

Tarjouspyyntövaiheen pohjatutkimusten ja tierakenteiden selvitysten määrän ja laadun optimointi ST -urakoissa

Tiehallinnon selvityksiä 47/2006

ESISUUNNITTELU	YLEISSUUNNITTELU	TIE- JA RAKENNUSSUUNNITTELU	
Rakennettavuus selvitys		Väylien rakentamisratkaisut	
<p>Selvitetään hankkeen toteuttamiskelpoisuus ja kustannustaso</p> <p>Määritetään pidempiaikaista seuranta edellyttävät tutkimukset</p>		<p>Nykyisiä ohjeita noudattaen</p> <p>ST- tarjouspyyntövaiheen suunnitelmalle ohjeet, tutkimusmäärä rakennussuunnitelmavaihetta vastaten</p>	
Geofysikaaliset menetelmät		Kairaukset, näytteet	

**Tarjouspyyntövaiheen pohjatutkimusten ja
tierakenteen selvitysten määrän ja laadun optimointi
ST- urakoissa**

Tiehallinnon selvityksiä 47/2006

ISSN 1457-9871
ISBN 978-951-803-802-6
TIEH 3201023

Verkkojulkaisu pdf (www.tiehallinto.fi/julkaisut)
ISSN 1459-1553
ISBN 978-951-803-803-3
TIEH 3201023-v

Edita Prima Oy
Helsinki 2007



Painotuote

TIEHALLINTO
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 2211

Taina Rantanen, Esa Patjas, Olli Arkima. Tarjouspyyntövaiheen pohjatutkimusten ja rakenneselvitysten määrän ja laadun optimointi ST -urakoissa. Helsinki 2006. Tiehallinto. Tiehallinnon selvityksiä 47/2006, 39 s. + liitt. 12 s. ISSN 1457-9871, ISBN 978-951-803-802-6 (PAI-NETTU) , ISBN 978-951-803-803-3 (PDF), TIEH 3201023.

Asiasanat: urakat, tien suunnittelu, pohjatutkimus, tutkimusmenetelmät, kairaukset, geofysikaaliset menetelmät

Aiheluokka: 61

TIIVISTELMÄ

Tämän selvityksen tavoitteena on terävöittää tiehankkeista vastaaville suunnittelijoille ja suunnitelmien teettäjille tarjousvaiheen pohjatutkimus- ja tierakennetutkimusten määrän ja laadun merkitystä sille, että

- tarjoajan on mahdollista vastata tuotevaatimuksiin ja käyttää tarjousaika mahdollisimman tehokkaasti suunnitteluun ja
- tilaaja osaa arvioida rakennus- ja ylläpito-hankkeiden rahoitustason oikein.

Vuoden 2006 tilanteessa tutkimustietoja on kaikkiaan liian vähän ja osa toteuttamiseen oleellisesti vaikuttavista tutkimuksista puuttuu kokonaan. Lähtötietoaineiston puutteiden syiksi todettiin

- hankintaprosessin kireä aikataulu
- virheellinen oletus, että ST -hankkeissa selvittää vähemmällä lähtötiedoilla kuin muissa hankintamuodoissa.
- tutkimuksia ohjaavia ohjeita on runsaasti, mutta niitä ei ole täsmennetty ST-urakan tarjousvaiheeseen.
- tarjouspyynnön mukana oleva lähtöaineisto on hajallaan ja aineistoon perehtyminen on työlästä.

Selvityksen mukaan tutkimusmääriä ei voida optimoida kustannusten tai määrälaskennoilta vaadittavan tarkkuustason mukaan, vaan niitä ohjaavat kohdekohtaiset olosuhteet. Myöskään SML:n urakointijaostolta saatu kannanotto ei puoltanut optimointia. Tutkimusten kokonaismäärien pitää olla lähellä rakennussuunnitelmalta vaadittavaa tasoa. Tulosta tuki koko ohjausryhmän tahtotila.

Hankkeen toteutuskelpoisuus ja turvallinen toteutus varmistetaan riskikartoituksen avulla. Tutkimuksia vaiheistamalla saadaan tutkimusmääriä vähennettyä ja tutkimustulosten laatua parannettua. Vaiheistus on mahdollista aloittamalla tutkimukset aikaisemmassa suunnitteluvaiheessa.

Geofysikaaliset menetelmät ovat omimmillaan ns. orientoivina tutkimuksina esi- ja yleissuunnitteluvaiheissa, maatulka lisäksi kaikissa suunnitteluvaiheissa nykyrakenteen tutkimuksena. Geofysikaaliset menetelmät eivät voi yksinään olla kustannusten tai laadun määrittämisen peruste, vaan tarvitsevat aina rinnalleen kairauksia ja näytteenottoja.

Selvityksen pohjalta tehdään seuraavat toimenpiteet: Tarjouspyyntövaiheen lähtötietojen sisältö ja esitystavat ohjeistetaan. Ohjeissa kiinnitetään huomiota dokumentointiin, maalaji-, lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksien määrittämiseen sekä tietojen paikkaan sitomiseen. Tutkimusten vaiheistamiseksi ohjeistetaan esi- ja yleissuunnitelmien rakennettavuusselvitykset. Tavoitetilanteessa kaikki tutkimustiedot hallitaan pohjatutkimusrekisterin avulla.

ALKUSANAT

ST -hankkeiden lähtötiedot on todettu puutteellisiksi. Tästä syystä tehtiin selvitys siitä, mitä tutkimustietoja ja missä laajuudessa pohjamaasta ja nykyrakenteista pitää tarjousvaiheessa antaa, että tarjousvaiheen kustannukset saadaan minimoitua ja eri osapuolten riskit hyväksyttävälle tasolle.

Selvityksen kanssa rinnakkaisen osaprojektina laadittiin "Esiselvitys Tiehallinnon pohjatutkimusten säilytyksestä ja jakelusta" (Tiehallinnon selvityksiä 48/2006).

Selvityksen ovat laatineet Sitosta Taina Rantanen, Esa Patjas ja Olli Arkima, lähtötietojen hankinnassa ovat olleet lisäksi mukana Tanja Pesonen ja Jenni Karjalainen. Työssä on saatu arvokasta asiantuntija-apua seuraavilta asiantuntijoilta: Pauli Kolisoja, TTY, Pirjo Kuula-Väisänen, TTY, Jouko Törnqvist, VTT, Mika Silvast, Roadscanners Oy, Annina Mattsson, Tieliikelaitos, Reijo Jokela, Tieliikelaitos.

Ohjausryhmän toimintaan ovat osallistuneet Tiehallinnosta Markku Teppo (puh.joht.), Seppo Toivonen, Pentti Salo (proj.pääll.), Ari Perttu, Heikki Koski, Simo Öljymäki, Matti Ryyänen, Mikko Inkala, SML:stä Tapani Karonen sekä Sitosta Kimmo Fischer ja selvityksen laatijat.

Syyskuussa 2006 järjestettiin seminaari, jossa alustusten ja valmisteltujen kommenttien pohjalta keskusteltiin aiheeseen liittyvistä asioista.

Helsinki, tammikuu 2007

Tiehallinto

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	7
2 LÄHTÖTILANTEEN ANALYSOINTI	7
2.1 Tarjousvaiheen lähtötiedot	7
2.2 Lähtötietojen hankinnan ohjeistus	8
2.3 Suunnittelun ja tutkimusten vaiheistus	9
2.4 Käytetyt tutkimusmenetelmät	9
3 ERI TUTKIMUSMENETELMIEN SOVELTUVUUS, TARKKUUSTASOT11	
3.1 Millaista tarkkuutta maaperätiedoissa voidaan tavoitella	11
3.2 Kairaukset, näytteenotot	13
3.2.1 Soveltuvuusalueista	13
3.2.2 Tarkkuustasosta	14
3.3 Geofysikaaliset menetelmät	15
3.3.1 Yleistä	15
3.3.2 Soveltuvuusalueista	16
3.3.3 Tarkkuustasosta	17
4 TUTKIMUSTEN OPTIMOINTI	19
4.1 Optimointi riskinhallinnan avulla	19
4.2 Tutkimusten vaiheistuksen optimointi	23
4.3 Tutkimuskustannusten optimointi	24
4.4 Määrälaskennan tarkkuusvaatimukseen perustuva optimointi	25
5 SUOSITUS ST-TARJOUSPYYNTÖVAIHEEN LÄHTÖTIEDOIKSI	30
5.1 Pohjamaan tutkimukset	30
5.2 Maa- ja kiviainesten tutkimukset	30
5.3 Nykyisen rakenteen tutkimustiedot	31
5.4 Muu mukaan liitettävä aineisto	32
6 SUOSITUS TUTKIMUSTEN LAADUNHALLINNASTA	32
7 SUOSITUS TUTKIMUSTIETOJEN VARASTOINNISTA	33
8 KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA	34
8.1 Toimenpiteet tilanteessa 2006	34
8.2 Tavoitetila 2010 - 2015	34
9 YHTEENVETO	35
LIITTEET	37

1 JOHDANTO

Tämä selvitys kuvaa ST -hankkeiden lähtötiedoissa havaittuja puutteita, analysoi kyseisten puutteiden syitä sekä esittää niiden poistamiseksi tarvittavia välittömiä toimenpiteitä ja kehityspolkuja.

Selvityksen tarkoitus on terävöittää tiehankkeista vastaaville suunnittelijoille ja suunnitelmien teettäjille pohjatutkimus- ja tierakennetutkimusten määrän ja laadun merkitystä sille, että

- tarvittava rahoitustaso on mahdollista arvioida oikein ja toisaalta suunnitteluhankkeelle asetettavat tavoitteet ovat yhteneviä käytettävissä olevaan rahoitukseen nähden
- tunnistetaan, mitkä tavoitteet on mahdollista kuvata tuotevaatimuksien avulla eli mitkä hankeosat on kannattavaa tilata ST-mallisina, mitkä vaativat rakennussuunnitelman
- ST-hankkeen tarjousvaiheen kustannukset ja riskit saadaan pysymään kohtuullisina sekä urakoitsijalle että tilaajalle
- työnaikaiset ristiriidat saadaan minimoitua.

Tässä raportissa esitetään eri tutkimusmenetelmätyyppien -jaotuksella kairaukset, geofysikaaliset- käyttöä niillä saatavissa olevan tiedon luotettavuuden sekä menetelmien yhteiskäytön näkökulmasta sekä otetaan kantaa tarvittavien tutkimusten määrään. Eri kairaus-, näytteenotto- ja laboratoriotutkimusmenetelmien soveltuvuuteen eri olosuhteissa on sen sijaan löydettävissä ohjeistusta lukuisista erityisohjeista ja sen tyyppisten asioiden katsotaan kuuluvan geosuunnittelijan ammattitaitoon.

2 LÄHTÖTILANTEEN ANALYSOINTI

2.1 Tarjousvaiheen lähtötiedot

Merkittävimpien tarjousvaiheen kustannuksiin ja ratkaisujen vapausasteisiin vaikuttavien kehittämistarpeiden tunnistamiseksi analysoitiin muutamien esimerkkihankkeiden lähtötietoja. Lisäksi koottiin työryhmän jäsenten aikaisemmista hankkeista saamat kokemukset.

Lähtötietotilannetta kartoitettiin lisäksi syyskuussa 2006 pidetyssä seminaarissa, johon osallistui tilaajan ja palveluntuottajien edustajia. Seminaarissa tuli esille pitkälti samoja havaintoja, kuin työryhmä esimerkkihankkeissa havaitsi eli tutkimustietoja on liian vähän. Taso vastaa vanhaa tiesuunnitelmatasoa, eikä ole sillekään riittävä. Haluttu tutkimusmäärä olisi lähellä rakennussuunnitelmatasoa. Lisäksi on puutteita tutkimustulosten laadunhallinnassa ja tarjousaineiston esitystavassa. Lähtötietojen sitovuuteen sekä riskinhallintaan ja -jakoon halutaan nykyistä selkeämmät kannat.

Seuraavassa on kirjattuna yleisimpiä hankkeesta toiseen toistuvia lähtötietopuutteita:

- näytetietoja on liian vähän, mukaan lukien materiaalien ottopaikkojen materiaalitutkimukset
- kalliopinnan määrittämisessä on virheitä, avokallioita ei ole kirjattu
- siltapaikoilla on liian vähän tutkimuksia
- aikaisempia tutkimustietoja ei ole kattavasti mukana
- nykyisen tien perustamistapaa ja rakenteita ei ole selvitetty, selvitykset ovat erityisen tärkeitä tien leventämistapauksissa
- lujuus- ja painumaparametreja ei ole määritetty jne.

Tiehankkeilta on vuosien varrella kertynyt huomattava määrä vanhoja suunnitelmia ja selvityksiä sekä tutkimustietoa, joka ei ole helposti hyödynnettävissä muodossa eikä aina edes löydettävissä. Kyseisen pääoman käyttöön saaminen ja hallinta ovat yksi tämän työn selvityskohteista.

2.2 Lähtötietojen hankinnan ohjeistus

Nykyiset tiehankkeen maaperän ja olemassa olevien rakenteiden tutkimuksia koskevat ohjeet on annettu tie- ja rakennussuunnitteluvaihetta sekä rakenteen parantamisen suunnittelua varten. Ohjeissa ei ole tarkennettu ST-hankkeen tarjouspyyntövaihetta eli käytännössä ST -hankkeen tiesuunnitelmaa.

Pohjatutkimusten ja laboratoriotutkimusten soveltuvuus ja laadullinen määrittely on esitetty melko kattavasti Tiehallinnon ohjeessa "Tiesuunnittelun laatu-järjestelmä, Maastotietojen hankinta, Toimintaohjeet". Tutkimusmääriin ja tutkimusten vaiheistukseen on otettu kantaa ainakin ohjeessa "Tieleikkausten pohjatutkimusohjeet, TIEL 3200354, 1995". Kaikkiaan eri aikoina tehtyjä ohjeita löytyy huomattava määrä. Osassa ohjeita käsitellään tiehanketta kokonaisuutena, osassa vain tiettyä osuutta tiehankkeesta (esim. tieleikkausten pohjatutkimukset). Tämä on osaltaan vaikuttanut siihen, että ohjeiden keskinäinen pätevyysjärjestys ei ole selvä.

Tarjouksen mukana tulevan suunnitteluaineiston esitystapaa tai sisältövaatimuksia ei ole ohjeistettu niin tarkasti, että päästäisiin yhdenmukaiseen muotoon, joka helpottaisi nopeaa suunnitelmiin sisälle pääsyä tarjousvaiheessa eli vähentäisi tarjouskustannuksia ja pienentäisi virhetulkintoja.

Tutkimusten ja geoteknisten laskelmien dokumentointivaatimus on annettu nykyisissä ohjeissa yksiselitteisesti. Jostain syystä dokumentointi on kuitenkin käytännössä puutteellista ja jatkossa se tulisi saada kiinteämmin osaksi suunnitteluprosessia.

Kappaleen 2.1 perusteella on pääteltävissä, että vallitseva käytäntö on ohjautunut siihen suuntaan, että ohjeita ei oteta tosissaan, vaan kuvitellaan, että ST -hankintamuodossa ei tarvitse aina selvittää edes sitä määrää lähtötietoja, mitä aikaisemmin on tiesuunnitelmavaiheessa edellytetty. Tilanne ei vaikuta ainoastaan ST -hankkeen tarjouskustannuksiin, vaan myös tilaajan budjetoinnin oikeellisuuteen sekä tarjoushintoihin.

2.3 Suunnittelun ja tutkimusten vaiheistus

Hankkeen rahoitustaso määritetään yhä aikaisemmassa vaiheessa, joten näiden aikaisten tutkimus- ja selvitysvaiheiden (esisuunnitelma, tarve- ja parantamisselvitys, yleissuunnitelma) tutkimusten tasolla on iso merkitys hankkeen myöhempien vaiheiden kannalta.

Yleissuunnitelmavaiheen aseman vahvistuminen lainvoimaisena asiakirjana edellyttää nykyistä tarkempaa ohjeistusta pohjatutkimusten osalta. Nykyisellään viittaukset rakennettavuuden ja toteuttamiskelpoisuuden selvittämiseen ovat hyvin yleisellä tasolla (Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet TIEH 2100002-01):

Yleis- ja tiesuunnitteluvaiheessa suunnittelun tarkkuus on valittava sellaiseksi, että näissä suunnitteluvaiheissa laaditut arviot kustannuksista, ympäristövaikutuksista ja tiealueen tarpeesta ovat realistisia ja oleellisilta osiltaan pitävät myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

Yleisluonteinen ohje vaatisi tuekseen konkreettisia esimerkkejä siitä, minkä asioiden selvittäminen on kriittistä sen suhteen, että kustannusten ja tiealuetarpeen osalta saavutetaan myöhemmissä suunnitteluvaiheissa pitävät arviot.

Esimerkkejä

Nykyrakenteen leventämismahdollisuus

- Parantamisselvitys: ei rakennetutkimuksia, kustannukset määritetty vain levennysosan rakentamiskustannusten mukaan
- Tiesuunnitelma: rakenteen routivuus tutkittu, rakennetta pitää leikata huomattava määrä leventämisen yhteydessä, kustannukset muuttuvat noin 2-kertaisiksi alkuperäiseen arvioon verrattuna

Leikkaus savikolla

- Esisuunnitelma: ei ole määritetty saven leikkauslujuutta, kustannukset vain leikkaustyön massamäärien mukaan
- Tiesuunnitelma: luiskan päällä olevien rakenteiden pysyvyys edellyttää luiskan tukemista, kustannukset leikkausosuudella 2-3-kertaiset alkuperäiseen arvioon verrattuna

Kaikkiaan pitäisi selkeyttää ja yhtenäistää yleis-, esi-, tarve- ja parantamissuunnitelmien

- nimikkeistö
- sisältö
- tavoitteet rakennettavuuden määrittämisen osalta.

2.4 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Maaperän kerrosrakenteiden tutkimusmenetelmänä käytetään pääsääntöisesti kairauksia. Geofysikaalisia tutkimusmenetelmiä kutsutaan edelleen vuoden 2006 tilanteessa ns. uusiksi menetelmiksi, vaikka ne ovat olleet tunnettuja ja käytettyjä menetelmiä jo vuosikymmeniä. Niistä on vakiintunut maatutka nykyisten rakennekerrosten tutkimuksiin, sähköistä vastusluotausta käytetään vähäisessä määrin pehmeikkötutkimuksiin.

Maanäytteistä tehtäviä määryksiä tarvitaan massojen käyttökelpoisuuden ja geoteknisten mitoituspparametrien määrittämiseen. Näiden osalta ei ole näh-

tävissä korvaavia uusia menetelmiä. Ainoastaan painumien arviointiin on kehitetty sähköiseen vastusluotaukseen perustuvaa menetelmää, jonka kehitystyö on edelleen kesken.

Geofysikaalisten tutkimusmenetelmien soveltuvuusalueista ja saavutettavasta tarkkuustasosta on kentällä ristiriitaisia tietoja johtuen osin vääristä odo- tuksista ja osin vallitseviin olosuhteisiin nähden väärän menetelmän valin- nasta. Kaivataan selkeästi analyttistä tarkastelua ja ohjausta siihen, miten eri menetelmien parhaat hyödyt saadaan irti. Geofysikaalisten menetelmien aineiston käsittelyn vaatima aika ja tutkimusten saatavuus on käytön este usein kireissä aikatauluissa.

Lähtötilanteen analysoinnin pohjalta havaittiin, että puutteellisiin tutkimuksiin vai- kuttaa huomattavasti hankintaprosessi, joka pahimmillaan (kireä aikataulu) rajoit- taa tietojen hankintaa eikä mahdollista esim. tutkimustiedon hyödyntämisen kan- nalta optimaalista tutkimusten vaiheistamista. Samoin niihin vaikuttaa vallitseva käytäntö, jonka mukaan ST –hankkeessa selvitään vähemmillä lähtötiedoilla kuin muissa hankintamuodoissa.

Tarvitaan

- Tutkimusten ohjeistuksen speksaus ST –maailmaan ja ohjeistuksen yhdenmukaisuu- den ja ajantasaisuuden tarkistaminen
- Esitys ST -suunnitelmissa esitettävistä tiedoista
- Vaatus ST -aineistoon mukaan liitettävästä tutkimusten ja laskelmien dokumentoin- nista, raporttien sisältö on määritetty olemassa olevassa ohjeistuksessa
- Esitys vanhojen tietojen liittämistä mukaan aineistoon
- Esi- ja yleissuunnitelmavaiheiden rakennettavuusselvitysten ohjeistus
- Kuvaus geofysikaalisten tutkimusten soveltuvuusalueista

3 ERI TUTKIMUSMENETELMIEN SOVELTUVUUS, TARKKUUSTASOT

3.1 Millaista tarkkuutta maaperätiedoissa voidaan tavoitella

Ennen kuin arvioidaan tarvittavaa tutkimustietojen määrää ja annettavien tietojen sitovuutta on hyvä palauttaa mieleen, millaisella tarkkuus- ja varmuustasolla maaperän ominaisuuksia parhaimmillaankaan voidaan selvittää ja mitkä eri tekijät vaikuttavat tutkimustulosten tarkkuuteen.

Oheiseen taulukkoon on kerätty keskeisten maarakenteiden suunnitteluun ja rakentamiseen vaikuttavien ominaisuuksien määrittämisessä tarvittavat maaperätiedot.

	PAINUMINEN	VAKAVUUS	ROUTIMINEN
Tutkittava tieto	Kerrosrajat, kerrospaksuudet		
	Pohjavesipinta		
	Painumaparametrit	Lujuusominaisuudet	Rakeisuus, tasalaatuisuus
Kriittistä	Tutkimuspisteen edustavuus Muutoskohtien hallinta		

Taulukko 1. Maarakenteiden suunnitteluun ja rakentamiseen vaikuttavien ominaisuuksien tutkimisen osa-alueet.

Pohjamaan kerrosrajojen ja kerrospaksuuksien määrittämistarkkuus

- riippuu oikean tutkimusmenetelmän valinnasta: miten ”herkkä” menetelmä on maalajin ominaisuuksien muutokselle (esimerkiksi ohuiden hiekkakerrosten tunnistaminen silttikerroksessa), tutkimuksen tekemisen ja välineiden laadunhallinnasta, tulosten tulkinnan tarkkuudesta
- kerrosrajan määrittämisessä on mukana aina tulkintaa
- kerrospaksuuden määrittämiseen vaikuttaa kerrosrajan tulkinta, kerrospaksuus vaikuttaa lineaarisesti laskennallisen painuman suuruuteen
- alustavan tulkinnan tekee tiesuunnitelmavaiheen geoteknikko, tarjousvaiheen suunnittelijan pitää voida tarkistaa tulkinta, mikä edellyttää, että aineistossa on mukana alkuperäinen tutkimusaineisto
- omana erikoisalueenaan on kalliopinnan määrittäminen, jossa on huomattava määrä virhelähteitä ja vaikeuksia mittauksen toteuttamisessa jopa silloin, kun kallio on paljastettu

Pohjavesipinnan määrittäminen

- luotettavuus koostuu edustavan ajankohdan määrittämisestä, edustavan tutkimuspisteen määrittämisestä ja käytävissä olevan havaintojakson pituudesta
- tutkimuspisteen tieto kaikilla samanlaisena käytössä, tiesuunnitelmavaiheen geoteknikolla vastuu pohjavesiputken toimivuudesta ja putken asentamisesta oikeaan syvyyteen, tarjousvaiheen suunnittelija voi arvioida ainoastaan mittauspäivän/päivien ajankohdan edustavuutta

Painumaparametrien määrittäminen

- luotettavuus muodostuu edustavien näytenäytteiden valinnasta, oikean näytenottovälineen valinnasta, näyteenoton laadunhallinnasta (laitteet, henkilöstö, kuljetus, varastointi), laboratoriotutkimuksen laadunhallinnas-

ta (näytteen käsittely, oikean tutkimustavan valinta, tutkimuslaitteisto), tutkimustulosten tulkinnasta (esikonsolidaatiojännityksen määrittäminen on kriittistä)

- suuri paino tiesuunnitelmavaiheen geoteknikon asiantuntemuksella, pitää tunnistaa näytteen mahdollinen häiriintyneisyys; tarjousvaiheen suunnittelija voi arvioida ainoastaan parametrien tulkinnan oikeellisuutta
- ei ole aikaa tarkistustutkimuksiin

Rakeisuus

- luotettavuus muodostuu edustavien näytepisteiden valinnasta, oikean näytteenottovälineen valinnasta, näytteenoton ja laboratoriotutkimuksen laadunhallinnasta (laitteet, henkilöstö), oikean laboratoriotutkimuksen valinnasta (pitää tunnistaa tarvitaanko pesuseulonta, suunnittelija määrittää, tarvitaanko routivuuden tutkimiseksi tarkempia tutkimuksia)
- Tiesuunnitelmavaiheen geoteknikko pystyy arvioimaan tulosten luotettavuutta, tarjousvaiheen suunnittelijan pitää voida luottaa tuloksiin

Pohjamaan tasalaatuisuus

- Laskennalliseen routanousuun ja sitä kautta kerrosrakenteiden mitoittamiseen vaikuttava pohjamaakuvaus, jonka määrittämiseen ei ole mitään erillistä tutkimusmenetelmää, vaan se päätellään eri tutkimustiedoista yhdistelemällä => subjektiivinen arvio
- Määritelmä on sidoksissa tien tasaukseen
- Tiesuunnitelmavaiheen geoteknikolla on eniten taustatietoa tehdä päätelmät, tarjousvaiheen suunnittelija voi lähtötietojen perusteella tehdä tarkistuksia

Lujuusominaisuuksien määrittäminen

- luotettavuus muodostuu edustavien tutkimuspisteiden valinnasta, oikean näytteenottovälineen valinnasta, tutkimuksen tekemisen (sekä kenttä- että laboratoriotutkimus) ja välineiden laadunhallinnasta, tulosten tulkinnan tarkkuudesta
- tutkimuspisteen tiedot kaikilla samanlaisena käytössä
- tiesuunnitelmavaiheen geoteknikolla vastuu tutkimuspisteen valinnasta, tarjousvaiheen suunnittelija voi itse tarkistaa käyttämänsä mitoitusparametrit ja mahdollisesti tarvittavat redusoinnit
- tarvittaessa ehditään tehdä tarkistuskairauksia

Kriittistä on tiesuunnitelmavaiheen suunnittelijan asiantuntemus niin, että tutkimuspisteet ja -linjat ja edelleen käytettävät mitoitusparametrit osataan valita tarkasteltavan ominaisuuden kannalta edustavasti. Asiaa on esitetty kaaviossa 1.

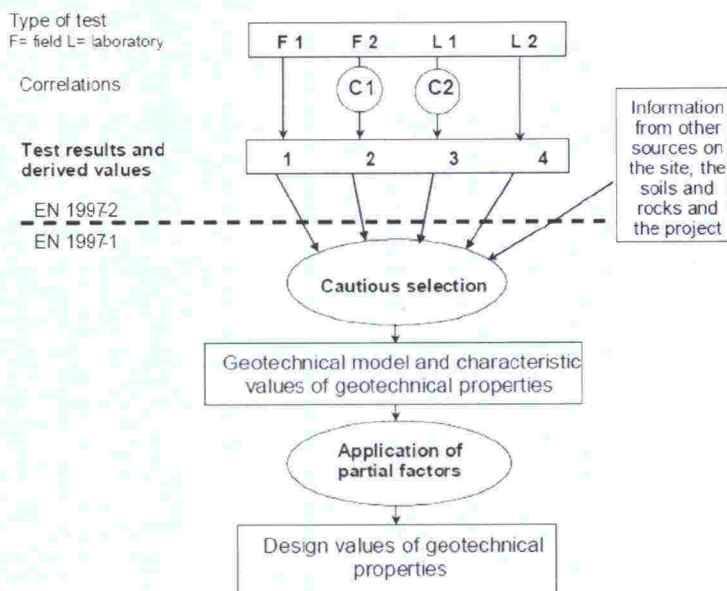


Figure 1.1 — General framework for the selection of derived values of geotechnical properties

Kuva 1: Edustavien suunnitteluparametrien määrittäminen (PrEn 1997-2 Ground investigation and testing).

- Kun puhutaan maaperän ominaisuuksista, pitää lähtökohtaisesti tunnistaa ja hyväksyä tietty epävarmuus tutkimustuloksissa ja sopia asiakohdittaisesti kohtuullinen vastuunjako eri osapuolille.
- Erikseen käsitellään ne tilanteet, joissa tulosten tulkinnessa on asiantuntemattomuudesta (vastoin yleistä vallitsevaa tietämystä) johtuva virhe, joka ei ole tietojen jatkokäyttäjän pääteltävissä (ei ole tarpeeksi taustatietoja tai virhe ei ole ilmeinen). Tällöin vastuun kantaa virheen tekijä.
- Yleisten sopimusehtojen mukaisesti kaikilla osapuolilla on velvollisuus ilmoittaa havaitsemistaan lähtötietovirheistä.

3.2 Kairaukset, näytteenotot

3.2.1 Soveltuvuusalueista

Standardeissa

- SFS-ENV 1997-2 Eurocode 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Laboratoriomenetelmät geoteknisessä suunnittelussa ja
 - SFS-ENV 1997-3 Eurocode 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 3: Kenttäkokeet geoteknisessä suunnittelussa
- esistandardeja, hyväksytyt EN-standardit on tulossa näillä hetkillä

on esitetty Euroopassa käytettyjen kenttätutkimusten (kairausten) ja pohjaveden mittausten soveltuvuus eri pohjamaaluokissa. Standardeissa on myös esitetty laboratorioissa tutkittavien maa- ja kallionäytteiden jako laatuluokkiin (maanäytteet viiteen ja kallionäytteet kolmeen) ja eri laatuluokkaisista näytteistä määritettävissä olevat ominaisuudet tai suunnitteluparametrit.

Tiehallinnon ohjejulkaisuissa

- Tiensuunnittelun laatujärjestelmä, Maastotietojen hankinta, Toimintaohje, 29.1.2002
- Tieleikkausten pohjatutkimukset, Tielaitoksen selvityksiä 79/1995, TIEL 3200354.
- Teiden pehmeikkötutkimukset, Tielaitoksen selvityksiä 28/1998, TIEL 3200520.
- Siltojen pohjatutkimukset, Tielaitoksen selvityksiä 1/1999, TIEL 3200537.

on lisäksi esitetty yksityiskohtaiset kuvaukset kenttätutkimusmenetelmistä ja niiden soveltamisalueista sekä ohjeistettu eri ominaisuuksien määrittämiseen tarvittavat laboratoriokeet.

3.2.2 Tarkkuustasosta

Sijainti

Tutkimusten paikalleen mittauksesta tiehallinnon Maastotietojen hankintaohje, 29.1.2002, määrittää sijaintitarkkuudeksi tasossa $\pm 0,5\text{m}$ ja korkeussuunnassa $\pm 0,1\text{ m}$. Vaatimus pätee myös geofysikaalisille tutkimuksille.

Kairaushavaintojen ja näytteiden syvyytstarkkuutena maanpinnasta mitattuna voidaan pitää $\pm 0,05\text{ m}$, joten kairauksesta määritetyn maalajirajan korkeustiedon tarkkuus on $\pm 0,15\text{ m}$. Kun tähän lisätään vielä sijainnin epätarkkuudesta johtuva mahdollinen korkeustason vaihtelu, niin todellinen määritetty korkeus voi vaihdella jopa $0,5\text{ m}$ ilman, että mitään mittausvirhettä on tehty.

Ohjelmoitaessa porakonekairauksia lopullisten sillan suurpaalujen kohdalle tai muita tutkimuksia hyvin jyrkkäpiirteisessä maastossa, on tarkkuusvaatimuksen oltava tasosijainnin suhteen parempi kuin edellä esitetty $\pm 0,5\text{ m}$. Suurempi tasosijainnin tarkkuusvaatimus on esitettävä pohjatutkimusohjelmassa.

Kairaukset ja näytteenotto

Kairauksissa ja näytteenotossa tulosten luotettavuuteen vaikuttaa kaluston kunto, kairaajan pätevyys ja kokemus sekä olosuhteet.

Kaluston virhelähteistä esimerkiksi vastuskairauksilla kulunut kärki ja vääntyneet tangot aiheuttavat huomattavaa tulosten vääristymistä maaperän tiiviydessä ja tunkeutumistasossa. Kaluston virhelähteenä ovat myös sähköisten antureiden virheet sekä tallennuslaitteiden virheet. Kalustosta aiheutuvat virheet voidaan välttää helposti noudattamalla kairauskalustosta annettuja ohjeita ja kalibroitavaatimuksia.

Kairaajan pätevyydestä ja kokemuksesta (tai sen puutteesta) johtuvia virheitä ovat esimerkiksi väärin valittu näytteenotin, liian kevyt porakone, väärin valittu siipikoko siipikairauksessa ym. Tällöin pahimmassa tapauksessa pohjasuhteista saadaan väärä kuva tai ainakin joudutaan tekemään lisää tarkentavia tutkimuksia.

Nykyisestä tierakenteesta otettavien näytteiden kerrosrajat saadaan määritettyä kierrekairalla n. 5 cm tarkkuudella, putkiottimella kerrosrajat saadaan määritettyä tarkemmin riippuen näytteen ottajan kokemuksesta.

Olosuhteista johtuvia virhelähteitä ovat mm. turvealueilla tehtävät tutkimukset, joissa voi syntyä virheellinen syvyyslukema, kun turve painuu kairavaunun painosta tai maaston jyrkkyyden vuoksi kairavaunu jää vinoon.

Laboratoriotutkimukset

Laboratoriotutkimusten tarkkuus riippuu suoraan näytteenoton laatuluokasta. Uudessa euronormissa on yksilöity ne ominaisuudet tai suunnitteluparametrit, joita voi määrittää eri laatuluokkien näytteistä. Laboratoriokokeiden suoritus sinänsä on ohjeistettu tarkasti uusissa (tulevissa) euronormeissa sekä vanhoissa suomalaisissa ohjeissa. Tässä hetkellä käytössä oleva suomalainen laboratoriotutkimusten ohjeistus on pääasiassa esitetty seuraavissa julkaisuissa:

- Geotekniset laboratorio-ohjeet, GLO-85 (SGY 1985)
- PANK -menetelmät (PANK ry, Kansio)
- SFS-standardit (Suomen Standardisoimisliitto ry)

3.3 Geofysikaaliset menetelmät

3.3.1 Yleistä

Geofysikaaliset menetelmät ovat joukko maaperän eri fysikaalisia ominaisuuksia mittaavia menetelmiä, joiden soveltuvuusalue riippuu mitattavasta fysikaalisesta suureesta. Tarkkuus perustuu mitattavan suureen erotettavissa oleviin (= pystyään mittaamaan) suuruusluokkaeroihin, sen suurempaan tarkkuuteen ei ole mahdollista päästä. Tähän perustuen parhaimmat tarkkuustasot saadaan mitattavalta ominaisuudeltaan toisistaan huomattavasti poikkeavien materiaalien rajapintojen määrittämisessä, esimerkiksi maatulokalla teräsverkkojen erottaminen tierakenteen sisällä.

Tässä keskitytään tiehankkeisiin parhaimmin soveltuviin menetelmiin eli maatulokaluotaukseen ja sähköiseen vastusluotaukseen. Muista menetelmistä mainittakoon gravimetrinen mittaus, joka soveltuu kalliopinnan määrittäisiin paksuenteisillä (karkearakeinen materiaali) alueilla, ja seisminen luotaus, jota voidaan käyttää sora- tai hiekka-alueen kerrospaksuuksien määrittämiseen (lähinnä maanotopaikat).

Tärkeää on, että geofysikaalisten menetelmien tutkimustulokset tulkitsee alan koulutuksen saanut henkilö. Aineistoa ei siis voida liittää tulkitsemattomana ST -hankkeen lähtötiedoksi. Menetelmien yleistymisen voidaan taata ainoastaan lisäämällä yleistä tietämystä eri menetelmien soveltuvuudesta erilaisiin olosuhteisiin sekä tuomalla esille realistiset tarkkuustasot, virhelähteet sekä rinnalla tarvittavat muut tutkimukset. Yleistymisen edellyttää myös, että riittävä määrä alan osaajia saadaan mukaan infrahankkeiden tutkimuksiin.

3.3.2 Soveltuvuusalueista

Maatutkaluotaus

Maatutkaluotauksessa maakerrosrajojen määrittäminen perustuu maaperään lähetettävän sähkösignaalin paluuehjästysaikojen mittaukseen. Heijastus syntyy dielektrisyysvakioiltaan erilaisten materiaalien rajapinnalta. Materiaalin dielektrisyysvakio puolestaan riippuu siinä olevan vapaan veden määrästä. Menetelmää on kuvattu tarkemmin Tiehallinnon ohjeessa Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa, TIEH 2100027-04.

Maatutka soveltuu parhaimmin karkearakeisten pohjamaakerrosten ja tien rakennekerrosten, päällysteiden ja turpeen kerrospaksuuksien määrittämiseen. Savisten materiaalien tutkimiseen se ei sovellu. Mittausta häiritsee eli mittaustuloksen luotettavuutta heikentää materiaalin suolapitoisuus (esim. soratie, jolla on tehty pölynsidontaa) ja mahdollinen ulkoinen sähkökenttä, esim. sähkölinja. Pohjamaa voidaan tutkia perusteella jakaa karkearakeiseen ja hienorakeiseen, tarkempi tieto vaatii referenssinäytteitä. Rakenteessa olevat teräsverkot, routaeristeet, ja vanhat päällystekerrokset saadaan selkeästi esille.

Maatutkaluotaus on omimmillaan, kun haetaan näytteenotolla tai kairauksilla tutkitun tiedon, esimerkiksi tierakenteessa sijaitsevan vanhan päällystekerroksen, jatkuvuutta tielinjan pituussuunnassa. Samoin sillä saadaan esille epäjatkuvuuskohtia, joihin tarkemmat tutkimukset voidaan kohdentaa.

Tutkaluotauksista huomattava määrä tehdään ns. rutiinimittauksina, joissa selvitetään nykyisen tierakenteen kerrosrajoja. Mittauksista saadaan suurempi hyöty, kun ne suunnitellaan tapauskohtaisesti: mitä tietoa haetaan (mitä oletuksia on), mistä kohtaa mittaukset tehdään, mitataanko rinnakkaisia linjoja jne. Esimerkiksi maaperän kerroksellisuus (ohuet muusta pohjamaasta poikkeavat maakerrokset) ei tule esille rutiinitutkauksissa ja -tulkinnoissa. Se vaatii tarkempaa tarkastelua ja tulee ilmoittaa tilauksen yhteydessä.

Kairaukset ja näytteenotot tulisi ohjelmoida vasta alustavan tulkinnan jälkeen. Tämä onnistuu parhaimmin suunnittelijan ja tulkitsijan yhteistyönä. Skaalauksen varmistamisen lisäksi tutkimuksia on hyvä kohdentaa maaperän epäjatkuvuuskohtiin tai esimerkiksi tierakenteen vauriokohtiin. Kaikkiaan tulosten luotettavuus kasvaisi, jos tehtäisiin nykyistä enemmän referenssitutkimuksia.

Sähköinen vastusluotaus

Sähköinen vastusluotaus perustuu maalajin sähköisen ominaisvastusjakaman mittaamiseen. Se toimii parhaiten kosteilla maalajeilla ja on siksi omimmillaan savipehmeiköillä, joissa taas maatutkan signaali vaimenee nopeasti syvyysuunnassa.

Sähköistä vastusluotausta on kehitetty painumalaskennan lähtötiedon mittaamiseen: luotauksella saadaan pehmeikön rajat ja kerrostuman vesipitoisuuden vaihtelu. Ödometrikokeiden avulla tehdään pehmeikkökohtaisesti kalibrointi laskentaa varten. Rajoituksena on, että soveltuvuusalueena on tietty vesipitoisuusalue, lisäksi aineiston työstäminen on hidasta. Menetelmä on

painumalaskentasovelluksen osalta kehitysvaiheessa, se ei ole valmis tuotantokäyttöön. Tarkempi menetelmäkuvaus on esitetty TPPT tutkimusohjelman julkaisussa "Sähköinen vastusluotaus tien painumalaskennan lähtötietojen hankkimisessa".

Taulukko 2. Maatutkan ja sähköisen vastusluotauksen soveltuvuusalueet.

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 kallioid: 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) Jos kallion pinta on rikkonainen tai päällä oleva maalaji on karkearakeista, rajapintaa ei saada määritettyä tarkasti. Tarvitaan **referenssikairauksia** avuksi. Olemassa olevan tien alla olevaa kalliopintaa tutkittaessa tulkinnan apuna tulisi olla pudotuspainolaitemittaukset.
- 2) Tien alla olevan turvekerroksen paksuuden määrittäminen on hankalaa, koska turpeen vesipitoisuus ja sitä kautta dielektrisyys vaihtelee paljon (suolaukset). Tarvitaan avuksi referenssikairauksia. Tutkaus tulee tehdä matalataajuisella antennilla.
- 3) Rakennekerrosten alapinnan määrittäminen on hankalaa, jos pohjamaa on karkearakeinen. Pehmeillä pohjamailla rajapinta on selkeä, jos kerrokset eivät ole sekoittuneet pohjamaahan.

3.3.3 Tarkkuustasosta

Geofysikaalisten menetelmien tarkkuus riippuu paitsi mittauksen erottelukyvystä myös aina referenssipisteiden määrästä ja tulkitsijan ammattitaidosta.

Sähköisen vastusluotauksen käyttökelpoisuus on parantumassa ja parantunut mittaussignaalin käsittelyssä vaadittavan laskentatehon ja ohjelmistojen kehittymisen myötä. Tutkimuksen tarkkuuteen vaikuttaa oleellisesti, mikä elektrodien välinen etäisyys on. Maatutkaluotaukseen ollaan kehittämässä 3D-mittausta, jolla maaperän kerrokset saadaan esitettyä havainnollisesti.

Menetelmillä ei ole mahdollista saavuttaa samaa tarkkuutta kuin kairauksilla, mutta niiden kiistaton etu on mittauksien tuloksena saatava jatkuva maape-räprofiili pistekohtaisen tiedon sijasta. Tarkkuustasosta johtuen ne soveltuvat parhaimmin ns. orientoiviksi tutkimuksiksi suunnitteluprosessin alkuvaihei-siin. Tarkemmat tutkimukset kohdennetaan geofysikaalisilla menetelmillä saatavien epäjatkuvuuskohtien, esimerkiksi pehmeikön rajan, määrittämi-seen.

Mitä kehitettävää

- Tietojen paikkaan sitominen pitää saada kaikilla tutkimusmenetelmillä koordinaattipohjaiseksi
- Tutkimusten tekijän ja suunnittelijan yhteistyötä pitää tiivistää
- Tutkimusohjelmiin aina näkyville, mitä tutkimuksella ollaan hakemassa: auttaa tutkijaa tutkimuksen kohdentamisessa ja tarvittaessa tutkimusmenetelmän vaihtamisessa
- Referenssipisteitä pitää lisätä huomattavasti nykyisestä (maatutka-luotaus), tulkitsijan vastuulla on, että hän ilmoittaa, mikäli referenssitutkimuksia e ole tulkinnan kannalta riittävästi
- 3D-tutkaus: tuotantokäytössä syksyn 2006 aikana, parhaimmillaan päällystepaksuuksien ja päällystevaurioiden tutkimisessa.
- 3D-mallinnusta maailmalla myös sähköiseen vastusluotaukseen, ky-syntä Suomessa?
- Käytännössä menetelmillä saatavaa informaatiota voidaan jo nyt täy-dentää mittaamalla useampia tutkimuslinjoja ja tekemällä poikkileik-kausmittauksia
- Menetelmien uskottavuuden lisääntyminen edellyttää avointa kuvausta mittausten ja tulkinnan virhelähteistä ja epävarmuuksista
- Tarvitaan tulkitsijoiden "osaamislukittelu", mahdollinen kalibroitipäivä

4 TUTKIMUSTEN OPTIMOINTI

Tarvittavien tutkimusten määrä vaihtelee huomattavasti kohteittain ja kohdeosittain olosuhteista riippuen. Ottaen lisäksi huomioon kappaleessa 3.1 esitetty kuvaus maaperän luonteesta tutkimuskohteena on pääteltävissä, että optimointiin ei ole mahdollista löytää yleispätevää matemaattista kaavaa, vaan tarkastelut pitää tehdä kohteittain ja jakaa erilaisiin näkökulmiin.

Tarkasteluja on tässä työssä tehty seuraavista näkökulmista:

- Riskien hallinta: kohde- tai kohdeosakohtaisen riskikartoituksen avulla haetaan hankkeen toteuttamisen kannalta kriittiset tutkimukset.
- Ajoitus: tutkimuksille haetaan optimiajoitus sekä tarvittavan tiedon että tutkimusten vaiheistuksen kannalta.
- Tutkimuskustannukset: hakemalla tasapainoa tarjousvaiheessa tarvittavien tutkimusten kustannusten ja rakennuskustannusten välille voidaan päättää optimaalinen hankintatapa.
- Määrälaskennan tarkkuus: arvioidaan tavoiteltujen tarkkuustasojen saavuttamiseksi tarvittavien tutkimusten kustannuksia suhteessa riskivarauksiin tarjouskustannuksissa

Kappaleessa 2.2 mainittujen Tiehallinnon maastotutkimusten ohjeistuksen tutkimustapa ja -määrätavoitteita on selkiytetty liitteenä 1 olevissa taulukoissa. Niissä tutkimusten määrätavoitteet on jaoteltu suunnittelijan näkemyksen mukaisiin minimimääriin ja eri vahvistusmenetelmien ja olosuhteiden vaatimiin tutkimusten optimimääriin. Taulukot on jaoteltu pehmeikkötutkimuksiin, kantavan maan tutkimuksiin ja siltojen pohjatutkimuksiin.

Sähköisillä luotausmenetelmillä voidaan jonkin verran vähentää perustutkimusten määrää. Tätä ei ole vielä huomioitu yllä mainitussa taulukossa. Pehmeikköalueilla maatulkausta voidaan käyttää vain pehmeikön alku- ja loppukohtien rajauksessa ja siltapaikoilla antamaan ennakkotietoa kovan maan pohjaolosuhteista. Maatulkauluotaukset pitäisi ajoittaa tehtäväksi yleisuunnitteluvaiheessa tai heti sen jälkeen, jotta niiden avulla saatava tieto olisi parhaiten hyödynnettävissä kairaustutkimusten ohjelmoinnissa tiesuunnitteluvaiheessa.

Tutkimusten määrään ja lajiin vaikuttaa myös hankkeen suunnittelulle ja toteutukselle varattu aika. Eri pohjavahvistusmenetelmät vaativat eripituisia rakentamisaikoja. Esimerkiksi massanvaihto ei vaadi mitään erityisiä valmisteluajoja eikä rakentamisen jälkeen tehtävää pitkäaikaista laadunvalvontaa, kuten stabilointi vaatii, tai painuma-aikaa, kuten pystyöjitys vaatii. Kireän aikataulun projektissa ei voida tehdä kustannuksiltaan optimaalisia pohjavahvistusratkaisuja.

Tiehallinnon pohjatutkimusohjeissa on esimerkkejä pehmeikköjen, tieleikkauksen ja siltapaikkojen kattavista pohjatutkimusohjelmista.

4.1 Optimointi riskinhallinnan avulla

Tutkimusmäärien optimointia voidaan lähestyä riskikartoituksen kautta: mitkä ovat erityyppisissä hankkeissa (olosuhteiltaan, työmääriltään) puutteellisten tai väärin lähtötietojen riskit tavoiteasettelulle, määrille (rakentamisen suoritteet), kolmansille osapuolille, ympäristölle, lopputuotteen laadulle. Riskikar-

toituksen avulla saadaan määritettyä osa-alueittain ne pakolliset tutkimukset, jotka on hankintatavasta riippumatta tehtävä, jotta hankkeen **toteuttamiskelpoisuus** on mahdollista määrittää.

Riskit ovat jaettavissa työnaikaisiin ja lopputuotteen laatuun vaikuttaviin riskeihin. Työnaikaiset riskit ovat onnettomuus- ja materiaalivahinkoriskejä sekä kustannus- ja aikatauluriskejä. Lopputuotteen laatuun liittyviä riskejä ovat esim. vääristä perustamistavoista johtuvat, jatkuvia kunnossapitotoimenpiteitä aiheuttavat painumat tai puutteellisista kiilauksista johtuvat epätasaiset routanousut.

Tutkimusten ehdoton minimimäärä saavutetaan, kun määritetään mitkä lähtötiedot tarvitaan, että voidaan arvioida työnaikaisiin onnettomuus- ja vahinkotilanteisiin liittyvät riskit sekä rakentamisesta kolmansille osapuolille ja ympäristölle aiheutuvien vahinkojen riskit. Riskit pitää tunnistaa jo hankkeen varhaisessa vaiheessa, sillä ne vaikuttavat käytettäviin työmenetelmiin ja siten oleellisesti toteutuskustannuksiin.

Tyypillinen esimerkki toteutustapaan vaikuttavista lähtötiedoista ovat suunniteltujen alikulkujen pohjavesi- ja kerrosrakennetiedot. Kun hankkeelle määritetään budjetti, pitää tietää, onko alikulku mahdollista toteuttaa avoleikkauksessa vai pitääkö pohjaveden aleneminen estää rakentamalla kaukalarakennne. Kuvassa 2 on esitetty esimerkki riskikartoituksesta, joka pitäisi tällaiselle kohdetyypille tehdä jo yleissuunnitelmavaiheessa. Riskikartoituksen tarkoituksena on kulkea hankkeen mukana ja täydentyä eri suunnitteluvaiheissa.

Nykytilan analysoinnin pohjalta taulukkoon 3 on kerätty tarkistuslista sellaisista lähtötiedoista, jotka vaikuttavat kohteen tai kohdeosan toteuttamismahdollisuuksiin ja jotka pitää riskikartoituksessa muistaa selvittää. Kaikkien listassa olevien lähtötietojen hankinta on ohjeistettu mm. ohjeessa ”Tiesuunnittelun laatujärjestelmä, Maastotietojen hankinta, Toimintaohjeet”, mutta tiedot ovat puuttuneet toistuvasti ST –hankkeiden tarjouspyyntöaineistosta.

KOHDE: ALIKULKU N:O 11

RISKIKARTOITUS		
	Työnaikaiset vahingot	
Onko tarkistettu varmuus hydraulista murtumaa vastaan - pohjavesipinnan seuranta on tehty aikavälillä - kerrosrajojen määrittäminen on tehty (menetelmä) - onko otettu näytteitä vettäläpäisevämistä kerroksista		F= Pvm-pvm x
Leikkausluiskien vakavuus - tehty siipikairauksia - tehty 3-aksilaalikokeita		kpl -
Onko vieressä maanvaraan perustettuja rakenteita - kuntotutkimus on tehty		x Asiakirja n:o 123
Onko selvitetty pohjavesimäärät - antoisuustutkimus - koepumppaus		Asiakirja n:o 456 -
Onko tarkistettu pohjavesipinnan laskun vaikutukset viereisille rakenteille		Asiakirja n:o 789
	Toteutustavan ja määrien muuttuminen	
Sillan perustaminen	Kovan pohjan sijainti on varmistettu (menetelmä)	porakonekairaus
Tulopenkereiden perustaminen		
Vesimäärät	Onko tehty antoisuustutkimus	Asiakirja n:o 456
Luiskien stabiliteetti	Onko tehty lujuusmääritykset Onko lujuudet redusoitu	
Leikkausmateriaalien hyödynnettävyys	Onko otettu näytteitä	
	loppulaatu	
Luiskien verhoilu	Onko arvioitu luiskien eroosiosuojaustarve	
Tulopenkereiden perustaminen		
Suositukset lisätutkimuksiksi - saven stabiloituvuustutkimus leikkausluiskien vahvistamisen suunnittelua varten		
Hyväksytyt riskit - pohjavesipinnan laskun seurauksena tapahtuva rinnakkaistien painuma		

Kuva 2. Esimerkki riskikartoituslomakkeesta.

Taulukko 3. Lähtötietojen tarkistuslista.

Hankeosa, tarkistettava tietolaji	Huom.
Tielinja	
- Maalajit	Myös avokallioiden kartoitus Varmistus näytteenotoin Moreeninäytteille pesuseulonta Leikkausmassoille olosuhdeluokittelu, kaivuvaikeusluokittelu (arvio, ei sitova) Kivisyyden arviointi (arvio, ei sitova) Tasalaatuisuuden/sekalaatuisuuden arviointi (arvio, ei sitova)
Tielinja, leikkaukset	
- pehmeiköt	Pohjavesipinnan määritys Lujuuden redusointi, edellyttää näytetietoja; lujuustietoa ei voida lähtötietoaineistoon redusoituna Antoisuustutkimus Siipikairauspisteitä vähintään 2 /pehmeikkö, että voidaan arvioida mahdollinen virhetulos Stabiloituvuuskokeet
Sillat, pengerlaatat	
- Paalupituudet	Kovan pohjan varmistaminen heijarikairauksin Kalliopinnan varmistaminen porakonekairauksin
- Leikkausluiskien vakavuus	Lujuusmääritykset - Siipikairaukset - 3-aksiaalikoeket, kun kriteerit 1) täyttyvät
- pohjavesipinnan määritys alikuluissa - antoisuustutkimus alikuluissa	Pidempiaikainen tarkkailu => seuranta käynnistettävä aikaisessa suunnitteluvaiheessa
Tiepenkereet vesistön lähellä	Vesistön vesipinnan vaihtelu Kokonaisvakavuus vesistöuman suuntaan, huom. tarvitaan leikkauslujuus myös kauempaa
Nykyisen tien tasauksen nostaminen	Penkereen vakavuuden tarkistaminen Arvioitava painumakorjausten merkitys tien vakavuudelle, kun suunnittelussa sallitaan painumia
Nykyinen tie liittyy uuteen tierakenteeseen - leventäminen - lisäkaistat - liittyminen pituussuunnassa	- Aikaisessa vaiheessa selvittävä nykyisen tien routivuus => riskit levennysosan halkeamille - Selvittävä tehdyt pohjanvahvistukset, rakenteessa olevat teräsverkot, lämpöeristeet, poikkeavat materiaalit (esim. tuhkat, maabetoni) - Kerrospaksuuksien tarkistaminen, erityisesti päällystepaksuus ja kokonaiskerrospaksuus - Nykyisen maanvaraisen penkereen vakavuus, vakavuus levennytyön aikana, kokonaisvakavuus leventämisen jälkeen, erityistapauksena vakavuus vesiuoman suuntaan - Nykyisen tien kantavuus, jos edellytetään mitoitettavaksi tavoitekantavuuteen - Nykyisen tien vaurioiden korjaustarve
Materiaalin ottoapaikat	Näytetutkimukset
Läjitysalueet	Vakavuus tarkistettava

1) Leikkaus: hienorakeiset ja eloperäiset maalajit, syvyys >3 m, matalammatkin, kun luiska jyrkempi kuin 1:2,5

Tulos: Riskitarkastelun avulla saadaan hankintatavasta riippumattomat pakolliset tutkimukset = minimitutkimukset, jotka tähtäävät toteutuskelpoisuuden ja turvallisuuden varmistamiseen.

Työmäärien ja suoritteiden muutoksille hyväksyttävät riskitasot määrittävät puolestaan tarvittavien tutkimusten ylärajan. Määräriskien realisoituminen näkyy tilaajalla budjetin virheinä ja lisätyövaatimuksina, urakoitsijalla se merkitsee toteutuvaan työmäärään nähden väärää tarjoushintaa.

Haluttuun riskitasoon pääsemiseksi tarvittavien tutkimusten ja niiden ohjelmointiin liittyvän suunnittelun määrän perusteella päätetään, onko edullisinta edetä rakennussuunnitteluun vai onko löydettävissä etua siitä, että suunnittelu tapahtuu toteutusvaiheessa (ST).

Työn aikana keskusteltiin muutostyöhintojen käytöstä esim. kalliomäärissä, mutta ohjausryhmä katsoi, ettei ST -hankkeen luonteeseen sovi muutostyöhintojen käyttö.

Esimerkkejä

- *tien leventäminen*
Ei ole löydettävissä moniakaan vapausasteita, nykyinen tie määrittää leventämisosalla käytettävät rakenteet ja pohjanvahvistukset. Reunaosien kaivumäärät voivat olla vaikeasti etukäteen määritettävissä
=> käytännössä KU + vaihtoehtoisten rakenteiden hyväksymisen ehdot

Asioita on käsitelty tarkemmin kohdissa 4.3, 4.4 ja 6.

4.2 Tutkimusten vaiheistuksen optimointi

Tutkimusten vaiheistuksen avulla voidaan tietoa täsmentää perustuen aina uuden tutkimusohjelman määrittämiseen edellisen tutkimusvaiheen tulosten perusteella. Näin toteutettu optimointi tuottaa mahdollisimman oikein kohdennettuja menetelmiä ja tutkimuspaikkoja eli vaiheistuksen avulla lisätään tulosten hyödynnettävyyttä ja luotettavuutta ja tutkimusten määrää voidaan vähentää. Samoin tutkimuksiin tarvittava aikavaraus pystytään ottamaan paremmin huomioon.

Kuten kappaleessa 2 on todettu, ei tutkimusten vaiheistukseen ole nykyisessä hankinta-aikataulussa mahdollisuutta. Siksi tutkimusten painopistettä pitää siirtää esiselvitysten ja yleissuunnittelun suuntaan, mitä myös kustannustason aikainen lukkoon lyönti edellyttää. Ajoituksen optimointi edellyttää siis koko suunnitteluprosessin sisällön tarkistamista tutkimusten osalta. Tätä päätelmää tukee myös SUUNTA 2010:ssä esitetty viittaus prosessien yhdistämisestä:

Maantielaki antaa mahdollisuuden yhdistää prosesseja ja poistaa päällekkäisyyksiä. Yleissuunnitelmaa ei tarvitse laatia sellaisista tiehankkeista, joiden sijainti ja vaikutukset on riittävässä määrin ratkaistu asemakaavassa tai oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa. Valitusoikeutta on myös rajoitettu niin, ettei jo kaavassa ratkaistusta asiasta voi valittaa.

Tutkimusten ajoituksen optimointi käsittää myös tutkimusten tekemisen kulloisenkin tutkimusmenetelmän kannalta mahdollisimman optimaalisena ajankohtana. Esimerkiksi nykyisen tien pudotuspainolaitemittaukset pitää ajoittaa alkukesälle, jolloin tierakenne on varmasti sulanut, mutta toisaalta mahdollinen hienorakeinen kantava kerros ei ole vielä ehtinyt kuivuaan kovettua.

Myös pidempiaikaista seuranta edellyttävät tutkimukset puoltavat tutkimusten nykyistä aikaisempaa aloittamista. Tällaisia tutkimuksia ovat ainakin:

- Pohjavesipinnan määrittäminen ja tarkkailu
- Nykyisen tien routanousut ja routaheitot
- Nykyisen tien painumat

Seurantatietojen pitää olla yhteydessä pohjatutkimusrekisteriin ja kuntorekisteriin, jolloin niiden käyttöön saanti varmistuu hanketta suunnittelevalla.

Tulos: vaiheistuksen avulla tutkimusmääriä saadaan vähennettyä, kun ne osataan kohdentaa oikeammin. Pidemmän tutkimusjakson avulla saadaan tärkeitä lisätietoja, joita ei muuten ole hankittavissa. Vaiheistus onnistuu ainoastaan suunnitteluprosessia tarkistamalla.

4.3 Tutkimuskustannusten optimointi

Tavanomaisten kairausten tutkimuskustannuksia ja työsaavutuksia on arvioitu seuraavissa Tiehallinnon ohjeissa:

- Tieleikkausten pohjatutkimukset, Tielaitoksen selvityksiä 79/1995, TIEL 3200354.
- Teiden pehmeikkötutkimukset, Tielaitoksen selvityksiä 28/1998, TIEL 3200520.

Näissä ohjeissa on esitetty arviot työsaavutuksista eri syvyisillä tutkimuspisteillä kairauslajeittain sekä olosuhteiden ja siirtomatkojen vaikutus työsaavutuksiin. Ohjeissa on esitetty myös kairaus työvuorojen hinnat ohjeiden julkaisuvuoden hintatasossa.

Ruotsin tiehallinnon ohjeen 'Krav på geotekniska utredningar för Vägverket region Stockholm, ANV 1997:0184' liitteessä A on kairausten työsaavutukset esitetty diagrammeina sekä tutkimuspisteiden lukumäärän ja tutkimussyvyyden funktiona, että tutkimussyvyyden ja maaperän kovuuden funktiona. Tukholman seudun geologiset olosuhteet muistuttavat melko paljon Suomen rannikkoseutujen olosuhteita, joten diagrammit ovat käyttökelpoisia myös Suomessa. Liitteessä 2 on esitetty yllä mainitun ohjeen liite A.

Sähköisistä luotauksista ei ole olemassa valmiina työsaavutus- ja kustannusarvioita kuten kairauksista. Sähköisissä luotauksissa kustannuksiin vaikuttaa itse luotauksen lisäksi voimakkaasti tulosten tulkintaan käytetty asiantuntijan työpanos sekä referenssikairaukset, mikäli referenssikairauksia ei tehdä muiden kairausten yhteydessä.

Esimerkki pohjatutkimuskustannusten suhteesta rakennuskustannuksiin

Hankeen rakennuskustannusarvio 11 Meuroa ja se sisältää päätietä noin 4 km, 5 siltaa ja kaksi kaukaloa sekä muita teitä noin 5 km.

Ehdoton minimitutkimusmäärä on noin 400 tutkimusta. Tiehallinnon rakennussuunnitteluun tarkoitettujen ohjeiden mukainen tutkimusmäärä on noin 700-800 kpl.

Tutkimusten yksikköhintana voidaan pitää 250 € / tutkimus. Kun tähän lisätään lisääntyneiden tutkimusten vaatima geosuunnittelijan työpanos 50 € / piste, niin yhden tutkimuksen kokonaishintana voidaan pitää 300 €.

Tällöin hankkeen kaikkien vaiheiden (yleissuunnitelmasta ST-valmiuteen) pohjatutkimusten minimihinnaksi tulee 400 kpl x 300 € = 120 000 € ja ohjeiden mukaiselle rakennussuunnitelmatasoisille tutkimuksille 800 kpl x 300 € = 240 000 €. Kustannusero minimitutkimusten ja ohjeiden mukaisen tutkimusten välillä on noin 120 000 €, joka on 1 % hankkeen rakennuskustannuksista. Kyseessä olevalla, runsaasti taitorakenteita sisältävällä kohteella tarkempien tutkimusten aiheuttama kustannus saadaan helposti takaisin tarkemmin rajattuina ratkaisuihin ja rakenteina. Lisäksi aikatauluriski pienenee kun vältytään yllätysten aiheuttamilta muutoksilta suunnitelmiin ja ratkaisuihin.

Eli tutkimuksissa saatavat säästöt menevät (jopa moninkertaisina)

- Riskivarauksiin
- Ylimitoitettuihin ratkaisuihin
- Aikatauluviiveisiin

Tulos: tutkimusten kokonaismäärien pitää olla lähellä rakennussuunnitelmalta vaadittavaa tasoa, etu sekä tilaajalla että urakoitsijalla. Taitorakenteiden osalta edellytetään suurinta tarkkuutta.

4.4 Määrälaskennan tarkkuusvaatimukseen perustuva optimointi

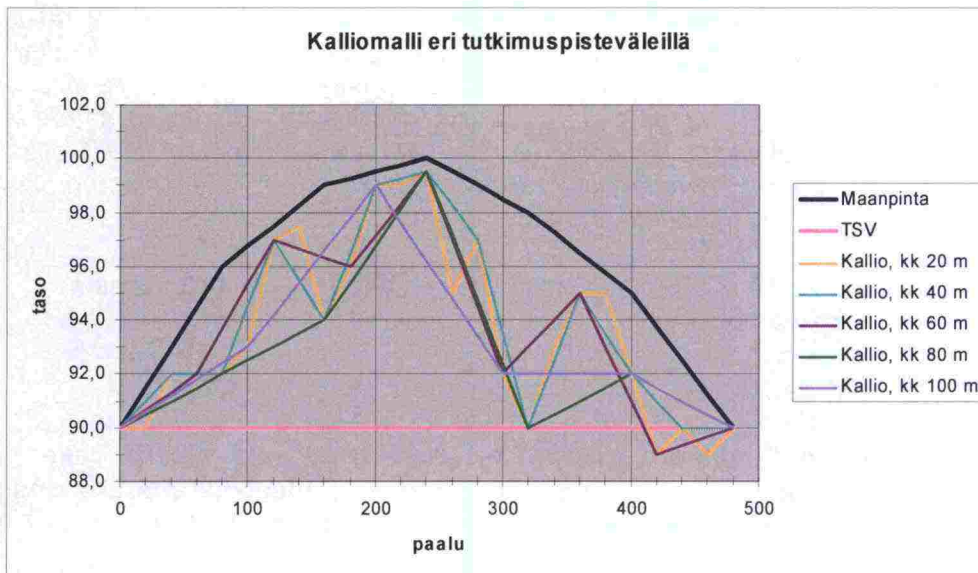
Julkaisussa "Tiesuunnitelman pohjatutkimukset, Tiehallinto 1998" on taulukkomuodossa (Pohjatutkimusten tavoitekortti KVV -hankkeessa) esitetty massalaskennan tarkkuusvaatimuksen ohjearvo eri pohjavahvistusmäärille ja leikkaus- ja pengerrysmassojen määrille. Kyseisen taulukon arvoja on pidettävä nykyiseen käytäntöön nähden liian väljinä, sillä kireän kilpailun vuoksi urakkahintoihin ei ole mahdollista ottaa liian suuria riskivarauksia. Käytännön vaatimuksena ST-hankkeiden suunnittelussa on alle 5 % määrälaskentatarkkuus.

Tutkimustiheyden vaikutusta leikkausmassojen ja pohjavahvistusten määriin on seuraavassa tarkasteltu yksinkertaistetuilla esimerkeillä. Esimerkeissä 11 m leveä tie leikkaa moreeni/kalliomäen ja paalulaattakohdeessa 5-10 m korkea tiepenger ylittää syvän savipehmeikön.

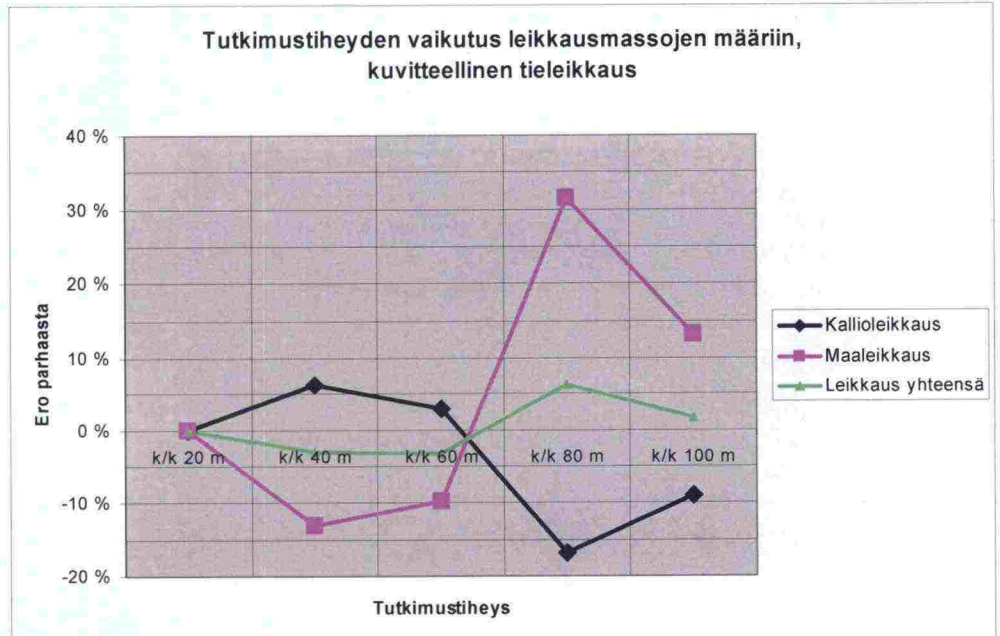
Esimerkki 1: Tutkimustiheyden vaikutus tieleikkauksen massamäärien arviointiin

Tieleikkauksen massamääriä on tarkasteltu eri tutkimustiheyden perusteella määritetystä (interpoloidusta) kallion pinnasta. Kaaviossa 1 on esitetty kalliopinnan kuvautuminen eri tutkimustiheyksillä. Kaaviossa 2 on esitetty eri tutkimustiheyksillä laskettujen maa- ja kalliomassojen määrien ero verrattuna tiheimmällä tutkimuksella saataviin määriin.

Kuten kuvaajista havaitaan, niin prosentuaalinen ero tarkimpaan tulokseen on maaleikkauksessa jopa 30 % ja yli 15 % kallioleikkauksessa. Vaihtelu on suurta eri tutkimustiheyksillä. Syvässä leikkauksessa kallion pinnan sijainti vaikuttaa ratkaisevasti tiealueen laajuuteen. Pohjatutkimusten tavoitekortti KVVU-hankkeessa – taulukossa esitetty ohjearvo kallioleikkausmassojen määrille on -15...+20 % ja maaleikkausmassoilla vaihteluraja on keskimäärin -20...+20 %.

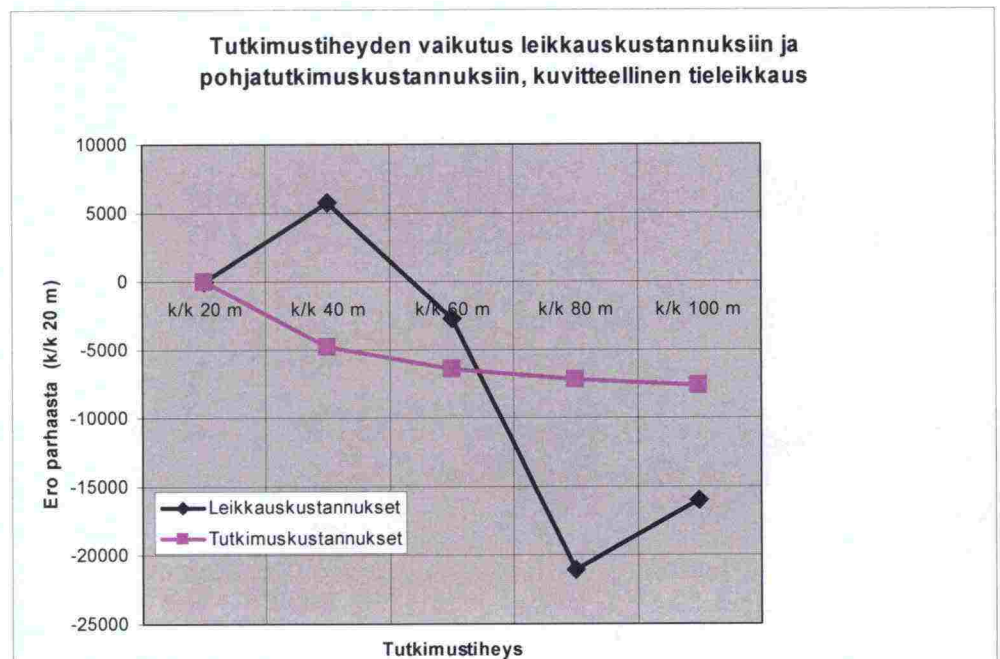


Kaavio 1: Kalliopinnan tulkinnan vaihtelu eri tutkimustiheyksillä.



Kaavio 2: Tutkimustiheyden vaikutus leikkausmassojen määriin.

Kaaviossa 3 on tarkasteltu tutkimustiheyden vaikutusta tutkimuskustannuksiin ja leikkauksen työkustannuksiin. Kaavion ääritapauksessa 80 m tutkimusvälillä tutkimuskustannukset ovat noin 7000,- euroa 20 m välein tehtyjä tutkimuksia halvemmat. Kun tarjous perustuu ko tutkimuksiin, niin urakoitsija laskema maa- ja kallioleikkausten kustannus on yli 20 000,- euroa liian pieni parhaalla tutkimustiheydellä tehtyyn arvioon verrattuna. Tarkastelussa on otettu huomioon pelkästään leikkauskustannukset, ei esimerkiksi käyttökelpoisen materiaalin vajauksesta aiheutuvia kustannuksia.

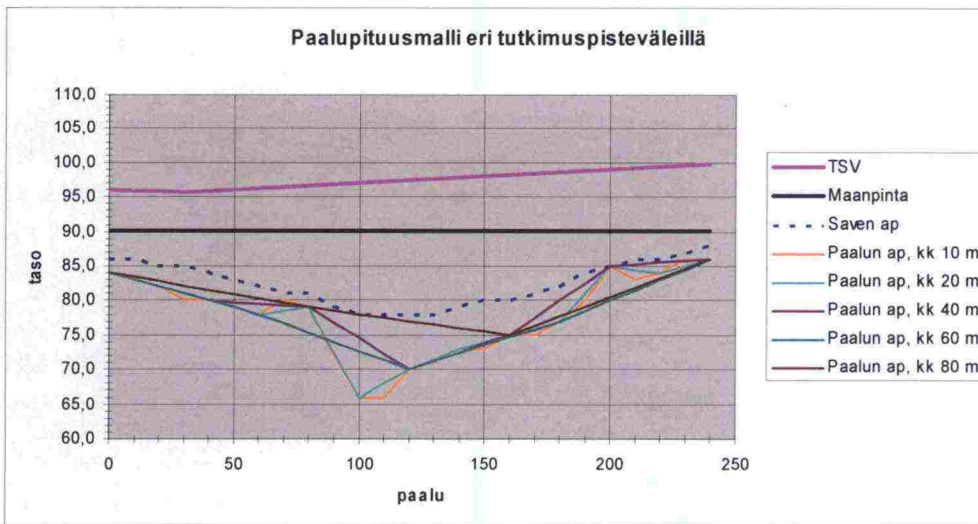


Kaavio 3: Tutkimustiheyden vaikutus leikkaukustannuksiin ja pohjatutkimuskustannuksiin.

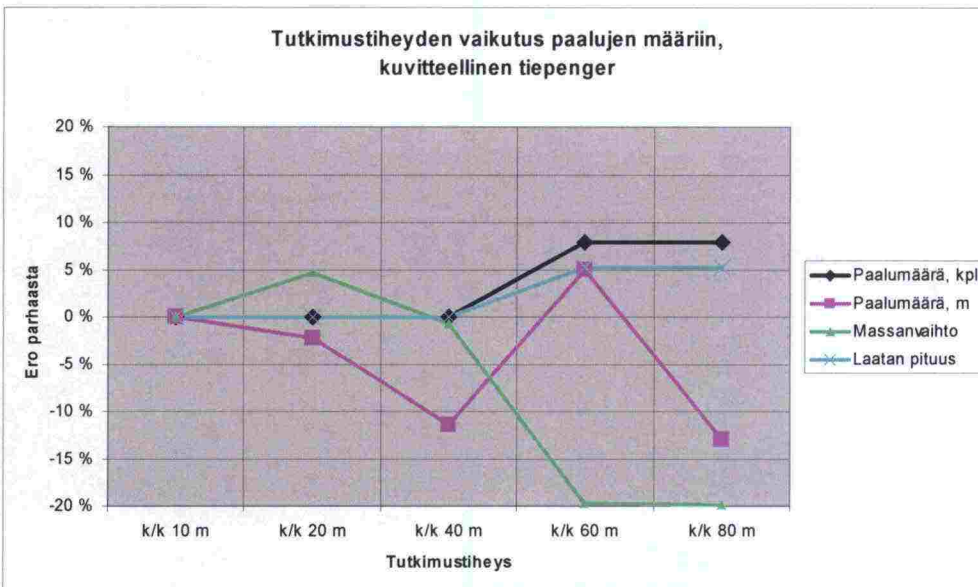
Esimerkki 2: Tutkimustiheyden vaikutus paalupituuden arviointiin

Pengerlaatan osalta on tarkasteltu vastaavalla tavalla tutkimustiheyden vaikutusta paalupituuteen, laatan piteuteen ja laatan päihin tulevaan siirtymärakenteeseen (m_{vk}).

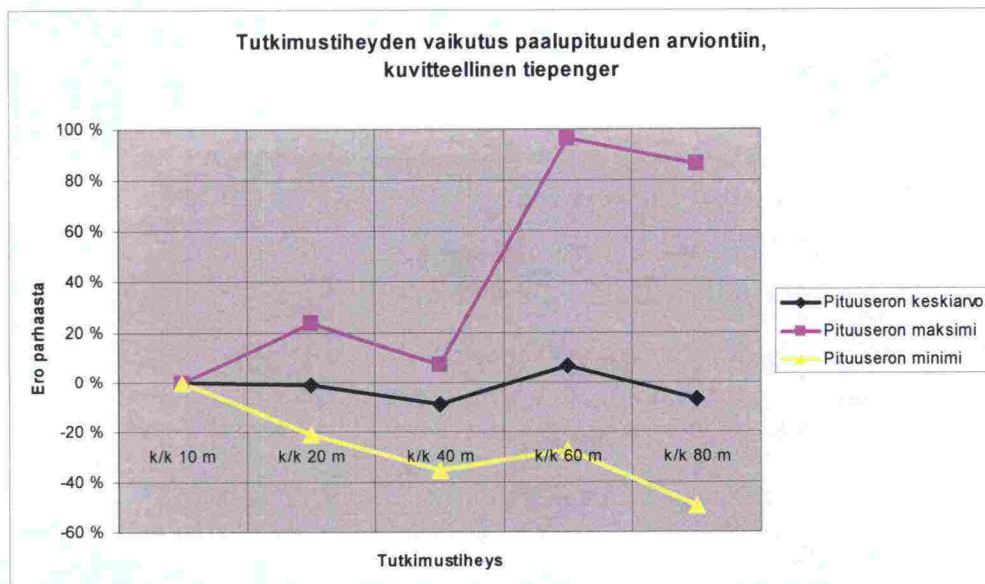
Kaaviossa 4 on esitetty arvioidun paalupituuden kuvautuminen eri tutkimustiheyksillä. Kaaviossa 5 on tarkasteltu eri tutkimustiheyksillä laskettujen paalumäärien ja laatan päihin tulevan massanvaihdon määrien eroa tiheimmällä tutkimuksella saataviin määriin. Kaaviossa 6 on tarkasteltu tutkimustiheyden vaikutusta paalupituuksien arviointiin.



Kaavio 4: Paalupituusarvion vaihtelu eri tutkimustiheyksillä.



Kaavio 5: Tutkimustiheyden vaikutus paalumääriin pengerlaatatalla.



Kaavio 6: Tutkimustiheyden vaikutus paalupituuksien arviointiin.

Kuten kuvaajista havaitaan, prosentuaalinen ero tarkimpaan tulokseen on paalujen kappalemäärissä enimmillään 8 % ja metrimäärissä 13 %. Laatan päihin tulevan massanvaihdon määrässä ero on enimmillään 20 %, Paalupituuksien arvioinnissa erot ovat suuria, yksittäisillä osuuksilla jopa 100 %. Tutkimustiheys ei näytä vaikuttavan paalumääriin yhtä voimakkaasti kuin syvissä leikkauksissa kalliomassojen määriin. Tutkimustiheyden harvenemisella on kuitenkin ratkaiseva merkitys paalulaatan piteuteen. Pohjatutkimusten tavoitekorppi KVV-hankkeessa – taulukossa esitetty ohjearvo paalujen kappalemäärille on 0...+10 %, paalujen pituuksille -5...+20 % ja paalulaatan pinta-alalle 0...+10 %.

Vastaava massamäärien epävarmuus lisääntyy tutkimustiheyden harvennuksessa kaikissa pohjavahvistustavoissa: massanvaihdossa, pystyojissa, stabiloinneissa ym.. Tutkimustiheys vaikuttaa myös ratkaisevasti vahvistustoimenpiteiden rajaukseen ja jopa vahvistustavan valintaan. Suomen geologian ominaispiirre on maaperämuotojen pienipiirteisyys ja tällöin liian harva tutkimusverkko voi aiheuttaa sen, että paikallinen jyrkkä olosuhdemuutos jää huomaamatta ja johtaa virheelliseen ratkaisuun.

PÄÄTELMÄT

- Tutkimusmääriä ei voida optimoida kustannusten tai määrälaskentojen tarkkuustasojen avulla, vaan tarvittavia määriä ohjaavat kohdekohtaiset olosuhteet ja arvioidut riskit.
- Tutkimusten kokonaismäärien pitää olla lähellä rakennussuunnitelmasa vaadittavaa tasoa.
- SML:n urakointijaostolta saatu kannanotto ei myöskään puoltanut optimointia.
- Riskitarkastelun avulla määritetään ehdottomat minimimäärät: toteuttamiskelpoinen ja turvallinen ratkaisu
- Tutkimusten vaiheistuksen ja sitä kautta hyödynnettävissä olevan eri tutkimusmenetelmien yhteiskäytön avulla voidaan hakea optimia tutkimusmääriin ja tutkimusten laatuun.

5 SUOSITUS ST-TARJOUSPYYNTÖVAIHEEN LÄHTÖTIEDOIKSI

5.1 Pohjamaan tutkimukset

Kuten kappaleessa 4.4 esitettiin, pohjatutkimukset pitää tehdä lähes rakennussuunnitelmatarkkuuteen.

Tutkimusten sijainnin pitää olla selkeästi esitetty suunnitelma-aineistossa: pohjatutkimuskartta ja numerointi, jotta tutkimukset saadaan nopeasti ja helposti paikoilleen. Kaikki käytössä olevat vanhat tiedot pitää liittää mukaan.

Pituusleikkauksissa ja suunnitelmateksteissä esitetään kaikki suunnitellut ratkaisut ja perusteet mitoituksille. Tällaisia tietoja ovat mm. pohjanvahvistus- ja rakennetiedot. Suunnitelman pohjana oleva olosuhdeluokittelu (tiesuunnitelman mukaisella tasauksella) pitäisi antaa tarjousvaiheen papereissa, koska tilaajan on muuten vaikea vertailla esitettyjä rakenteita ja tulkinnat ovat olleet hyvin vaihtelevia. Tällä on merkitystä etenkin niillä kohteilla, missä huomattava määrä kustannuksista muodostuu kerrosrakenteista, kuten alla oleva esimerkki osoittaa.

Esimerkki rakennekerrosten mitoituksessa routivuusolosuhteiden arvioinnin merkityksestä kustannuksiin:

Tierakenteen suunnitteluohjeen mukaan toimittaessa pohjamaa jää usein "epävarmaksi", u. Tällöin mitoitus tarjousvaiheessa tehdään sekalaatuisten olosuhteiden mukaan. Silttisillä pohjamailla (alusrakenneluokka t/s/u I) rakennekerrospaksuus tulee huomattavasti suuremmaksi sekalaatuaisella pohjamaalla.

Esim. Alusrakenneluokka tI, Vaatimusluokka V3 (laskennallisen routanousun maksimi-arvo tasalaatuaisella pohjamaalla 100 mm ja sekalaatuaisella pohjamaalla 10 mm). Mitoitusroutansyvyys on 1,6 m. Tasalaatuaisella pohjamaalla rakennekerrospaksuus on 1040 mm, sekalaatuaisella 1590 mm. Ero 1 km matkalla on rahassa (hiekan hinta 8 €/m³) n. 42 000 €. Lisäksi kustannuksia tulee kaivusta ja kuivatusjärjestelystä.

Numeerisen materiaalin lisäksi pohjatutkimukset (kairaukset, näytteet) esitetään tulkitsemattomina poikkileikkauksissa joko paperilla tai kuvatiedostoina. Tämä mahdollistaa tarjoussuunnittelun tekemisen myös ilman suunnittelujärjestelmää.

5.2 Maa- ja kiviainesten tutkimukset

Materiaalien hyödynnettävyys tutkitaan tielinjan tieleikkausten kohdalla sekä erikseen tehtävissä maa-aineksen ottoalueiden kartoituksissa.

Tutkimustarpeet ja -menetelmät riippuvat materiaalin oletetusta käyttötarkoituksesta. Tarvittavia tutkimuksia on kuvattu InfraRYLin luvussa 21200 Jakavat kerrokset, eristys- ja välikerrokset sekä luvussa 21300 Kantavat kerrokset. InfraRYLin mukaisesti tuotteen kelpoisuus osoitetaan ensisijaisesti standardin SFS-EN 13242 mukaisella CE-merkinnällä. Jos kelpoisuutta ei ole

osoitettu CE-merkinnällä, asiakirjoissa vaaditut tuotteiden ominaisuudet voidaan osoittaa luotettavilla tutkimustuloksilla.

Kaikissa käyttötarkoituksissa on ehdoton vaatimus, että hyödynnettävyyden arviointi perustuu materiaalinäytteille tehtäviin laboratoriotutkimuksiin.

Päällystekiviaines

Tiukimmat vaatimukset on asetettu päällystekiviainekselle. Soveltuvuuden arviointia varten selvitetään mm. kiviaineksen minerologia ja petrografia. Vaatimukset on kuvattu tarkemmin ohjeessa Asfalttinormit 2007, Kiviainekset (PANK ry).

Muut rakennekerrokset

Kantavaan ja tarvittaessa myös jakavaan kerrokseen käytettävästä materiaalista tutkitaan rapautumisalttius, sidottuihin kerroksiin käytettävästä materiaalista lisäksi humuspitoisuus.

Routivuuden arviointiin (sekä uudet materiaalit että nykyiset kerrosmateriaalit) riittää perusmenetelmänä rakeisuusmääritys (pesuseulonta). Jos hienoa-ainespitoisuus on

- alle 5 %, materiaali on aina routimatonta
- 5-10 %: routivuus on arvioitava erikseen esimerkiksi TS- kokeilla tai routanousukokeilla
- Yli 10 %, materiaali on otaksuttava routivaksi

Materiaalin lujuutta arvioidaan Los Angeles-kokeen avulla. Jos arvo on

- alle 30, materiaali on kelvollista kantavaan kerrokseen
- alle 40, materiaali on kelvollista hydraulisesti sidottuun kantavaan kerrokseen
- 30...40 materiaalia voidaan käyttää sitomattomissa kerroksissa iskukestävemmän kiviaineksen puutealueilla ja vähäliikenteisillä teillä
- yli 40, ei kelpaa kantavaan kerrokseen

5.3 Nykyisen rakenteen tutkimustiedot

Nykyisen tien parantamiselle soveltuu ST –hankintamenetelmä lähinnä rakennettujen valta-, kanta- ja seututeiden leventämistapauksissa. Näitä vähäliikenteisemmällä teillä tierakenne on yleensä hyvin epähomogeeninen, jolloin rakenteen käyttäytymisen ennustaminen parantamisen jälkeen on vaikeaa. Toisaalta rahoitustaso ei yleensä riitä vaurioitumisen syiden poistamiseen, jolloin lopputuotteen laadulle on mahdotonta määrittää vaatimuksia. Tästä syystä ne eivät sovellu ST –muotoiseen hankintatapaan.

Kyseisissä leventämistapauksissa ja aina, kun nykyinen rakenne liittyy uuteen tiehen tai jää sen osaksi, pitää nykyrakenteesta selvittää

- Kokonaiskerrospaksuus, päällystepaksuus
- Jos tiellä on havaittavissa kuormituskestävyyden alenemaa, tutkitaan kantavan kerroksen materiaalin rakeisuus. Rakeisuuden perusteella saatavaa tietoa voidaan varmistaa TS-testillä, joka kuvaa materiaalin herkkyyttä sitoa itseensä vettä.
- Nykyisen rakenteen perustamistapa pehmeiköllä

- Nykyisen rakenteen vaurioiden korjaamiseen käytetyt teräsverkot, lämpöeristeet, maabetoni
- Nykyisen rakenteen PPL-mittaus, jos kantavuutta edellytetään parannettavaksi tavoitekantavuuteen
- Nykyisen rakenteen kuntodata, käytetään viitteellisenä, vauriot pitää aina tarkistaa maastossa

5.4 Muu mukaan liitettävä aineisto

- Tehdyt vakavuustarkastelut: kuormitusotaksumat pitää laittaa näkyville
- Tehdyt painumatarkastelut

6 SUOSITUS TUTKIMUSTEN LAADUNHALLINNASTA

Pohja- ja laboratoriotutkimuksia suorittavan henkilöstön pätevyyden tai kokemuksen osalta ei nykyisessä ohjeistuksessa ole mitään vaatimuksia tai määräyksiä. Toisaalta ei myöskään ole olemassa soveltuvaa koulutusta näihin tehtäviin.

Tällä hetkellä pohjatutkimukset (kairaukset, näytteenotto) tehdään Suomessa SGY:n kairausoppaiden mukaisesti ja niissä määritetyllä kalustolla. Laboratoriotutkimuksia on ohjeistettu menetelmäkohtaisesti mm. seuraavissa julkaisuissa: Geotekniset laboratorio-ohjeet, GLO-85 (SGY 1985), PANK -menetelmät (PANK ry, Kansio) ja SFS-standardit (Suomen Standardisoimisliitto ry).

Euronormin käyttöönoton myötä yleisimpiin kairauksiin, näytteenottoon ja laboratoriotutkimuksiin tulee lähitulevaisuudessa yleiseurooppalaiset ohjeet.

Sähköisistä luotauksista ja erityisesti maatutkaluotausten suorittamisesta, kalustosta ja tuloksista on olemassa Tiehallinnon ohjeistus tai tutkimushankkeissa tehtyjä ohjeita. Näistä tutkimustavoista puuttuu tutkimuksia suorittavan henkilöstön ja erityisesti tulkintaa suorittavan henkilöstön pätevyysvaatimukset.

Pohjatutkimusalalle on tyypillistä, että sille kouliinnutaan työn ohessa. Tästä johtuu, että henkilöstön osaamistaso vaihtelee suuresti. Tulosten yhdenmukaisuuden ja luotettavuuden vuoksi olisi hyödyllistä, jos osaamistasoa valvotaisiin esimerkiksi näyttökokeilla ja/tai teoreettisilla kokeilla. Tämä edellyttäisi sitä, että joku olemassa oleva koulutusorganisaatio ottaisi pohjatutkimukset koulutusohjelmaansa.

Alla on esimerkkinä PTM-mittausten laadunvarmistus vertailumittausten avulla. Samantyyppistä menettelyä voisi kehittää ainakin maatutkamittauksien tulosten tulkinnan kalibrointiin.

Hyväksyntäperusteet

Laatumittauksiin hyväksytyt mittauksen toimittajat ovat osallistuneet Tiehallinnon vuoden 2006 viikolla 22 järjestämään vertailumittaustilaisuuteen, jossa mittaajat mittasivat saman testiradan samoissa olosuhteissa yhtä monta kertaa. Vertailumittausten tulokset analysoitiin tilastollisilla menetelmillä pääasiassa varianssianalyysiin ja mittausten väliseen korrelaatioon perustuen. Taulukossa 1 esitetyillä, hyväksytyillä mittareilla on erittäin hyvä toistettavuus ja mittarit antavat yhdenmukaisia tuloksia kaikkien taulukossa 1 esitettyjen muuttujien osalta.

Mittausten toimittajat vastaavat siitä, että mittaukset tehdään huolellisesti kunkin toimittajan omaa laadunvarmistusta noudattaen niin, että mittausten toistettavuus ja uusittavuus säilyy koko ajan hyväksyttävällä tasolla. Samoin, jos mittausten toimittajalla on useampia vastaavia laitteita, joita käytetään samassa tarkoituksessa, mittausten toimittaja vastaa siitä, että ne täyttävät em. hyväksyntäperusteet.

Mittausten toimittajilta edellytetään laatujärjestelmä ja PANK - hyväksyntä.

Pohjatutkimuksiin (kairaukset, näytteenotto, laboratoriotutkimukset) liittyvän laadunvarmistuksen tavoitteet ja yleisohjeet on esitetty Tiehallinnon tiesuunnittelun laatujärjestelmän ohjeessa "Maastotietojen hankinta, Toimintaohjeet".

7 SUOSITUS TUTKIMUSTIETOJEN VARASTOINNISTA

Pohja- ja laboratoriotutkimukset toimitetaan tilaajalle sekä paperilla (kartat, leikkaukset, lomakkeet, tutkimusselosteet) että sähköisessä muodossa.

Sähköinen materiaali toimitetaan Infra-pohjatutkimusformaattissa, versio 1.0, 23.1.2004. Raportti on ladattavissa osoitteesta:

http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2/material/Published/Reports/infraModel_2_2004-01-23_Infra_formaatti_v1.0.pdf

Ne tutkimukset, joille ei ole määritetty yllä mainitussa formaatissa esitystapaa, toimitetaan muussa yleisesti käytetyssä asiakirjaformaattissa, PDF, DWG/DGN, WORD, EXCEL. Pohjatutkija vastaa tutkimustiedon ja sähköisen formaatin oikeellisuudesta.

Maatutkaluotauksien raportointi tehdään ohjeen "Rakenteen parantamissuunnittelua edeltävät maatutkatutkimukset ja tulosten esitystapa – menetelmäkuvaus" mukaan. Raportti pitää liittää rekisteriin vietävään materiaaliin.

Pohjatutkimustietojen säilytyksestä ja jakelusta tehtiin esiselvitys, joka julkaistiin Tiehallinnon selvityssarjassa TIEH 3201024.

8 KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA

8.1 Toimenpiteet tilanteessa 2006

Ohjeistukseen tehdään seuraavat täsmennykset

- **Tarve/esiselvitys/parantamisselvitys- ja yleissuunnitelmavaiheessa** tehtävälle rakennettavuusselvitykselle tehdään ohjeistus. Ohjeissa suositellaan geofysikaalisten tutkimusmenetelmien käyttöä näiden suunnittelu- vaiheiden tutkimuksina.
- **ST-tiesuunnitelmalle / tarjousvaiheen suunnitelmalle** tehdään oma toimintaohje, kuten on yleis- ja tiesuunnitelmalla. Annetaan ohjeet myös esitystavalle (mitä kuvissa näytetään) ja tietojen paikalleen sitomiselle, maastomallitarkkuudelle ja tiealueen määrittelylle. Erityisesti esitetään vaatimus laskentojen ja muiden päätelmien ja perustelujen esittämiselle olemassa olevia ohjeita noudattaen.
- Hankkeen mukana kulkevaa riskikartoituslomaketta kehitetään tässä selvityksessä esitetyn esimerkin pohjalta.

8.2 Tavoitetila 2010 - 2015

Vaihe 1

Geofysikaalisten menetelmien käyttö vakiintuu tarveselvitys- ja yleissuunnitteluvaiheessa, muissa suunnitteluvaiheissa tehdään tarkentavia tutkimuksia muutoskohtien rajaamiseksi ja geoteknisten ominaisuuksien tarkentamiseksi. Menetelmien käytön yleistyminen edellyttää alan osaajien ja välineistön riittävää resursointia maarakennussektorin käyttöön. Tavoite on yhtenevä mm. SGY:n pohjatutkimustoimikunnan sekä geofyysikkojen esittämän alan popularisointi-tavoitteen kanssa (Geotieteiden arvioinnin seurantatyöryhmän raportti).

On huomattava ja tunnustettava, että geofysikaalisilla menetelmillä hallitaan tietyllä tarkkuudella ainoastaan maaperän kerrosrajoja ja kerrostumien alueellista laajuutta, geoteknisten ominaisuuksien määrittäminen ja geofysikaalisten tutkimusten kalibrointi ja varmistaminen edellyttävät aina rinnalleen kairauksia ja näytteenottoja.

Riski menetelmien yleistymiselle on siinä, saadaanko tulosten luotettavuus varmistettua pätevän henkilöstön avulla. Mahdollinen varmistuskeino on pätevyysluokittelu. Riskinä on nähtävissä myös markkinoiden laajuuden riittävyys niin, että palvelujen saatavuus ja laatu varmistuvat.

Vaihe 2

Pohjatutkimusten varastointi hoidetaan keskitetysti pohjatutkimusrekisterin avulla. Kaikki pohjatutkimustiedot on sidottu koordinaatistoon ja ne ovat siirrettävissä kaikkiin suunnittelujärjestelmiin. Eri rekisterien tietoja yhdistämällä saadaan tiekohtainen kuvaus olosuhteista, tehdyistä toimenpiteistä (rakentamisen aikaiset + kunnossapito) ja nykyisestä kuntotilasta, jolloin saadaan seurannan kautta tietopohjaa ennusteille ja palaute uuden suunnitteluun

9 YHTEENVETO

ST -hankkeiden tarjousvaiheen lähtötietopuutteet olivat suurimmillaan hankintatapojen muutosvaiheessa, kun tarjouspyyntöjä varten tehtiin täydennyksiä vanhoihin tiesuunnitelmiin. Vuoden 2006 tilanteessa ns. ST -tarkkuus on tavoitteena jo suunnittelun aikana, mikä on parantanut tilannetta. Edelleen tietojen määrässä ja esitystavoissa on huomattavia hankekohtaisia eroja.

Kehittämistarpeiden tunnistamiseksi analysoitiin muutamien esimerkkihankkeiden lähtötietoja sekä pidettiin tilaajan ja palveluntuottajien edustajille seminaari. Yhteenvetona todettiin, että tutkimustietoja on liian vähän. Puutteellisiin tutkimuksiin vaikuttaa hankintaprosessin kireä aikataulu, joka rajoittaa tietojen hankintaa eikä mahdollista tutkimusten vaiheistamista. Ohjeistusta ei myöskään ole täsmennetty ST- urakan tarjousvaiheeseen. Lisäksi on olemassa virheellinen oletus, että ST - hankkeessa selvitään vähemmillä lähtötiedoilla kuin muissa hankintamuodoissa. Tämän selvityksen tarkoituksena oli löytää keinot ja tavoitteet lähtötietojen yhdenmukaistamiseen ja vakiinnuttamiseen tietylle tasolle.

Tiehallinto tukee geofysikaalisten menetelmien yleistymistä. Yleistymisen edellytyksenä on, että menetelmien soveltuvuusalueista ja niillä saatavien tietojen tarkkuustasoista saadaan luotettavaa tietoa. Maatutka soveltuu parhaimmin tien rakennekerrosten ja karkearakeisten pohjamaakerrosten, päällysteiden ja turpeen kerrospaksuuksien määrittämiseen. Sähköinen vastusluotaus on parhaimmillaan savikon paksuutta tutkittaessa.

Geofysikaalisilla menetelmillä ei saavuteta samaa tarkkuutta kuin kairauksilla. Tarkkuustaso paranee referenssitutkimuksia lisäämällä. Geofysikaaliset menetelmät soveltuvat parhaimmin orientoiviksi tutkimuksiksi esi- ja yleissuunnitelmavaiheisiin. Tuloksena saadaan jatkuva maaperäprofiili, jota tarkennetaan lisätutkimuksilla myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

Selvityksen mukaan tutkimusmääriä ei voida optimoida kustannusten tai määrälaskennoilta vaadittavan tarkkuustason mukaan, vaan niitä ohjaavat kohdekohtaiset olosuhteet. Myöskään SML:n urakointijaostolta saatu kannanotto ei puoltanut optimointia. Tutkimusten kokonaismäärien pitää olla lähellä rakennussuunnitelmalta vaadittavaa tasoa, mikä oli koko ohjausryhmän näkemys.

Riskikartoituksen avulla määritetään osa-alueittain ne pakolliset tutkimukset, jotka on hankintatavasta riippumatta tehtävä, jotta hankkeen tekninen **toteuttamiskelpoisuus** ja **turvallinen** toteutus on mahdollista varmistaa. Määrittämällä työn aikaisiin onnettomuus- ja vahinkotilanteisiin liittyvien riskien arvioimiseen tarvittavat lähtötiedot saavutetaan tutkimusten ehdoton minimimäärä. Riskikartoituksen pitää kulkea hankkeen mukana ja täydentyä eri suunnitteluvaiheissa.

Tutkimuksien ajoitusta voidaan optimoida. Vaiheistuksen avulla tutkimukset osataan kohdentaa oikeammin ja tutkimuksien määrää saadaan vähennettyä. Nykyisessä hankinta-aikataulussa vaiheistus ei ole mahdollista, siksi tutkimuksien tekeminen pitää aloittaa jo esi- ja yleissuunnitteluvaiheissa. Näin menetellen varmistetaan myös realistisempi kustannusarvio hankkeelle.

Nykyisen lähtötietotilanteen parantamiseksi tarvitaan ohjeiden päivitys ST – maailmaan. Tutkimusten vaiheistamisen aikaansaamiseksi ohjeistetaan esi- ja yleissuunnitelmien rakennettavuusselvitykset.

Tavoitetilanteessa pohjatutkimusten varastointi hoidetaan keskitetysti pohjatutkimusrekisterin avulla. Eri rekisterien tietoja yhdistämällä saadaan tiekohtainen kuvaus olosuhteista, tehdyistä toimenpiteistä ja tien nykyisestä kunto-tilasta, jolloin tietoja yhdistelemällä ja analysoimalla saadaan tietopohjaa kuntotilan muutosten ennusteille ja edelleen palaute uuden suunnitteluun.

LIITTEET

LIITTEET

- Liite 1 Pohjatutkimusten minimimäärät
- 1/3 Teiden pehmeikkötutkimukset, uudisrakentaminen
 - 2/3 Kantavan maan tutkimukset, uudisrakentaminen
 - 3/3 Siltojen pohjatutkimukset
- Liite 2 Krav på geotekniska utredningar för vägverket region Stockholm, sidorna 64-70

ST-VAIHEEN POHJATUTKIMUSTEN OPTIMOINTI
POHJATUTKIMUSTEN OPTIMIMÄÄRÄT

TEIDEN PEHMEIKKÖTUTKIMUKSET, UUDISRAKENTAMINEN

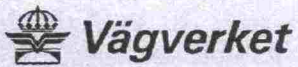
		TUTKIMUSTAPA											
		Painok/purhei	Pur heijari (heijarik)	CPTU	Siipik	Häiriintymätön näyte	Häiritty näyte	Porak kallio	Pohjavesi-purki	Huokospaine-mittaus	Maatutkaus	Sähköinen luotaus	Laboratorio-tutkimukset
PENGER PEHMEIKÖLLÄ													
Pehmeikkökohtainen yleistutkimus		kairaus kaikissa poikkileikkauksissa keskilinjalla ja 10..20m välein polkisuunnassa		parhaiten soveltuva siltimaalajissa ja selvitetäessä vetta johtavia välikerroksia	ehdoton minimi 1kpl/60m	ehdoton minimi 1 kpl/perimeikkö tai sen erillinen osa			kaivot aina selvittävä, samoin vesipinta näytereijissä		ei soveltu pohjavesipinnan alle	voidaan selvittää perimeikon rajapintoja	indeksominaisuudet kaikkia näytestä, rakaisuudet eri maallajista rajapintojen selvittäiseksi
Yleiset huomiot ja ehdottomat minimimäärät									vähintään 1 pohjavesiputki/pehmeikköosa mittaustuloksia väh 1 v ajalta				odometrikoesarja väh 1 piste pehmeikköä kohti
Tasainen topografia		keskilinja kk 20..40m poikkileikkaus 60..80m välein		kk 60 m	jokaisessa tutkimuspoikkileikkauksessa 1 kpl	kk 80..100 m							
Kallvea topografia		keskilinja kk 20..40m poikkileikkaus 20..40m välein		kk 40 m	tarvittaessa keskilinjalla tiheämmin	kk 40..60 m							
Pohjanvahvistusmenetelmä kohtaiset lisätarpeet:													
rajoitonsa poikkileikkaukset 10..20 m välein													
Ilepenkereen levyis, maanvarainen penger							esim. haikaistavalla näyteenottimella kerätyistä k/kuormitushistorian ollessa epäselvä 80 m		vähintään 1 pohjavesiputki/pehmeikköosa mittaustuloksia väh 1 v ajalta	huokospainemittaus suositeltava 1 pisteessä kohdella eri syvyydellä	suositellaan nykyisen päällysrakenteen lukuksia referenssipisteine en		
pystyjoitus										huokospainemittaus väh 1 pisteessä kohdella eri syvyydellä			selvittävä myös vaakasuuntainen konsolidaatovakio
syvästabiointi													väh laboratorio kokeet maan stabiilivuudesta eri sideainella (väh 2 eri sideainetta)
paalulaata													
massanvaihto		tutkimus poikkileikkaus kk 20..40m											
vastapenger													
TIELEIKKAUS PEHMEIKÖLLÄ													
Samat yleistutkimukset kuin penkereellä.													
Lisäksi erityiset lisätarpeet													
Matala leikkaus, 1..2 m							näytteitä myös savien alaisista karkareksista maista	poikkileikkaus kk 60..80m, vinojen kallionpintojen osalta poikkari kk 20..40m	vähintään 1 pohjavesiputki/pehmeikköosa mittaustuloksia väh 1 v ajalta	huokospainemittaus väh 1 pisteessä kohdella eri syvyydellä			tarvittaessa kolmiaksaalikoita maan lujusominaisuuksien selvittäiseksi
Syvä leikkaus > 3 m							näytteitä myös savien alaisista karkareksista maista		väh 2..3 pohjavesiputkea/leikkaus				

ST-VAIHEEN POHJATUTKIMUSTEN OPTIMOINTI
POHJATUTKIMUSTEN OPTIMIMÄÄRÄT
KANTAVA MAAN TUTKIMUKSET, UUDISRAKENTAMINEN

	TUTKIMUSTAPA									
	Painok/purheil	Pur heijari (heijarik)	CPTU	Häiritty näyte	Porakalliovarmistusputki	Pohjavesi-	Maatutkaus	Sähköinen luotaus	Laboratorio-	Erikois-
PENGER KANTAVA MAA Geologisen osa-alueen yleistutkimus			parhaiten soveltuva siltimaalajaisissa ja selvitetäessä vettä johtavia välikerroksia			kaivot aina selvitetävä, samoin vesipinta näyttereijissä	penkereellä harvoin tarpeen			
Yleiset huomiot ja ehdottomat minimimäärät	muutama kairaus maapohjan tiiveyden selvittämiseksi			kk 40-80 m koekuoppa tms				silimääräinen määräys, vesipitoisuus, rakeisuus eri maalajeista		
matala pengerr 1..3 m	keskilinja kk 20..40m poikkileikkaus 40..60m välein		siltti- ja hienohiekkamaalajeissa voidaan selvittää kerroksellisuutta	maanäyte löyhistä kerroksista, jos kantavuutta epäillään				silimääräinen määräys, vesipitoisuus, rakeisuus eri maalajeista		
korkea pengerr >4 m										
TIELEIKKAUS KANTAVA MAA										
Matala leikkaus, 1..3 m	poikkileikkaust kimus kk 40 m			tuikimuspoikkileikkausissa kk 40m, mikäli kallio < 6 m maanpinnasta	vähintään 1 pohjavesiputki/maaleikkaus mittaustuloksia väh 1 v ajalta		kallion pinnan ja maalajirajojen määritys mittalinjalalla	silimääräinen määräys, vesipitoisuus, rakeisuus eri maalajeista		
Syvä leikkaus > 3 m	poikkileikkaust kimus kk 20..40 m	tiukermassa maaperässä painok ei sovellu	kk 40..60 m välikerrosten selvittämiseksi	tuikimuspoikkileikkausissa kk 40m, mikäli kallio < 6 m leikkauspoija	väh 2 kpl pohjavesiputkea/m aaleikkaus jos pohjavedenpinnan alapuolella >2 m		leveissä leikkauksissa mahd myös reunalinjat	silimääräinen määräys, vesipitoisuus, rakeisuus eri maalajeista	Tarvittaessa koepumppaus	

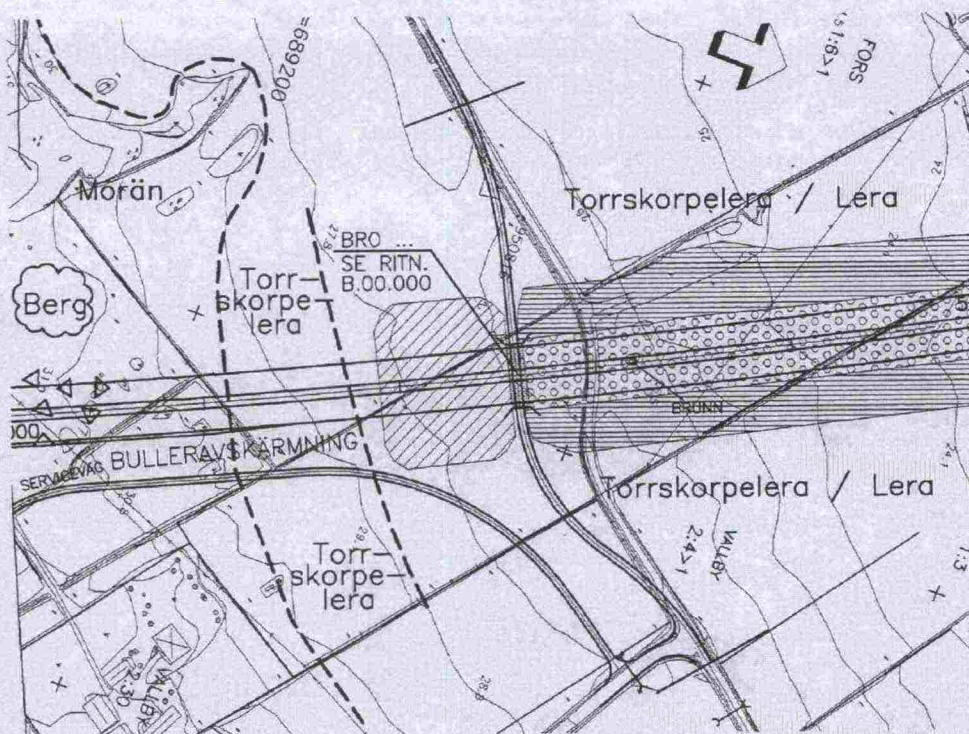
ST-VAIHEEN POHJATUTKIMUSTEN OPTIMOINTI
POHJATUTKIMUSTEN OPTIMIMÄÄRÄT
SILTOJEN POHJATUTKIMUKSET

	TUTKIMUSTAPA										
	Painokpurhei	Pur heijari (heijarik)	GPTU	Stipik	Häiriintymätön näyte	Häiritty näyte	Porakallio	Pohjavesipunkt	Huokospaine/ Maatutkausmittaus	Sähköinen luotaus	Laboratorio-tutkimukset
Sillan perustutkimustarpeet			parhaiten soveltuva siirtomaatilaissa ja selvitettävässä vettä johdavia välikerroksia	ehdoton minimi pehmeillä 1 kpl/sillapaikka							
Yleiset huomiot ja ehdottomat minimimäärät	jokaisella tukilinjalta väh. 2 postietä	suositeltava tavallisen heijarin tai painon sijaan		1 kpl / tukikee	pehmeillä 1 kpl / sillapaikka	saven alaisista maakerroksista väh 1 kpl / sillapaikka		kaivot aina selvitettyä, samoin vesipinta näyttereijissä	geosuunn harkinnan mukaan	ei sovellu pohjavesipinnan alle	indeksiominaisuudet kaikista näytetistä, rakesuudet en määriteltäviä rajoitusten selvittämiseksi
Pohjatutkimusluokka 1, Tavanomaiset	väh 2 heijaria/tuki			1 kpl / tukiki			väh 1 kpl / tukiki	pohjavedenpinta puikasta tai koekuopasta			
Pohjatutkimusluokka 2, Vaativat	2..4 heijaria/tuki		1kpl/ 2tukiee	1 kpl / tukiki			väh 2 kpl / tukiki	pohjavedenpinta puikasta tai koekuopasta			teräspaali ja käytettävä ana korroosioluhtimus



ANV 1997: 0184

KRAV PÅ GEOTEKNISKA UTREDNINGAR FÖR VÄGVERKET REGION STOCKHOLM



MARS 1997

APPENDIX A

UNDERLAG FÖR REGLERING AV GEOTEKNISKA FÄLTARBETEN

1. DAGSKOSTNADER FÖR GEOTEKNISKA FÄLTARBETEN

1.1 ALLMÄNNA BESTÄMMELSER

I å-prislistor angivna dagskostnader ska inkluderas

- lönekostnad för två man inkl. skyddsutrustning
- hyra för utrustning
- resor, transporter och traktamenten
- ersättning för kommunikationsutrustning
- ersättning för manskapsbod eller motsvarande
- central arbetsledning

Med en arbetsdag menas normalt 8 timmar

Vid arbete på allmän väg ska i dagskostnad ingå kostnader för upprättande av väganordningsplan och skyltning.

Om fältarbetet kan bedrivas med mindre personalinsats än vad som antagits vid respektive aktivitet **avräknas** kostnaden för detta. Exempel på en sådan situation kan vara att fältarbetet kan bedrivas i flera lag varigenom man kan erhålla personalreducerande effekter.

Angivna normalkostnader är exklusive mervärdesskatt.

1.2 UTRUSTNING

1. Mätning

- a. Enkel mätutrustning, typ avvägningsinstrument, teodolit
- b. Avancerad mätutrustning, typ elektrooptiskt instrument (totalstation)

2. Manuell utrustning

Handhållen utrustning för t ex

- Viktsondering (Vi, Vim)
- Slag- och hejarsondering (Slb, Hf)
- Vingprovning (Vb)
- Skruvprovtagning (Skr, Sp, etc)
- Kolvprovtagning (KvStI och StII)

3. Sonderingstraktor eller bandvagn

Utrustning som 2. med tillägg av trycksondering, CPT 1 - 3, monterad på borrhåndsbandvagn eller liknande.

4. Lätt jord-bergsonderingsutrustning

Till exempel bandvagn BVB 14, BVB 23, Geotech 504 eller likvärdig för arbete med förborring, provtagning, jord-bergsondering.

I kostnad ska ingå utrustning för vatten- eller luftspolning; vilkendera ska anges i anbud.

5. Tung jord-bergsonderingsutrustning

Till exempel ROC 601, Borro 704 eller motsvarande för arbete med förborring, provtagning, jord-bergsondering, foderrörsborring.

I kostnad ska ingå utrustning för vatten- eller luftspolning; vilkendera ska anges i anbud.

2. KAPACITETSDIAGRAM FÖR NORMALFÖRHÅLLANDEN

Normalförhållanden

- medelavstånd mellan borrhål högst 30 m
- ej uppfyllt eller tjälad mark
- relativt öppna och hinderfria ytor
- barmarksförhållanden

Kapacitetssänkande faktorer

- avstånd mellan borrhål mer än 30 m
- fyllning
- svårframkomlig terräng
- vinterförhållanden
- fältarbete från is, båt eller flotte
- trafik och trafikavstängning
- lång slangdragning för spolning

Viktsondering Uppskattad kapacitet

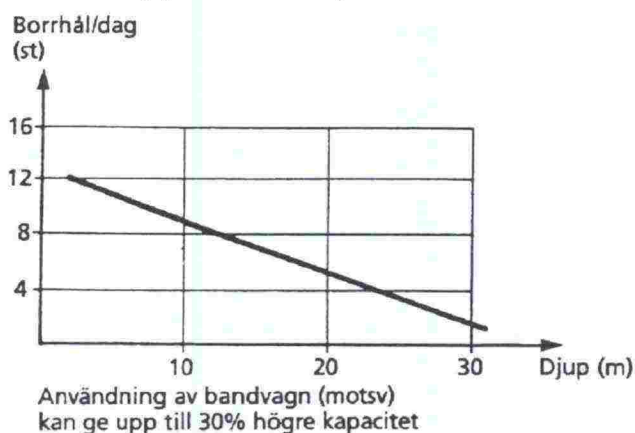
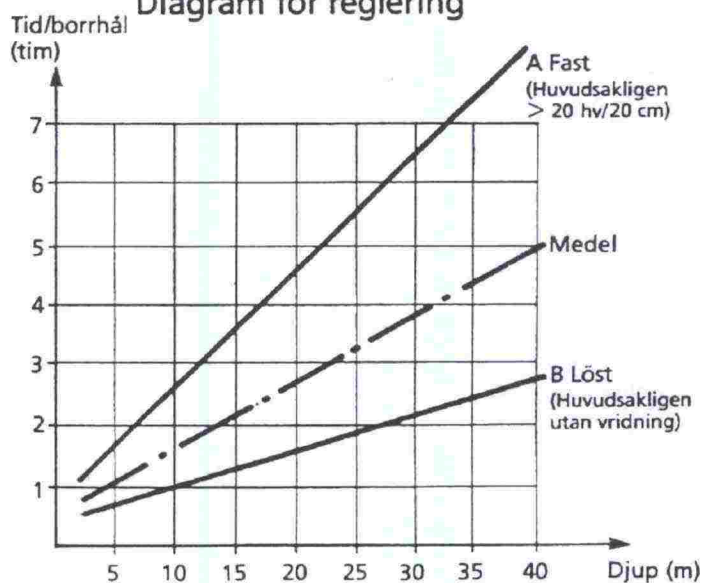


Diagram för reglering



Underlag för reglering av viktsondering.

Hejarsondering

Uppskattad kapacitet

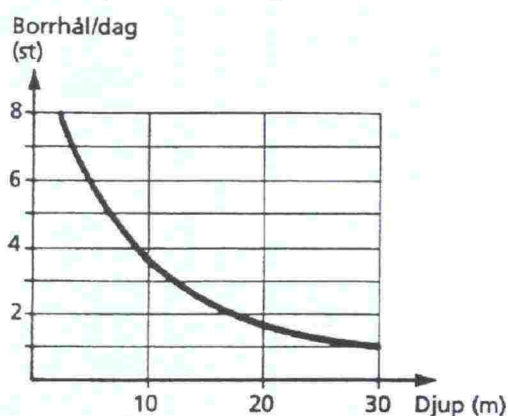
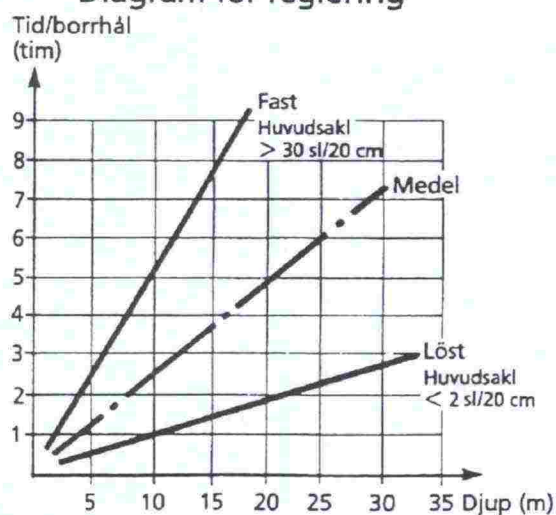


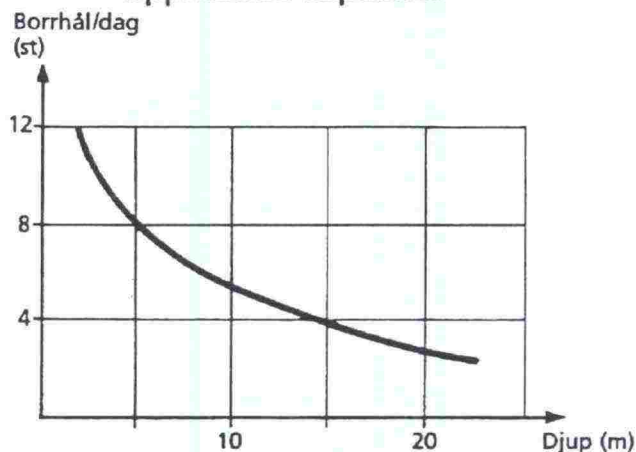
Diagram för reglering



Underlag för reglering av hejarsondering.

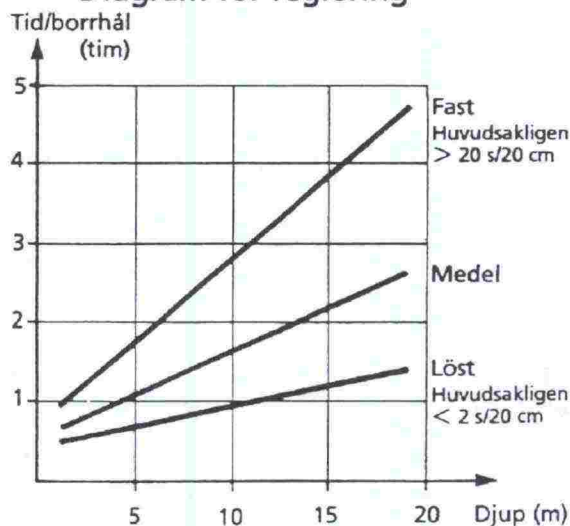
Motorslagssondering

Uppskattad kapacitet



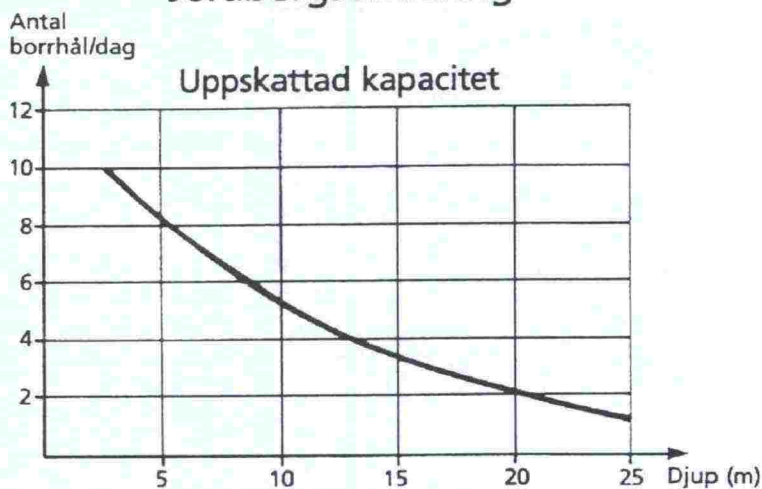
Vid användning av bandvagn (motsv) erhålles upp till 30% högre kapacitet

Diagram för reglering



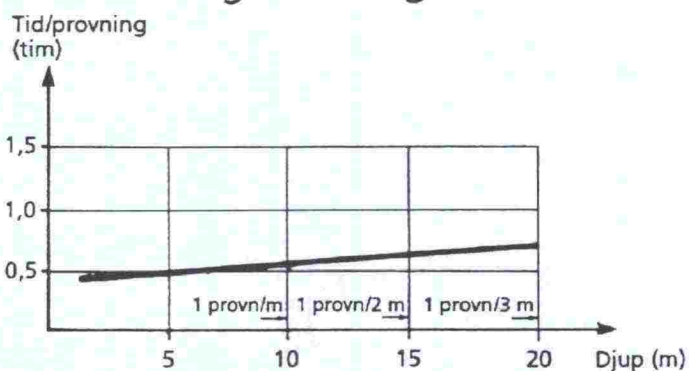
Underlag för reglering av motorslagssondering.

Jordbergsondering



Kapaciteten avser borrning i blockig jord som avslutas med 3 m i berg.

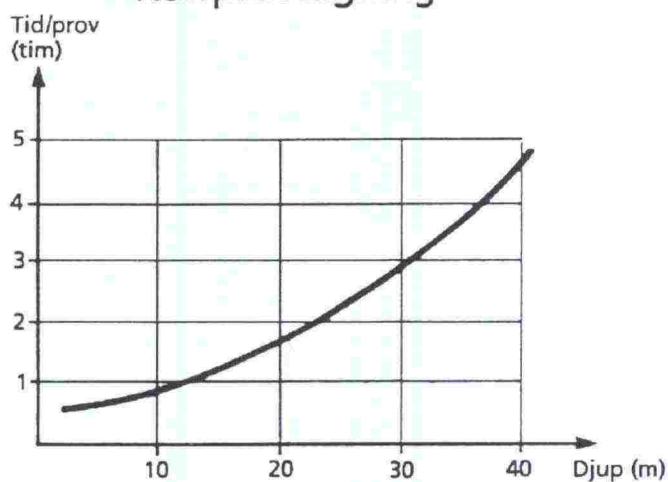
Vingsondering



För första provn tillkommer 0,5 tim

Underlag för reglering av jord-bergsondering och vingsondering.

Kolvprovtagning



För första provet tillkommer 0,5 tim

Skruvprovtagning



Underlag för reglering av kolv- och skruvprovtagning.

ISSN 1457-9871
ISBN 978-951-803-802-6
TIEH 3201023