaan sisäisen aikataulun muutoksia ja lisäresurssien kohdentamista. Pohjatutkimusten puutteellisuudesta johtuen syntyi kuluja urakan aikana noin 3M€ edestä joiden maksajana oli pääosin liikennevirasto. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

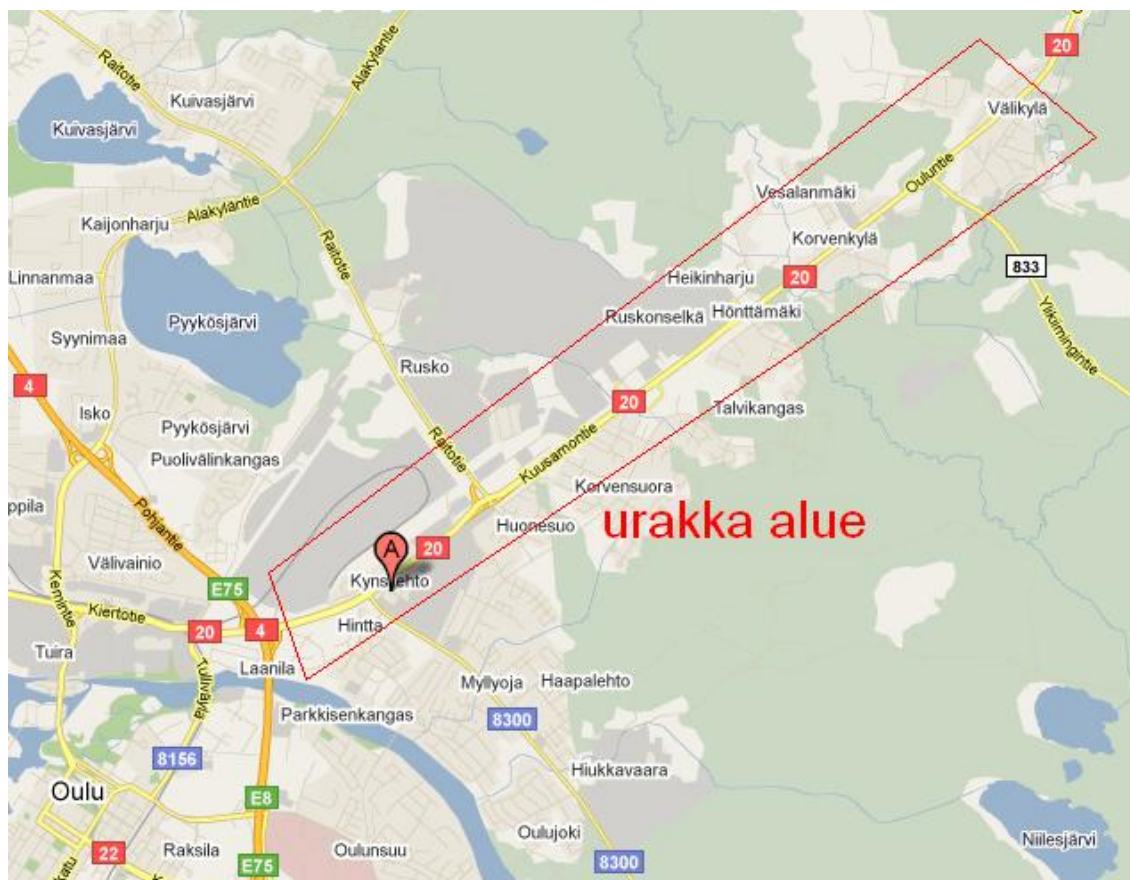
Jälkikäteen ajateltuna liikenneviraston tutkimustulokset olisi pitänyt tarkastaa heti siltapaikoilla. Urakoitsijalle on etua että pohjatutkimukset ovat oikein tehtyjä suurten aikataulullisten merkitysten johdosta. Tuotannollisesti nelostiellä jäätiin plussan puolelle lisäkairauksista ja niiden seurauksista. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

4 VALTATIE 20 OULU - KORVENKYLÄ

4.1 Yleistä valtatie 20

Valtatiellä 20 Oulu-korvenkylä parannettiin nykyistä tietä 5 kilometrin matkalta korkealuokkaiseksi kaupunkiväyläksi. Siltoja urakkaan kuului 24 kappaletta.

Melunsuojauksia tehtiin 7 kilometrin matkalle. Maantie 866 siirrettiin 3 kilometrin matkalta uuteen paikkaan. (Haastattelu, Heimo Tervola 18.4.2011).



Kuva 6. Valtatie 20 Oulu-korvenkylä urakka-alue karkeasti. (Google maps, 2011).

4.2 Pohjaolosuhteet Valtatiellä 20

Valtatie 20 kuului harjumuodostelman lieve alueeseen. Pohjaolosuhteet olivat tasalaatuiset, pääosin hiekkaa ja hiekkamoreenia. Katuosuuksilla oli pehmeikköjä, pääosin savikkoa ja sahanpurupitoista maata. Urakassa tehtiin pohjavahvistustoimenpiteinä massanvaihtoja. Eloperäiset maa-ainekset poistettiin kokonaisuudessaan. Liikennevirasto oli tehnyt alueella painokairauksia sekä heijarikairauksia. Alueella ei esiintynyt kalliota lähellä maanpintaa eikä porakonekairauksia ollut tehty. Erimielisyyksiä pohjaolosuhteiden paikkansapitävyydestä tilaajan kanssa ei ollut. (Haastattelu, Tervola 18.4.2011).

4.3 Lisäselvitykset pohjaolosuhteisiin

Laskentavaiheessa todettiin että tarvetta lisäselvityksille ei ole. Toteutuksen aikana ei paljastunut mitään lähtötiedoista poikkeavaa pohjaolosuhteissa. Lisäselvityksiä ei tarvinnut tehdä urakan aikana ja massanvaihdot sujuivat suunnitellusti. (Haastattelu, Tervola, 18.4.2011).

4.4 Haastattelussa ilmenneitä yleisiä huomioita lisäselvityksistä

Haastattelussa Tervola ilmaisi että laskentavaiheessa tilaajan pitäisi pystyä tuottamaan sellaiset pohjaolosuhdetiedot, joiden pohjalta urakoitsija pystyisi luotettavasti laskemaan ja tekemään urakkaa. Tervola ei näe tarpeelliseksi tehdä lisätutkimuksia kevyin perustein urakan laskentavaiheessa esimerkiksi pehmeikköalueille. (Haastattelu, Tervola, 18.4.2011).

Siltapaikkatutkimuksia voidaan tehdä jälkikäteen, mikäli urakoitsija näkee tarpeelliseksi muuttaa sillan perustamistapaa. Mikäli maastomalli on puutteellinen, niin kallionpintaa voidaan tarkentaa kairauksin. Erityishuomiota Tervola kiinnitti liikenneviraston tapaan ottaa vastuu vain pistemäisistä kairauksistaan jolloin pisteiden väliset massamuutokset jäävät urakoitsijan vastuulle. Tervolan mukaan olisikin hyödyllistä jo urakkasopimusvaiheessa tehdä riskijakoa tilaajan kanssa ja sopia esimerkiksi yksikköhintaisista töistä, mikäli massamuutokset ovat huomattavia. (Haastattelu, Tervola, 18.4.2011).

5 POHJAOLOSUHTEIDEN LISÄSELVITYKSET

5.1 Pohjaolosuhteiden selvitysten laajuus ST-urakoissa

Tutkimusmäärien optimointia ohjaavat ST-urakassa kohdekohtaiset olosuhteet ja arvioidut riskit. Liitteissä 1,2,3 ja 4 on esitetty liikkeenviraston optimi maaperätutkimusmäärät ST-urakoissa. Liitteissä esitetään uudisrakentamisessa käytettävät tutkimuksien tarpeellisuus sekä erilaisten kairausten kairauspisteiden väliset optimietäisyydet tilaajan näkökulmasta. Tutkimukset on jaoteltu pengerrykseen pehmeiköllä, leikkaukseen pehmeiköllä, pengerrykseen kantavalla maalla, leikkaukseen kantavalla maalla sekä siltojen pohjatutkimuksiin. Liitteet 1,2,3 ja 4

Liitteiden 1,2,3 ja 4 mukaiset tutkimusmäärät ovat Sami Immosen mielestä oikeita keskimääräisiä tutkimusmääriä. Tilaaja vastaa usein pistemäisesti tekemistään pohjatutkimuksista urakoissa. Pisteiden välikohdat ovat usein tulkinan alaisia. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Pohjaolosuhteiden selvitysten laajuus tulisi olla vähintään liitteissä 1,2,3 ja 4 esitytetyllä tasolla. Tutkimusten määriä tulee aina tapauskohtaisesti tarkastella riskien mukaan. (Tiehallinto, 47/2006,19–20).

5.2 Yleistä pohjaolosuhteiden lisäselvityksistä ST-urakoissa

Tarjouspyynnön valmisteluvaiheessa tilaaja yrittää selvittää pohjaolosuhteet ST-tiesuunnitelmaa vastaavalle tasolle. Urakan tarjousvaiheessa tai rakentamisvaiheessa saattaa kuitenkin ilmestyä yllättäviä asioita jotka vaativat lisäselvityksiä esimerkiksi pohjaolosuhteisiin. Lisäselvitykset toteutetaan jo olevien selvitysten pohjalta keskittyen havaittuihin mahdollisiin ongelmakohtiin. Urakoitsija voi myös yhdessä suunnittelijan kanssa täydentää annettuja suunnitelmia ja saavuttaa kilpailuetua muihin tarjoajiin nähden sekä kehittää ST-tiesuunnitelmista poikkeavia vaihtoehtoisia ratkaisuja, joihin ST-urakoissa yleensä myös kannustetaan. (Tiehallinto, 26/2009, 2009, 13–16).

Yleistä on, että pohjatutkimuksia on tehty liian vähän ST-tiesuunnitelmaa varten, pohjatutkimusten määrä on pidemminkin normaalin tiesuunnitelman tasoa. Toistuvia lähtötieto puutteita ovat muun muassa näytetietojen vähäisyys, kallionpinnan määrittelyn virheet, siltapaikkojen vähäiset tutkimukset ja lujuus- sekä painumaparametrien määrittelemättömyys. (Tiehallinto, 47/2006, 2006, 7-8).

Yleistä on myös että siltapaikoilla ei ole tehty riittävästi pohjatutkimuksia. Urakoitsija joutuu usein tarkentamaan näitä tutkimuksia. Liitteen 4 mukaiset sillan perustutkimustarpeet olivat laajuudeltaan riittävät Immosen mielestä. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Tilaajan tahtotila pohjaolosuhteiden selvityksiin vaihtelee huomattavasti ST-urakoissa. Tilaaja voi kieltäytyä tekemästä lisäselvityksiä, jolloin urakoitsija joutuu kustantamaan tutkimukset itse. Tilaajan lähtökohtana ST-urakoissa on kuitenkin, ettei tarjoajan tarvitse tehdä lisäselvityksiä itse tarjousvaiheen aikana. Tarjoajia velvoitetaan ilmoittamaan tutkimusten täydennystarpeesta tilaajalle. Tapauksissa, joissa tarjoaja päätyy rakenneratkaisuissa erikoisratkaisuihin siirtää tilaaja erikoistutkimusten laatimisen tarjoajalle. (Tiehallinto, 26/2009, 2006, 25–35).

5.3 Sopimussuhteet ST-urakoissa

ST-urakan sopimusehdoissa määritellään sovellettavat lait ja ehdot. Urakoitsija on velvollinen noudattamaan rakentamismääräyskokoelmia, lakeja, sekä hyvää rakentamistapaa. Laadulliset asiat määritellään infrarakennustyömaissa usein infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2006 mukaan. Yleisesti käytössä ovat rakennustyön yleiset sopimusehdot YSE 98 sekä sopimuskohtaiset urakkaehdot SKU. Lisätyönä YSE 98:ssa jaotellaan työt jotka eivät alun perin kuuluneet urakoitsijan suoritusvelvollisuuteen ja muutostöinä työt jotka aiheutuvat sopimusten mukaisten suunnitelmien muutoksista. Lisä- ja muutostöihin liittyy erilaisia oikeusvaikutuksia. (Ville Laine, lisä- ja muutostyöt rakennusurakassa, 2006, 13–16).

Urakoitsija on velvollinen suorittamaan muutostyöt, mikäli ne eivät oleellisesti muuta työsuorituksen laatua. Lisätöitä urakoitsija ei ole velvollinen suorittamaan suostumuksetta. Lisätyöt ovat sopimusvapauden piirissä ja niiden hinnoittelusta voidaan

sopia tilaajan ja urakoitsijan kesken vapaasti. Urakoitsijalla on oikeus saada muutostöistä kohtuullinen lisäys urakka-aikaan, mikäli muutos vaikuttaa urakka-aikaan pidentävästi. Lisä- ja muutostöistä voidaan sopia jo urakkasopimusta tehdessä laatimalla lisä- ja muutostöille yksikköhintaluettelo jonka perusteella lueteltuja töitä lähdetään tarvittaessa toteuttamaan. (Ville Laine, lisä- ja muutostyöt rakennusurakassa, 2006, 16–20).

Suunnitelmien laatija vastaa niiden toteuttamiskelpoisuudesta. Vastuu suunnitelmien virheellisestä tulkinnasta on niiden tulkitsejalla. Urakoitsijalla on myös velvollisuus havaita ja huomauttaa ilmeisistä virheistä suunnitelmissa. (Ville Laine, lisä- ja muutostyöt rakennusurakassa, 2006, 78).

5.4 Pohjaolosuhteiden lisäselvitysten kustannusrakenne

Soraset Oy:llä ei ole omaa pohjatutkimuskalustoa. Työmailla on usein oma mittamies joka tekee paikalleen mittaukset lisätutkimuksiin ja varsinaiset kairaukset tekee ulkopuolinen urakoitsija. (Haastattelu, Immonen, 31.3.2011).

Pohjatutkimusten kustannusrakenteeseen vaikuttavat suuresti olosuhdetekijät, maaperän laatu, tutkimussyvyys, tutkimustapa, tutkimuskalusto sekä tutkimuksen tekijät. Työsaavutukseen vaikuttaa tutkimuspisteeltä toiselle siirtyminen. Pienissä kohteissa on tutkimuskalusto hyödyllistä valita siten että sillä saadaan suoritettua kaikki alueen tutkimukset. (Tiehallinto, 42/2008, 2008, 7).

Olosuhteet luokitellaan helppoon, keskinkertaiseen ja vaikeaan maaperään. Olosuhteet ovat helpot kun tutkimuspisteet sijaitsevat alle 40m päässä toisistaan ja sijaitsevat helppokulkuisessa maastossa. Keskinkertaiset olosuhteet koostuvat alle 80m päässä sijaitsevista tutkimuspisteistä tai kun kulkemista vaikeuttaa jonkin verran maasto-olosuhteet. Olosuhteet ovat vaikeat kun tutkimuspisteet sijaitsevat 80-200m päässä toisistaan ja kun maasto on vaikeakulkuista. Erittäin vaikeaksi kutsutaan olosuhteita jolloin tutkimuspisteet sijaitsevat yli 200m päässä toisistaan ja kun maasto on erittäin vaikeakulkuista. (Tiehallinto, 42/2008, 7-8).

Työsaavutukset (metriä/työvuoro) tavanomaisella kalustolla on esitetty sivulla 36 Taulukossa 14. Työsaavutukseen sisältyy myös siirtyminen seuraavalla tutkimuspisteelle.

Kustannukset kertyvät varsinaisen tutkimuksen lisäksi tutkimussuunnitelman laatimisesta, tutkimustöiden ohjaamisesta, tutkimuspisteiden paikalleen mittaamisesta, kaluston kuljetuksista, laboratoriotutkimuksia sekä töiden analysoinnista ja raportoinnista. Taulukossa 12 on esitetty mittaustöiden kustannuksia ja työsaavutuksia erilaisissa olosuhteissa. Taulukossa 13 on esitetty kaluston kuljetuskustannuksia kaluston ja kuljetusetäisyyden mukaan. Hinnat sisältävät kuljetuksen edestakaisin. (Tiehallinto, 42/2008, 10).

Taulukko 12. Tutkimuspisteiden mittaustöiden hinnat alv 0 %. Tiehallinto (42/2008, 10).

Olosuhteet	Työsaavutus	Kustannus
	pistettä työvuorossa	€/piste
helpot	70 – 100	6 – 9
keskinkertaiset	40 – 60	10 – 16
vaikeat	20 – 30	20 – 32
erittäin vaikeat	10 – 20	35 – 70

Taulukko 13. Tutkimuskaluston kuljetuksen hinta alv 0 %. Tiehallinto (42/2008, 10).

Kalusto	Etäisyys		
	50 km	100 km	200 km
kevyt kalusto	180 €	280 €	530 €
keskiraskas kalusto	300 €	450 €	800 €
raskas kalusto	350 €	550 €	930 €

Yleisimpien kairauskaluston keskimääräinen tuntihinta on esitetty alla olevassa taulukossa 15. Hinnat ovat Destia oy:n hintoja.

Taulukko 15. Kairauskaluston tuntihinta ulkoa ostettaessa alv 0% (Destia Oy, Pekka Randell).

Kairausmenetelmä	€/h
Painokairaus	87
Heijarikairaus	94
Puristinheijarikairaus	94
CPTU-kairaus	125
Porakonekairaus	187,5
Siipikairaus	87

Kokonaishintaan päästään käsiksi selvittämällä lisätutkimusten laajuuden tarve. Esimerkiksi kohdan 6.5 tapaiset kairaukset mittauksineen tulisivat maksamaan edellä mainituilla tiedoilla 786€. Hinta on suuntaa-antava, ja kaluston kuljetuksia ei laskettu mukaan. Kustannukset kasvavat merkittävästi kairausmenetelmien ja olosuhteiden vaihtuessa. (Taulukko 15, Taulukko 14, Taulukko 12).

5.5 Pohjaolosuhteiden lisäselvitysten aikataulullinen vaikutus urakkaan

Lisäselvityksiä tehtäessä kyseisellä alueella työt keskeytyvät tai viivästyvät mikäli ne on aikataulutettu alkavaksi tai ovat rakenteilla lisäselvitysten aikana. Lisäselvitysten luonteesta ja laajuudesta riippuen työn kesto voi vaihdella. Taulukossa 14 esitettyjen työvuorotehojen perusteella voidaan määritellä työteho. Esimerkiksi helpoissa olosuhteissa painokairattaessa kairausrytymyden ollessa 10-20m savisessa tai silttisessä maastossa lisäselvitysten työteho on 200m/töyvuoro. Tutkimusreikien määrän perusteella saadaan työn kesto. 10 lisätutkimusta tarkoittaa täten noin 1 työvuoron tutkimuksia kyseisissä olosuhteissa. Aikataulullinen viivästys vaihtelee paljon lisätutkimusten ja olosuhteiden luonteesta riippuen. (Taulukko 14).

Urakoitsija on YSE 1998 – ehtojen mukaan oikeutettu saamaan pidennystä urakka-aikaan, mikäli rakennussuunnitelmien muutos vaikuttaa urakka-aikaan pidentävästi. Urakka-ajan lyhentämiseen tapauksissa joissa lisä- tai muutostyöt vähentävät sovittua työtulosta ei löydy tukea YSE 1998 – ehdoista. Urakka-ajan pidentämisvaatimukset on esitettävä kirjallisesti, ennen kuin rakennussuunnitelmia lähdetään muuttamaan. ST-urakoissa sopimuskohtaiset urakkaehdot ottavat yleensä kantaa lisä-, sekä muutostöihin

sekä niiden vaikutuksiin urakassa. (Ville Laine, lisä- ja muutostyöt rakennusurakassa, 2005, 98–99, 111).

6 YHTEENVETO

ST-urakoissa urakoitsijan kannattaa luottaa tilaajan antamiin ST-tiesuunnitelman pohjatutkimustietoihin, mikäli ei ole erityistä syytä olettaa että tutkimukset ovat virheellisiä. Lähtötietojen oikeellisuuden vastuu on niitä laatineella taholla eli ST-tiesuunnitelman osalta liikennevirastolla.

Lähtötietojen kattavuus kannattaa kuitenkin tarkastaa. Lähtötietojen tulisi olla ST-tiesuunnitelmaa vastaavalla tasolla, jotka on esitetty Taulukossa 5. Tarkemmat määrät sekä erikoisrakenteiden optimitutkimusmäärät on esitetty liitteissä 1,2,3 ja 4. Tarkastaa tulisi myös kairausmenetelmien käytön oikeellisuus.

Lisätutkimusten tarvetta ei voida määrittää kuin tapauskohtaisesti jokaiseen urakkaan. Tärkeintä on urakkakohtaisesti kartoittaa mahdolliset riskikohteet. Edellä mainittuja kannattaa lisä kairata, mikäli ilmenee että liikenneviraston pohjatutkimukset ovat vanhoja tai tutkimusväliltään harvajakoisia. Riskikohtia ovat esimerkiksi massanvaihdot joiden kohdalta kallionpinnan korko tulisi tarkastaa noin 20m välein (Liite 1). Huomioitavaa on, että lisätutkimuksia teetettäessä niiden oikeellisuuden vastuu on urakoitsijan.

Vaihtoehtoisia ratkaisuja mietittäessä on hyvä tarkastaa että annetut pohjatutkimustiedot mahdollistavat rakenteen suunnittelun. Suomen maaperämuotojen pienpiirteisyyden vuoksi on kannattavaa tarkastaa harvajakoista tutkimusverkkoa paikallisten jyrkkien olosuhdemuutoksien poissulkemiseksi ja tihentää tutkimuksia tarvittaessa. Erityisesti siltapaikkojen pohjatutkimustuloksiin kannattaa tarkastaa ja tehdä tarvittaessa lisäkairauksia. Mikäli sillan perustamistapaa muutetaan, täytyy kartoittaa lisäselvitysten tarve.

Kalliopinnan tutkimusverkkoa ei ole kannattavaa lähteä omatoimisesti tarkentamaan vaan kallionpinnan muutoksiin tulisi varautua jo sopimuksentekovaiheessa. Liikenneviraston tapa vastata vain omista tutkimuspisteistään jättäen pisteiden välisen matkan urakoitsijan tulkinnan alle tarkoittaa käytännössä sitä että kalliomassoja tulee usein käsiteltäväksi lisä- ja muutostöinä. Sopimukseen tulisi saada merkittyä lisä- ja muutostöiden yksikköhintaluettelon mukainen korvaus lisääntyneistä kalliomassoista. Yksi vaihtoehto voisi olla jonkin kiinteän prosenttiluvun määrittäminen (esim. 10 %) jonka ylittävät kalliomassat alkuperäisen määräluetteloon verrattuna käsiteltäisiin lisä- ja muutostöiden yksikköhintaluettelon mukaisesti. Tällöin kallionpinnan muutoksista aiheutuviin kustannuksiin pystyttäisiin varautumaan entistä paremmin.

Mahdolliset lisätutkimukset tulisi toteuttaa kairauksina. Tutkimusmenetelmät erilaisissa tilanteissa selviävät taulukoista 7,8,9 ja 10. Geofysikaaliset tutkimusmenetelmät antavat vielä liian yleispiirteistä tietoa jotta niitä voitaisiin hyödyntää ST-urakoissa rakennussuunnitelmatasolla. Tämä voi kuitenkin muuttua tulevaisuudessa menetelmien kehittyessä. Mikäli geofysikaalisia tutkimusmenetelmiä käytetään tulisi niiden tulkitsijaksi valita menetelmiin perehtynyt henkilö.

Lisäselvitysten kustannusrakennetta voidaan alustavasti tutkia kohdan 6.4 mukaisesti hyödyntäen taulukoita 12 – 15. Aikataulullinen vaikutus voidaan alustavasti tutkia kohdan 6.5 mukaisesti hyödyntäen taulukkoa 14.

Esimerkiksi 1 kilometrin pituiselle tielle tehtäessä painokairauksia tiiviin pohjakerroksen saavuttamiseksi jaolla k/k 40m (2 pistettä / poikkileikkaus) muodostuu alla mainitulla tavalla. Olosuhteet vallitsevan maaston mukaan esimerkiksi vaikeat, jolloin työsaavutus on savisessa maastossa 10–20 metriin poratessa 120 porametriä työvuorossa. Kokonaisuudessa pisteitä kertyy liikenneviraston optimisuositusten mukaisesti 50 kappaletta. Alustava kustannusrakenne saadaan laskemalla ennuste porametreistä, 50 reiälle tässä tapauksessa noin 1000m. Työvuoroja kertyisi näin 8,3 ja tunteja 66,4. Painokairauksen hintana voidaan käyttää 87€/h jolloin hinnaksi muodostuu noin 5776€.

7 LÄHDELUETTELO

Ahrola Esko, 1996, Liikenneväylien rakennesuunnittelun perusteet

Hartikainen Olli-Pekka, 2002, Tietekniikan perusteet

Jääskeläinen Raimo, 2009, Geotekniikan perusteet

Laine Ville, 2005, Lisä- ja muutostyöt rakennusurakassa

Liikennevirasto, 2010, Yleissuunnittelun toimintaohjeet

RATU, 2006, Rakennushankkeen kustannushallinta

Ril Ry, 2006, Infrarakentamisen kustannushallinta

Suomen geotekninen yhdistys r.y, 1991, maatulvaluotaus

Tiehallinto, 1995, Tieleikkausten pohjatutkimukset

Tiehallinto, 1998, Teiden pehmeikkötutkimukset

Tiehallinto, 2001, Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet

Tiehallinto, 2006, Tiehallinnon selvityksiä 47/2006

Tiehallinto, 2008, Geotekniset tutkimukset ja mittaukset

Tiehallinto, 2008, Pohjatutkimusten työsaavutukset ja kustannukset

Tiehallinto, 2009, ST-urakan lähtötietojen sitovuus, rinnakkaiset tarjoukset ja innovaatiot

Tiehallinto, 2010, Tienpidonhankintastrategia

VTT, 2001, sähköinen vastusluotaus tien painumalaskennan lähtötietojen hankkimisessa

Haastattelu, 31.3.2011, Sami Immonen

Haastattelu, 18.4.2011, Heimo Tervola

8 LIITTEET

Liite 1: Optimi tutkimusmäärät tutkittaessa pengerryksiä pehmeiköllä.

Liite 2: Optimi tutkimusmäärät tutkittaessa leikkauksia pehmeiköllä.

Liite 3: Optimi tutkimusmäärät tutkittaessa pengerryksiä ja leikkauksia kantavalla maalla.

Liite 4: Optimi tutkimusmäärät tutkittaessa siltapaikkoja.

