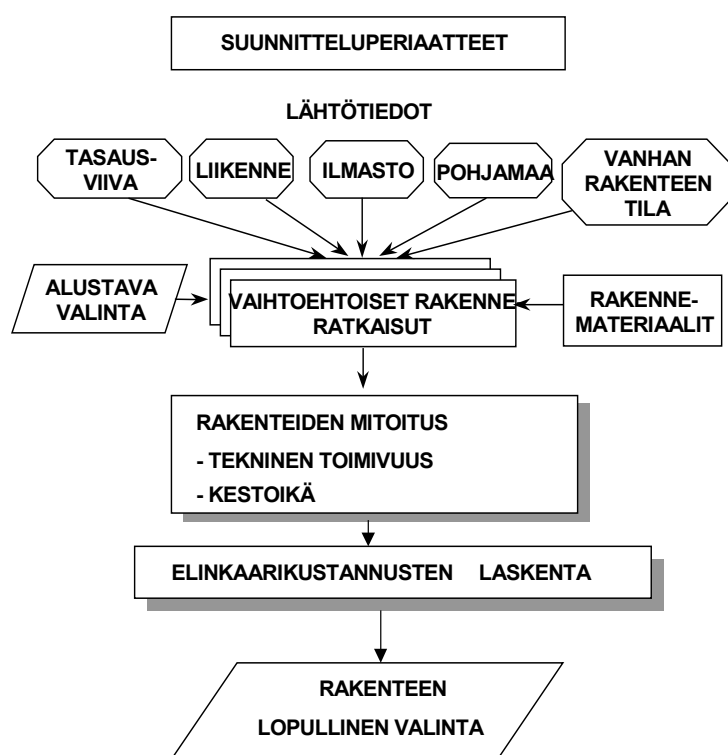


TIERAKENTEEN MITOITUKSEN LÄHTÖTIETOJEN HANKKIMINEN



- 1 Pudotuspainolaitemittaus (PPL-mittaus)
 - 2 Rakennekerrosmoduulien takaisin laskenta sekä jännitysten ja muodon muutosten laskenta
 - 3 Liikennesäätömittauksen laskeminen
 - 4 Ilmastorasitus. Pakkasmäärän ja sulamiskauden pituuden määrittäminen
 - 5 Routausmittauksen määrittäminen
 - 6 Routausmittauksen määrittäminen (SP) kokeellinen määrittäminen
 - 7 Routausmittauksen määrittäminen
 - 8 Lämpöjohtavuuden määrittäminen
 - 9 Sähköinen vastusluotaus tien painumalaskennan lähtötietojen hankkimisessa
 - 10 Radiometrinen reikämittaus
 - 11 CPTU - kairaus
 - 12 Lämpöjohtavuuden määrittäminen painumalaskennan tarpeisiin
 - 13 Tien rakennekerrostutkimukset
 - 14 Routausmittauksen ja painuman mittaus
 - 15 Tien vauriokartoitus ja vaurioiden kuvaus
 - 16 Palvelutasomittaus (PTM) tien rakenteen parantamisen suunnittelussa
- TIEH 66/2001 Tien rakennekerrosten materiaalit

Leena Korkiala-Tanttu
Heikki Onninen
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Alkusanat

Tien pohja- ja päällysrakenteet - tutkimusohjelman (TPPT) lopputulosten tavoitteena on ennistä kestävämpien uusien ja perusparannettavien kestopäällystettyjen teiden rakentaminen siten, että myös rakenteiden vuosikustannukset alenevat. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi on tärkeää, että tierakenteet suunnitellaan paikallisiin olosuhteisiin. Suunnittelussa käytetään hyväksi paikallisten olosuhteiden suomat mahdollisuudet ja otetaan huomioon olosuhteiden aiheuttamat rajoitukset.

TPPT-ohjelmassa kehitetään tierakenteiden mitoitusta (TPPT-suunnittelujärjestelmä). Suunnittelujärjestelmässä esitetään ne menettelytavat ja keinot, joita käyttäen tierakenne voidaan kohdekohtaisesti suunnitella ja mitoittaa. Ohjelman tuloksena laaditaan myös yhteenveto ohjelmaan sisältyneistä koerakenteista sekä yhteenveto materiaaaliteknisestä kehityksestä.

Suunnittelujärjestelmälle on ominaista, että mitoitus tapahtuu paikkakohtaisilla tiedoilla ja parametreilla (liikenne, ilmasto, pohjamaa, käytettävät rakennemateriaalit, vanhat rakenteet). Mitoituksessa käytettävien pohjamaata ja rakennemateriaaleja koskevien parametrien määrittäminen tapahtuu ensisijaisesti laboratoriokokeilla tai maastossa tehtävin mittauksin ja tutkimuksin. Myös muiden mitoituksessa tarpeellisten lähtötietojen hankinnassa ja ongelmakohtien tai muutoskohtien paikannuksessa käytetään maastossa ja tiellä tehtäviä havaintoja ja mittauksia.

Suunnittelujärjestelmään kuuluvat oleellisena osana sitä täydentävät suunnittelun ja mitoituksen lähtötietojen hankintaa käsittelevät "menetelmäkuvaukset". Esitettävät menetelmät ja menettelytavat on todettu käyttökelpoisiksi käytännön havaintojen ja kokeiden perusteella.

Tässä "Tierakenteen mitoituksen lähtötietojen hankkiminen" menetelmäkuvauksessa on esitetty koottuna painumalaskennan, routamitoituksen ja kuormituskestävyysmitoituksen lähtötietotarpeet ja käsitelty niiden hankintamenettelyä kentällä ja laboratoriossa tehtävin tutkimuksin. Menetelmäkuvauksen ovat laatineet Leena Korkiala-Tanttu ja Heikki Onninen VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta. Menetelmäkuvauksen sisältöä on käsitelty yhdessä Tieliikelaitoksen ja Tiehallinnon asiantuntijoiden kanssa.

Tammikuussa 2002

Markku Tammirinne

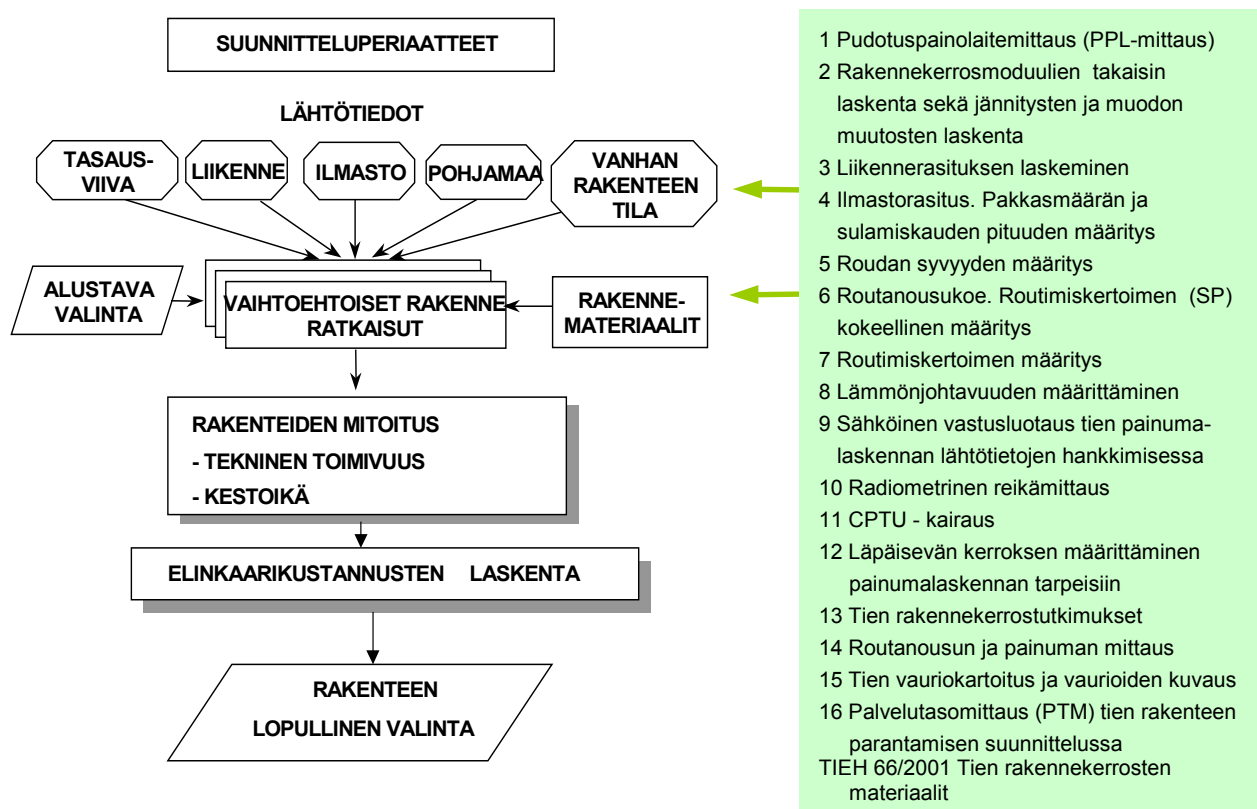
Sisältö

1	LÄHTÖTIETOJEN HANKINTA SUUNNITTELUN OSATEHTÄVÄNÄ.....	3
1.1	Liittyminen suunnittelujärjestelmään	3
1.2	Lähtötietojen tallennuksen periaatteita	4
2	UUDEN TIERAKENTEEN SUUNNITTELU.....	5
2.1	Suunnittelun eri vaiheet	5
2.2	Mitoitusmenetelmien vaatimukset lähtötietojen hankinnalle.....	8
2.2.1	Yleiset vaatimukset ja erityispiirteet	8
2.2.2	Painumalaskennan lähtötiedot	8
2.2.3	Routamitoituksen lähtötiedot.....	9
2.2.4	Kuormituskestävyysmitoituksen lähtötiedot	10
3	RAKENTEEN PARANTAMISEN SUUNNITTELU.....	11
3.1	Yleiset piirteet.....	11
3.2	Mitoitusmenetelmien erityisvaatimukset lähtötietojen hankinnalle.....	12
3.2.1	Yleiset vaatimukset ja erityispiirteet	12
3.2.2	Painumalaskennan lähtötiedot	14
3.2.3	Routamitoituksen lähtötiedot.....	14
3.2.4	Kuormituskestävyysmitoituksen lähtötiedot	15
4	TUTKIMUSTEN SUORITUKSEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	16
4.1	Tutkimusten määrä.....	16
4.2	Tutkimustapojen valinta.....	16
4.3	Tutkimusten ajankohta	17
4.4	Tutkimusten ja mittausten paikkatietojen luotettavuuden varmistus	17
5	KIRJALLISUUTTA	20

1 LÄHTÖTIE TOJEN HANKINTA SUUNNITTELUN OSATEHTÄVÄNÄ

1.1 Liittyminen suunnittelujärjestelmään

Tierakenteiden mitoituksessa on pyrittävä käyttämään paikkakohtaisia lähtötietoja pohjamaasta ja olemassa olevista, vanhoista tierakenteista. Tämä menetelmäkuvaus on yhteenveto tierakenteen ja pohjasuhteiden tutkimuksista TPPT-suunnittelujärjestelmän osana (kuva 1). Tässä raportissa esitetään periaatteellinen kuvaus uuden ja vanhan tierakenteen ja pohjamaan tutkimusten suorituksista ja sisällöstä ensisijaisesti suunnittelijan näkökulmasta. Menetelmäkuvausta voidaan soveltaa myös tutkimusten tilaajan taholta, vaikka tähän mennessä (2001) ei olekaan selkiytynyt, millaiseksi tien suunnittelun, rakentamisen ja parantamisen hankintamenettely tulee lähivuosina muotoutumaan.



Kuva 1. Tierakenteen suunnittelun periaate TPPT-suunnittelujärjestelmässä sekä rakenteiden suunnittelun ja mitoituksen lähtötietojen hankkimiseen liittyvät menetelmäkuvaukset.

TPPT:n suunnittelujärjestelmä uusille tierakenteille ja rakenteen parantamiselle koostuu kolmesta osasta:

- painuman laskennasta,
- routamitoituksesta ja
- kuormituskestävyysmitoituksesta .

TPPT-suunnittelujärjestelmässä ei käsitellä yksityiskohtaisesti tiepenkereen kokonaisvakavuutta, mutta lähtötietojen hankinnan tulee käsittää myös stabiiliteettitarkastelujen tarpeet. Tässä menetelmäkuvauksessa vakavuustarkastelujen lähtötietojen hankintaa käsitellään vain hyvin suppeasti. Pohjatutkimukset ja muu lähtötietojen hankinta palvelevat kaikkien em. osa-alueiden tavoitteita ja jokainen osa-alue tuo mukaan omia erikoisvaatimuksiaan mm. tutkimusajankohdan suhteen.

TPPT -suunnittelujärjestelmän mitoitusmenettelyn periaatteet ovat:

1. Painuman laskennalla haetaan ensin ne kohdat tielinjalla, joissa painuminen ylittää painumakriteerit (painumaerot, kulmakiertymät). Ne kohdat, joissa painumaerojen odotetaan ylittävän sallitun rajan, mitoitetaan pohjanvahvistusmenetelmiä käyttäen siten, että painumat ja painumaerot pysyvät sallituissa rajoissa
2. Roudan hallinta jakautuu kahteen osaan: routanousun rajoittamiseen ja sulamispehmenemisen haittavaikutusten estämiseen. Epätasainen routanousu aiheuttaa ensisijaisesti rakenteen vaurioitumista riippumatta liikennekuormituksesta. Sulamispehmeneminen vaikuttaa rakenteen kestävyysasteen ensisijaisesti alentuneen pohjamaan kuormituskestävyyden kautta.
3. Routamitoitus perustuu rakennepaksuuksien tai routaeristyksen mitoittamiseen niiden lämmönjohtavuuden, pohjamaan routivuuden, pakkasmäärän ja routanousukriteerin perusteella. Eri tavalla routasuojattujen rakennevaihtoehtojen valinnassa voidaan käyttää apuna routanousuriskiä (vaurioitumisriskiä) perustuvaa elinikä tarkastelua.
4. Päällysteen kuormituskestävyyden mitoitus perustuu päällysteen alapinnan vaakasuoraan vetomuodonmuutokseen tai taipumaerotukseen (SCI300), jotka selittävät päällysteen väsymisestä aiheutuvaa liikenneperäistä vaurioitumista.
5. Koko tierakenne voidaan tarkastella vielä ottamalla huomioon pohjamaan kuormituskestävyys roudan sulamisaikana. Pohjamaan kokonaismuodonmuutoksen perusteella arvioidaan pohjamaan urautumisriskiä. Tarkastelussa tarvitaan sulamisvaiheen pituus sekä rakennekerrosten ja pohjamaan jäykkyyden alenema, joka huomioidaan niiden moduuleissa.
6. Lopuksi tehdään vaihtoehtoisille rakenneratkaisuille päällysrakenteen elinkaarikustannusten tarkastelu, jonka tuloksia käytetään hyväksi toteutettavaa rakenneratkaisua valittaessa.

1.2 Lähtötietojen tallennuksen periaatteita

Välttämätön osa suunnittelua on riittävien lähtötietojen hankinta eri suunnitteluvaiheissa. On tärkeää tehdä tutkimukset, tulosten käsittely ja tulosten tallennus niin, että tieto on myöhemmin yksikäsitteisenä käytettävissä. Joka suunnitelmavaiheissa syntyneet lähtötiedot kootaan ja siirretään seuraavan vaiheen lähtötiedoiksi. Kaikki lähtötietoaineistot sekä tien suunnitelmat laskelmineen tallennetaan ja niitä täydennetään rakentamisaikana tehdyillä tarkasteluilla sekä mittaus- ja laatuasiakirjoilla.

Tien käyttöönoton jälkeen aineistoon lisätään tiedot tehdyistä painuma-, tasaisuus-, routatms. havainnoista ja mittauksista, vauriokartoitukset, tehdyt korjaukset jne. Näin saadaan koottua koko tien elinkaaren ikäinen aineisto, joka on käytettävissä tarvittavien korjaus-, parannus- ja kunnossapitotoimenpiteiden suunnittelua varten. Nykyisessä tienpidon jo osittain muuttuneessa tilanteessa on aluksi tarpeen määritellä aineiston keräämisen ja säilytyksen periaatteet ja vastuutahot.

2 UUDEN TIERAKENTEEEN SUUNNITTELU

2.1 Suunnittelun eri vaiheet

TPPT -suunnittelujärjestelmä on kehitetty tien rakennussuunnitteluvaiheen tarpeisiin, mutta tietoa pohjaolosuhteista tarvitaan jo aikaisemmissakin suunnitteluvaiheissa. Aiempien suunnitteluvaiheiden tavoitteet poikkeavat rakennussuunnitelmavaiheen tavoitteista. Yhteisenä tavoitteena kaikissa vaiheissa on hyvän, toimivan tierakenteen suunnittelu sekä elinkaari-kustannusten minimointi (elinkaariajattelu).

Uuden tien suunnittelu on jaettu neljään vaiheeseen: tarveselvitys sekä yleis-, tie- ja rakennussuunnittelu.

- Tarveselvityksessä ei yleensä vaadita pohjasuhdetietoja kartta-aineiston ja yleisen geologiatiedon lisäksi.
- Yleissuunnitelmassa pyritään valitsemaan "tieuran" sijainti maastossa kohteesta riippuvassa tarkkuudessa.
- Tiesuunnitelmassa määritetään haltuunotettava tiealue sekä tehdään rakennuskustannusarvio.
- Rakennussuunnitelmavaiheessa tien sijaintia voidaan rajoitetusti siirtää tiealueen sisällä ja tiealueen ulkopuolelle ainoastaan erittäin painavista syistä. Tässä vaiheessa aiottu rakennustoimenpiteet tarkentuvat yksityiskohtaisiksi suunnitelmiksi piirustuksineen ja työselityksineen.

Tie- ja rakennussuunnitelmien välinen raja vaihtelee eri hankkeissa. Kokonaisvastuu-urakassa tarjousten antaminen perustuu yleensä tiesuunnitelma-asiakirjoihin. Kokonaisvastuu-urakan tarjouksien järkevä toteuttaminen edellyttää riittäviä tutkimuksia jo tiesuunnitelmavaiheessa, jotta tarjouskilpailussa mukana olevien ei tarvitse täydentää tutkimuksia kuin joiltakin tarkemmin rajatuilta osin.

Tiesuunnitelman laadinnan yhteydessä tutkimusten määrän tulee olla sellainen, että tarvittava tiealue sekä rakentamisen kustannusarvio voidaan määrittää riittävällä tarkkuudella. Pehmeikkötutkimuksissa tulee varautua ainakin kahteen eri pohjavahvistusvaihtoehtoon, merkittävämmissä kohteissa useampaankin vaihtoehtoon. Tutkimuksia ulotetaan koko suunnittelualueen maapeitteisille osille sekä tarvittaessa myös kalliopaljastumille (tunnelit, syvät kalliroleikkaukset). Myös mahdollisten läjitysalueiden sekä rakennusmateriaalien hankinta-alueiden pohjasuhdetietojen hankkiminen kuuluu tiesuunnitelmaan. Määrällisesti pohjatutkimusten painopisteen tulisi olla tässä vaiheessa, jolloin pohjanvahvistus- ja tien rakenneratkaisut saadaan riittävän luotettavasti määritetyksi.

Tielaitoksen julkaisussa "Tiesuunnitelman pohjatutkimukset" on esitetty tiesuunnitelmavaiheen pohjatutkimusten ohjelmointi yleisellä tasolla. TPPT -suunnittelujärjestelmän painumalaskennan ja routamitoituksen vaatimukset lähtötiedoille ja pohjatutkimuksille eroavat tähän saakka totutusta ja niiden osalta suositellaan sovellettavaksi kohdassa 2.2 kuvattuja TPPT -menetelmäkuvauksia.

Rakennussuunnitelma on perinteisesti tehty tiesuunnitelman jatkoksi ilman tarkempaa tietoa rakennustyön toteuttajasta. Tällöin tiesuunnitelmavaiheen toteuttamistapoja harvoin muutetaan ja yleensä ne säilytetään urakoitsijasta riippumattomina perusratkaisuin. Vaihtoehtoisesti rakennussuunnitelman teko voidaan sisällyttää kokonaisvastuu-urakkaan, jolloin käytävissä olevat rakennusmenetelmät ja kalustot ovat suunnittelijan tiedossa. Tämä voi merkitä edellisen vaiheen pohjavahvistus- ja rakenneratkaisuihin suuriakin muutoksia.

Yksityiskohtaisen rakennussuunnitelman tekeminen edellyttää aina olemassa olevien pohjasuhdetietojen täydentämistä pehmeiköiltä, taitorakenteiden (sillat, rummut tms.) kohdilta se-

kä pohjanvahvistus- ja rakenneratkaisujen muuttumiskohdilta. Lisäksi valittujen ratkaisujen vaihtaminen toisiin, luiska- ja melusuojaukset, maisemanhoidolliset täytöt, valaistus, liikenteenohjaus yms. aiheuttavat lisätutkimustarvetta.

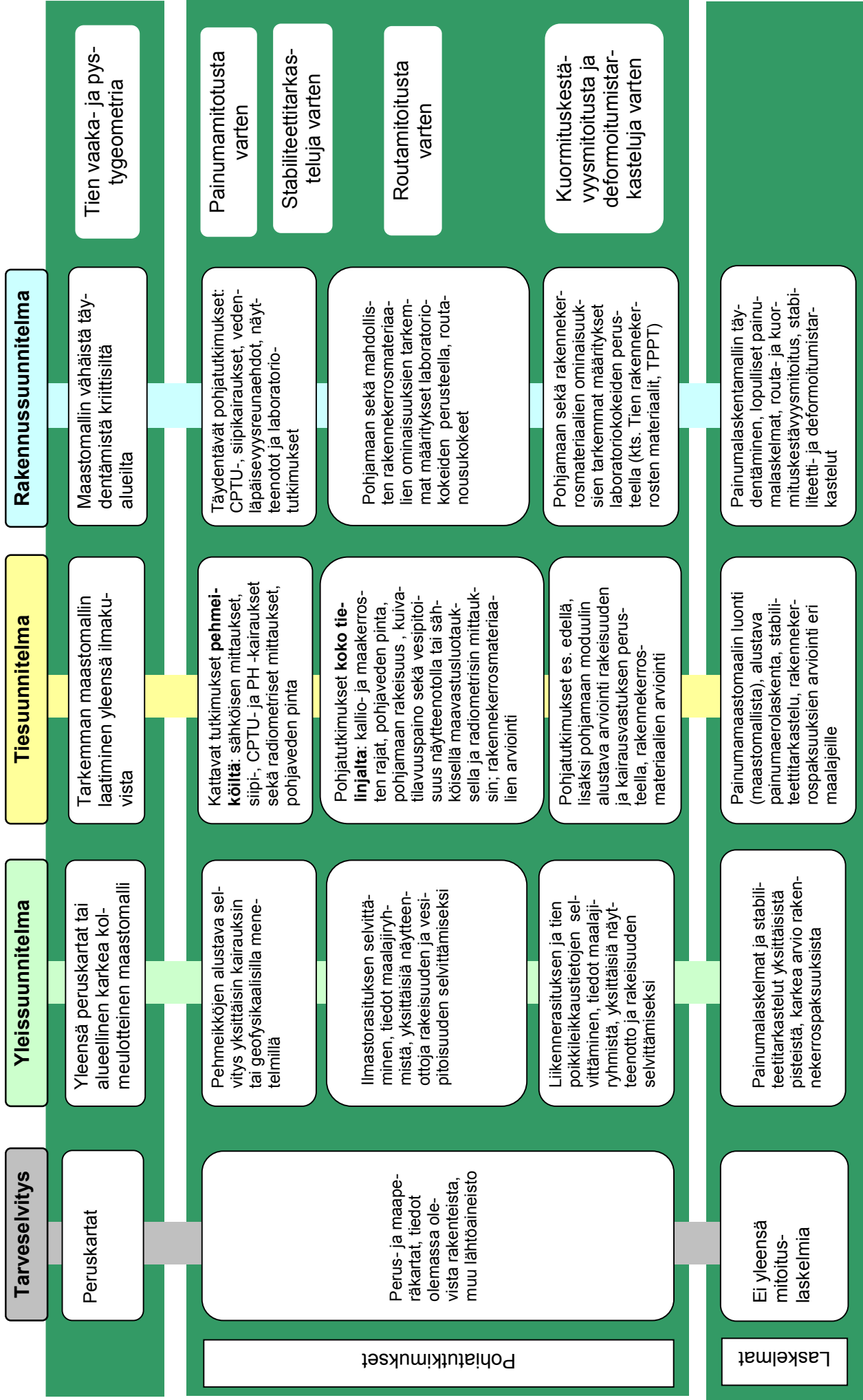
Tielaitoksen julkaisuissa "Teiden pehmeikkötutkimukset" sekä "Tieleikkausten pohjatutkimukset" on esitetty pohja- sekä laboratoriotutkimusten määrää ja laatua eri suunnitteluvaiheissa perinteisellä suunnittelun vaiheistuksella. Näissä julkaisuissa on esitetty myös kairausmenetelmiä. "Siltojen pohjatutkimukset" julkaisuissa on esitetty siltojen asettamia erityisvaatimuksia pohja- ja laboratoriotutkimuksille. Julkaisujen perusteella voidaan perustapauksissa ohjelmoida pohjatutkimukset, kun otetaan huomioon kohdassa 2.2 esitetyt TPPT:n suunnittelujärjestelmän vaatimukset käyttäen hyväksi TPPT -menetelmäkuvauksia (kts. myös kuva 1 ja taulukot 2 - 4).

Eri pohjatutkimusten suorittamis- ja esittämistapoihin liittyviä ohjeita on esitetty Suomen geoteknillisen yhdistyksen kairausoppaissa; joita ovat:

- Kairausopas II: Siipikairaus
- Kairausopas III: Maanäytteiden ottaminen geoteknillisiä tutkimuksia varten
- Kairausopas IV: Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen
- Kairausopas VI: CPTU / Puristinkairaus. Puristin-heijarikairaus
- Geofysikaaliset mittausmenetelmät

Taulukossa 1 on kuvattu pohjatutkimusten ja mitoituslaskelmien sijoittumista tiehankkeen eri vaiheisiin.

Taulukko 1. Pohjatutkimusten ja TPPT:n suunnittelujärjestelmän eri vaiheet ja yhteydet tien geometrian suunnitteluun uuden tien rakentamisessa.



2.2 Mitoitusmenetelmien vaatimukset lähtötietojen hankinnalle

2.2.1 Yleiset vaatimukset ja erityispiirteet

Uuden tierakenteen suunnittelun ja mitoituksen lähtötietoina tarvitaan pohjatutkimusten lisäksi (kts. kuva 1 edellä):

- Tarkastelujaksona rakenteeseen kohdistuva liikennesäätösäätös
- Tarkastelujaksona rakenteeseen kohdistuvasta ilmastorasituksesta
- Rakennuspaikan pohjasuhteet (luonnollinen tai "käsitelty" pohjamaa)
- Käytettävät rakennemateriaalit ja niiden ominaisuudet: sitomattomat materiaalit, bitumilla ja sementillä sidotut materiaalit, vahvisteet, routaeristeet, kevyet täytteet
- Suunniteltu tien tasausviiva.

Tiesuunnittelun alkuvaiheessa määritelty tasausviiva muodostaa painumalaskennan lähtötiedon. Tasausviivan mahdolliset muutokset, jotka tapahtuvat tiesuunnittelun edistyessä, otetaan huomioon painuman laskennassa, stabiiliteettitarkasteluissa ja routanousumitoituksessa.

TPPT -suunnittelujärjestelmän erityispiirteitä pohjatutkimusten ohjelmoinnissa ja lähtötietojen hankinnassa ovat mm:

- Sähköinen maavastusluotaus ja sen tulkinta vesipitoisuudeksi ja kokoonpuristuvuudeksi
- Radiometrinen tiheyden ja vesipitoisuuden mittaus
- Lämpösevien maakerrosten tunnistaminen painumalaskentaa varten
- Pohjamaan/alusrakenteen routimiskertoimen (SP) määrittäminen laboratoriotutkimuksin tai lähi alueen teiden maastomittauksista alueittain tulkittuna
- Pohjamaan alueellisten maalajiparametrien ym. tietojen tallennus ja hyödyntäminen ko. alueen tierakenteiden suunnittelu- ja mitoitusohjeissa

Seuraavissa luvuissa on esitetty mitoitusmenettelyiden periaatteet ja lähtötietojen hankinta erikseen painumalaskennalle, routamitoitukselle ja kuormituskestävyysmitoitukselle. Materiaalitutkimuksia on käsitelty seikkaperäisesti TPPT -raportissa " Tien rakennekerrosten materiaalit. Taustatietoa materiaalivalinnoille". Tiehallinnon selvityksiä 66/2001.

2.2.2 Painumalaskennan lähtötiedot

TPPT -suunnittelujärjestelmän painuman laskentamenettely perustuu jatkuvan maastomallin muodostamiseen ensisijaisesti ns. pikselimallina. Pikselimallin maan ominaisuuksia kuvaavat lähtötiedot saadaan sähköisellä vastusluotauksella ja sitä täydentävillä pohjatutkimuksilla. Laskentamenettely on kuvattu menetelmäkuvauksessa TPPT 19 Tien jatkuvan painumaprofiilin laskenta pikselimallilla ja sen edellyttämät tutkimukset menetelmäkohtaisissa kuvauksissa. Taulukossa 2 on esitetty uusien rakenteiden painumalaskennan parametrien määrittäminen- ja arviointimenetelmät laboratoriossa ja kentällä sekä käytettävät menetelmäkuvaukset.

Taulukko 2. Uusien ja vanhojen teiden painumalaskennan parametrien määrittäminen menetelmät laboratoriossa ja kentällä.

Parametri	Määrittämis- tai arviointitapa	Menetelmä
vesipitoisuus, w	sähköinen maavastusluotaus & radiometrinen luotaus / näytteenotto ja vesipitoisuusmäärittäminen laboratoriossa	- TPPT 9 - TPPT 10 - Kairausopas III / SGY ja GLO-85 / SGY
kerrosrajat, maalaji, OCR	CPTU-kairaus, näytteenotto ja rakeisuus- ja vesipitoisuusmäärittäminen laboratoriossa	- TPPT 11 - Kairausopas III / SGY ja GLO -85 /SGY
pystysuora vallitseva jännitys, σ'_{vo}	radiometrinen luotaus: kuivatilavuuspaino γ_d , kyllästetyn maakerroksen rajapinnan taso GW_0	- TPPT 10
kyllästetyn maakerroksen rajapinnan taso GW_0	w-avaruus (sähköinen maavastusluotaus & radiometrinen luotaus)	- TPPT 9 - TPPT 10
yliekonsolidoitumissuhde OCR konsolidaatiojännitys σ_c	siipikaira, CPTU-kaira	- TPPT 9 - Kairausopas II /SGY
konsolidaatiokerroin c_v	CPTU-kaira, dissipation test	- TPPT 9
painumaparametrit $M^*(m, \beta)$ kokoonpuristuvuuskerroin C_c	yleiset vuorosuhteet $w \Leftrightarrow M(m, \beta)$	- RITA-tietokanta / TKK
pystysuoran jännityksen liissäys $\Delta\sigma_c$ tien alla	radiometrinen mittaus, siipikaira	- TPPT 10
konsolidaatiojännitys σ_c , C_c painumaparametrit $M^*(m_1, \beta_1, m_2, \beta_2)$ konsolidaatiokerroin c_v vedenläpäisevyyskerroin, k	ödometrikoe	- standardi - CRS - kokeen valinta ja suoritusohjeet (CRS -> $M^*(C_c, m, \beta)$, OCR, c_v , k) - standardiödometrikoe - TC 250 PT 2
rakenteen paksuus H_0	maatutka & kalibrointi koe-kuopalla, autokairalla, tms.	-TPPT 13 - Maatutkaluotaus / SGY
toteutunut painuma h_t	suunnitelma (historia) – GPS- korkeustasomittaus tai $GPS_1 - GPS_2$	- TPPT 14 - TPPT 13
painumanopeus dh/dt		
läpäisevyysreunaehdot	läpäisevyysreunaehdokoe	- TPPT12

2.2.3 Routamitoituksen lähtötiedot

Routamitoituksessa lasketaan tien pinnan routanousu vaihtoehtoisille rakenneratkaisuille käyttäen mitoituslaskennan pakkasmääriä. Tienpinnan routanousun laskentaa varten tarvitaan tiedot mm. pohjamaan routanousuominaisuuksista ja lämpöteknisistä ominaisuuksista sekä routimattoman tierakenteen kerrospaksuuksista ja lämpöteknisistä ominaisuuksista. Tarvittaessa mitoitetetaan rakenteet routasuojattuina.

Routamitoitusta varten suunniteltava tielinja jaetaan pohjamaaltaan / alusrakenteeltaan tasalaatuisiin osa-alueisiin. Kullekin tasalaatuiselle alueelle määritetään pohjamaan/alusrakenteen routimiskerroin (SP), joka on routanousulaskelmien tärkein maaparametri. (TPPT -menetelmäkuvaukset "Routimiskertoimen määrittäminen" ja "Routanousukoe"). Tasalaatuisuus todetaan maanäytetutkimuksin (lähinnä savipitoisuus), joiden määrä ja sijoittelu määräytyy alueen geologiatiedon, kartta-aineiston, olemassa olevan pohjatutkimustiedon ja maastotarkastelun perusteella. Näytteiden tulee edustaa sitä pohjamaakerrosta, joka routaantuu tierä-

kenteen alla. Leikkauskohdissa näyte voidaan joutua ottamaan näytettä hienontavilla menetelmillä. Rajatapauksissa voi routimaton maamateriaali tällöin "muuttua routivaksi" rakeisuuskäyrään perustuvassa arvioinnissa (TYLT, Yleiset perusteet).

Maanäytetutkimuksia keskitetään runsaammin tasalaatuisiksi arvioitujen alueiden muutosalueille. Helpoin tapa rajakohdan määrittämiseksi on usein maastokatselmus ja sen yhteydessä tehtävät silmämääräiset maalajimääritykset lapiota tai ns. geologin sauva hyväksi käyttäen. Silmämääräiset määritykset varmennetaan laboratoriotutkimuksin.

Taulukossa 3 on esitetty rakenteen routamitoituksessa tarvittavat parametrit ja niiden määrittämenetelmät laboratoriossa ja kentällä sekä uusille että perusparannettaville rakenteille.

Taulukko 3. Uuden ja perusparannettavan tierakenteen routamitoitusparametrien määrittämenetelmät laboratoriossa ja kentällä.

Parametri	Määrittä- tai arviointitapa	Menetelmäkuvaus
Pakkasmäärä F	Pakkasmäärän F suuruus ja kertymän arvioiminen (kartta, diagrammi)	TPPT 4
Vuoden keskilämpötila T_m	Vuoden keskilämpötilan suuruus (kartta)	TPPT 4
Rakennemateriaalien kuivatilavuuspainot γ_d	Taulukkoarvo tai Proctor-koee (95 % maksimiarvosta)	
Pohjamaan kuivatilavuuspaino γ_d	Taulukkoarvo tai radiometrinen luotaus (pistekoht.) tai arvio kyllästetyn tilan vesipitoisuuden perusteella	TPPT 10
Rakennemateriaalien vesipitoisuus w	Taulukkoarvo tai näytteenotto ja vesipitoisuusmäärittäminen laboratoriossa tai radiometrinen mittaus (pistekoht.) tai TDR-mittaus (pistekoht.)	TPPT 10 TPPT 13
Pohjamaan vesipitoisuus w	Taulukkoarvo tai näytteenotto ja vesipitoisuusmäärittäminen laboratoriossa tai sähköinen maavastusluotaus (jatkuva) tai radiometrinen luotaus (pistekohtaisesti) tai TDR (pistekohtaisesti)	TPPT 9 GLO-85 TPPT 10 TPPT 13
Pohjamaan savipitoisuus	Näytteenotto ja rakeisuusmäärittäminen laboratoriossa	TPPT 13 GLO-85
Rakennemateriaalien ja pohjamaan jäätymislämmöt L	$L = w \cdot \gamma_d \cdot l$ (Wh/m ³), jossa l on veden jäätymislämpö $l = 93$ Wh/kg	Routaohjelma SSR.xls
Rakennemateriaalien ja pohjamaan lämmönjohtavuudet sulana λ_u ja jäädyneenä λ_f	Taulukkoarvot tai määrittäminen lämmönjohtosondilla tai arvio maalajin, kuivatiheyden ja vesipitoisuuden perusteella	TPPT 8 Routaohjelma SSR.xls
Routimiskerroin SP (pistekoht.)	Routanousukoe (pistekohtaisesti) tai arviointi savipitoisuustiedon perusteella (pistekohtaisesti).	TPPT 6 TPPT 7
Routimiskerroin SP (jatkuva)	Takaisinlaskentamenetelmä	TPPT 18

2.2.4 Kuormituskestävyyssmitoituksen lähtötiedot

Tierakenteen kuormituskestävyyssmitoituksessa rakennekerrokset oletetaan ideaalisesti kimmoisiksi eli niissä ei teorian mukaan tapahdu pysyviä deformaatioita eikä leikkautumista. Mitoituskriteerinä käytetään päällysteen alapinnan vaakasuoraa vetomuodonmuutosta (menetelmäkuvaus TPPT 17 " Kuormituskestävyyssmitoitus. Päällysrakenteen väsyminen ").

Rakennekerrosten kokonaispaksuudella säädetään pohjamaan jännitykset sellaisiksi, että pohjamaan haitallinen deformaatio ja leikkautuminen rajoitetaan merkityksettömäksi. Raken-

nekerrosten materiaalit oletetaan rakennettavaksi ja kuivatettavaksi sellaiseen tilaan, etteivät niissä tapahtuvat pysyvät deformaatiot muodostu mitoituksen perusteeksi.

Taulukossa 4 on esitetty rakenteen kuormituskestävyyssmitoituksessa tarvittavat parametrit ja niiden arviointi- ja määrittämenetelmät laboratoriossa ja kentällä uuden ja vanhan tien rakenteiden suunnittelun yhteydessä. Laboratoriotutkimuksia on kuvattu TPPT -raportissa "Tien rakennekerrosten materiaalit. Taustatietoa materiaalivalinnoille", Tiehallinnon selvityksiä 66/2001.

Taulukko 4. Uuden rakenteen kuormituskestävyyssparametrien arviointi- ja määrittämenetelmät laboratoriossa ja kentällä uuden tien rakenteille.

Parametri	Määrittä- tai arviointitapa	Menetelmäkuvaus
Liikennerasitus	Laskeminen	TPPT 3
Pohjamaan moduuli, E_{PM}	3-akselikoe, CPTU tai taulukkoarvo rakeisuuden perusteella	TPPT 11
Sitomattomien kerrosten moduuli, E_{SIT}	ICT tai taulukkoarvo rakeisuuden perusteella	TIEH 66/2001
Bitumilla sidottujen kerrosten moduuli, E_{SID}	Epäsuora vetokoe (ITT) tai taulukkoarvo	PANK 4204 ja / tai prEN 12697-26 TIEH 66/2001
Poissonin luku, ν_I	Taulukkoarvo (= vakio)	TIEH 66/2001
Sidotun kerroksen väsymisominaisuudet	Asfaltin väsytyslaite (AVL) Taulukkoarvo	PANK 4206 TIEH 66/2001

3 RAKENTEEN PARANTAMISEN SUUNNITTELU

3.1 Yleiset piirteet

Rakenteen parantamisen suunnittelulla tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaista suunnittelua, jossa käytetään hyväksi olemassa olevasta tierakenteesta saatua mittaus- ja tutkimustietoa. Tierakenteen parantamishanke on jaettavissa kolmeen erillaiseen tapaukseen:

- tien parantaminen suuntausta ja tasausta muuttamalla tai
- tierakenteen parantaminen nykyisessä geometriassa pitäytymällä sekä
- näiden kahden parantamistavan yhdistelmä.

Suuntauksen ja / tai tasauksen parantaminen edellyttää yleensä tiealueen muuttamista, jolloin laaditaan myös erillinen tiesuunnitelma. Suuntauksen ja tasauksen merkittävät korjaukset ovat verrattavissa uuden tien rakentamiseen, joiden osalta myös lähtötietojen hankinnassa noudatetaan luvun 2.1 ohjeita. Muuten rakenteen parantamisessa toimitaan tämän luvun mukaisesti.

Tierakenteen parantamista varten tarvitaan yleensä vähän uusia pohjatutkimuksia. Painopiste on erilaisissa mittauksissa, rakennetutkimuksissa ja arkistotietojen sekä suunnitelma-aineiston keräämisessä. Rakenteen korjauksen suunnittelu jaetaan

- esiselvitykseen,
- alustavaan suunnitelmaan sekä
- korjaussuunnitelmaan.

Tiesuunnitelma tehdään tarvittaessa. Esiselvitykseen ja alustavaan suunnitelmaan kuuluvat valmiin tiedon keruu, silmäämääräiset tarkastukset ja haastattelut sekä pääosin mittaukset ja pohjatutkimukset. Varsinaisessa korjaussuunnitelmassa voidaan mittaus- ja pohjatutkimusaineistoa täydentää, pääpainon ollessa kuitenkin alustavan suunnittelun puolella. Taulukossa 5 on esitetty pohjatutkimusten ja muiden tutkimusten sekä eri suunnitteluvaiheiden yhteydet.

Rakenteen parantamishanke voi olla hyvin rajoittunut esimerkiksi yksittäisen pehmeikön painumisvaurioiden korjaaminen. Näissä tapauksissa sovelletaan taulukkoa 5 vain tässä tarkoituksessa.

Tielaitoksen julkaisussa "Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset" on esitetty yksityiskohtaisemmat ohjeet rakenteen parantamiseen liittyvistä tutkimuksista.

3.2 Mitoitusmenetelmien erityisvaatimukset lähtötietojen hankinnalle

3.2.1 Yleiset vaatimukset ja erityispiirteet

TPPT -suunnittelujärjestelmän erityispiirteitä parannettavien tierakenteiden mitoituksen lähtötietojen ohjelmoinnissa ja hankinnassa ovat mm:

- Sähköinen maavastusluotaus ja sen tulkinta vesipitoisuudeksi ja kokoonpuristuvuudeksi
- Radiometrinen tiheyden ja vesipitoisuuden mittaus
- Vanhan tien routanousun mittaus (GPS) tai vaaitus 2-5 m välein tien pituussuunnassa
- Pohjamaan/alusrakenteen routimiskertoimen (SP) määrittäminen laboratorio- tai maastomittauksista (tiellä jatkuvana ja alueittain tulkittuna)
- Vanhan tien pudotuspainomittaukset 20 - 50 m välein tien pituussuunnassa
- Pohjamaan alueellisten maalajiparametrien ym. tietojen tallennus ja hyödyntäminen ko. alueen tierakenteiden suunnittelu- ja mitoitusohjeissa

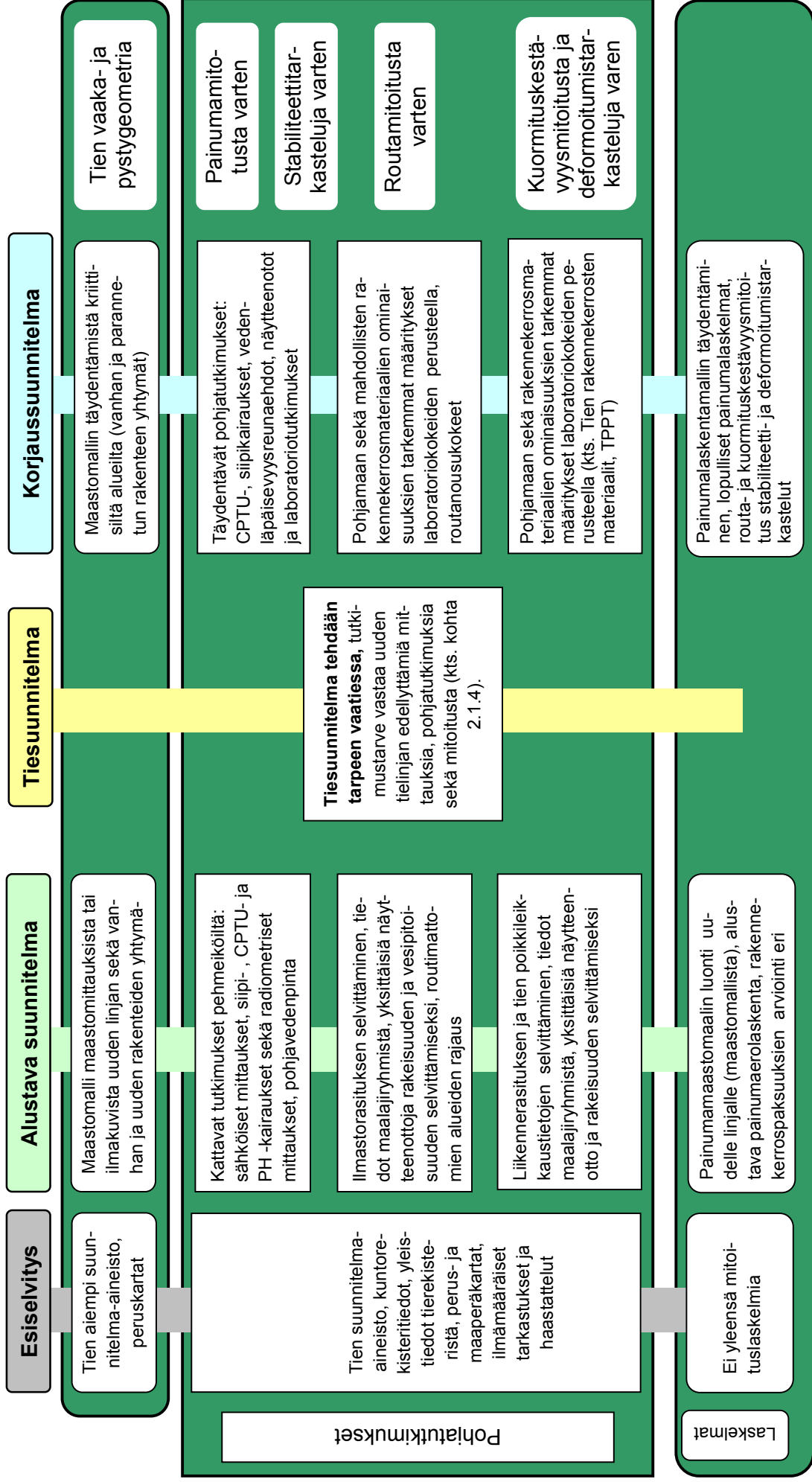
Rakenteen parantamisen yhteydessä selvitetään vanhan rakenteen tila:

- Tierakenteen kunto (vauriot, tasaisuus)
- Selvitetään vaurioiden syyt
- Rakennetiedot (kerrospaksuudet, materiaalit)
- Toimenpidehistoria
- Pohjamaa
- Kuivatus
- Rakenteeseen kohdistuva liikennerasitus
- Ilmasto

Rakenteen parantamisen tarve ja parantamismenetelmä määritetään rakenteen tilan perusteella. Tällöin on tunnettava vaurioiden laatu ja sijainti sekä arvioitava alustavasti vaurioitumiseen vaikuttavat tekijät. Tämän perusteella määritetään tarvittavat tutkimukset, joilla on toisaalta todettava vaurioitumisen syyt ja toisaalta turvattava korjausrakenteen suunnittelussa tarvittavat mitoituksen lähtötiedot. Vaurioiden kartoitus on kuvaus on esitetty menetelmäkuvauksessa TPPT 15 "Tien vauriokartoitus ja vaurioiden kuvaus". Pintakunnon mittaus on esitetty menetelmäkuvauksessa TPPT 16 "Palvelutasomittaus (PTM) tien rakenteen parantamisen suunnittelussa". Tien korkeustason muutosten mittaus on tärkeä lähtötieto vaurioitumisen syytä arvioitaessa. Sitä käsitellään menetelmäkuvauksessa TPPT 14 "Routanousun ja painuman mittaus".

Teiden kuntoa seurataan määräajoin toistuvien mittauksin ja vaurioinventoinnein. TPPT -suunnittelujärjestelmässä näitä tutkimuksia tarkennetaan ja täydennetään vähintään noin vuosi etukäteen aloitettavalla tutkimuksella ja mittauksilla.

Taulukko 5. Pohja- ja muiden tutkimusten sekä suunnittelujärjestelmän eri vaiheet ja yhteydet tien geometrian suunnitteluun *rakenteen parantamisessa*.



Rakenteen parantamisen suunnittelun ja mitoituksen lähtötietoina tarvitaan:

- Tarkastelujaksona rakenteeseen kohdistuva liikennerasitus (kuormituskestävyyssmitoitus)
- Tarkastelujaksona rakenteeseen kohdistuva ilmastorasitus (routamitoitus)
- Rakennuspaikan pohjasuhteet (luonnollinen tai ”käsitelty” pohjamaa)
- Vanhan rakenteen tila (vauriot, tasaisuus, routanousuprofiili, kerrospaksuudet ja -materiaalit sekä kuivatus)
- Käytettävät rakennemateriaalit ja niiden ominaisuudet: sitomattomat materiaalit, bitumilla ja sementillä sidotut materiaalit, vahvisteet.
- Suunniteltu tien tasausviiva. Tien suunnittelun alkuvaiheessa määritelty tasausviiva muodostaa painumalaskennan lähtötiedon. Tasausviivan mahdolliset muutokset, jotka tapahtuvat suunnittelun edistyessä, otetaan huomioon sekä painuman laskennassa että routanousumitoituksessa.

Seuraavissa luvuissa on esitetty mitoitusmenettelyiden periaatteet ja lähtötietojen hankinta erikseen painumalaskennalle, routamitoitukselle ja kuormituskestävyyssmitoitukselle.

3.2.2 Painumalaskennan lähtötiedot

Vanhan tien suunnitteluprosessi sisältää pääsääntöisesti samat vaiheet kuin uudenkin tien suunnittelu. Lisätehtäviä aiheutuu kuitenkin mm. vanhan tiepenkereen kuormituksen, jo tapahtuneen painuman ja konsolidoitumisasteen laskennasta. Edellä taulukossa 2 on esitetty myös vanhan rakenteen painumalaskennan lähtötiedot sekä niiden arviointi- ja määrittämis- menetelmät.

3.2.3 Routamitoituksen lähtötiedot

Routamitoituksessa lasketaan tien pinnan routanousu vaihtoehtoisille rakenneratkaisuille käyttäen mitoituslaskennan pakkasmäärää. Tienpinnan routanousun laskentaa varten tarvitaan tiedot mm. pohjamaan routanousuominaisuuksista ja lämpöteknisistä ominaisuuksista sekä routimattoman tierakenteen kerrospaksuuksista ja lämpöteknisistä ominaisuuksista. Routamitoitusta varten suunniteltava tielinja jaetaan tasalaatuisiin osa-alueisiin, joille arvioidaan routimiskerroin. Routanousun laskennassa voidaan käyttää apuna vanhan tierakenteen tilaa kuvaavia mittauksia: routanousu- ja tasaisuusmittauksia sekä rakennekerrostietoja jne. Tarvittaessa mitoitetaan rakennekerrokset routasuojauksia käyttäen.

Taulukossa 3 on esitetty myös parannettaville tierakenteille routamitoituksessa tarvittavat parametrit ja niiden määrittämismenetelmät. Lisäksi pohjamaan routimisominaisuuksien määrittämiseen käytetään taulukossa 6 esitettyjä menetelmiä.

Taulukko 6. Pohjamaan routimiskertoimen SP määrittämiseen (takaisinlaskentaan) parannettaville rakenteille tarvittavat parametrit ja niiden määrittämismenetelmät kentällä.

Parametri	Määrittämis- tai arviointitapa	Menetelmäkuvaus
Pakkasmäärä F	Pakkasmäärän kertyminen havaintotalvena	TPPT 4
Routimattomien rakennekerrosten paksuus, H_0	Maatutkaluotaus ja kalibrointi koe-kuoppa- tai autokairatutkimuksin tai vakioepäsuusotaksuma	TPPT 13
Routanousu, Δh	Vaaitus keväällä maksimiroudan aikaan ja kesällä tai satelliittipaikannuksella $GPS_{\text{keväät}} - GPS_{\text{kesä}}$	TPPT 14
Roudan syvyys, z	Metyleenisinimittari tai lämpötilamittaus tai arviointi havaintotalven pakkasmäärän perusteella	TPPT 5

3.2.4 Kuormituskestävyysmitoituksen lähtötiedot

Taulukossa 7 on esitetty parannettavan tierakenteen kuormituskestävyysmitoituksessa tarvittavat parametrit ja niiden arviointi- ja määrittämenetelmät laboratoriossa ja kentällä. Laboratoriotutkimuksia on kuvataan julkaisussa " Tien rakennekerrosten materiaalit. Taustatietoa materiaalivalinnoille" Tiehallinnon selvityksiä 66/2001.

Taulukko 7. Parannettavan rakenteen kuormituskestävyysparametrien arviointi- ja määrittämenetelmät laboratoriossa ja kentällä.

Parametri	Määrittäys- tai arviointitapa	Menetelmä
pohjamaan moduuli, E_{PM}	<u>Laboratoriossa</u> 3-akselikoe arvo rakeisuuden perusteella <u>Kentällä</u> PPL + takaisinlaskenta CPTU	SHRP P46 TPPT 1 ja 2 TPPT 11
Sitomattomien kerrosten moduuli, E_{SIT}	<u>Laboratoriossa</u> 3-akselikoe arvo rakeisuuden perusteella <u>Kentällä</u> PPL + takaisinlaskenta CPTU	SHRP P46 tai/ja prEN13286-7 TIEH 66/2001 TPPT 22 TPPT 1 ja 2 TPPT 11
sidottujen kerrosten moduuli, E_{SID}	<u>Laboratoriossa</u> Epäsuora vetokoe (ITT) taulukkoarvo <u>Kentällä</u> PPL + takaisinlaskenta	PANK 42 04 TIEH 66/2001 TPPT 1 ja 2
Poissonin luku, ν_i	Taulukko	TIEH 66/2001
sidotun kerroksen väsymisominaisuudet	asfaltin väsytyslaite (AVL) taulukko	PANK 42 06 TIEH 66/2001
Kuormituskertaluku, KKL_{muut}	ennuste: kaava 3.3	TPPT 3
liikenteen kasvukerroin	liikenne-ennuste	
Rakennekerrospaksuudet h_i	Maatutka	TPPT 13

4 TUTKIMUSTEN SUORITUKSEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

4.1 Tutkimusten määrä

Lähtötietojen hankinnan ohjelmoinnin yhteydessä laaditaan tarvittaessa erillinen suunnitelma mittausten järjestelyistä, jossa on esitetty mittausten ja tutkimusten suoritusajankohdat, suorituserjestys, maastossa tarvittavat laitteet ja välineet sekä mittausten paikannus- ja tallennustavat.

Esimerkiksi vanhan tierakenteen tutkimustavat, tutkimusten määrä ja ajankohta riippuvat monista eri tekijöistä. Lopputuloksen laatuun vaihtoehtoiset toteutustavat eivät kuitenkaan saa vaikuttaa, vaan luotettavat lähtötiedot on saatava menettelytavoista riippumatta.

Tutkimusten määrään vaikuttavat mm.

- Tutkittavan tierakenteen tasalaatuisuus (rakentamisen suunnitelmallisuus)
 - käytettävissä olevan suunnitelman mukaan rakennettu tie
 - suunnitelman mukaan rakennettu tie, mutta suunnitelmaa ei ole käytettävissä
 - kevyen suunnitelman mukaan parannettu tie
 - ilman suunnittelua monien vaiheiden kautta syntynyt tie
- Käytettävissäolevat aikaisemmat tutkimustiedot
 - yksityiskohtaiset ja luotettavat ko. tietä koskevat tiedot
 - yleisemmät ko. suunnitelma-aluetta koskevat tiedot
- Tutkittavan tien kunto
 - hyväkuntoinen, mutta korjataan muista syistä (esim. levennys, suuntauksen muutos)
 - pääosin hyväkuntoinen, vaurioita siellä täällä
 - alueittain huonokuntoinen esim. pohjamaan vaihtelun mukaan
 - huonokuntoinen
- Tien vaurioiden laatu ja vakavuusaste
 - pääosin verkkohalkeamia
 - leveitä ja mutkittavia halkeamia
 - pääosin tien poikkisuuntaisia kapeita halkeamia (pakkaskatkoja)
 - routaepätasaisuutta
 - painumia
 - stabiiliteettiongelmia

4.2 Tutkimustapojen valinta

Tutkimustenärkevintä suoritusapaa ole mahdollista tarkkaan määritellä tietämättä käytettävissä olevaa kalustoa. Tutkimusten tulee olla toisiaan täydentäviä ja varmentavia. Tästä johtuen tutkimusohjelma yleensä "elää" jonkin verran työn edistyessä. Maastossa toimivan ryhmän on hyödyllistä tietää tutkimusten tarkoitus niin, että se voi heti informoida suunnittelijaa/tutkimusten teettäjää, jos näyttää, että jotakin asiaa pitäisi tutkia tarkemmin.

Tyypillisiä tutkimustarpeen lisäyksiä aiheuttavia syitä ovat esimerkiksi olemassaolevan tierakenteen muutuskohdan tarkistus tai perusoletuksesta poikkeavan rakennemateriaalin löytäminen. Pohjamaan osalta tällainen syy voi olla kallion pinnan tai vettä johtavan kerroksen löytäminen routarajan läheisyydestä.

Tutkimuksia voidaan joskus vähentää / harventaa, jos tietyn alueen tulokset ovat jatkuvasti samanlaisia. Tutkimusten vähentämiselle on kuitenkin aina oltava hyvät perustelut, eikä niin voida menetellä ilman teettäjän suostumusta.

Tutkimustapojen valintaan vaikuttavat mm:

- Käytettävissä olevat kalustot ja niiden käyttäjät
- Tutkimushenkilökunnan osaaminen
- Edellisen tutkimusvaiheen / toisen tutkimustavan antamat tulokset
- Tutkimuskohteen sijainti / etäisyydet
- Tutkimustyön laajuus
- Maasto-olosuhteet
- Olemassa olevan tierakenteen kunto

4.3 Tutkimusten ajankohta

Tutkimukset on usein tarkoituksen mukaista tehdä vaiheittain, jolloin ensimmäisen vaiheen jälkeen päätetään jatkotoimenpiteistä ja niiden laajuudesta. Tämä pätee erityisesti laajamittaisissa hankkeissa, joissa liian systemaattinen tutkimus alussa johtaa suuriin tutkimusmääriin ja korkeisiin tutkimuskustannuksiin. Toisaalta työkohteessa käyntien määrää on tarkoituksenmukaista rajoittaa yhdistelemällä tutkimukset sopiviksi kokonaisuuksiksi. Useampia maastokäyntejä ei kuitenkaan voida kokonaan välttää, sillä tutkimuksia on yleensä tehtävä sulan maan aikaan ja myös maksimi roudansyvyyden aikaan. Yksi tutkimusryhmä ei yleensä osaa kaikkia tutkimuksia. Eri tutkimusryhmät tarvitaan yleensä ainakin PTM-, GPS- ja maa-tutkamittauksiin sekä varsinaisiin pohjatutkimuksiin (kuva 2).

Tutkimusten ajankohtaan / suoritusjärjestykseen vaikuttavat yleiset periaatteet ovat:

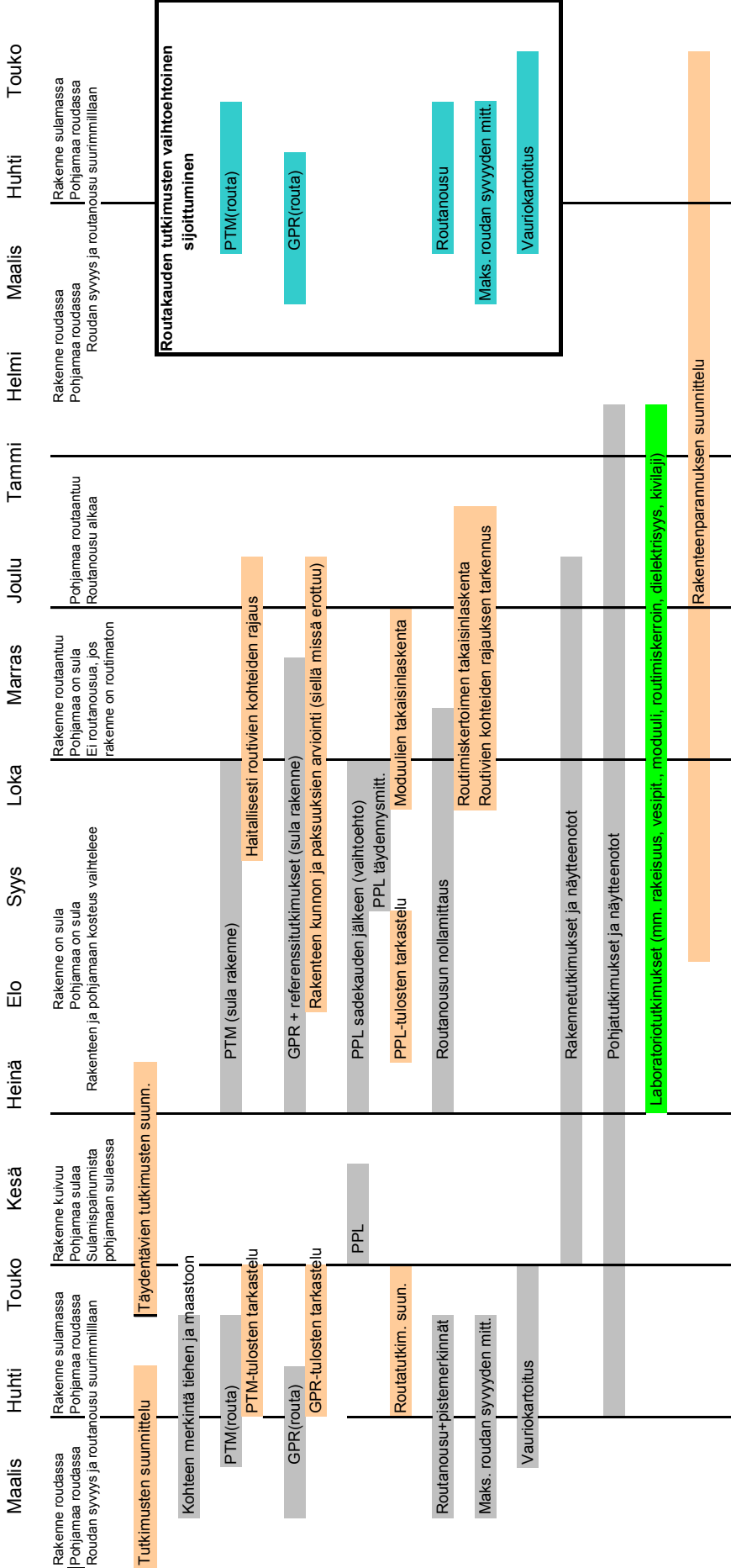
- Alussa tehdään nopeasti kattavaa tietoa antavat ja muita tutkimuksia ohjaavat tutkimukset ja mittaukset
 - PTM -mittaus sulasta tiestä (tai vaihtoehtoisesti routaantuneesta)
 - vauriokartoitus
 - maatutkaus ja alustavat referenssitutkimukset
- Osa tutkimuksista on tehtävä sulan maan aikaan:
 - rakennetutkimukset kuten koekuopat yms. (paksuudet, näytteet, dielektrisyys)
 - PPL -mittaukset heti sulamisen jälkeen (tai kosteasta sulasta tiestä)
 - routanousun alkumittaus
- Osa tutkimuksista on tehtävä maksimiroudansyvyyden aikaan
 - routanousun mittaus
 - roudansyvyyden mittaus
 - vauriokartoitus
 - PTM-mittaus (tasaisuuden, sivukallistuksen, uran/harjanteen muutos)
- Maatutkaus tehdään joko sulan maan aikaan tai maksimiroudan syvyyden aikaan
 - hyvälaatuista maatutkausta ei voida tehdä sulamassa olevasta rakenteesta
 - routaraja saattaa vaikeuttaa maakerrosrajojen tulkintaa
 - jäätyneestä rakenteesta on hankalaa tehdä referenssitutkimuksia ja sulan tilan tutkimuksissa kosteus olosuhteet ovat jo saattaneet muuttua
- Tutkimusten loppuvaiheessa tehdään täydentävät ja tarkentavat

4.4 Tutkimusten ja mittausten paikkatietojen luotettavuuden varmistus

Tutkimusten ja mittausten sidonta ja paikantaminen samaan, toistettavasti yksikäsitteisesti paikannettavaan mittausjärjestelmään on ehdoton edellytys tulosten oikeaan tulkintaan. Pohjatutkimukset ja muut pisteettäiset tutkimukset on luontevaa sitoa koordinaatistojärjestelmään. Suuremman ongelman muodostavat erilaiset linjamittaukset, joissa paikannus perustuu etäisyysmittaukseen matkamittarilla. Tällaisia mittauksia ovat PTM -mittaus, maatutkamittaus, vauriokartoitus jne. Tyypillistä näille mittauksille on se, että niitä saatetaan toistaa eri vuodenaikoina ja peräkkäisinä vuosina (kuva 2).

Erityisen tärkeää on merkitä matkamittauksen alku- ja loppupisteet maastoon niin selvästi ja pysyvästi, että seuraavatkin mittaajat aloittavat mittauksen varmasti samasta pisteestä riippumatta vuodenajasta tai vuodesta. Erään ongelman muodostavat erot eri etäisyysmittausjärjestelmien välillä. Suunnitelmissa esitetty linjalaskenta perustuu pelkään vaakakoordinaatioon, joten siitä lasketut etäisyydet (suunnitelman paalutus) ovat vaakaetäisyyksiä. Samoin GPS -mittausten (satelliittipaikannuksen) perusteella laskettava etäisyys lasketaan yleensä pelkästään vaakaetäisyytenä.

Mittausautoissa käytetyt matkamittarit puolestaan mittaavat todellista matkaa tien pintaa pitkin, jolloin mitattuun etäisyyteen vaikuttavat myös korkeuserot. Näiden mittaustapojen välinen matkaero ei ole kovin merkittävä, mutta se on tiedostettava. Esimerkiksi 10 km matkalla, jonka keskimääräinen pituuskaltevuus on 2 %, ero on noin 2 metriä. Mittaukset tulisi sitoa sekä alku- että loppupisteeseen, jolloin mahdollisten korjausten tekeminen on helpompaa ja selvempää. Lisäksi toistuvien mittausten tulisi aina kulkea samassa etukäteen sovitulla kohtaa tiepoikkileikkausta: urien välissä, oikeassa ajourassa jne. Esimerkiksi 0,5 metrin oikaisu lyhentää matkaa 0,5 metrillä, kun kaarresäde on 500 m ja kaarrepituus 250 m.



PTM = parvelutasomittaus (tasaisuus, sivukaltevuus, ura/harjanne), PPL = pudotuspainolaitemittaus, GPR = maatutkimittaus

Kuva 2. Periaatteellinen vanhan tierakenteen tutkimusajataulu.

5 KIRJALLISUUTTA

Alkio, R., Juvankoski, M., Korkiala-Tanttu, L., Laaksonen, R., Laukkanen, K., Petäjä, S., Pihlajamäki, J., Spoof, H. 2001. Tien rakennekerrosten materiaalit, Taustatietoa materiaalivalinnoille. Helsinki. Tiehallinnon selvityksiä 66/2001. 140 s.

Onninen, H., TPPT-raportti P3. Tien routakestävyys. Pohjasuhteiden luokittelu. Espoo. 1997.

Saarelainen, S., Laaksonen, R., Onninen, H. 2001. Roudansyvyyden ja routanousun laskentaohjelma SSR.xls ja ohjelmaan sisältyvä ohjelman kuvaus ja käyttöohje.

Suomen geoteknillinen yhdistys r.y. 2001. Kairausopas VI: Puristin-(CPTU)kairaus / Puristinheijarikairaus. lausuntokierroksella.

Suomen geoteknillinen yhdistys r.y. 1999. Kairausopas II: Siipikairaus.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. Maatutkaluotaus. Rakentajain Kustannus Oy. Tampere. 1991.

Suomen geoteknillinen yhdistys r.y. Kairausopas III: Maanäytteiden ottaminen geoteknillisiä tutkimuksia varten

Suomen geoteknillinen yhdistys r.y. Kairausopas IV: Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen

Tiehallinto. 2001. Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet. versio 5.2.2001.

Tielaitos. 1999. Siltojen pohjatutkimukset. Helsinki. Tielaitoksen selvityksiä 1/1999. TIEL3200537.

Tielaitos. 1999. Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset. TIEL2140015. Helsinki.

Tielaitos, 1999. Uudet mittaus- ja tutkimusmenetelmät rakenteen parantamisen suunnittelussa (MISU-projekti). Oulu .Tielaitoksen selvityksiä 23/1999.

Tielaitos. 1998. Teiden pehmeikkötutkimukset. Helsinki. Tielaitoksen selvityksiä 28/1998. TIEL3200520.

Tielaitos. 1995. Tieleikkausten pohjatutkimukset. Helsinki. TIEL3200354.

Tielaitos. 1998. Tiesuunnitelman pohjatutkimukset. Suunnitteluohje. Helsinki. TIEL2180003.

Tielaitos. 1993. Tienrakennustöiden yleiset laatuvaatimukset ja työselitykset, Yleiset perusteet. Helsinki. TIEL2212454-93.

Tierakenteen suunnittelu ja mitoitus

TPPT Menetelmäkuvaukset

TPPT *Tierakenteen suunnittelu ja mitoitus*

Nro

- 17 Kuormituskestävyysmitoitus. Päälysrakenteen väsyminen
- 18 Tierakenteen routamitoitus
- 19 Tien jatkuvan painumaprofiilin laskenta pixelimallilla
- 20 Päälysrakenteen elinkaarikustannusanalyysi
- 21 Tierakenteen mitoituksen lähtötietojen hankkiminen

TPPT

Nro

Menetelmäkuvaukset

- 1 Pudotuspainolaitemittaus (PPL-mittaus)
- 2 Rakennekerrosmoduulien takaisinlaskenta sekä jännitysten ja muodonmuutosten laskenta
- 3 Liikennesuorituksen laskeminen
- 4 Ilmastorasitus. Pakkasmäärän ja sulamiskauden pituuden määrittäminen
- 5 Routaus syvyyden määrittäminen
- 6 Routauskoe. Routimiskertoimen (SP) kokeellinen määrittäminen
- 7 Routimiskertoimen määrittäminen
- 8 Lämmönjohtavuuden määrittäminen
- 9 Sähköinen vastusluotaus tien painumalaskennan lähtötietojen hankkimisessa
- 10 Radiometrinen reikämittaus
- 11 CPTU - kairaus
- 12 Läpäisevän kerroksen määrittäminen painumalaskennan tarpeisiin
- 13 Tien rakennekerrostutkimukset
- 14 Routausun ja painuman mittaus
- 15 Tien vauriokartoitus ja vaurioiden kuvaus
- 16 Palvelutasomittaus (PTM) tien rakenteen parantamisen suunnittelussa