

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

Maarit Laakkonen

Tiemittauksen asettamat vaatimukset suunnittelulle

Insinööriö 28.5.2009

Ohjaaja: mittaustyönjohtaja Harri Taina
Ohjaava opettaja: yliopettaja Vesa Rope

Tekijä	Maarit Laakkonen
Otsikko	Tiemittauksen asettamat vaatimukset suunnittelulle
Sivumäärä	63 sivua
Aika	28.5.2009
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja	mittaustyönjohtaja Harri Taina
Ohjaava opettaja	yliopettaja Vesa Rope
<p>Insinööriyössä selvitettiin tiemittauksen asettamia vaatimuksia suunnittelulle. Tutkimus toteutettiin haastattelemalla asiantuntijoita ja perehtymällä kirjallisuuteen. Haastattelujen avulla pyrittiin saamaan kokonaiskuva tiemittauksessa esiintyvistä suunnitelma-aineistojen hyödynnettävyyden ja käytön ongelmista. Lisäksi on käsitelty joitain omia kokemuksia suunnitelma-aineistojen käytöstä E18 Muurla–Lohja-moottoritien rakennustyömaalla.</p> <p>Tämän työn perusteella keskeisimmät ongelmat suunnitelma-aineistoissa tiemittauksen kannalta liittyvät 3-ulotteisen tiedon puuttumiseen, materiaalien epäyhtenäisyyteen ja tiedonsiirtoon. Näiden puutteiden seurauksena työmaan mittaushenkilöstölle aiheutuu tarpeetonta lisätyötä. Infrarakentamisessa ei ole tähän mennessä panostettu laajemmin yhtenäisiin käytäntöihin koskien suunnitelma-aineistojen muotoa. Lisäksi suunnittelun tilaaminen ja suunnittelusopimuksien laadinta tehdään usein mittaustyön tarpeita huomioimatta. Toisaalta kaikkea suunnittelun tuottamaa tietoa ei kyetä onnistuneesti siirtämään työmaalle, johtuen erilaisten käytössä olevien ohjelmistojen ja formaattien aiheuttamista yhteensopivuus- ja tiedonsiirto-ongelmista.</p> <p>Tämän työn tulokset osoittavat, että tiemittauksen työvaiheiden sujuvuutta edistäisi se, että saataisiin aikaan tarkemmat yhtenäiset käytännöt suunnitelmien tekoon. Tämä edellyttää alan toimijoiden välisen yhteistyön lisäämistä. Hankekohtaisesti olisi kiinnitettävä huomiota mittauksen vaatimukseen suunnittelun tilaamisvaiheessa. Siksi mittauskysymysten asiantuntijaa olisi syytä käyttää jo hankkeen suunnittelusopimusten laadintavaiheesta alkaen.</p> <p>LandXML-pohjainen IM2-tiedonsiirtoformaatti nähdään ratkaisevana apuna vallitseviin tiedonsiirto-ongelmiin. Kaivattua yhtenäisyyttä suunnitelma-aineistoihin tulee tuomaan Infra-alan nimikkeistön edelleen meneillään oleva yhtenäistäminen (InfraRYL) ja Tiehallinnon ohjeet Tienrakentamisen mittaus suunnitelman laatimisoheje (TIEH 2000024-v-08) sekä Tie- ja ratahankkeiden CAD-suunnitelmapiirustusten Tasojako-ohje (13.3.2008). Etenkin InfraRYL-nimikkeistön tuoma yhtenäisyys tukee mainitun IM2-tiedonsiirtoformaatin käyttöönottoa. IM2-formaatin mukaisen tiedonsiirron onnistuminen mahdollistaa 3-ulotteisen jatkuvan viivatiedon siirron. 3-ulotteisen rakenneviivan saaminen työmaan käyttöön helpottaa mittaamista ja mahdollistaa koneohjauksen hyödyntämisen.</p> <p>Mittaustyön kannalta nykyistä parempiin suunnitelmiin panostaminen olisi erityisen kannattavaa, mikäli lähtötiedot hyödynnetään mittaustyön ohella työkonien automaattiohjauksessa.</p>	
Hakusanat	tiemittaus, suunnittelu, 3D, formaatti

Author	Maarit Laakkonen
Title	Requirements for roadplanning placed by road surveying
Number of Pages	63
Date	28 May 2009
Degree Programme	Land Surveying
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor	Harri Taina, Measuring Supervisor
Supervisor	Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's Thesis was to conduct research in requirements for roadplanning placed by roadsurveying. The research was done by carrying out interviews with professionals and studying literature. The aim of the interviews was to get a general view of the problems occurring using roadplans in roadsurveying. Furthermore, a couple of subjective experiences in the use of roadplans in E18 Muurla–Lohja motorway's worksite are dealt with.</p> <p>Based on this thesis the main problems in roadplans are the lack of 3-dimensional information, ununiform material and transfer of data. These shortcomings result in unnecessary surplus work for the surveyors at site. The operators in the infraconstruction sector have not aimed at comprehensive regulations in formulating of buildingplans. Additionally, the subscribing and the drawing up contracts on design is often done omitting the needs of surveying work. On the other hand, all the information produced by planning is not successfully transferred to the site because of the problems in compatibility and data transfer caused by the various software and formats in use.</p> <p>The results of this thesis indicate that if more accurate and uniform regulations in planning are brought about, it would be advantageous for the different workstages in roadsurveying. This requires increased cooperation among the operators in the domain. In a single project more attention should be given to the qualifications of surveying, when placing an order for planning. Using a surveying expert from the very beginning of formulating the terms of order for planning would, therefore, be justified.</p> <p>The LandXML –based IM2 –survey exchange format is seen as a crucial relief for the prevailing problems in data transfer. The still ongoing harmonization of the nomenclature in Infraconstruction (InfraRYL), the instruction in composing the surveyplan in roadconstructions (TIEH 2000024-v-08), and the instruction of layers allocation in road and railwayprojects CAD-plans (13.3.2008) will bring about more unity that is desired in planning. Especially the unity achieved by the InfraRYL – nomenclature will promote the implementation of the IM2 – survey exchange format. The successful implementation of IM2 –format will enable the transferring of the continuous 3-dimensional designlines. The 3D-lines will be an enormous help for the surveying at site and make the use of machine steering possible.</p> <p>Aiming at better quality in the plans produced by roaddesign in the perspective of the surveying work would be worthwhile, especially if the material is utilized not only in surveying, but also in automatic machine steering.</p>	
Keywords	roadsurveying, planning, 3D, format

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	6
1.1	Työn tausta	6
1.2	Työn tavoitteet	7
2	Tienpito Suomessa	7
3	Tiehankkeen eri toteutusmallit	7
4	Tiesuunnittelu	9
4.1	Tiehankkeen suunnitteluprosessi	9
4.2	Esisuunnittelu	11
4.3	Yleissuunnittelu	12
4.4	Tiesuunnittelu	12
4.5	Rakennussuunnittelu	13
5	Tiemittaus	13
5.1	Mittausuunnitelma	13
5.2	Koordinaattijärjestelmä	14
5.3	Mittausperusta	14
5.4	Suunnittelunaikaiset mittaukset	15
5.5	Digitaalinen maastomalli suunnittelun pohjana	15
5.6	Rakentamisen aikaiset mittaukset	16
5.7	Tienrakentamisprosessi tulevaisuudessa	17
6	Tutkimusmenetelmät	17
7	Tulokset	18
7.1	Työssä esiin tulleita ongelmia	18
7.1.1	Esimerkki 1 (Koneohjauksen hyödyntäminen)	18
7.1.2	Esimerkki 2 (Suunnitelmatiedot laadunvarmistuksessa)	20
7.1.3	Esimerkki 3 (Suunnitelma-aineiston selkeys)	23
7.1.4	Esimerkki 4 (Tarkemittaustietojen dokumentointi)	23
7.2	Haastattelut	25
7.2.1	Harri Taina, Lemminkäinen Oyj 4.3.2009	25
7.2.2	Markku Palkama, Destia Oy 19.3.2009	32
7.2.3	Matti Laitinen, Destia Oy 27.3.2009	37
7.2.4	Markku Saloranta, 3D-system Oy 1.4.2009	41
7.2.5	Matti Rynänen, Tiehallinto 8.4.2009	46
7.2.6	YIT Oyj:n Mittatiimi ja ohjelmistokouluttajat 15.4.2009	50

8	Kirjallisuus	54
9	Johtopäätökset	57
	Lähteet	59
	Liite 1: Ote Mittaussuunnitelman sisällön vastuutaulukosta	61
	Liite 2: Vastuut eri urakkamuotojen suunnitteluvaiheissa	62
	Liite 3: Ote suunnitelmakartasta	63

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Tiemittauksen ja koko tiemittausprosessin sujuvuuteen ja onnistumiseen vaikuttaa osaltaan se, millaiset suunnitelmat tiemittausta varten on laadittu. Tällöin on lähinnä merkitystä sillä, onko saatu suunnitelmatieto 2- vai 3-ulotteista, ja mikä on käytetty tiedostoformaatti. On tärkeää, että suunnitelma-aineisto ja työmaalla olevat ohjelmistot ja mittalaitteet sopivat yhteen. Yhteensopivuus helpottaa mittaamista ja vähentää ylimääräistä työtä.

3-ulotteisessa muodossa saatavan suunnitelmatiedon painoarvo on työmaamittauksessa kasvanut ohjelmisto- ja laitekehityksen myötä. Aiemmat mittalaitteet eivät olisi kyenneet hyödyntämään 3-ulotteisia malleja. Nykyinen laitetekniikka mahdollistaa ja jopa edellyttää 3-ulotteisen tiedon käyttämistä. Mikäli suunnitelmat ovat 2-ulotteisia, ne joudutaan muokkaamaan 3-ulotteiseen muotoon.

Lisäksi rakentamisessa pyritään kasvavassa määrin käyttämään työmaa-automaatiota, mikä edellyttää, että suunnitelma-aineisto on saatavissa 3D-mallina. Tällä hetkellä infrarakentamisen tuotetietojen hallinta on epäyhtenäistä. Prosessin eri osa-alueilla ja vaiheilla, suunnittelusta rakentamiseen ja edelleen ylläpitoon, on omat järjestelmänsä. Tietoja siirretään toimijoiden välillä konversioon ja kopioimalla, jolloin osa tiedosta voi hävitä. Tällainen toimintamalli ei palvele työmaamittauksen, eikä muitakaan tiehankkeen elinkaaren mittaisia tarpeita.

Tekesin rahoittamassa InfraModel2-hankkeessa on pyritty parantamaan suunnitteluvaiheen ohjelmistojen välistä tiedonsiirtoa. Hankkeessa määriteltiin, kehitettiin ja testattiin tiedonsiirtomenetelmä, joka mahdollistaa tietyn yhteistoiminnallisuuden yleisimpien ohjelmistojen välillä. (1)

Tuotemallipohjaista elinkaarenaikaista tiedonhallintaa parantamaan on käynnistetty Rakennustietosäätiön koordinoima Infra-tuotetietomallin valmisteluhanke Infra 2010 (2).

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena on ollut selvittää, mitä tiesuunnitelmilta edellytetään, jotta tien rakentamis-/ toteutusvaiheessa tehtävät tiemittaukset siihen liittyvine valmisteluineen onnistuisivat ongelmitta.

2 Tienpito Suomessa

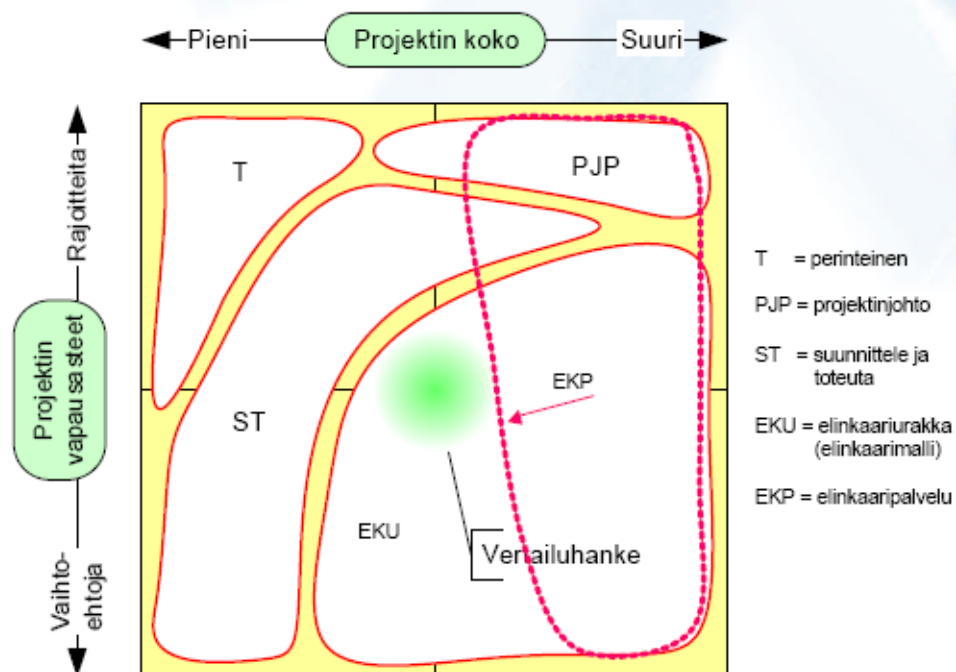
Tiehallinto on liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toimiva valtion virasto. Liikenne- ja viestintäministeriö määrittelee liikennettä ja osin myös maankäyttöä koskevat periaatteet ja linjaukset. Tiehallinnon vastuulla on Suomen maanteiden tienpito. Sen tehtävänä on tieverkon ja liikennejärjestelmän kehittäminen yhteistyössä asiakkaiden ja eri sidosryhmien kanssa.

Liikenne- ja viestintäministeriö asettaa Tiehallinnolle vuosittain tulostavoitteet. Tavoitteita ohjataan Tiehallinnon toimintastrategialla. Viime kädessä Tiehallinnon toimintaa ohjaa kuitenkin laki ja asetus Tiehallinnosta. (3; 4; 5.)

3 Tiehankkeen eri toteutusmallit

Seuraavassa on kaksi eri hankemalleja hahmottavaa kuvaa, joiden terminologia poikkeaa hieman toisistaan. Kuvassa 1 on esitetty erilaisten hankintamallien soveltuvuutta hankkeen koosta ja annetuista vapausasteista riippuen. Kuvassa perinteinen urakka(T) käsittää alemman kuvan kokonaisurakan ja pääurakan alistetuin sivu-urakoin. Kuvassa 2 näkyy missä laajuudessa tilaaja osallistuu hankkeen toimeenpanoon eri urakointimuodoissa.

Hankintamallien soveltaminen liikenneväylien toteutusprojekteissa



Kuva 1. Hankintamallit liikenneväylien toteutusprojekteissa (6, s. 18).

Toteutusmuotojen päävaihtoehdot

	Tarve	Rahoitus	Hankkeen johtam.	Suunnittelu	Tekn. suunnittelu	Hankinnat	Rakentamisen johtaminen	Rakentaminen	Hoito/kunnossapito	Omistus	Käyttö
Elinkaarivastuuhankkeet	Green arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow
ST - hankkeet	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow
ST - tekniset ratkaisut	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow
PJ - riskillä	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow
Kokonaisuurakka	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow
Pääurakka - alistetut sivu-urakat	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow
PJ - palvelu	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Green arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow	Orange arrow



Kuva 2. Tilaajan ja toteuttajan vastuut eri hankintamalleissa (7, s. 8)

Erilaisista hankintamalleista erityisesti elinkaarimallilla toteutettavat urakat ovat viime aikoina olleet lisääntyvän kiinnostuksen kohteena julkisella sektorilla. Suomessa on toistaiseksi toteutettu kaksi tällaista yksityisellä rahoituksella järjestettyä elinkaari palvelu-tiehanketta.

4 Tiesuunnittelu

4.1 Tiehankkeen suunnitteluprosessi

Tiehankkeen suunnittelu on vaiheittain tarkentuva prosessi. Prosessissa on neljä vaihetta. Nämä ovat esi-, yleis-, tie- ja rakennussuunnittelu. Vaiheiden suunnittelutarkkuus ja päätöksenteko sovitetaan yhteen maankäytön suunnittelun kanssa. Pienemmissä ja vaikutuksiltaan vähäisemmissä hankkeissa suunnittelu- ja päätöksentekovaiheita saatetaan yhdistää. (8, s. 4.) Vaiheet ovat seuraavat:

- Esisuunnitelma
 - Kehittämiselvitys tai -suunnitelma
 - Tilavaraussuunnitelma
 - Tarveselvitys (TAS)
 - Toimenpideselvitys
- Yleissuunnitelma (YS)
- Tiesuunnitelma (TS)
- Rakennussuunnitelma (RS)
- (Varsinainen) rakentaminen (RAK).

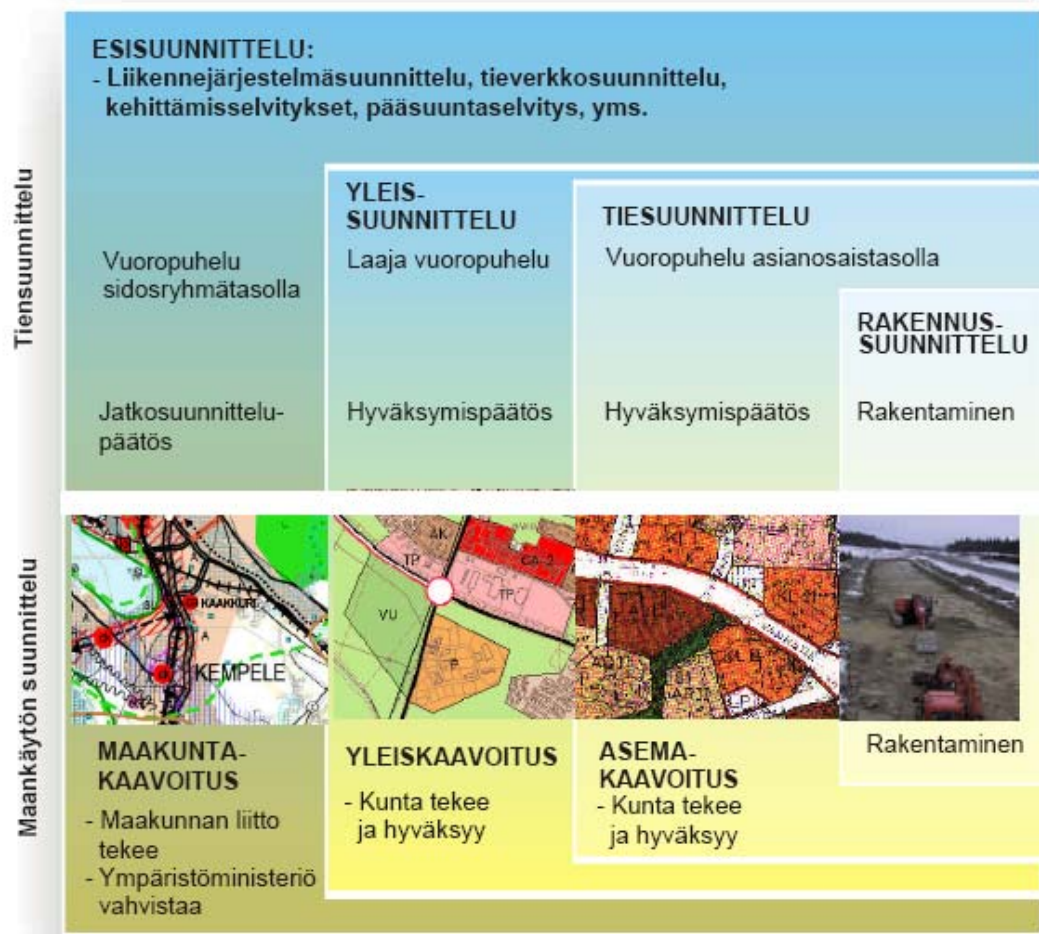
Maantien suunnittelua ja suunnittelukäytäntöä ohjaa lainsäädäntö. Laeista tärkeimpiä ovat

- Maantielaki (503/2005) ja asetus (924/2005)
 - Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) ja asetus (895/1999)
 - Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (468/1994) ja asetus (713/2006)
 - Laki viranomaisten suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista (200/2005) ja asetus (347/2005)
 - Luonnonsuojelulaki (1096/1996) ja asetus (160/1997)
 - Hallintolaki (434/2003)
 - Hallintolainkäyttölaki (586/1996)
 - Vesilaki (264/1961)
- (9)

Suomessa maantielaki tuli voimaan 1.1.2006. Se korvasi, vuoden 1954, yleisiä teitä koskevan, lain. Yleiset tiet muuttuivat lain myötä maanteiksi, eikä paikallisteitä sen mukaisesti enää ole. Kaikki valtion tiet ovat nykyään lain mukaisesti maanteitä.

Maantiet jaotellaan merkityksensä mukaan edelleen valta-, kanta-, seutu- ja yhdysteiksi (MTL § 4.1). Erityisen merkittävien valta- ja kantateiden kohdalla Liikenne- ja viestintäministeriö voi määrätä ne tarpeen vaatiessa runkotieksi. Maanteiden tienpitäjä on Tiehallinto. (9)

Uusi maantielaki on vanhaa vuoden 1954 lakia tiiviimpi ja kattaa tien koko elinkaaren suunnittelusta, rakentamiseen, kunnossapitoon ja lakkauttamiseen. Laissa säädetään maamme maantieverkon kehittämisestä, suunnittelusta ja vastuista. Suunnittelun on perustuttava maankäyttö- ja rakennuslain mukaiseen kaavaan, oli kyseessä sitten uuden tien suunnittelu tai olemassa olevan tien uuden linjauksen suunnittelu. Kuvassa 3 on esitetty, kuinka tiesuunnittelun vaiheet etenevät kaavoituksen asettamien reunaehtojen puitteissa.



Kuva 3. Tiensuunnittelun vaiheet ja yhteys kaavoitukseen (8, s. 5).

4.2 Esisuunnittelu

Esisuunnittelun tarkoitus on selvittää ja suunnitella toimenpiteitä, joilla voidaan vastata liikenneolojen muutoksista johtuviin uusiin tarpeisiin. Esisuunnittelua tarvitaan erilaisiin tarkoituksiin, joten suunnitelmien nimet ja sisältö vaihtelevat. Esimerkkinä hankekohtaisista esisuunnitelmista mainittakoon kehittämisselvitys tai -suunnitelma, tilavaraussuunnitelma, tarveselvitys ja toimenpideselvitys.

Esisuunnittelun tuloksina syntyvät tavoitteet, vaihtoehdot ja likimääräiset toimenpiteet, alustavat vaikutusarvioinnit ja kustannusennusteet. Esisuunnitelmat toimivat pohjana jatkosuunnittelusta päätettäessä. Esisuunnittelusta vastaa Tiehallinto.

4.3 Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelu on verrattavissa yleiskaavatason tai asemakaavatason maankäytön suunnitteluun (9). Maantielain mukaan (MTL § 18) yleissuunnitelma on laadittava vaikutuksiltaan suurissa hankkeissa ja hankkeissa, joihin sovelletaan YVA-menettelyä.

Yleissuunnitteluvaiheessa määritetään tien likimääräinen sijainti, tilantarve sekä kytkeytyminen nykyiseen ja tulevaan tieverkkoon ja maankäyttöön. Suunnittelun tarkkuus riippuu tiehankkeen luonteesta, tien sijainnista, ympäristöolosuhteista, maankäytön suunnittelun tilanteesta ja hankkeen arvioidusta toteuttamisajankohdasta. Yleissuunnitelman tekeminen tien yksityiskohdista voi olla tarpeen taajamissa, kun taas haja-asutusalueilla tilanne voi olla toinen. Tarkkuustaso määritellään suunnittelutyön toimeksiannossa. (9)

Yleissuunnitteluvaiheessa päätetään myös tien teknisistä ja liikenteellisistä perusratkaisuista ja ympäristöhaittojen torjumisen periaatteista, laaditaan vaikutusten arvioinnit, kustannusarvio ja rakentamisen tavoitteellinen ajoitus ja rakentamisvaiheet (8, s. 7).

4.4 Tiesuunnittelu

Tiesuunnittelu on tien yksityiskohtaista tie- ja liikenneteknistä suunnittelua. Tässä suunnitteluvaiheessa määrittyy tien tarkka sijainti ja sitä varten tarvittavat alueet. Lisäksi esitetään tarvittavat kulkuyhteydet ja selvitetään tiesuunnitelman vaikutukset. Tiesuunnittelu voi alkaa suoraan tiesuunnitelman laatimisella, mikäli tien vaikutukset arvioidaan vähäisiksi.

Tiesuunnitelman laatimisessa, käsittelyssä ja hyväksymisessä on noudatettava maantielakia ja tiesuunnitelman tulee perustua Maankäyttö- ja rakennuslain mukaiseen kaavaan.

Tiesuunnitelmasta tehdään hyväksymispäätös, joka antaa tienpitäjälle oikeuden tiealueen haltuunottoon.

Yleissuunnitelmasta ja tiesuunnitelmasta säädetään tarkemmin MTL:ssa § 17.

4.5 Rakennussuunnittelu

Rakennussuunnittelu kuuluu tien rakentamisvaiheeseen. Tässä vaiheessa laaditaan rakentamisessa tarvittavat asiakirjat. Rakennussuunnittelu tehdään normaalisti vasta kun hankkeen rahoitus on järjestetty. Pienissä hankkeissa voidaan tie- ja rakennussuunnitteluvaiheet yhdistää. (8)

Tässä työssä suunnittelulla tarkoitetaan näistä viimeksi mainittua eli rakennussuunnittelua.

5 Tiemittaus

5.1 Mittaussuunnitelma

Kaikki mittaustoiminta tulee Tiehallinnon ohjeen (TIEH 2000024-v-08) mukaan perustua mittaussuunnitelmaan. Suunnitelma muodostuu suunnitteluvaiheen edetessä ja täydentyy rakentamisen aikaisten mittauksen vaatimiin yksityiskohtaisiin mittaussuunnitelmiin. (10, s. 11.)

5.2 Koordinaattijärjestelmä

Hankkeessa käytettävä koordinaattijärjestelmä valitaan suunnittelun alkuvaiheessa ja samaa järjestelmää käytetään rakentamisen aikana. Koordinaattijärjestelmän valintaan vaikuttavat ympäröivän alueen vallitseva koordinaattijärjestelmä ja yleinen käytössä oleva järjestelmä. Tiehallinnon hankkeissa ensisijaisena koordinaattijärjestelmänä käytetään Tiehallinnon yleisesti käyttämää järjestelmää (kkj täysillä koordinaateilla ja N60 v. 2007). (10, s. 13.)

5.3 Mittausperusta

Kaikkien tienrakentamisessa tarvittavien yksityiskohtien mittaaminen riittävällä tarkkuudella tapahtuu taso- ja korkeuskiintopisteitä käyttäen. Näiden kiintopisteiden joukkoa kutsutaan runkopisteistöksi eli mittausperustaksi (taulukko 1), joka muodostuu suunnitteluvaiheen perus- ja käyttöpisteistä. Näitä täydennetään rakentamisen mittaustehtävissä käytettävillä tihennyspisteillä. (10)

Taulukko 1. Mittausperustan laatuvaatimukset (10, s. 15).

Runkopisteet	Pisteväli	ppm taso	ppm korkeus
Peruspiste	n. 1000 m	10	10
Käyttöpiste	200 - 500 m	20	10
Tihennyspiste	100 - 300 m	20	10

ppm (parts per million), tarkoittaa miljoonasosia = 1/ 1 000 000

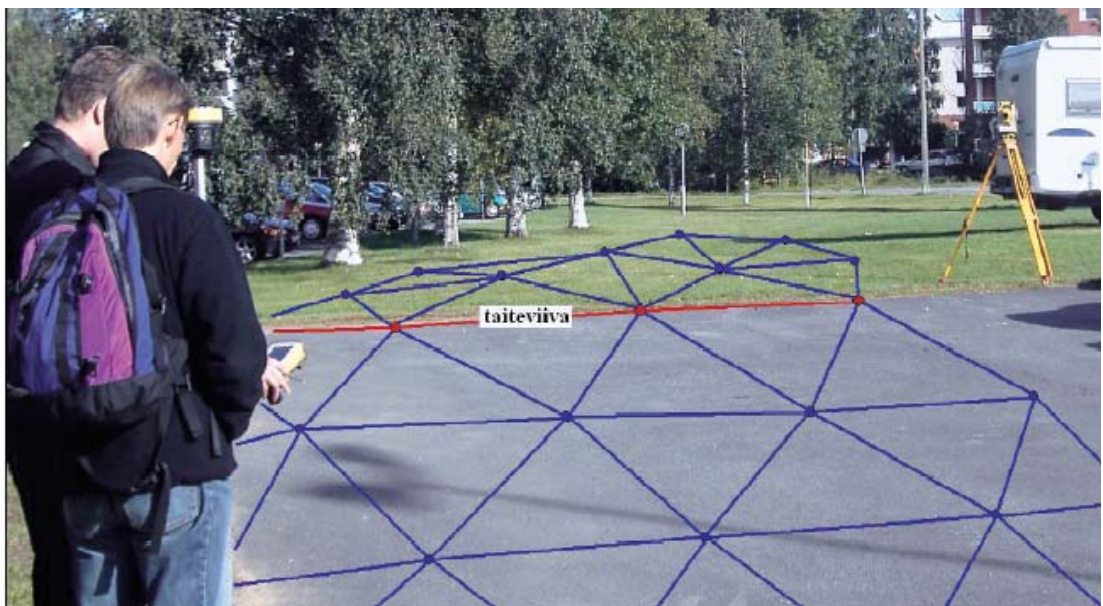
Tierakentamiseen liittyvät mittaukset voidaan jakaa suunnittelunaikaisiin lähtötietomittauksiin ja rakentamisenaikaisiin mittauksiin.

5.4 Suunnittelunaikaiset mittaukset

Suunnittelunaikaiset mittaukset ovat suunnittelun pohja. Suunnitteluun tarvittavat lähtötiedot kerätään maastomittauksin, perinteisellä fotogrammetrisella mittauksella ja maaperätutkimuksin. Nytemmin on tutkittu myös laserkeilauksen käyttömahdollisuutta maastomallin luomisessa. 3D-ajoneuvolaserkeilaus ja maatutkamittaus ovat vielä enemmän kokeiluasteella. Keskeisiä tietoja suunnittelulle ovat tieto maanpinnan muodoista, olemassa olevista rakennuksista ja rakenteista ja kasvillisuudesta sekä tieto eri maalajeista ja niiden rajapinnoista. (11; 12.)

5.5 Digitaalinen maastomalli suunnittelun pohjana

Maastomallimittausten tuloksena saadaan hajapisteitä. Tämä maanpinnan pisteiden muodostama tiedosto on numeerinen korkeusmalli. Kun siihen lisätään hankitut tiedot eri maalajien rajapinnoista, saadaan digitaalinen maastomalli. Mallin sisältämä pisteistö ei kuitenkaan yksin riitä kuvaamaan maastoa, johtuen maastossa olevista epäjatkuvuuskohdista. Tämän takia tarvitaan ns. taiteviivoja kuvaamaan pinnan kaltevuuden tai ominaisuuksien muutosta (kuva 4). (13, s. 87.)



Kuva 4. Taiteviivat pinnan kaltevuuden ja ominaisuuksien muutosten kuvaajana (14, s. 250).

5.6 Rakentamisen aikaiset mittaukset

Rakentamisen aikaisia mittauksia ovat rakentamista palvelevat merkintämittaukset ja laadunvarmistusta palvelevat tarkemittaukset. Merkintämittauksin suunnitelmatieto viedään maastoon rakentajia varten.

Merkintämittauksia ovat tien sijainnin, kuivatuksen, leikkausten ja rakenteiden maastoon merkintä. Tärkeä osa tien rakennusmittauksissa on myös louhittavien kalliomassojen määrittäminen ja tienrakennusaineen (kivi, sora, hiekka, murske) tilavuuden määritykset. (13) Tarkemittaukset ovat käytännössä kartoitusmittausta.

Nykyisin eniten käytetty mittausväline työmaan merkintä- ja tarkemittauksissa on takymetri. Takymetrit ovat vuosien myötä kehittyneet pitkälle automatisoiduiksi mittausroboteiksi. Takymetrillä tehtävät merkintämittaukset perustuvat säteettävään mittaukseen (14). Mikäli mittaajalla on käytössään valmis geometriamalli, sen avulla paikalleen mittaus voidaan tänä päivänä suorittaa tietokoneella ohjatulla robottitakymetrillä. Tämä helpottaa mittaajan työtä, koska erillistä koordinaattien laskentaa ei tarvita, kun käytössä on valmis geometriatieto.

ATK:n tulo rakennusmittaukseen on muuttanut perinteistä työmaamittausta. Perinteinen tien maastoon merkitseminen tukeutui mittalinjaan ja poikkileikkauksiin. Tällöin mittaus eteni mittalinjan merkitsemisen jälkeen siitä ulospäin poikkileikkausta pitkin mittalinjan molemmin puolin. Mittalaitteiden laskentatehon myötä ei enää ole välttämätöntä tukeutua mittauksessa tunnettuun pisteeseen vaan mittaus voidaan suorittaa ns. vapaalta asemapisteltä. Tunnetun pisteen koordinaatit tiedetään. Vapaan asemapisteen koordinaatteja ei aluksi tiedetä. Nykyiset mittalaitteet kykenevät laskemaan nämä koordinaatit, kun laitteella mitataan vähintään kahdelle tunnetulle pisteelle. (13; 14.)

5.7 Tienrakentamisprosessi tulevaisuudessa

Tulevaisuuden tiemittaus nähdään tienrakentamisen prosessissa kolmiulotteisena ja digitaalisena (15). Kolmiulotteisuus ja digitaalisuus ovat jo nykypäivää, sillä tekniikka jota 3-ulotteisuuteen tarvitaan, on jo olemassa sekä mittauksessa että suunnittelussa. Ongelmia tuottaa tällä hetkellä vielä suunnitelmätiedon esittäminen 2-ulotteisena sekä tiedonsiirto. Nämä liittyvät toisiinsa siten että tiedonsiirto-ongelmien poistuminen helpottaa suunnitelmätiedon siirtoa, jolloin se voidaan toteuttaa 3-ulotteisena.

6 Tutkimusmenetelmät

Työ on aloitettu perehtymällä aihetta käsitteleviin aiempiin tutkimuksiin ja kirjallisuuteen. Lähes tärkeimpänä lähteenä ovat toimineet kuitenkin eri asiantuntijoiden haastattelut. Haastateltavina ovat olleet kaksi mittauspäällikköä (Lemminkäinen Oyj ja Destia Oy), rakentamisen mittauksen kehityspäällikkö (Destia Oy), kaksi ohjelmistokehittäjää (3D-system Oy ja CADi Oy), Tiehallinnon edustaja sekä 14 mittausalan asiantuntijaa (YIT Oyj). Haastatteluun on pyritty saamaan konkreettista käsitystä tiemittauksen ongelmista, joihin suunnittelulla voidaan vaikuttaa. Lisäksi on käsitelty eräitä omassa työssä E18 Muurla–Lohja-tiehankkeessa ilmaantuneita ongelmia.

Haastateltaville tehdyt kysymykset esitetään tämän työn luvussa 7.2. Kysymykset olivat osittain erilaisia, johtuen haastateltavien erilaisista työtehtävistä. Haastattelut tehtiin henkilö- ja ryhmäkohtaisesti. Osa haastatteluista nauhoitettiin, jotta kaikki oleellinen tieto saatiin talteen.

7 Tulokset

7.1 Työssä esiin tulleita ongelmia

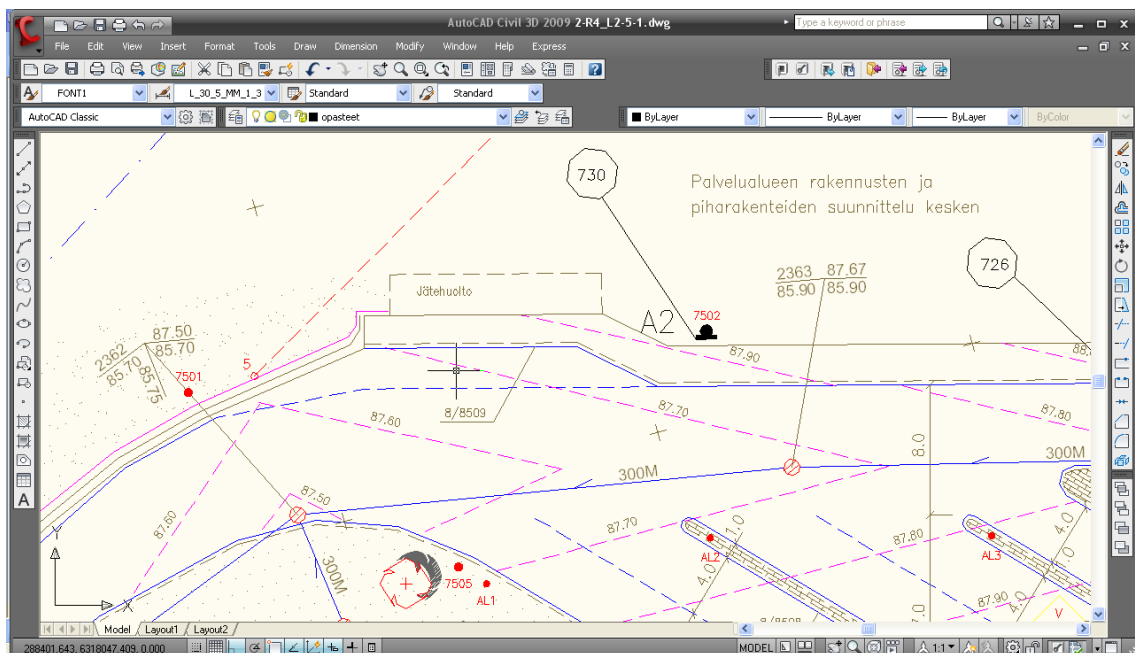
Seuraavassa käsitellään mittaustyön ongelmia esimerkkien muodossa.

Esimerkkitapaukset perustuvat omakohtaisiin kokemuksiin ja ne tulivat esille mittaustyötehtävissä E18 Muurla–Lohja-moottoritiehankkeessa.

7.1.1 Esimerkki 1 (Koneohjauksen hyödyntäminen)

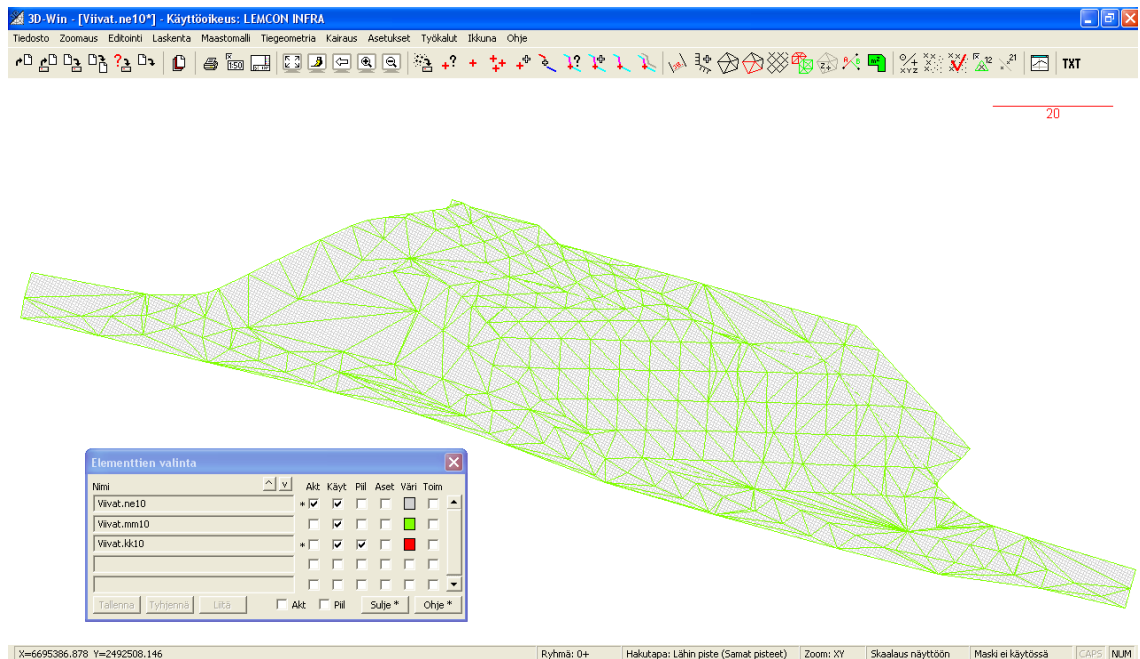
Ensimmäinen esimerkki koskee suunnitelma-aineistoa ja sen muokkaamista 3D-koneohjauksen edellyttämään formaattiin. Hauklammella sijaitsevaa levähdysaluetta tehtäessä tarvittiin tiehöylälle 3D-koneohjausmalli.

Levähdysalueesta ei ollut tällaista valmista 3-ulotteista mallia, vaan suunnitelma-aineisto oli 2-ulotteisessa muodossa (kuva 5).

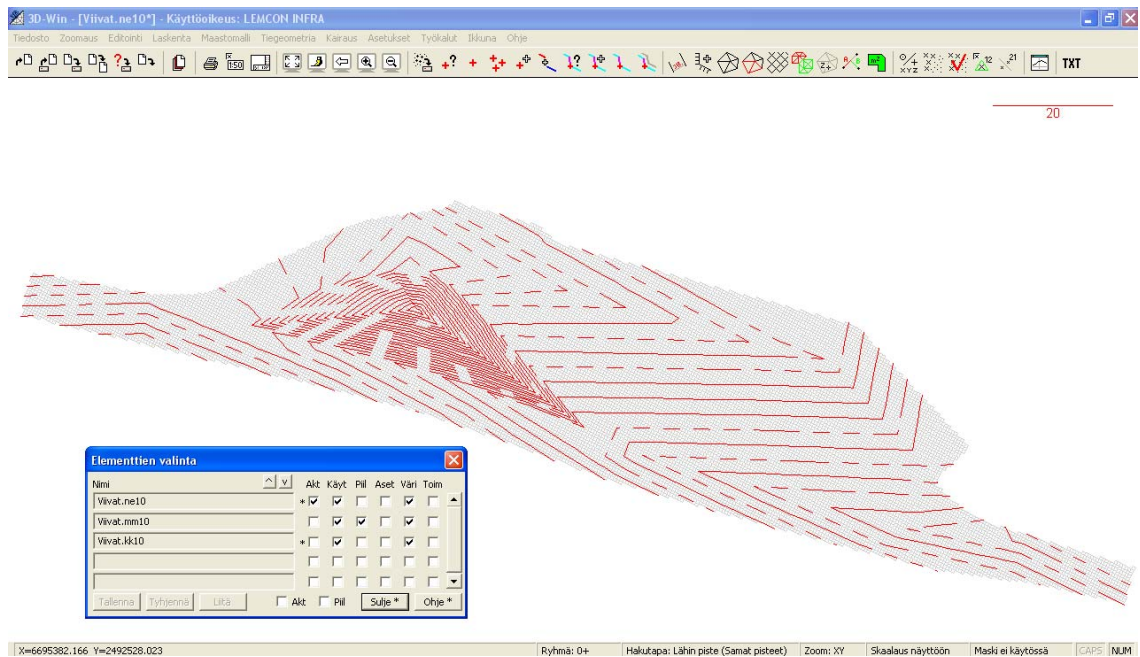


Kuva 5. 2-ulotteinen AutoCAD-kuva (dwg) Hauklammen levähdysalueen pohjoisen puolen osasta.

Osa korkeustiedoista oli kylläkin suunnitelmakuvassa, mutta vain tekstimuodossa ja monin paikoin tarpeeseen nähden liian harvaan ilmaistuna. Esimerkiksi viettoviivat olivat piirrettyinä dwg-kuvaan, mutta nämä olivat 2D-viivoja. Viivan korkeustieto oli kuvalla ilmaistu tekstinä. Jotta korkeudet saatiin määritettyä tiehöylää varten riittävällä tarkkuudella, niitä haettiin myös pdf-muodossa olevilta poikki- ja pituusleikkauskuvilta. Dwg-kuva avattiin 3D-Winissä ja 2D-pisteille lisättiin korkeustiedot. Tässä yhteydessä lisättiin myös puuttuvat korkeustiedot viettoviivoihin, jolloin niistä muodostui 3D-viivoja. Korkeustietojen lisääminen tapahtui siis suhteellisen hitaasti, piste kerrallaan käsin syöttämällä. Laadittu malli kolmioitiin (kuva 6) ja siihen laskettiin korkeuskäyrät (kuva 7).



Kuva 6. Levähdysalueesta muodostettu kolmioverkko



Kuva 7. Levähdysalueelle lasketut korkeuskäyrät

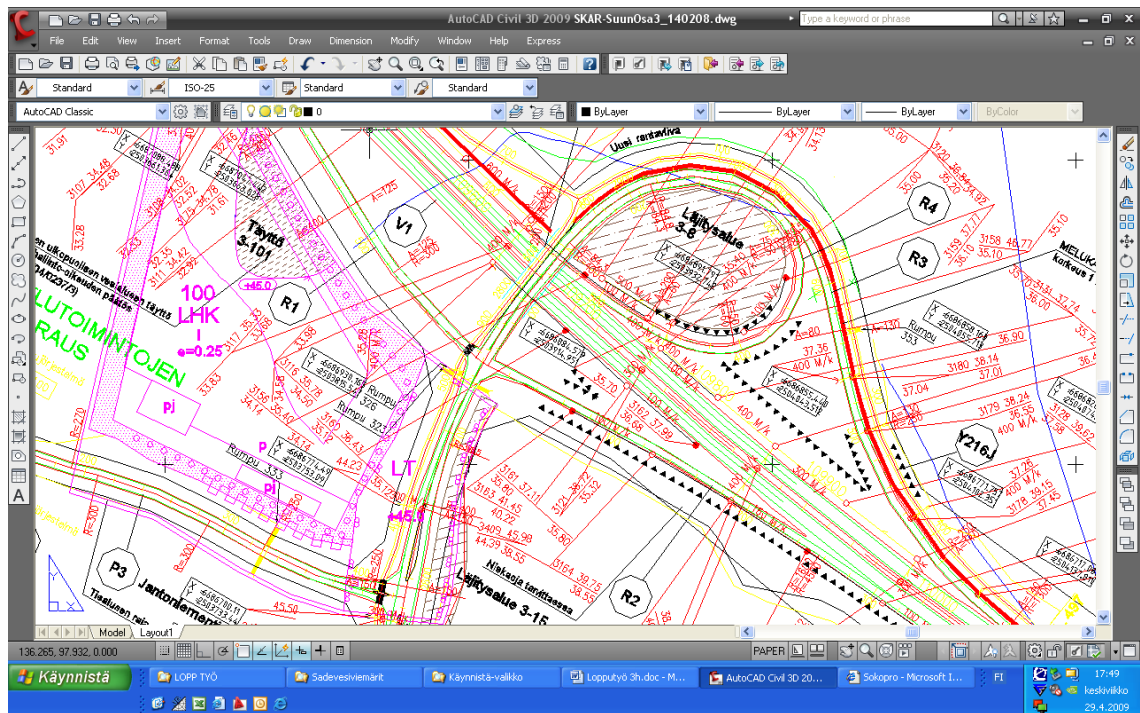
Lopuksi kolmioverkkomalli siirrettiin Sitevision-ohjelmaan, jotta tieto saatiin työkoneelle sopivaan formaattiin.

Ylimääräistä työtä teetti suunnitelmätiedon puuttuminen, sen esitysmuoto ja se, että tieto oli hajallaan eri dokumenteissa. Hauklammen levähdysalue ei ollut moottoritien ainoa kohde, jolla sama ongelma esiintyi, vaan samoja ongelmia esiintyi ainakin liittymäalueilla, eritasoliittymissä ja rampeissa.

7.1.2 Esimerkki 2 (Suunnitelmätiedot laadunvarmistuksessa)

Seuraava esimerkki liittyy suunnitelmätiedon organisointiin ja suunnitelmätiedon hyödyntämiseen rakentamisen laadunvarmistuksessa.

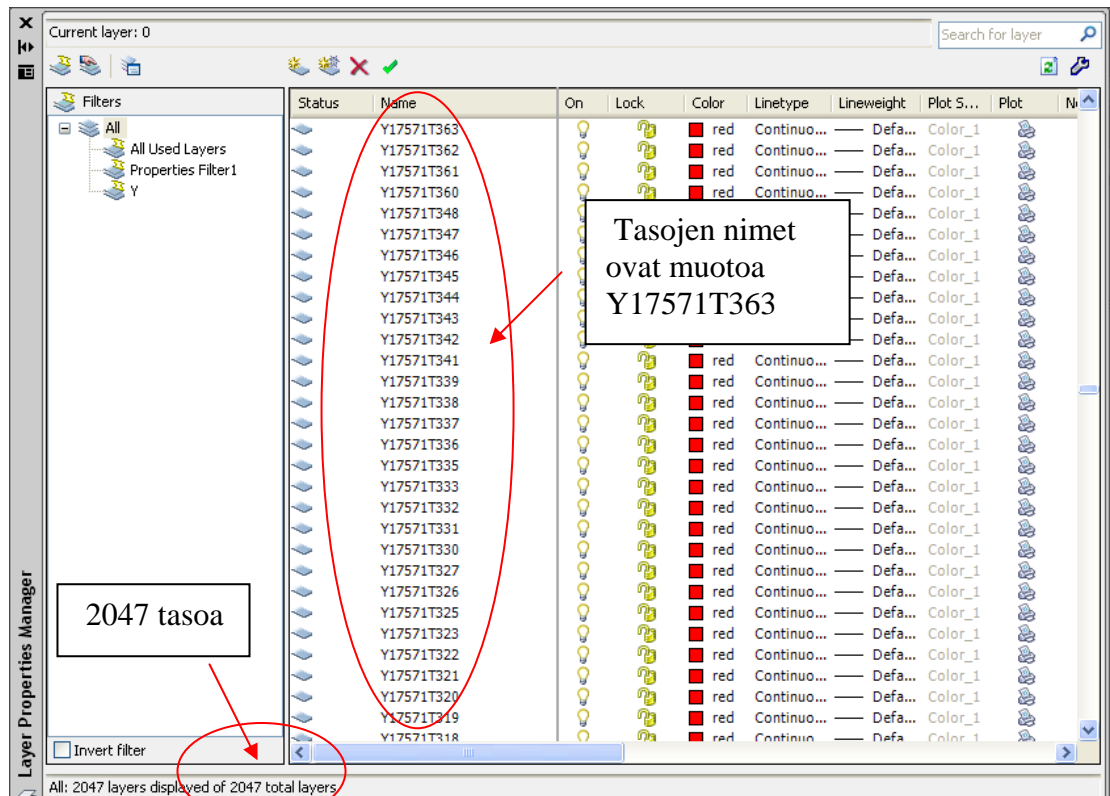
Tarkemmittausten suorittamista ja dokumentointia varten tarvittiin suunnitelmakuva, joka sisältää vain kuivatuksen tiedot. Tarvittavat tiedot tätä varten löytyivät suunnitelmakartalta, joka oli CAD-kuvana. Kuva sisälsi kuitenkin paljon muuta tietoa, joka ei liittynyt kuivatukseen, eikä sitä näin ollen haluttu ja tarvittu mukaan laadittavaan kuvaan (kuva 8).



Kuva 8. Lähtötilanne: Suunnitelmapakartalla kaikki tasot näkyvissä. Tietoa ja tasoja on kartalla paljon.

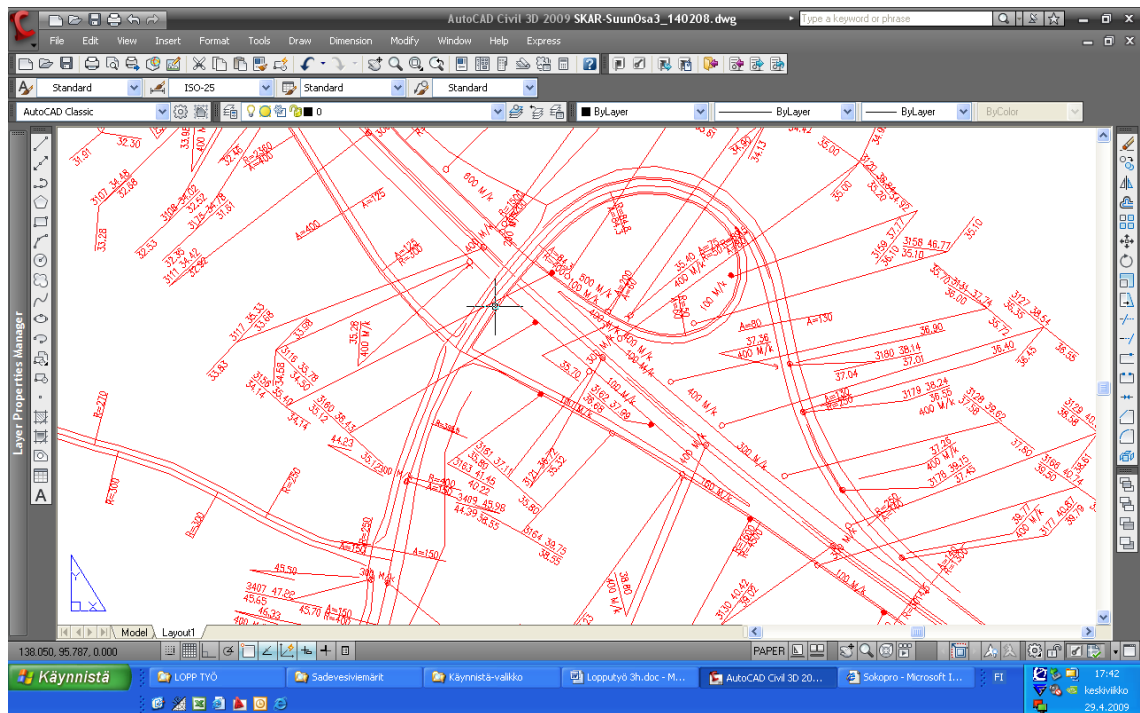
CAD-kuvassa on mahdollista piilottaa tietoja (tasoja). Tarkoituksena olikin piilottaa ylimääräiset tasot ja jättää näkyviin vain kuivatukseen liittyvät tiedot. Tätä tehdessä osoittautui ongelmaksi se, miten tietojen jakaminen eri tasoille oli toteutettu. Kuvalta ei ollut kovin helppoa tulkita, mitä tietoa milläkin tasolla on. Tämä johtui yhtäältä tasojen määrästä ja toisaalta niiden nimeämistavasta (kuva 9). Tasojen lukuisuus johtui siitä, että mm. jokainen kaivo sekä monet pienet yksityiskohdat olivat sijoitettuina omille tasoilleen.

Tulkintaa hankaloitti erityisesti myös tasojen nimeämistapa. Suuri osa käytetyistä nimistä ei kuvannut tason sisältöä. Tällaisia olivat esimerkiksi käytetyt kirjain-numero-yhdistelmät (ks. kuva 9).



Kuva 9. AutoCAD-kuvan tasot ja niiden nimeäminen suunnitelmakuvassa

Haluttu suunnitelmakuva kuivatuksesta saatiin tehtyä (kuva 10), mutta edellä kuvattujen seikkojen johdosta oleellisen tiedon löytäminen ja poimiminen kuvasta vei tarpeettoman paljon aikaa työmaalla.



Kuva 10. Suunnitelmapartta, kun kuvasta on piilotettu kaikki ylimääräinen.

7.1.3 Esimerkki 3 (Suunnitelma-aineiston selkeys)

Suunnitelmien tulkinta voi siis usein olla hankalaa niiden suuren informaatiomäärän ja epäselvän esityksen johdosta. Tästä hyvänä esimerkkinä on myös liitteenä 3 oleva ote suunnitelmapartasta. Tässä suunnitelmapartassa on tietoja mm. tunneliputkistoista, tunnelien pesuvesien keräilyaltaista, suojaputkista ja kuivatuksesta. Samaan kuvaan on sisällytetty niin paljon erilaista tietoa, että kulloinkin tarvittavan ja oleellisen tiedon löytäminen on hankalaa. Kaiken lisäksi kuvaa ei voida muokata, kuten AutoCAD-kuvaa esimerkissä 2, sillä se on pdf-tiedostona.

7.1.4 Esimerkki 4 (Tarkemittautietojen dokumentointi)

Neljäs esimerkki liittyy tarketietojen dokumentointiin. Tilaajaa varten kuivatusjärjestelmän kaivoista ja vesijuoksuista tuli olla excel-taulukot, joissa näkyivät sekä suunnitelma- että toteutumätiedot ja näiden poikkeamat. Taulukot tehtiin

urakkaosittain. Lopputuloksena oli kuusi taulukkoa, jotka käsittivät kaikki Muurla–Lohja-välin sadevesi- ja salaojakaivot sekä näiden vesijuoksujen korkeustiedot.

Kaivoista löytyi valmiit suunnitelmatiedot excel-muodossa. Kukin kaivo oli kuitenkin omana tiedostonaan. Jokaisen yksittäisen kaivon tiedot oli siis koottava yhteen kuudeksi taulukoksi eli tiedot oli saatava koottua sadoista tiedostoista kuudeksi tiedostoksi. Yksi vaihtoehto olisi ollut hakea tiedot kustakin excel-tilukosta yksitellen. Lopulta tiedot kuitenkin koottiin yhteen excel-makron avulla.

7.2 Haastattelut

7.2.1 Harri Taina, Lemminkäinen Oyj 4.3.2009

Kysymys 1. Mihin ongelmiin olet törmännyt tiemittauksessa koskien suunnittelijoilta saatuja materiaaleja?

Geometriatiedon osalta ongelmia ovat tuottaneet lukuisat formaatit. Formaatteja on tätä nykyä noin puolenkymmentä erilaista. On ohjelmistoriippuvaista, saako geometriatiedoston auki vai ei. 3D-Win-maastomittausohjelmaan on onneksi eräs ohjelmiston kehittäjästä, Markku Saloranta, tehnyt muutoksia siten, että erilaisissa formaateissa annettuja geometriatietoja on saatu auki.

LandXML-standardin mukaista tiedonsiirtomenetelmää ei ole kyetty vielä hyödyntämään Turku-Helsinki-moottoritieellä, sanotun menetelmän ja käytettävissä olevien ohjelmistojen sekä mittalaitteiden yhteensopivuusongelmien takia.

Vaikeuksia on tuottanut mm. se, että tilatessa suunnittelua ei ole määritelty suunnitelman sisältöä riittävällä tarkkuudella. Ongelmatilanteista esimerkkeinä ovat mm. seuraavat tilanteet:

Esim. 1

Suunnittelusopimuksessa mainittiin, että tilattiin kuivatuksen suunnittelu ja tietojen on oltava sähköisessä muodossa. Sen sijaan ei vaadittu, että kaivoille pitää olla koordinaattilista yhtenä tiedostona.

Suunnittelija lähetti tiedot sähköisessä muodossa kuten sopimuksessa sanotaan. Jokainen kaivo oli kuitenkin omana excel-tiedostona, mikä ei ollut tiedonhallinnan, mittauksen suorittamisen ja laatusurannan kannalta toimiva ratkaisu.

Tätä ongelmaa on tarkemmin selostettu edellä luvussa 7.1.4.

Esim. 2

Liian epämääräisen suunnittelutilauksen johdosta seurasi myös ongelmia mittausten suorittamisessa ja laatusurannassa rumpujen osalta. Suunnittelija lähetti rummuista luettelon, joka sisälsi sijaintiedot paalulukemalla annettuna sekä perinteisen formaatin mukaisesti etäisyyksinä mittalinjasta (vasemmalle ja oikealle) ja rummun päiden korkeudet.

Rumpujen merkintämittaus maastoon näillä tiedoilla onnistuu, mutta esimerkiksi sidonnan tekeminen on työlästä. Sidontahan on useimmiten välttämätöntä työskenneltäessä ympäristössä, jossa työmaakoneet liikkuvat ja merkinnät eivät pysyisi paikoillaan. Sidontaa käytettäessä kohde merkitään maastossa sivuun itse kohteesta vähintään kahdella paalulla tai muulla merkillä, jotka osoittavat sen sijainnin yksiselitteisesti. Rummun päiden suunnitelmatietojen puuttuessa sidonnan tekeminen tapahtuisi niin, että rummun päät merkittäisiin maastoon todelliseen sijaintiinsa (tavanomainen maastoon merkintä) ja tämän jälkeen päiden sijainnit kartoitettaisiin. Kartoitetuista pisteistä saataisiin aikaan vertailusuora sidonnan tekemistä varten.

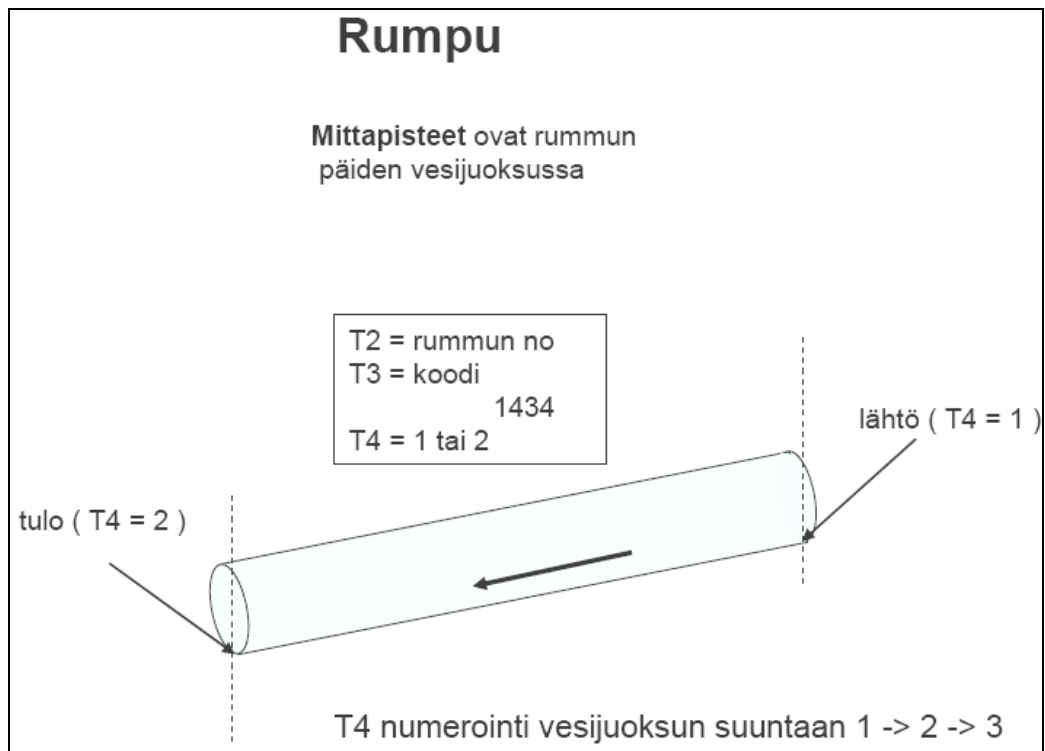
Toinen ongelma ilmeni siinä vaiheessa, kun lähdettiin tekemään laatudokumentointia. Tarkemitattuja rumpujen päiden koordinaatteja piti verrata suunnitelmatietoon. xyh-vertailu suunnittelijan antamilla tiedoilla ei suoraan onnistunut, vaan kaikki suunnitelman mukaiset koordinaatit oli itse laskettava.

Edellä mainitun kaltaiset ongelmat ovat sinänsä turhia, koska suunnittelu tapahtuu nykyään kaikissa suunnitteluohjelmissa xyh-koordinaatistossa.

Kuvattu ongelma poistunee, kun uudessa Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohejessa rummun koordinaatit on ohjeistettu määriteltäviksi rummun päistä mittapisteinä (kuva 11). Mittapiste on myös ohjeessa määritelty. Ohjeen mukaan sillä osoitetaan yksilöity koordinaattipiste kohteesta, kuten alueesta, rakenteesta,

laitteesta tai kappaleesta näiden merkitsemistä, rakennus- tai asennustyötä varten.

(10)



Kuva 11. Rummun mittapisteet ja koodausvaihtoehto (10, s. 37).

Ongelmia on ilmennyt myös tilanteissa, joissa suunnitelmia on ollut tarve tarkentaa lopullista massalaskentaa varten. On tullut eteen tilanteita, joissa suunnitelmien tarkentaminen suunnittelijan järjestelmässä on osoittautunut erittäin työlääksi. Jotkin suunnitteluohjelmassa olevat alkumäärittelyt vaikuttavat loppuun saakka siten, että muutoksia suunnitelmatietoihin on vaikea jälkikäteen tehdä. Suunnittelijan olisi huomioitava muutostarve suunnitteluohjelman alkumäärittelyissä jo siinä vaiheessa, kun suunnitelmaa lähdetään tekemään.

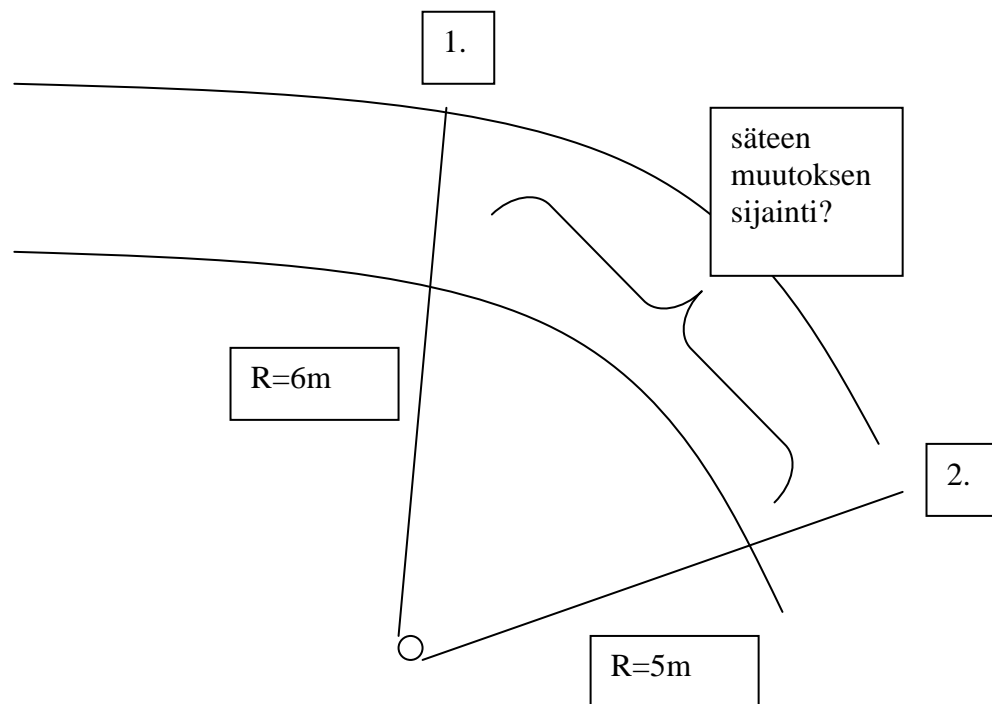
Eräänä ongelmana on 3D-rakenneviivojen epäjatkuvuus esimerkiksi tien pohjarakenteen muuttuessa. Tällainen tilanne esiintyy mm. siirryttäessä kallioleikkaukselta maaleikkaukselle. Suunnitteluohjelmistossa sanotuilla rakenneviivoilla on eri koodi, ja maaperän laatuun perustuvan koodin vaihtuessa rakenneviiva katkeaa. Tämän seurauksena kelvollisen 3D-pinnan/ kolmioverkon

luominen kyseiselle alueelle ei onnistu ilman manuaalista aineiston editointia. Parannusehdotuksena Taina esittää esimerkiksi viivakoodauksen perustamista viivan sijaintiin rakenteessa.

Haastateltava toi esiin myös seuraavat kaksi esimerkkiä, joissa automaattisten työkaluidenkin käytön edellytyksenä oleva jatkuva 3D-taiteviiva helpottaisi mittaustyötä.

Esim. 3

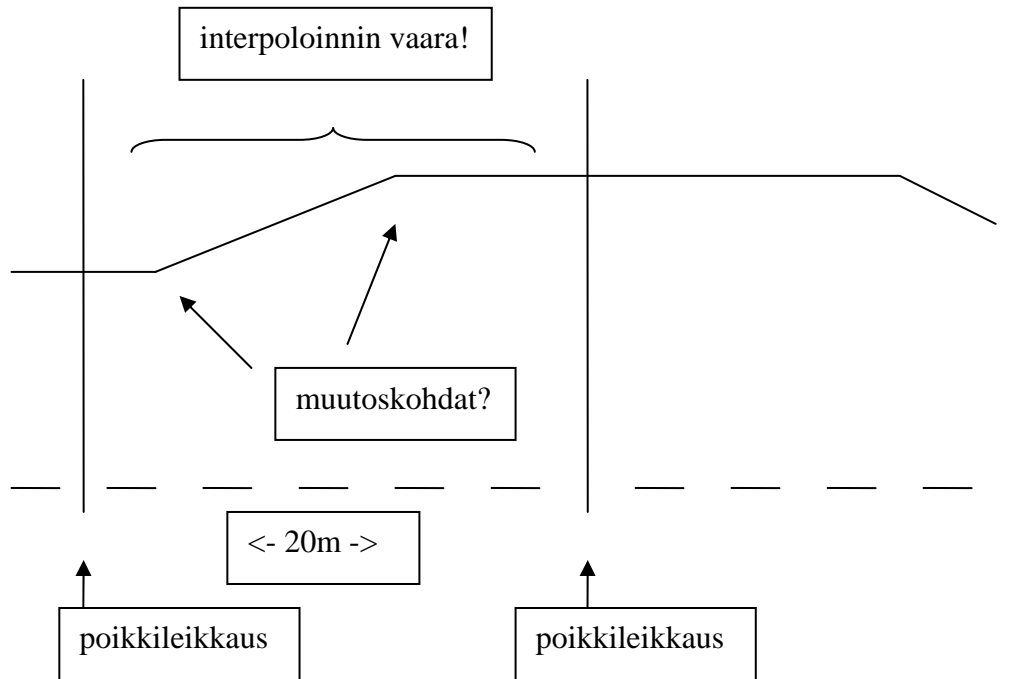
Tien kaareutuessa esimerkiksi liittymässä tai liittymään tultaessa kaaren säde muuttuu (kuva 12). Tällöin pelkillä poikkileikkaustiedoilla kohdissa 1. ja 2. (kuva 12) ei päästä käsitykseen siitä, miten säteen muutos tapahtuu.



Kuva 12. Tien kaarresäteiden muutos

Esim. 4

Bussipysäkkien kohdalla tien reunalinja muuttuu (kuva 13). Mikäli tällaisista tien osuuksista on suunnitelmätiedot vain poikkileikkauksina, esimerkiksi 20 m:n välein, muutospohdat jäävät myös epäselviksi, eikä interpolointi tule kyseeseen.



Kuva 13. Muutospohdissa esiintyy interpoloinnin vaara, joka voitaisiin välttää esittämällä suunnitelma jatkuvana 3D-viivana.

Kysymys 2. Miten muokkaat suunnittelijoilta saamaasi materiaalia eri työvaiheissa?

Tähän kysymykseen on jo vastattu kysymyksen 1 yhteydessä. Aineistoa editoidaan manuaalisesti lisäämällä puuttuvia tietoja. Tässä lisälaskentaa vaativat mm. puuttuvat koordinaattitiedot. Aineiston täydentämistä ja korjaamista tarvitaan monesti myös tien eheän rakennemallin aikaansaamiseksi.

Kysymys 3. Onko eri suunnittelijoilta saaduissa materiaaleissa eroja?

Suunnitelmissa on eroja. Erot johtuvat vaihtelevuudesta suunnitteluohjelmissa, suunnittelijoiden työskentelytavoissa ja osaamisessa. Jopa samalta suunnittelutoimistolta ja saman ohjelman käyttäjiltä tulee erilaista ja eritasoista aineistoa samankin suunniteltavan hankkeen yhteydessä.

Kysymys 4. Miten suunnittelijoiden materiaalit ovat kehittyneet työurasi aikana?

Haastateltavan työuran alkuvaiheessa tiemittauksessa tarvittavat tiedot laskettiin suunnitelman 1:200-poikkileikkaustiedoista. Tiedot koottiin taulukkoon, josta ilmenivät sivumitta- ja korkeustiedot paalulukemittain. Tämä laskenta tehtiin pääsääntöisesti hyvissä ajoin ennen rakennustyön alkua.

Seuraava merkittävä kehitysaskel oli Tahys-ohjelman käyttöönotto. Tuolloin suunnittelija toimitti poikkileikkaustiedot 20 m:n välein. Ohjelmaan tuotua poikkileikkausaineistoa voitiin selata poikkileikkaus kerrallaan, ja tietyin parametrein määriteltiin rakennepisteet, jotka haluttiin laskea. Menetelmään sisältyi interpoloinnista aiheutuvan mahdollisen epätarkkuuden riski tiegeometrian epäjatkuvuuskohdissa.

Ensimmäinen hanke, jossa edellytettiin käytettävän 3D-rakenneviivaa, oli Kerava–Lahti-oikorata. Tämä osoittautui haasteelliseksi suunnittelijoille. Sama vaatimus suunnittelulle 3D-taiteviivoista rakennekerroksittain oli käytössä E18 Muurla–Lohja-moottoritiehankkeessa, täydennettynä siten, että geometrian muutoskohdista edellytettiin annettavan xyh-pistetiedot.

Kysymys 5. Mitkä asiat kehityksessä ovat olleet hyödyllisiä ja miten ne ovat auttaneet työssäsi/ työtäsi?

Hyötyä tulee varmasti olemaan Tienrakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohteesta (1.12.2008) sekä Tie- ja ratahankkeiden CAD-suunnitelmapiirustusten Tasojako-ohjeesta (13.3.2008). Vaikka kaikki

laatimisohteessa mainitut asiat eivät tulekaan käyttöön heti vaan pikkuhiljaa mm. mittauslaitteistokannan uudistumisen myötä, ohje on tärkeä edistysaskel tulevaisuuttakin ajatellen. Tasojako-ohjeen mukainen tasomäärittelyjen yhdenmukainen ja selkeä käyttö tulee mitä todennäköisimmin nopeuttamaan työmaamittauksen järjestämistä ja laatudokumentointia. Muita hyötynäkökohtia on käsitelty myös kysymyksen 1 yhteydessä.

Kysymys 6. Osaatko sanoa, miten suunnittelijoilta saatavia materiaaleja voisi muuttaa, jotta tällä hetkellä esiintyviä olevia ongelmia ei olisi ja suunnitelmien soveltaminen käytännön työssä olisi sujuvampaa?

Nykyoloissa suuri parannus olisi, mikäli koko suunnittelun tietokanta 3D-pintoineen (tuotemalli) saataisiin työmaan käyttöön. Tällöin välttyttäisiin siltä, että jo kertaalleen suunnittelun aikana laadittu malli joudutaan luomaan työmaalla uudelleen mittaustyön ja massalaskennan tarpeisiin.

Kysymys 7. Osaatko kertoa jonkin kehitysideoita tai ideoita tienrakennusprosessiin (suunnittelusta > tiemittauksiin > edelleen loppudokumentointiin asti), jotta prosessi olisi toimivampi?

Suunnittelutilausten täsmällisyyttä ja tarkkuutta tulee parantaa edellisten kysymysten yhteydessä esitetyllä tavalla.

Lisäksi hankkeen päätyttyä tulisi osapuolten vaihtaa palautetietoa hankkeen aikana esille tulleista lisäkehitystä kaipaavista seikoista, prosessin heikkouksista ja mahdollisista työmaalle tarpeettomista, suunnitelmatulkintaa vaikeuttavista tiedoista.

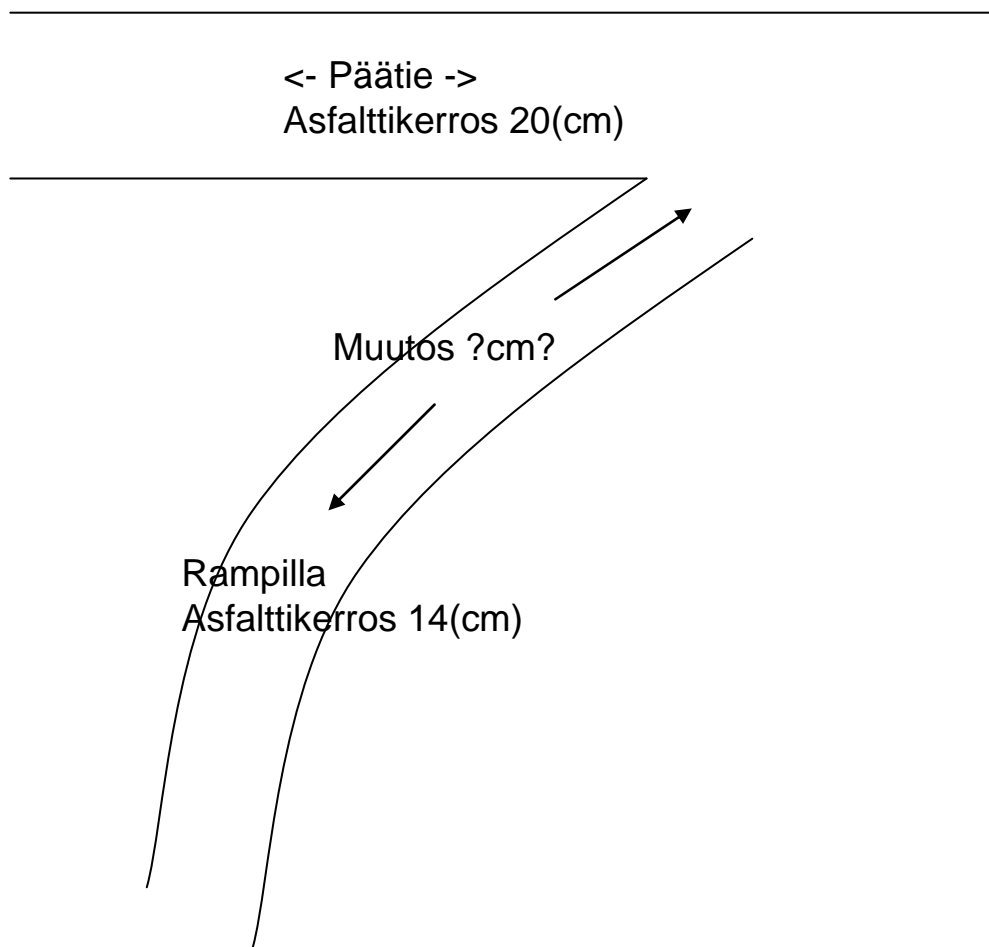
7.2.2 Markku Palkama, Destia Oy 19.3.2009

Kysymys 1. Mihin ongelmiin olet törmännyt tiemittauksessa koskien suunnittelijoilta saatuja materiaaleja?

Ongelmia suunnitelmien kanssa on tuottanut etenkin liittymäsuunnittelu. Muita ongelmakohtia ovat olleet tierakenteen ja tien päällysrakenteen muutoskohdat.

Liittymien osalta suunnitelmista puuttuvat yleensä tiegeometrian muutoskohdat. Lisäksi puutteita on kallistuksien ja korkeustason suunnittelussa. Hyvässä suunnitelmassa, kaupunkiympäristöstä puhuttaessa, riittävä informaatio olisi, kun tiedot olisivat 5 cm:n välein. Pahimmillaan tilanne on esimerkiksi se, että liittymäalueelle on suunnitelmassa vain yksi korkeuskäyrä. Tämä ei kerro alueen kallistuksista ja veden virtaussuunnista käytännössä mitään. Tierakenteen muutoskohdat (maalaatikko, pengeri, louhinta) vaatisivat myös tarkempaa suunnittelua. Suunnitelmien puutteiden vuoksi mittaushenkilöstö joutuu tulkitsemaan aineistoa itse niin, että rakentaminen tuottaa toimivan lopputuloksen.

Edelleen Palkama mainitsee päällysrakenteen muutoskohdat liittymissä. Esimerkkinä tilanne, jossa tullaan rampilta päätielle (kuva 14). Näissä kohdissa olisi tarpeen tietoa siitä, missä vaiheessa ja miten kerrospaksuus muuttuu. Tätä tietoa ei kuitenkaan läheskään aina ole annettu. Mittaushenkilön on näin ollen itse päätettävä, mistä kohtaa kerrospaksuuden muutos alkaa ja millä kaltevuudella.



Kuva 14. Päällysteen muutos rampilla (ei mittakaavassa)

Erilaiset edellä kuvatut muutoskohdat vaatisivat siis tarkempaa suunnittelua. Sitä vaatii myös automaation lisääntyminen rakentamisessa. Mikäli automaatiota aiotaan hyödyntää, tällaiset asiat ovat edellytys siihen. Jotta asiaan saadaan muutosta, on suunnittelijankin tutustuttava automaatioon ja ymmärrettävä sen asettamat vaatimukset suunnittelulle.

Kysymys 2. Miten muokkaat suunnittelijoilta saamaasi materiaalia eri työvaiheissa?

Tarvittavat toimenpiteet määräytyvät sen mukaan, mikä maastomittausohjelma on käytettävissä. Destialla käytössä on Tiemies.

Suunnitelmista poikkileikkaukset muutetaan Tahys/laatumiesohjelmalla ”maastokelpoiseen muotoon”.

Tiensiuntaiset taiteviivat ovat suoraan formaatin muunnoksen jälkeen valmista aineistoa maastomittauksen käyttöön. Formaatin muunnoksessa xyh-koordinaattitieto muutetaan Destialla käytettävään tiekoordinaatistoon. Tiekoordinaatisto muodostuu PL-luvusta (x), sivumitasta eli b-mitasta (y) ja korkeustiedosta (h).

Muita suunnitelmaformaatteja ovat dgn/AutoCAD-kuvat. Näitä ei voida hyödyntää suoraan maastossa, vaan mittaamiseen tarvittavat tiedot lasketaan kuvista eri ohjelmien avulla, monesti 3D-Winillä.

Kysymys 3. Onko eri suunnittelijoilta saaduissa materiaaleissa eroja?

Materiaalit vaihtelevat suunnittelijatoimistojen välillä, mutta myös suunnittelijoiden välillä. Mikä sitten vaikuttaa näihin eroihin, ei selity yhdellä tekijällä.

Olenneisimmassa asemassa ovat tilaaja ja suunnittelusopimus. Lisäksi vaikuttaa tietenkin suunnittelijan käytössä oleva suunnittelujärjestelmä. Se mitä voidaan toteuttaa, määräytyy myös käytössä olevan järjestelmän pohjalta.

Nykyään käytössä olevat ST-projektit ovat hyviä siten, että niissä päästään sopimaan suunnittelijan kanssa siitä mitä tarvitaan.

Suunnitelmat tulevat siis vaihtelevassa muodossa ja monenlaisissa formateissa. Palkama listaa mieleen ensimmäiseksi tulevina:

- Tahys-aineistot (Xroad)
- dgn/AutoCAD-kuvat
- paperikuvat
- tiensiuntaiset xyh-taiteviivat
- pistemäiset kohteet koordinaattitietona
- linjatiedot (VG/ PG) tiedostoina.

Suunnitelmien ja formaattien vaihtelevat muodot tuovat tietenkin lisää työtä. Palkama kertoo, että Tiehallinnon tarkoitus on yhtenäistää ja ohjeistaa rakennussuunnittelussa tuotettava materiaali tietojen ja formaattien osalta. Selvitystyö sekä esitys tulevaksi ohjeistukseksi on tehty. Uusin ohjeistus on tullut voimaan 1.12.2008 ja on voimassa toistaiseksi. Ohjeistus on kytköksissä InfraRYL-koodaukseen. Tiehallinnon uusista ohjeista ja InfraRYL:stä on tarkoitus luoda ”yhteensopivat”.

Kysymys 4. Miten suunnittelijoiden materiaalit ovat kehittyneet työurasi aikana?

Päällimmäisenä muutoksista tulee mieleen poikkileikkausesityksestä siirtyminen tiensuuntaisiin 3D-taiteviivoihin, jotka ovat murtoviivoja. Tämä muutos on meneillään ja suuntaus on Palkaman mielestä ehdottomasti oikea.

Muita muutoksia ovat lisääntynyt linja- ja koordinaattitiedostojen lukumäärä. Tiestä löytyy nykyään aiempaa enemmän geometriatietoa (esim. reunakivilinjoista korkeustietoineen).

Kysymys 5. Mitkä asiat kehityksessä ovat olleet hyödyllisiä ja miten ne ovat auttaneet työssäsi/työtäsi?

Muutos poikkileikkaustarkastelusta kohti tiensuuntaisia taiteviivoja on haastateltavan mielestä vain hyvä asia. 3D-viivat palvelevat Destian käyttämää Tiemies-maastomittausohjelmaa erinomaisesti. Kuten jo 2. kysymyksessä esille tulikin, ovat taiteviivat suoraan formaatin muunnoksen jälkeen käytettävissä.

Tarkemman suunnittelun vaatimus automaation lisääntyessä palvelee myös muuta mittaamista sekä laaturaportointia. Samaa rakennemallia ja samoja linjoja voidaan käyttää mittaamisessa ja laaturaportoinnissa, eikä niitä tarvitse lähteä rakentamaan itse kokoamalla suunnitelmatietoja useista eri ”lähteistä”.

Hyötyä tullaan varmasti saamaan myös InfraRYL-koodauksesta ja Tiehallinnon ohjeistusten päivittämisestä ja kehittämisestä. InfraRYL ja uudistetut ohjeet tulevat

yhtenäistämään eri suunnittelijoilta saatavaa aineistoa, varsinkin kun niitä kehitetään vielä eteenpäin. Tiehallinnon ohjeet koskevat tosin vain hankkeita, joissa Tiehallinto on mukana.

Kysymys 6. Osaatko sanoa miten, suunnittelijoilta saatavia materiaaleja voisi muuttaa, jotta tällä hetkellä esiintyviä olevia ongelmia ei olisi ja suunnitelmien soveltaminen käytännön työssä olisi sujuvampaa?

Jos vain InfraRYL ja muu ohjeistus tulee käytännössä toteutumaan, tämä vähentäisi työssä esiintyviä ongelmia. Yhtenäiset suunnitelmat olisivat ilman muuta helpommin hyödynnettävissä.

Kysymys 7. Osaatko kertoa jonkin kehitysidean tai ideoita tienrakennusprosessiin (suunnittelusta > tiemittauksiin > edelleen loppudokumentointiin asti), jotta prosessi olisi toimivampi?

Kysymyksessä esitetyssä prosessissa avaintekijöitä ovat suunnittelun tilaajan käyttäytyminen ja suunnittelusopimuksen sisältö. Suunnittelija ei tee mitään ylimääräistä.

7.2.3 Matti Laitinen, Destia Oy 27.3.2009

Haastateltava näkee tämän insinööri työn lähestymistavan mielenkiintoisena, koska nykyinen suunnittelukäytäntö sivuuttaa lähes kokonaan tiemittauksen vaatimukset suunnittelulle. Hän näkee suunnitteluprosessin kehittämisen tästä näkökulmasta hyödyllisenä tavoiteltaessa koko tienrakennusprosessin tehokkuuden parantamista. Vaikka näin menetellen aiheutuisikin muutoksia suunnittelutyöhön, hän ei usko tästä aiheutuvan alkuinvestointien jälkeen juurikaan kustannusta tai vaivaa. Näin myös siksi, että edellytykset mittaukseen kannalta paremman suunnitteluaineiston tuottamiseksi ovat jo olemassa. Mittaukseen kannalta hyötynä olisi manuaalisen työmaalaskennan minimoituminen.

Kysymys 1. Mihin ongelmiin olet törmännyt tiemittauksessa koskien suunnittelijoilta saatavia materiaaleja?

Kysymys 2. Minkä, suunnittelijoiden materiaaleissa olevien asioiden, olet havainnut aiheuttavan ylimääräistä työtä mittauspuolella (mittauksen toteuttamisesta aina loppudokumentointiin asti)?

Saadut vastaukset edellisiin kysymyksiin 1 ja 2 ovat alla yhdistettyinä.

Suurimmat ongelmat liittyvät kolmiulotteisen tiedon puuttumiseen. Suunnittelijalta saadaan esim. CAD-kuva, joka näyttää vakuuttavalta väritettyine ja nimettyine linjoinen, mutta käytännössä se ei sisällä kaikkia niitä tietoja, joita mittaukseen tarvitaan. Suunnitelma-aineistosta löytyvät vaak- ja pystygeometrialinjat, pituusleikkaus sivukaltevuustietoineen, sekä ajoradan tyyppipoikkileikkaukset. Hankalimmissa tapauksissa jopa esimerkiksi reunakivilinjojen pystygeometriatieto puuttuu kokonaan. Tällä tavoin esitetystä aineistosta etenkin reunalinjojen muutoskohtien korkeustiedot ovat työläitä laskea, koska on otettava huomioon useampi muuttuja, joita ovat sivukaltevuus, reunaetäisyys keskilinjasta ja tielinjan kaareutuminen. Tämä työ jää useimmiten työmaan mittaushenkilöstön vastuulle. Tällainen ylimääräinen laskentatyö vältettäisiin, jos aineisto olisi 3D-murtoviivana. Samalla mallin tekeminen automatisoidulle työkoneelle olisi mahdollista.

Yhteishankkeissa kuntien kanssa tulee varmistua siitä, ettei suunnittelussa mahdollisesti käytettävistä eri koordinaattijärjestelmistä aiheudu sekaannuksia.

Haastattelussa tuli myös esille jo Harri Tainan mainitsema työmaan tarve jatkuvalla 3D-pintatiedolle osana suunnitelma-aineistoa sekä epäjatkuvuusongelmat 3D-viivan esityksessä.

Suunnittelua tilaavilla ei ole riittävää ymmärrystä mittauksesta. Asiaa voisi kehittää siten, että suunnitelman tilaamisvaiheessa mukana olisi mittaukseen perehtynyt henkilö.

Kysymys 3. Millaisia eroja eri suunnittelijoilta saaduissa materiaaleissa on? Miten Tierakentamisen mittaussuunnitelman laatimisoheella pyritään helpottamaan tilannetta?

ST-hankkeissa suunnitelmat eivät tahdo valmistua rakentamisen edellyttämässä tahdissa. Tosin työkoneautomaatio on tuonut uutta näkökulmaa asiaan, eli on alettu jättää enemmän aikaa suunnittelulle. Automatisoidut työkoneet eivät voi toimia ilman suunnitelmaa, vaan ne vaativat suunnitelman numeerisena mallina.

Suunnitelmatieto tulee osalta suunnittelijoita varsin puutteellisena. Tästä aiheutuu toteutusvaiheessa lisälaskennan tarvetta.

Tierakenteen muutoskohtien riittävän tarkka esitys on määritelty ohjeen luvun 3 taulukossa 2, jossa annetaan taitepisteiden suurin sallittu paalulukku tien suunnassa erilaisilla kaarresäteillä. Näin lisääntyvä tarkkuus palvelee tiemittausta, laadukasta rakentamista sekä massamäärien laskentaa.

Paikkatiedon yksilöintiä ja terminologian täsmällisyyttä, sekä yksiselitteisyyttä pyritään laatimisoheella parantamaan. Tästä esimerkkinä voi mainita mm. ohjeen luvun 3 taulukot 3–5.

Kysymys 4. Miten suunnittelijoiden materiaalit ovat kehittyneet työurasi aikana?

Paperikuvat ovat korvautuneet numeerisella aineistolla, kuten AutoCAD:in dwg-kuvilla.

Kysymys 5. Miten uskot suunnittelijoiden tuottamien materiaalien ja tiedonsiirron tulevaisuudessa kehittyvän?

Tulevaisuuden tavoite olisi, että suunnitelmakuvat saataisiin 3D-muodossa.

3D-malli muodostuisi yksinkertaisimmillaan pintarakenteista eli viivoista, jotka sisältäisivät korkeustiedon. Tällaista aineistoa olisi helppo hyödyntää laatudokumentoinnissa, kun toteutettua rakennetta voitaisiin verrata suunnitelmamalliin.

Tulevaisuuden mahdollisena kehityssuuntana haastateltava näkee reaaliaikaisen langattoman tiedonsiirron suunnittelutietokoneelta automaattiselle maastomittauskojeelle tai työkoneelle.

Kysymys 6. Osaatko sanoa, miten suunnittelijoilta saatavia materiaaleja voisi muuttaa, jotta tällä hetkellä esiintyviä ongelmia ei olisi ja suunnitelmien soveltaminen mittauksessa olisi sujuvampaa?

Kaikki mittauksessa tarvittava suunnitelmatieto tulee antaa kolmiulotteisena ja yksiselitteisesti koodattuna. Edellytykset tähän ovat olemassa, sillä nykyaikaiset suunnitteluohjelmat kykenevät käsittelemään jatkuvaa pintaa.

Tilajien pyrkimykset saada suunnittelu teetettyä mahdollisimman halvalla on haastatellun näkemyksen mukaan keskeinen syy nykyisiin suunnittelun laatuun liittyviin ongelmiin. Suunnittelun taso korreloi useimmiten suoraan siitä maksetun palkkion kanssa. Jo suunnittelutarjouksia pyydetessä tulisi suunnittelulle asetetut vaatimukset riittävän tarkasti määrittelemällä sulkea pois mahdollisuus tuottaa mittauksien kannalta puutteellista suunnitelma-aineistoa. Toinen nykykäytäntöihin liittyvä ongelma on vähäinen mittausasiantuntemus suunnittelija- ja tilaajakunnassa. Parannusehdotuksena on, että suunnittelutarjouspyynnön laadintaan osallistuu myös mittauksien asiantuntija.

Aiemmin laaditun suunnitelma-aineiston jäljitettävyyden varmistaminen on ensiarvoisen tärkeää. Näin siksi, koska tiehankkeille on tapauskohtaisesti vieläkin tyypillistä toteutusvaiheen siirtyminen eteenpäin rahoitukseen tai valitusprosesseihin liittyvistä syistä.

Kysymys 7. Tienrakentamisen mittaussuunnitelman ohjeistusta on Tiehallinnon toimesta lähdetty kehittämään. Olet ollut mukana kehitystyössä. Miten uskot ohjeen vaikuttavan suunnittelusta saataviin materiaaleihin?

Tähän kysymykseen on otettu kantaa jo kysymyksen 3 yhteydessä. Lisäksi todetaan InfraRYL-julkaisun nimikkeistön muodostavan hyvän lähtökohdan yhtenäisen terminologian edelleen kehittämiseksi.

Kysymys 8. Ohjeistusta tullaan jatkossa vielä päivittämään. Onko ohjeistukseen tulossa jotain uutta, jolla pyritään vaikuttamaan suunnitteluun, tai onko itselläsi mielessä asioita, jotka vaatisivat kehittämistä?

Laatimisohjetta tulee tarve kehittää, kun InfraRYL 2007 tiettävästi tulevaisuudessa päivittyy.

7.2.4 Markku Saloranta, 3D-system Oy 1.4.2009

Kysymys 1. Onko sinulla työn alla jokin parannus/päivitys 3D-Winissä (erityisesti liittyen suunnitelma-aineistojen käyttöön mittaustyössä)?

Viimeisin päivitys liittyy LandXML-formaattiin, tarkemmin IM2-formaattiin.

LandXML on tiedonsiirtoformaatti, josta on kehitetty edelleen Suomen oloihin ja nimenomaan väylärakentamisen tarkoituksiin sopiva LandXML:n spesifi formaatti IM2. Sen tekninen rakenne noudattaa LandXML:ää, joka määrittää, miten sinne kirjoitetaan viivat, kolmiot ja niin edelleen. IM2 tuo formaattiin mukaan maakohittaiset lisäpiirteet, eli mitä koodausta käytetään ja miten pinnat ja viivat nimetään. Formaattissa on kysymys siitä, että kaikki ohjelmatalot lähettävät datan samassa muodossa eli IM2-muodossa, jonka jälkeen tieto kulkee eri reittejä työmaalle. Silloin, kun tieto kulkee 3D-Winin kautta, on ohjelman voitava lukea IM2-formaattia.

3D-systemin kehittämistyön päämäärä on olla mukana IM2-formaatin lisääntyvässä hyödyntämisessä. 3D-Win sisältää jo tällä hetkellä valmiit rakenteet IM2-formaattia ajatellen, sillä 3D-Win-ohjelman omaa formaattia on vaihdettu pari vuotta sitten. Kun suunnitelmatieto tulee IM2-muodossa, se tulkitaan 3D-Winin omaan muotoon. IM2-formaatista luetaan siis sen sisältämät tiedot, kuten viivat, maastomallit ja tiegeometriat, jotta tietoa voidaan edelleen käsitellä 3D-Winissä. Äskettäin 3D-system Oy on aloittanut uuden XML-formaattiversion laadinnan Destia Oy:lle Oulun alueella.

Kysymys 2. Minkälaiset ongelmat tiemittauksessa ovat luoneet kehittämistarvetta, ja keiltä kehittämistoiveet ovat tulleet? (koskien suunnitelma-aineistojen käyttöä ja mittausten loppudokumentointia)

Erilaiset formaatit ovat luoneet kehittämistarvetta. Tässä haastateltava toistaa Tainan jo mainitseman lukuisten eri formaattien määrän, joka ei näytä olevan vähenemässä. Esimerkiksi tiegeometriaformaatteja on Suomessa pelkästään 4–7 erilaista. Nämä aiheuttavat osaltaan ongelmia. Helpommalla olisi päästy, jos olisi kyetty sopiaan tietyistä yhteisistä formaateista. Koska sopimukseen ei ole päästy, ongelmat ovat

kasautuneet mittauspäähän. 3D-Win tukee nykyään kaikkia näitä eri formaatteja. IM2 on lisätty tähän listaan yhtenä uusista formaateista.

Ensimmäisten XML-formaatissa laadittujen suunnitelmien ongelmana oli, ettei maastossa ollut riittävästi työkaluja, jotka pystyivät tällaisessa muodossa olevan aineiston käsittelyyn.

3D-system Oy:lle XML:stä tuli kyselyjä ensimmäisen kerran pari kolme vuotta sitten. Edellä mainittujen ongelmien tähden asia ei edennyt toteutukseen käytännön tasolla.

IM2 esiintyy siis tällä hetkellä vain joissain hankkeissa. Hankkeissa, joissa IM2 ei ole käytössä, työmaille lähetetään edelleen paljon esim. dwg-kuvia suoraan AutoCAD:stä. Haastateltava vertasi IM2:n mukaista aineistoa suoraan AutoCAD:stä saatuihin suunnitelmakuviin. IM2:ssa kohteet on määrätty tietyn nimiseksi. Kun sieltä saadaan viiva, pinta, keskilinja tai muu kohde, se on tietyn niminen. Siten IM2-formaattiin kirjoitettaessa suunnittelijan esimerkiksi AutoCAD:ssä käyttämä taso muuttuu IM2:n määrittelyjen mukaiseksi tasoksi. Suunnittelija voi siis suunnitellessaan käyttää tasoja kuten haluaa, mutta kirjoitusvaiheessa ne muuttuvat IM2:n mukaisiksi. Puhtaassa dwg-aineistossa tasot, koodaukset ja nimet vaihtelevat suunnittelijasta riippuen, koska suunnitelmakuvia tekevät eri ihmiset eri yrityksissä eikä niiden laadinnassa ole varsinaisia yhtenäisiä käytäntöjä. Esimerkiksi tasojen nimeämisessä jotkut käyttävät "hieroglyfejä" tai koodistoja, toiset selkokielempisiä nimiä. Seurauksena on epäselvyys siinä, mitä tietoa tasot sisältävät ja suunnitelman tulkitseminen hankaloituu.

Haastattelussa käsiteltiin myös tämän insinööriyön aihetta sivuavaa tarkemittausvaiheen ongelmakenttää. Kehittämistä vaatisi Salorannan mukaan mittauksen tarketietojen dokumentointivaihe, kun suunnitelmat on viety maastoon ja mahdollisesti työkoneohjaukseen, ja rakentaminen on tapahtunut.

Tarkemittaus tiedon dokumentointia olisi kehiteltävä siten, että palautetieto toteutuneesta rakenteesta saataisiin nykyistä nopeammin ja vaivattomammin käyttöön. Tätä kysymystä ei ole juurikaan huomioitu, vaikka se on merkittävä asia.

Mahdollisuuksia parannuksiin tässä suhteessa on, kehittämällä työkonseptit kykeneviksi kahdensuuntaiseen tiedonsiirtoon, siten että ne lähettävät tiedon toteutuneesta rakenteesta automaattisesti, kuten ne vastaanottavat suunnitelmatiedonkin.

Yhdenmukaistamalla dokumentoinnin toteutusta saavutetaan parempi rakentamisen laadunvalvonta ja vaikutetaan tiehankkeiden koko elinkaareen myönteisesti. Toisena suunnitelma-aineiston käyttöön liittyvänä ongelmana haastateltava toi esille XML-tiedonsiirtoformaattiin kohdistuneet ylisuuret odotukset kaikkien pulmien ratkaisijana.

Kysymys 3. Millaisia tiedonsiirto-ongelmia suunnittelijoiden käyttämien ohjelmien (esim. AutoCAD) ja 3D-Winin välillä on?

Yleensä tiedonsiirto-ongelmat ovat joko koodaukseen tai geometriaan liittyviä. IM2 on varsin tarkkaan rajattu formaatti. Ongelmia tulee tämän vuoksi mahdollisesti siitä, että aineistot eivät ole IM2:n määritelmän mukaisia. Vaikka aineistolta siis vaaditaan tiettyä muotoa, niin vaatimus ei täyty johtuen esimerkiksi ohjelma- tai muista virheistä.

Aineiston virheet voivat olla seurausta myös XML:n tai IM2:n kirjoitus- tai lukuvaiheen virhetoiminnoista, koska ohjelmissa on joskus ohjelmointivirheitä.

Kysymys 4. Onko sinulla jokin idea / joitain ideoita miten suunnittelijoilta saatavaa materiaalia voisi kehittää, jotta suunnitelmien hyödyntäminen mittaustyössä olisi helpompaa (3D-Win-ohjelman kannalta)?

Suurin osa ongelmista, jotka liittyvät tasojen nimiin ja muihin määrittelyihin häviävät IM2:n avulla. Siihen mitä tasoja ja muita määrittelyjä suunnittelijat itse suunnitellessaan käyttävät on tuskin mahdollista vaikuttaa. Joillakin on vielä käytössään AutoCADin perusversio. Siitä on hankala saada kirjoitettua ulos IM2:ta.

Suuremmilla ohjelmistotaloilla, joita Suomessa on tällä hetkellä kolme, on omat ohjelmansa, jotka kirjoittavat IM2:sta, ja ottavat huomioon sen vaatimukset. Useat pienemmät yritykset käyttävät perusCADia tai muuta perusohjelmaa. Nämä pienemmät toimijat ovat siis IM2:n ulkopuolella. Näiden toimijoiden

suunnittelukäytäntöihin vaikuttaminen ei juurikaan ole mahdollista. Suomessa ei ole sellaista tahoja, joka voisi määrätä mitä tasoja suunnittelijoiden on käytettävä, vaikka tämä olisi tietenkin ihanteellista. Eri ihmiset käyttävät ohjelmia tavoilla, joihin he ovat tottuneet. Kaiken lisäksi, kun ohjelman hallinnassa on ongelmia, on pääasia, että suunnitelmat tulevat jotenkin tehtyä.

Samalla kun yleisesti käytetty AutoCAD on monipuolinen suunnitteluohjelma, niin se on myös hankala hallita. Salorannan mukaan suurin osa suunnittelijoista jopa myöntää, että heillä on ongelmia ohjelman hallitsemisessa. Seurauksena on virheitä, jotka voivat olla seuraavanlaisia:

- elementit ovat väärää tyyppiä
- viivat eivät ole oikein rakennettuja
(mm. kahden pisteen tai sulkeutumattomat viivat)
- korkeustieto on määrittelemättä (=0).

Suunnitelmiin jääneet virheet huomataan viimeistään maastomittausvaiheessa, jonne ongelmat kasautuvat.

Kysymys 5. Tulevaisuudessa pyritään yhä enemmän koneohjaukseen työmailla. Jotta koneohjausta voidaan hyödyntää, vaatii se suunnittelijoiden aineistoilta tiettyjä asioita. Millaisia ongelmia koneohjauksen käyttöönotossa on?

Mikäli suunnitelma-aineisto saataisiin virheettömänä, ongelmia ei IM2-formaattia käytettäessä olisi, sillä sen määrittelyt ovat niin toimivia. Aineistoissa on kuitenkin vielä ongelmia, ja osin ohjelmatkin toimivat vielä hiukan väärin.

Maastossa ei ole ollut niinkään paljon koodaukseen liittyviä ongelmia, mutta enemmän geometriaan liittyviä ongelmia. On tilanteita, joissa rampit eivät liity toisiinsa oikein, viivoja puuttuu, tai ne ovat päällekkäisiä tai pätkinä. Tällaista ristiriitaista materiaalia ei voi viedä työkoneelle. On työkoneen logiikasta kiinni, miten se virheelliseen tietoon reagoi. Höyläterän leikatessa 15 cm alemmaa kuin oli tarkoitettu, aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia esim. lisääntyneenä massanvaihtona.

Työkoneohjauksesta noin kymmenen vuoden aikana saatujen kokemusten valossa virheiden eliminointi on edelleen ongelma. Virheiden huomaaminen ei ole helppoa, kun suunnitelma-aineistoa on paljon ja se sisältää paljon erilaista tietoa, kuten useampia eri pintoja, rampeja ja risteyksiä. Esimerkiksi pintojen tarkistaminen on tehtävä yksitellen, kolmioimalla ja laskemalla korkeuskäyrät ja tutkimalla sitten, näyttääkö näin luotu aineisto asialliselta. Tässä 3D-Win on useimmiten välineenä.

Kysymys 6. Onko eteesi tullut 3D-Winin kehittämisessä sellaisia ongelmia, joita on yritetty ratkoa, mutta ongelmaan ei kyetä vaikuttamaan 3D-Winissä?

Yrityksenä 3D-system pyrkii yhteistyössä muiden osapuolten kanssa hakemaan ratkaisut kaikkiin esille tuleviin ongelmiin. Pääsääntöisesti tässä on toistaiseksi onnistuttu kohtalaisen hyvin.

Kysymys 7. Mihin asioihin tulette keskittymään kehitystyössä tulevaisuudessa?

Tulevaisuudessakin tavoitteena on, että 3D-Win toimii suunnittelun ja maastomittauksen välillä ominaisuuksiltaan jatkuvasti kehittyvänä linkkiohjelmana, joka helpottaa maastomittaustehtäviä.

Kysymys 8. Mihin suuntaan uskot ohjelman ja sen käytön kehittyvän?

3D-Win-ohjelman kehitystyö tapahtuu tulevaisuudessakin markkinoiden tarpeet mahdollisimman hyvin huomioiden.

7.2.5 Matti Ryynänen, Tiehallinto 8.4.2009

Ryynäsellä on ainoana haastatelluista suunnittelijakokemusta, jota hänelle on kertynyt noin parinkymmenen vuoden ajalta. Hän on ollut mukana projektiryhmässä, joka on laatinut Tierakentamisen mittaussuunnitelman laatimisohteen (1.12.2008). Aiheen kannalta hänen näkemyksensä on siten sangen oleellinen.

Haastattelussa käsiteltiin lähinnä prosessia suunnittelusta tiemittaukseen, sekä laatimisohteen 1.12.2008 roolia ja merkitystä. Keskustelu eteni vapaasti, eikä asioiden käsittely tapahtunut kysymysten mukaisessa järjestyksessä. Selkeyden vuoksi käsitelläänkin seuraavassa keskustelun teemoja aihepiireittäin.

Kysymys 1. Minkälaisia puutteita aikaisemmissa tiesuunnitelma-aineistoissa on ollut, joihin tällä ohjeistuksella on haluttu saada aikaan parannusta?

Kysymys 2. Automaatiota pyritään hyödyntämään työmailla entistä enemmän. Miten tämä seikka on vaikuttanut ohjeistuksen laatimisessa?

Kysymys 3. Miten uskot ohjeen vaikuttavan suunnittelijoilta saataviin materiaaleihin?

Kysymys 4. On ehkä liian aikaista kysyä vielä, mutta onko oppaan tekemisen jälkeen tullut mieleen jotain lisättävää? Jos opas kirjoitettaisiin nyt tai sitä päivitettäisiin, niin lisäisitkö tai muuttaisitko jotain?

Haastateltavan mielestä ohjeessa on kohtalaisen hyvin käsitelty keskeisimmät tiesuunnittelussa nykyään ilmenevät puutteet mittauksen kannalta, ja toisaalta tapahtunut kehitys työmailla. Haastateltava esitti näkemyksensä siitä, mitä toimia tässä käsiteltyjen prosessin vaiheiden puutteiden poistaminen vaatisi.

Haastattelun aikana tuli ilmi nimikkeistön ja eri suunnittelutalojen käyttämien tietokantojen toiminnan epäyhtenäisyyden aiheuttamat ongelmat. Näiden seurauksena tiedonsiirto ei toimi virheettömästi.

Suunnitellun InfraModel2 (IM2) -tiedonsiirtoformaatin käyttöönotto vaatii InfraRYL-nimikkeistön määrittelyn nykyistä tarkemmin. Nimikkeistössä on

nykyään määriteltyinä mm. kantava kerros materiaaleina ja kerroksina, mutta ei esimerkiksi kantavan kerroksen taitteita ja eikä ylä- ja alareunaa. Koska tierakenteen muotoa ei näin ollen ole digitaalisesti määritelty, joudutaan tämä muodon määrittely tekemään manuaalisesti mm. automaattisen työkoneohjauksen tarpeisiin. Manuaalisten työvaiheiden haittapuolena on myös virheriskin kasvu.

Yhtenäisen nimikkeistön puuttumisen aiheuttamien ongelmien ennakoidaan poistuvan osana InfraRYL-dokumentin jatkokehitystyötä. Rakennustiedolle onkin jo tehty esitys suunnittelunimikkeistön työn alle saattamiseksi. Mittaussuunnitelman laatimisohjteen päivitys tulee ajankohtaiseksi, kun yhtenäisestä suunnittelunimikkeistöstä on voitu sopia.

Edellä mainittujen tiedonsiirto-ongelmien takia Mittaussuunnitelman laatimisohje ei edellytä IM2-siirtomenetelmän käyttöönottoa välittömästi, vaan vähitellen sopivien sovellusten yleistymisen ja dokumentoinnin edistymisen myötä. Samaten ohjeen numerointiperiaate tierakenteen osien koodaamiseksi on tällä hetkellä suositus, joka on tarkoitus antaa velvoittavana ohjeena vasta, kun yhtenäinen InfraRYL-nimikkeistö on olemassa.

Mittauksen ja rakentamisen kannalta eräänä ongelmana on virheiden löytäminen suuresta määrästä suunnitelma-aineistoa. Systemaattisten virheiden eliminointi olisi mahdollista suorittaa esimerkiksi tarkistuspisteitä laskemalla suunnitelmatiedon siirron yhteydessä. Tällaista ei ole ainakaan systemaattisesti vaadittu eikä toteutettu. Periaatteessa tämä on suunnittelijan laatujärjestelmän asioita, eikä siihen ole Mittaussuunnitelman laatimisohjeessa otettu kantaa. Suunnittelijan olisi esimerkiksi pintoja siirrettäessä tehtävä tarkistuspisteiden laskenta kahdella toisistaan riippumattomalla laskentamenetelmällä/algoritmillä, sekä suunnittelu- että toteutusjärjestelmissä, koska systemaattisen virheen huomaaminen ei muuten onnistu. IM2-tiedonsiirrossa aiheutuvia tyypillisiä virheitä esiintyy tällä hetkellä vielä tierakenteen kulmapisteissä ja esimerkiksi kalliohylyjen määrittelyyn liittyen.

Perinteisesti ongelmia on myös aiheutunut osapuolten keskinäisen vastuunjaon epäselvyyksistä. Tämä on ratkaistu ohjeessa vastuunjakotaulukolla (liite 1), joka on

tarkoitettu täytettäväksi hankekohtaisesti suunnittelun ja toteutuksen tarjouspyyntöasiakirjoissa. Jo hankkeen alusta alkaen käytetyn vastuunjakotaulukon avulla virhevastuun jäljittäminen yksiselitteisesti on mahdollista riippumatta siitä, missä hankkeen vaiheessa syntyneestä virheestä on kysymys. Vastuiden jakautuminen eri urakkamuodoissa on mittausohjeessa myös esitetty taulukkomuodossa (liite 2).

Haastattelussa käsiteltiin tarkemittausvaiheen ongelmia, jota Markku Salorantakin pohti edellä. Ryynänenkin esitti näkemyksensä, että automaattiset työkonet tulisi voida ohjelmoida toimimaan siten, että työstäessään suunnitelman mukaista tierakennetta ne samalla keräisivät tarketiedon lopullisesti toteutuneen rakenteen muodosta.

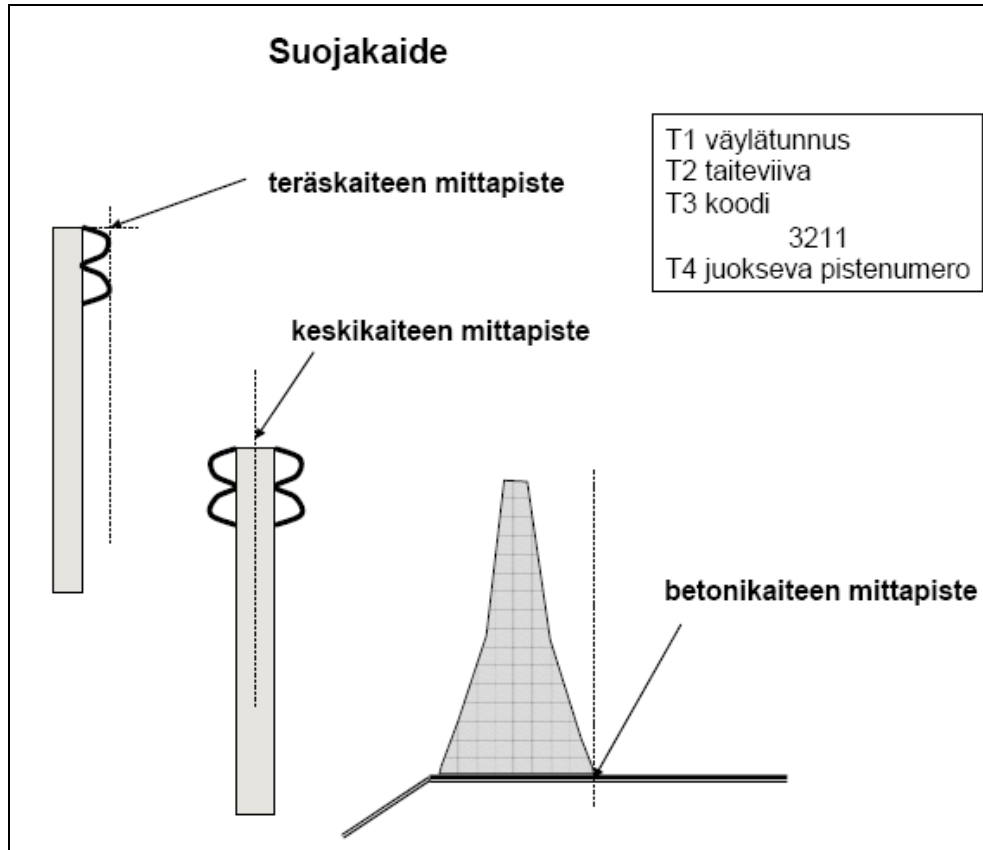
Haastateltava piti tärkeänä hanketietojen formaattimuodon valintaa siten, että tietojen jäljitettävyyden ja ylläpidon tarpeet huomioidaan. Ratkaisuna hän suosittaa kaiken hanketiedon, kuvatiedostot mukaan lukien, tallentamista tekstimuotoisena. Tämä mahdollistaa tietojen saatavuuden ohjelmistosta riippumatta vuosienkin päästä. Haittana menettelyssä voidaan nähdä tallennettavien tiedostokokojen kasvu, joka on katsottava pienemmäksi ongelmaksi verrattuna tilanteeseen, jossa tiedostojen hyödyntäminen ei ole käyttöjärjestelmissä tapahtuneiden muutosten takia mahdollista tai vaatii kallista lisätyötä.

Suunnitteluvaiheeseen liittyen Ryynänen luetteli seuraavia seikkoja, jotka mm. ovat edellytyksiä suunnittelussa onnistumiselle:

- Lähtöaineiston on oltava luokiteltua.
- Aineiston tarkkuusluokat on otettava huomioon (mm. tehtäessä tarkkaa maastomallia).
- Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä käytetään oikein.

Tiemittauksen kannalta hyvän suunnittelun edellytyksiä parantaa haastateltavan mukaan laatimisoheesta löytyvät yksiselitteiset mittapisteiden määrittelyt.

Esimerkkinä tästä hän mainitsi ohjeesta löytyvän kuvan kaiteen mittapisteestä ja koodauksesta (kuva 15).



Kuva 15. Kaiteen mittapiste ja koodaus (10, s. 40).

Suunnittelun tulevaan kehitykseen liittyen haastateltava pohti tietomallin osuutta. Hän näki ideaalina tilanteen, jossa tietomallilla olisi yksi standardimuoto, jolloin kaikki hankkeen osapuolet voisivat käsitellä sitä suoraan ja ilman tiedonsiirtoa. Tämä on tuskin kuitenkaan lähitulevaisuutta, koska laaja sopiminen standardimuodosta on hidas prosessi.

Seuraavaksi haastattelussa oli esillä tiegeometria, johon liittyviä ongelmia Ryyänen näkee nykyisin esiintyvän lähinnä tangenttivaatimuksen täyttymättä jäämisen takia. Tämä on hänen nähdäkseen suurelta osin seurausta siitä, että nykyiset suunnitteluohjelmat sallivat ns. väärin piirtämisen ilman, että matemaattisen jatkuvuuden ehto erilaisten kaarien yhtymispisteessä täyttyy.

7.2.6 YIT Oyj:n Mittatiimi ja ohjelmistokouluttajat 15.4.2009

YIT Oyj:

Sandell Yrjö

Ahola Ari

Hautamäki Jarno

Hytönen Jukka

Lahti Petri

Mäkelä Tomi

Ovaska Aki

Reinhardt Max

Salmela Ismo

Sundell Petri

Tanskanen Heikki

Vistbacka Ville

Vähämaa Mikko

Yläjääski Esa

Saloranta Markku, 3D-system Oy

Ahola Jari, CADi Oy

Kysymykset esitettiin ryhmälle kokonaisuutena. Kysymyksiin vastattiin vaihtelevasti useamman tai vain yhden ryhmän jäsenen toimesta.

Kysymys 1. Mihin ongelmiin olette törmänneet tiemittauksessa koskien suunnittelijoilta saatuja materiaaleja?

Haastateltavat toivat esille jo aiempienkin haastattelujen yhteydessä esiin tulleen ongelman AutoCAD-kuvien muokkaamiseen liittyen. Tästä koituu ylimääräistä työtä työmaalla. On varsin tavanomaista, että kuvia joudutaan muokkaamaan takymetrille sopivaan muotoon.

Suunnitelmatiedoissa on usein myös paljon ns. ylimääräistä, tarpeetonta tietoa, joka on ”siivottava” pois. Toisaalta mittaustyön suorittamiseksi tarpeellisia tietoja puuttuu. Tästä havainnollisena esimerkkinä eräs haastatteluryhmän jäsen kertoi tien suunnitelmapoikkileikkauksesta, jossa ei ollut lainkaan tietoja rakenteiden mitoista.

Toisinaan vaihtelevuus suunnittelijoiden logiikassa aiheuttaa hämmennystä ja sekaannusta sekä altistaa virheille työmaalla. Suunnittelijoiden käytännöt siitä, mistä suunnasta poikkileikkaukset on otettu, vaihtelevat.

Muita haastateltavien mainitsemissa ongelmia ovat olleet seuraavat:

- Formaattit eivät ole järkeviä.
- Suunnitelmat saadaan työmaalle liian myöhään.
- Kuvat näyttävät hyvältä tietokoneen kuvaruudulla, mutta mitatessa huomataankin, että geometriassa on virheitä.

Mittalinjojen osalta tiedonsiirto mittalaitteille on aiheuttanut vähemmän ongelmia.

Kysymys 2. Miten muokkaatte suunnittelijoilta saamaanne materiaalia eri työvaiheissa?

AutoCAD-suunnitelmakuvat muokataan manuaalisesti 2-ulotteisesta 3-ulotteiseen muotoon. Aineisto editoidaan lisäämällä puuttuvat ja poistamalla ylimääräiset tiedot. Tieto siirretään 3D-Win-maastomittausohjelmaan, jotta se saadaan luettua takymetrille.

Kysymys 3. Onko eri suunnittelijoilta saaduissa materiaaleissa eroja?

Suunnitelmissa on eroja ja suunnitelmien taso vaihtelee. Syynä tähän ovat mm. suunnittelusopimuksen sisältö, suunnittelijan osaaminen ja suunnittelijoiden erilaiset yksilölliset suunnittelutavat ja -ratkaisut.

Kysymys 4. Miten suunnittelijoiden materiaalit ovat kehittyneet työuranne aikana?

Materiaalit ovat huonontuneet. Haastateltavat arvelevat syyn piilevän siinä, että aikaa suunnitteluun ei nykyään ole tai sitä ei anneta suunnittelijoille tarpeeksi.

Kysymys 5. Mitkä asiat kehityksessä ovat olleet hyödyllisiä ja miten ne ovat auttaneet työssänne?

Nykyiset sähköisessä muodossa olevat suunnitelmat nopeuttavat työtä aiempaan verrattuna. Hyödyllisinä nähdään myös koulutus ja tiedonvaihto.

Kysymys 6. Osaatteko sanoa miten suunnittelijoilta saatavia materiaaleja voisi muuttaa, jotta tällä hetkellä esiintyviä olevia ongelmia ei olisi ja suunnitelmien soveltaminen käytännön työssä olisi sujuvampaa?

Suunnitelmien käyttöä edistäisi, mikäli ne olisivat yhtenäisiä ja sisältäisivät vain työmaalle tarpeellisen tiedon 3D-muodossa. Yhtenäisyyden edistämiseksi yhteisten pelisääntöjen sopiminen nähdään välttämättömänä.

Kysymys 7. Osaatteko kertoa jonkin kehitysideoita tienrakennusprosessiin (suunnittelusta > tiemittauksiin > edelleen loppudokumentointiin asti), jotta prosessi olisi toimivampi?

Panostusta tarvitaan suunnittelijoiden ja mittaustyöhenkilöstön välisen yhteistyön ja kanssakäymisen lisäämiseksi ja edistämiseksi. Tietojen vaihto molemmin puolin on tärkeää.

Kaivattua suunnittelun yhtenäisyyttä voisi kehittää mahdollisesti ottamalla mallia talonrakennuspuolelta, jossa esimerkiksi Senaattikiinteistöt sekä Helsingin ja Uudenmaan Sairaanhoidopiiri edellyttävät määrämuotoista suunnitelmien esitystapaa kaikissa hankkeissaan. Sähköalalla on myös onnistuttu aikaansaamaan yhteinen lausunto suunnitelmien sisältövaatimuksista.

Laaja-alaisemman, aikaa vievän sopimisen sijasta haastattelussa esitettiin vaihtoehtona menettelyä, jossa joku merkittävä infra-alan urakoitsija, esimerkiksi YIT Oyj, teettäisi konsulttityönä kuvauksen hyväksyttävästä AutoCAD-suunnitelman sisältövaatimuksista. Tässä kuvauksessa esitettäisiin perusvaatimukset siitä, mitä suunnitelmissa yhtäältä tulee ja toisaalta ei tule esittää. Näillä

perusvaatimuksilla ei kuitenkaan tule sulkea ketään nykyisistä toimijoista suunnittelun tarjouskilpailujen ulkopuolelle. Näin luotu, hyväksi havaittu menettely voisi vähitellen levitä laajempaan käyttöön infra-alalla.

8 Kirjallisuus

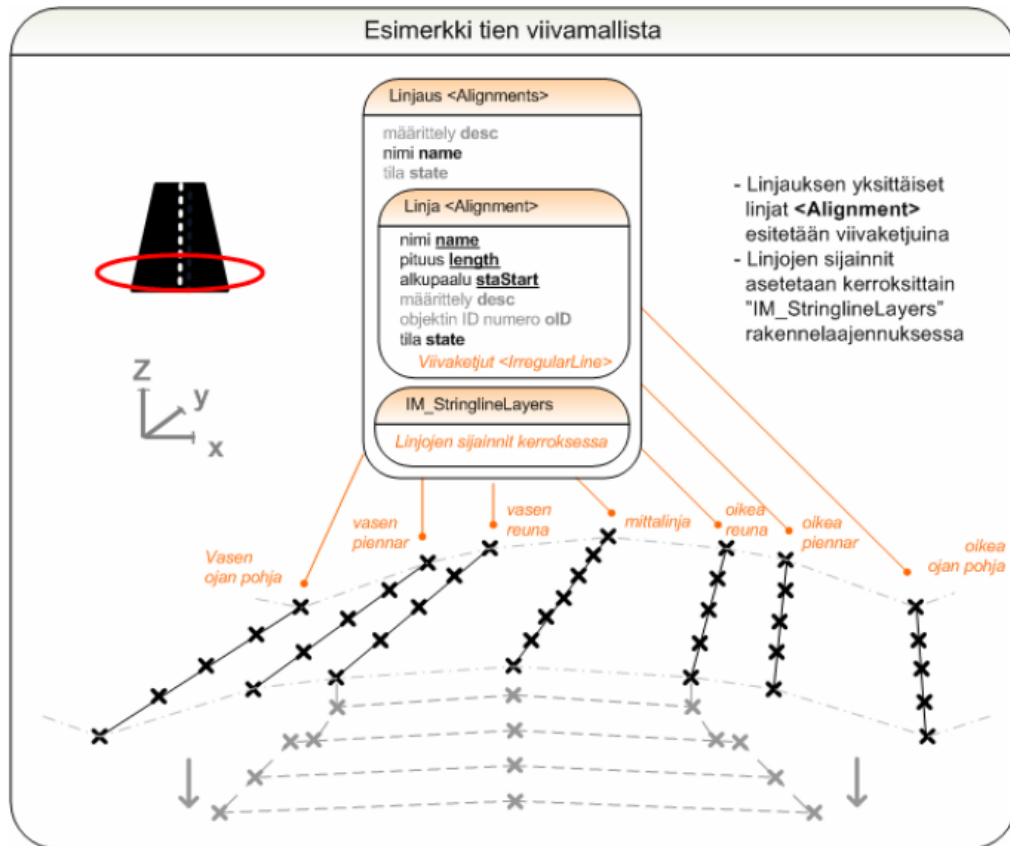
Aluksi referoin InfraModel2-projektin loppuraporttia (17.3.2006), jossa nimetään tiedonsiirto yhdeksi keskeisimmistä ongelmista infrarakentamisessa. Projektissa keskityttiin siten tärkeimpiin tiedonsiirron ongelmakohtiin.

Eri toimijoilla on käytössään erilaisia ohjelmia. Käytössä on useita eri formaatteja ja formaattien käyttötavatkin vaihtelevat. Tiedonsiirto ohjelmien välillä on vaikeaa tai mahdotonta, sillä yhtenäistä siirtoformaattia ei ole. Tietojen konvertointi muodosta toiseen on työlästä. Usein osa tietosisällöstä myös häviää konvertoinnin yhteydessä. Mainitut ongelmat ovat äärimmillään johtaneet siihen, että yhteistyökumppani valitaan käytetyn ohjelman perusteella.

Valtaosa rakenteiden elinkaaren aikaisesta tiedosta syntyy suunnitteluvaiheessa. Tiedonsiirron parantuessa aikaa ja työresursseja säästyy varsinaiselle suunnittelutyölle. Tällöin suunnitelmien laatutaso todennäköisesti nousee. Suunnitteluvaiheeseen panostaminen palvelee myöhäisempien vaiheiden tarpeita, kuten mittaustyötä ja laadun dokumentointia.

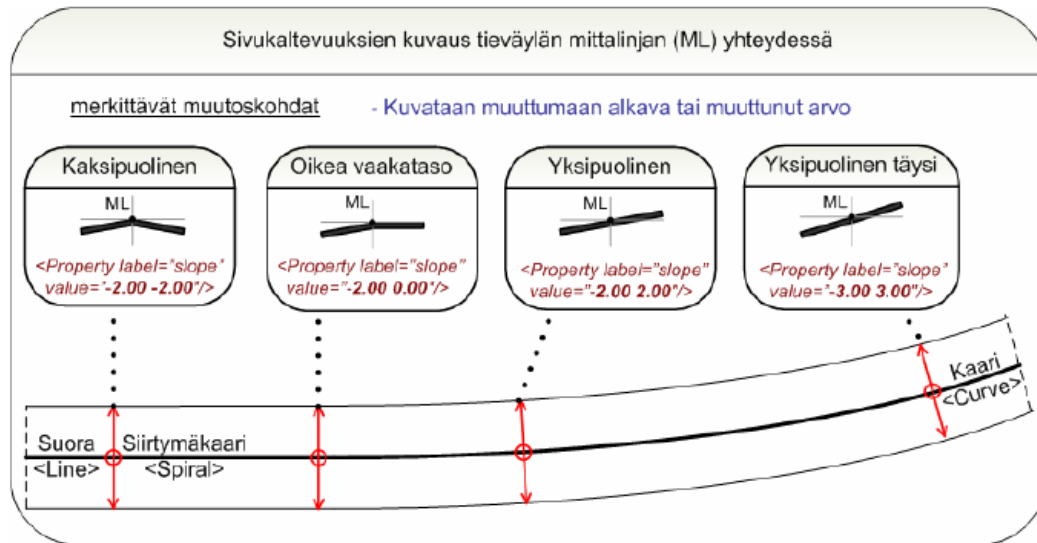
InfraModel-tiedonsiirrossa väylällä on yksi jatkuva mittalinja ja tasaus. Väylällä tarkoitetaan mm. maanteitä, paikallisteitä, kaava- ja yksityisteitä, katuja sekä vesiväyliä ja rautateitä. Kun väylästä kuvataan geometriset elementit ja viivaketjut, voidaan näiden perusteella väylälle muodostaa viivamalli (kuva 16).

Tarpeen mukaan laaja materiaali jaetaan eri tiedostoihin, esimerkiksi viivamalliin sekä erillisiin pintamalleihin.



Kuva 16. Esimerkki tien viivamallista InfraModel-tiedonsiirrosta (1, s. 26).

Loppuraportissa ohjeistetaan myös sivukaltevuuden hyvä kuvaamistapa (kuva 17). Merkitsevät sivukaltevuudet kuvataan keskeisissä muutoskohdissa ja ne esitetään poikkileikkausparametrien yhteydessä (1).



Kuva 17. Tien ja kadun sivukaltevuusmuutoksien kuvaus InfraModel-tiedonsiirrossa (1, s. 29).

Muita työni aiheita sivuavia julkaisuja on mm. Älykäs tietyömaa -projektista laadittu raportti, jossa tehdään selkoa tienrakennuksen automaatiojärjestelmien tekniikasta, sovellutuksista ja mahdollisuuksista. Julkaisussa todetaan XML-pohjaisen avoimen tiedonsiirtoformaatin olevan ratkaisu eri järjestelmien välisiin yhteensopivuusongelmiin. Projektissa case-kohteeksi valittiin pohjarakenteiden vahvistamisessa käytettävän stabilointijyrsimen automaattiohjaus. Projektista saatujen tuloksien perusteella kehitetyt ratkaisut ovat laajasti sovellettavissa. (12)

Edelliseen julkaisuun pohjautuen on sittemmin ilmestynyt Tiehallinnon selvitys Johdatus tienrakentamisen automaatioon. Raportin tarkoituksena on antaa kokonaiskuva tienrakentamisen automaatiosta ja sen mahdollisuuksista alan tulevassa kehittämisessä. (11)

Mielenkiintoista aiheeseen liittyvää materiaalia tullaan oletettavasti myös saamaan alkuvuonna 2009 käynnistyneen InfraTM-kehityshankkeen yhteydessä. Tämän tietomallihankkeen ennakoituaan päättyvän vuonna 2011. (16)

9 Johtopäätökset

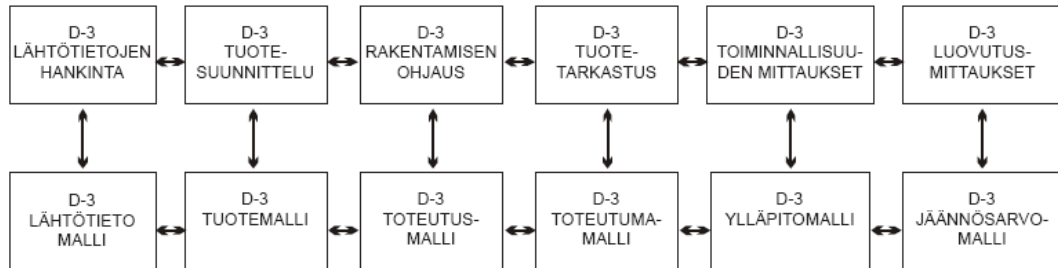
Suunnitelmatiedon oikea muoto voisi oleellisesti helpottaa mittaustyötä ja laadun dokumentointia.

Sekä suunnittelijoiden että tilaajien vähäinen mittausasiantuntemus heikentää nykyoloissa suunnitelmien käyttökelpoisuutta mittaustyössä. Tyypillistä on, että tiegeometrian haasteellisimmissa kohdista suunnittelijoilta saadaan pelkkä 2D-tieto, joka työllistää erityisesti maastomittausvaiheessa ylimääräisen laskennan muodossa. Eräs suunnittelun pääperiaatteita on, että sen tulee tapahtua riittävän ajoissa ennen toteutusta. Haastattelutiedon pohjalta tämä periaate ei aina tahdo toteutua etenkin Suunnittele ja toteuta (ST) -hankkeissa. Automatisoitujen työkoneiden myötä tämä ongelma on vähenemässä, koska nämä koneet eivät voi toimia ilman numeerisena mallina laadittua suunnitelmaa.

Yhden jatkuvan mittalinjan geometrialinjamuotoinen kuvaus tie- tai katulinjasta InfraModel2-standardin mukaan tukee tulevaisuuden rakentamista ja siirtymistä poikkileikkaussidonnaisuudesta jatkuvaan 3D-murtoviivaan, jolloin mittaaminen ja työkoneohjaus helpottuvat.

Ideaali tilanne, johon tulevaisuuden visiot tähtäävät, olisi sellainen, jossa suunnitelmatieto olisi 3D-tuotemallina. 3D-suunnitelmaa voitaisiin myös hyödyntää suoraan poikkeamien visualisoinnissa.

Kuvassa 18 havainnollistetaan eri suunnitelmamallien kytkeytyminen tienpidon prosesseihin.



Kuva 18. Yksinkertaistetut keskeiset tietovirrat tienpidon tulevaisuuden kokonaistoimintaprosessissa. 3D viittaa kokonaisvaltaisessa automaatiassa välttämättömään kolmiulotteiseen geometriatiedon hallintaan (11, s. 12).

Suunnitteluohjelmien ja niiden käytön olisi oltava joustavaa siten, että rakentamisen aikana tulleet tarkennukset ja muutokset olisi mahdollista tehdä vaivattomasti ilman turhia työvaiheita.

Kun investoidaan suunnittelun kehittämiseksi vastaamaan paremmin mittaustyön vaatimuksia, investointi maksaa itsensä takaisin mitä varmimmin hankkeen toteutusvaiheessa. On jopa todennäköistä, että aikaansaatu kehitys tuottaisi säästöjä hankkeen kokonaiskustannuksissa, mikäli parantunut lähtötieto hyödynnettäisiin mittaustyön ohella automaattisten työkonoiden ohjauksessa.

Lähteet

- 1 InfraModel2 Loppuraportti, versio 0.8. (WWW-dokumentti.) Tekes.
<<http://cic.vtt.fi/projects/inframodel2>>. 2006. Luettu 17.2.2009.
- 2 Infra TM –hankesuunnitelma. (WWW-dokumentti.) Rakennustietosäätiö.
<www.infra2010.fi/Aineisto>. 8.1.2008. Luettu 21.2.2009.
- 3 Korhonen, Pekka. Tiehallinnon maanhankinta ja kiinteistönpito.
Maankäyttö 3/2005, s. 26-29.
- 4 Valtioneuvoston asetus Tiehallinnosta 29.6.2000/659
- 5 Laki Tiehallinnosta 16.6.2000/568
- 6 Teknologiaohjelmaraaportti 4/2006. Helsinki: Tekes, 2006.
- 7 Sulankivi, Kristiina, Nykänen, Veijo, Koskela, Lauri ja Teriö, Olli.
Nykyinen suunnittelurakentamisprosessi, Lähtötilannekuvaus
tuotemallitekniikkaa hyödyntävälle prosessille. VTT Rakennus- ja
yhdyskuntatekniikka, 17.12.2002.
- 8 Tiensuunnittelun kulku. (WWW-dokumentti.)
<www.Tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/4545.PDF>. Huhtikuu 2002.
Luettu 3.2.2009.
- 9 Yleissuunnittelu, Sisältö ja esitystapa. Helsinki: Tiehallinto, 2007.
- 10 Tienrakentamisen mittausuunnitelman laatimisoheje, TIEH 2000024-v-08.
Helsinki: Tiehallinto, 2008.
- 11 Heikkilä, Rauno ja Jaakkola, Mika. Tiehallinnon selvityksiä 61/2004.

- 12 Kilpeläinen, Pekka, Nevala, Kalervo, Tukeva, Pirkka, Rannanjärvi, Leila, Näyhä, Tuomo ja Parkkila, Tommi. Älykäs tietyömaa, Tienrakennuskoneiden modulaarinen ohjaus. Espoo: VTT, 2004.
- 13 Salmenperä, Hannu. Runko- ja kartoitusmittaukset. Tampereen teknillinen korkeakoulu 4/1998.
- 14 Laurila, Pasi. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulu 2008.
- 15 Heikkilä, Rauno, Jaakkola, Mika. Infra-teknologiaohjelman päätösseminaari Helsinki 2.3.2006, Automatisoitu tietyömaa – unta vai liiketoimintaa? (WWW-dokumentti.) <[www. akseli.tekes.fi](http://www.akseli.tekes.fi)>. Oulun yliopisto, Rakentamisteknologian tutkimusryhmä. Luettu 14.2.2009.
- 16 Infra TM –kehityshanke 2010. (WWW-dokumentti.) Rakennustieto. <<http://www.rts.fi/infratm/index.htm>> Luettu 2.3.2009.

Liite 2: Vastuut eri urakkamuotojen suunnitteluvaiheissa

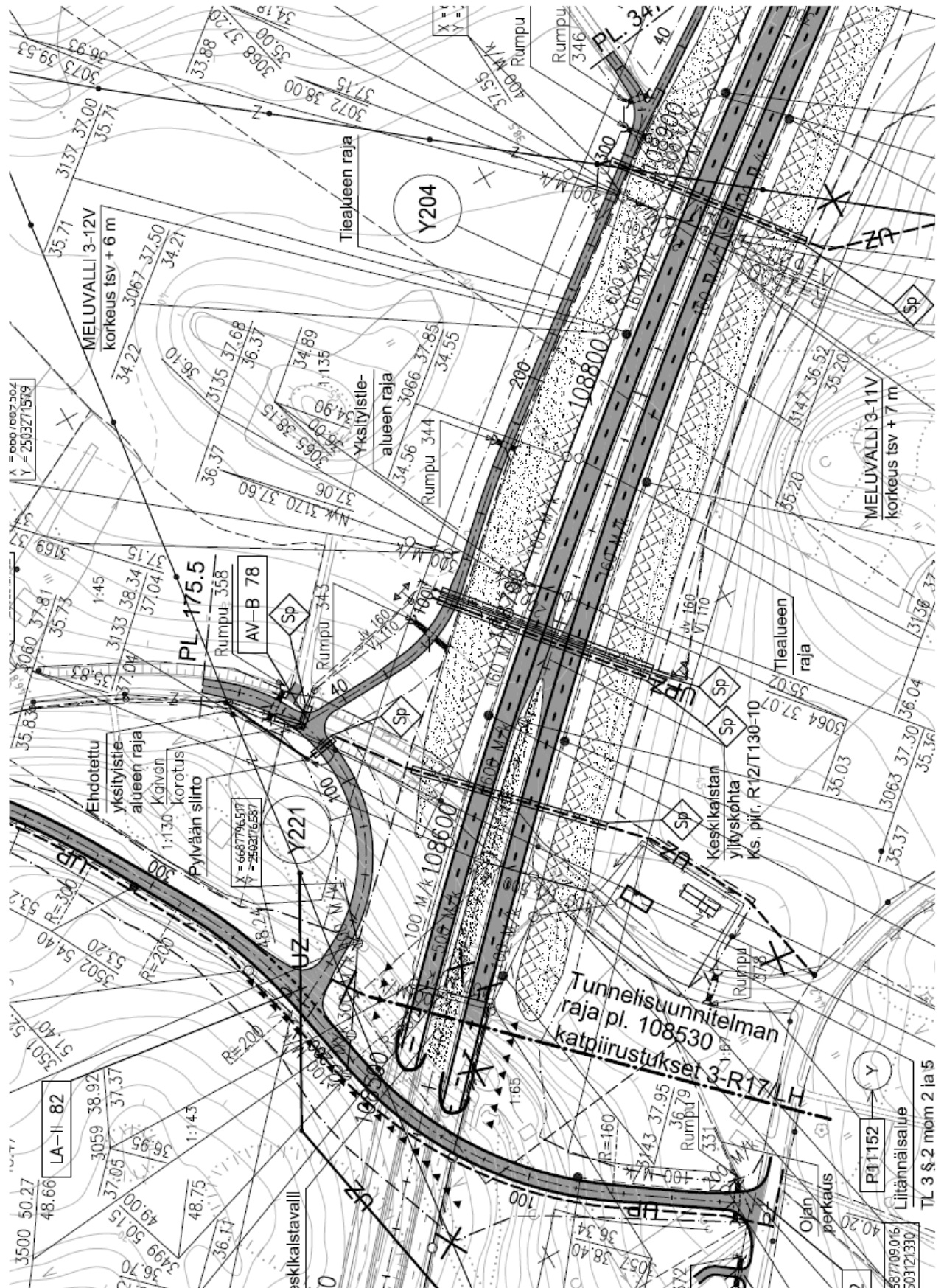
Taulukko 3. Vastuut erilaisissa suunnitteluvaiheissa (10, s. 28).

Yleissuunnittelu			
Geometrialinjat	Palvelun tuottaja		

Tiesuunnitelma			
	Suunnittele ja toteuta - urakka, sisältää tiesuunnitelman (STt)	Suunnittele ja toteuta - urakka (ST)	Kokonais urakka (KU)
Mittausperusta	Urakoitsija	Tilaaja	Tilaaja
Geometrialinjat	Urakoitsija	Tilaaja	Tilaaja
Maantietoimituksen aineisto	Urakoitsija	Tilaaja	Tilaaja

Rakennussuunnitelma			
	Suunnittele ja toteuta - urakka, sisältää tiesuunnitelman, (STt)	Suunnittele ja toteuta - urakka (ST)	Kokonais urakka (KU)
Mittausperusta	Urakoitsija	Urakoitsija	Tilaaja
Geometrialinjat	Urakoitsija	Urakoitsija	Tilaaja
Maantietoimituksen aineisto	Urakoitsija	Urakoitsija	Tilaaja
Mittaussuunnitelma	Urakoitsija	Urakoitsija	Tilaaja

Liite 3: Ote suunnitelmakartasta



TL 3 § 2 mom 2 la 5