

Suuren ja monipuolisen ratahankkeen yleissuunnitelman malli-
pohjainen määrälaskenta

Case Espoo-Lohja-oikorata



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäen kampus, liikenneala

kesäkuu, 2020

Aleksi Hakanpää

Koulutus
Kampus

Tekijä	Aleksi Hakanpää	Vuosi 2020
Työn nimi	Suuren ja monipuolisen ratahankkeen yleissuunnitelman mallipohjainen määrälaskenta, case Espoo-Salo-oikorata	
Työn ohjaajat	Teppo Sotavalta, Seppo Veijovuori	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä perehdyttiin mallipohjaisen määrätiedon merkitykseen ratahankkeiden yleissuunnittelussa. Tutkimuksessa selvitettiin, kuinka paljon yleissuunnitelmatasoista määrätietoa tuotetaan mallipohjaisesti ja mitä hyötyjä mallipohjaisuudella saavutetaan tai voitaisiin saavuttaa yleissuunnittelussa.

Mallintaminen on työlästä ja sen hyötyjen tulee olla kuluneita resursseja suurempia. Vaikka itse suunnittelu onkin pääosin mallipohjaista, ei mallipohjainen määrätieto ollut tutkimushetkellä vielä välttämätön osa suuren ratahankkeen yleissuunnittelua. Yleissuunnitelmavaiheessa tyypillisesti puutteellisen lähtötiedon varaan nojautuvalla tarkemmalla määrälaskennan vaatimukset täyttävällä mallintamisella ei välttämättä saavuteta perinteisiä menetelmiä parempaa tehokkuutta tai tarkkuustasoa. Määrätiedon osalta mallipohjaisuuden kannattavuuteen vaikuttaakin mm. laskettava tekniikka-ala, osaaminen ja lähtötiedon määrä. Prosessin ja menetelmien kehittyessä mallipohjainen laskenta nopeuttaa määrätiedon tuottamista merkittävästi ja saavutetun nopeushyödyn myötä laskentaa voidaan tehdä useampia kertoja. Suunnitteluohjelmistojen ja kustannuslaskennan yhteisen rajapinnan myötä tulevaisuudessa nopeasti saatavaa määrätietoa voitaisiin muuttaa myös suunnittelua ohjaavaksi ajantasaiseksi kustannustiedoksi suunnittelun lopussa kerran tehtävän kustannuslaskennan sijaan.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin asiantuntijahaastattelua, johon haasteltiin Espoo-Salo-oikoradan Espoo-Lohja-suunnitteluvälin tekniikka-alavastaavia ja asiantuntijoita. Opinnäytetyö tehtiin Sitowise Oy:ssä Väyläviraston tilauksesta.

Avainsanat Tietomalli, määrälaskenta, yleissuunnitelma

Sivut 46 sivua

Traffic and Transport Management
 Riihimäki

Author	Aleksi Hakanpää	Year 2020
Subject	BIM based amount calculation in large and versatile railway projects, case Espoo-Lohja-shortcut	
Supervisors	Teppo Sotavalta (HAMK) Seppo Veijovuori (Sitowise Oy)	

ABSTRACT

In this thesis project the purpose was to examine how widely BIM-based quantity calculation methods are used in railway principal planning.

In conclusion, the thesis project shows that at the time of exam in spring 2020 the basic designing in principal planning phase were already mostly BIM-based. In quantity calculation BIM-based methods were not yet an essential part of railway principal planning. BIM-based calculation is superb way to manage large amounts of masses but in principal planning phase the fundament knowledge is still very incomplete which takes away the usual benefits in advanced accuracy of using BIM-based methods. BIM-based calculation could be much quicker process than the traditional manual calculating and with added speed the process can be executed multiple times during the project without significant addition in cost. BIM-based quantity information has also a great potential in improving the whole designing process when interface between designing software and cost accounting is explored.

The examines research method was expert interview. And knowledge was collected by interviewing professionals from Espoo-Lohja-shortcut principal plan.

The thesis was made in Sitowise Oy and commissioned by Väylävirasto.

Keywords BIM, quantity calculation, principal planning

Pages 46 pages

SISÄLLYS

ERITYISSANASTO	6
1 JOHDANTO.....	8
2 RATA SUOMESSA	9
2.1 Historiaa.....	9
2.2 Suomen rataverkko	10
2.3 Tavaraliikenne.....	11
3 RATA TULEVAISUUDESSA	12
3.1 Radan tarve ja hyödyt	12
3.2 Suurnopeusrata.....	13
4 HANKEVERTAILU	15
4.1 Kerava-Lahti-oikorata.....	15
4.2 Kehärata (ent. Marja-rata)	16
4.3 ESA-radän yleissuunnitelma	18
5 RADAN YLEISSUUNNITELMA.....	20
5.1 Ratalaki	21
5.1.1 11 § (5.5.2017/262) Yleissuunnitelma.....	21
5.1.2 12 § (23.11.2018/998) Yleissuunnitelman sisältö	22
5.1.3 13 § (23.11.2018/998) Yleissuunnitelman oikeusvaikutukset	22
6 TIETOMALLINTAMINEN	22
6.1 Yhteensovitus.....	24
6.2 Tietomallikoordinaattori	24
7 MELULASKENTA	25
8 MÄÄRÄLASKENTA	26
8.1.1 Mallipohjaisen laskennan edellytykset.....	27
8.1.2 Yleissuunnitelmavaiheessa.....	27
9 KUSTANNUSLASKENTA.....	27
10 HAASTATELUTUTKIMUS	31
10.1 Tavoitteet	31
10.2 Haastattelu	31
10.3 Tulokset	32
10.3.1 Rata	33
10.3.2 Silta.....	34
10.3.3 Tunneli.....	35

10.3.4 Tie.....	37
10.3.5 Geo.....	37
10.3.6 Asemasuunnittelu.....	38
10.3.7 Ympäristö	39
10.3.8 Tietomallikoordinaattori.....	40
11 PÄÄTELMÄT	42
LÄHDELUETTELO	44
HAASTATTELUT	46

ERITYISSANASTO

- BIM
 - *Lyhenne rakennuksen tietomallin englanninkielisestä termistä. Käytetään myös yleisemmin kuvaamaan rakentamisen tietomallintamista (Building Information Modelling).*
- Esittelymalli
 - *Esittelymalli on helposti käytettävään ja ymmärrettävään muotoon tehty malli. Esittelymalli on fotorealistinen kuvaus suunnittelijoiden näkemyksestä suunnittelualan ratkaisusta. Mallin tietosisältö on lähtökohtaisesti visuaalisuus, mutta julkaisualustoista riippuen siihen voidaan liittää toiminnallisuutta ja informaatiota. Esittelymallia voidaan hyödyntää muun muassa viestinnässä ja markkinoinnissa ja sen tarkoitus on tukea päätöksentekoa ja vuorovaikutusta.*
- Inframalli
 - *Infrakohteen tietomalli*
- Kustannuslaskenta
 - *Prosessi, jonka tuloksena saadaan arvio hankkeesta koituvista kustannuksista. Laskenta perustuu määrätietoon, jolle muodostetaan kustannuksia. Yleisesti käytettyjä menetelmiä ovat mm. FORE, HOLA, ROLA ja valmisteilla oleva IHKU*
- Massa
 - *Massalla tarkoitetaan määrätietoa, jolla on paikkasidonnaisuus*
- Määrälaskenta
 - *Prosessi, joka tuottaa hankkeen suunnitellut kokonaismäärät. Määrät on esitetty määräluettelossa, johon on merkittynä hankkeen kumulatiiviset määrät.*
- Määrätieto
 - *Yksittäisten olioiden 3D-muodon perustiedoista ja mittatiedoista johdettua määrää (pinta-alaa, tilavuutta, tms.) kuvaava, tai kappaletavarojen yhteenlaskettua määrää kuvaava tieto. Määrätietoa usein summataan per infrarakennetyyppi.*

- Radan yleissuunnitelma
 - *Ratalaissa määrätään, milloin yleis- tai ratasuunnitelma tulee laatia ja mikä on kyseisten suunnitelmien sisältö ja oikeusvaikutukset. Yleissuunnitelma on laadittava, jolleivät hankkeen vaikutukset ole vähäiset tai jollei rautatiealueen sijaintia ja sen vaikutuksia ole jo riittävässä määrin ratkaistu asemakaavassa ja yleiskaavassa. Yleissuunnitelma on laadittava aina hankkeissa, joihin sovelletaan YVA-lakia.*
- Tietomalli
 - *Tietomallilla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa olevan rakennelman 3-ulotteista esittämistä ominaisuustietoineen. Ideaalitulanteessa yhden mallin avulla pyritään hallinnoimaan rakennelman elinkaarta aina suunnittelusta toteutukseen ja ylläpidon kautta purkamiseen.*
- Yhdistelmämalli
 - *Eri osamalleista yhdistetty inframalli, jolla tutkitaan eri mallien keskinäistä yhteensopivuutta (esim. törmäystarkastelut). Infran yhdistelmämalli muodostetaan tyypillisesti maastomallista, maaperämallista, olemassa olevien rakenteiden malleista sekä eri tekniikkalajien suunnitelmamalleista. Yhdistelmämalli on tekninen malli, jota hyödynnetään erityisesti tekniikkalajien yhteensovituksessa ja vuorovaikutuksessa. Yhdistelmämallista voidaan tuottaa erillisenä työvaiheena esimerkiksi esittelymalli, jota hyödynnetään viestinnässä ja markkinoinnissa.*
- YVA
 - *Eli ympäristövaikutusten arviointimenettely, jonka tarkoituksena on vähentää tai estää kokonaan hankkeen haitalliset ympäristövaikutukset. YVAssa hankkeen vaikutukset arvioidaan suunnittelun yhteydessä ennen päätöksentekoa, jolloin tuleviin ratkaisuihin voidaan vaikuttaa. YVAN tulokset on otettava huomioon hankkeen lupaharkinnassa.*

1 JOHDANTO

Tietomallipohjainen määrälaskenta on nykyaikainen tapa tuottaa määrätietoa. Sen hyödyt on jo yleisesti tunnustettu erityisesti rakentamiseen tähtäävässä tarkemmassa suunnittelussa. Mallintamista tehdään kuitenkin jo myös varhaisemmissa suunnitelmavaiheissa ja vaaditun tarkkuustason ollessa laveampi, tietomallin rooli ja sen myötä saadut hyödyt eivät välttämättä ole samankaltaisia, kuin rakentamiseen tähtäävässä suunnittelussa. Tämän tutkimuksen aihe on luonteeltaan ajankohtainen ja jo pelkästään tietomalleista puhuttaessa informaatio vanhenee nopeasti.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli nimenomaan kartoittaa, millainen rooli tietomallintamisella ja erityisesti tietomallin pohjalta tehtävällä määrälaskennalla on suuren ratahankkeen yleissuunnitelmavaiheessa tutkimushetkellä, onko mallipohjainen määrälaskenta kaikkien tekniikkalajien osalta jo luontainen osa ratahankkeiden yleissuunnitelmatyötä ja saavutetaanko määrälaskennan mallipohjaisuudella selvää hyötyä perinteisiin menetelmiin verrattuna. Tutkimuksessa haluttiin myös selvittää täyttääkö yleissuunnitelmavaiheessa tehtävä mallinnus määrälaskennan asettamat tarkkuusvaatimukset ja nähdäänkö tietomallit määrälaskentaa helpottavina sekä optimoivina työkaluina vai yleissuunnittelun tarkkuuteen nähden yksinkertaista asiaa monimutkaistavana lisätyönä.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin asiantuntijahaastattelua, johon haasteltiin Sitowisen ja Väyläviraston asiantuntijoita sekä Espoo-Salo-oikoradan yleissuunnitelmassa työskenteleviä eri tekniikka-alojen tekniikka-alavastaavia. Tutkimuskysymyksiä tarkasteltiin Espoo-Salo-oikoradan Espoo-Lohja-suunnitteluvälin yleissuunnitelmaprosessin kautta. Tutkimuksessa hanketta vertailtiin myös kahteen muuhun radan yleissuunnitelma hankkeeseen Suomessa (Kehärata & Lahden oikorata). Haastattelututkimuksen avulla saatiin mm. selville, miten toimintatavat eroavat suunnittelua tekevien tekniikka-alojen välillä, mitkä tekniikka-alat hyötävät tällä hetkellä eniten mallintamisesta (ketkä voisivat hyötyä enemmän), ovatko käytössä olevat menetelmät tarkoituksenmukaisia, miten yleissuunnitelman mallipohjainen määrälaskenta näyttäytyy laskennan tekijöille, mitä työkaluja käytössä on nyt, mitä joudutaan vieläkin puhtaasti arvioimaan ilman mallia ja mitkä ovat mallipohjaisen työskentelyn suurimmat hyödyt yleissuunnittelussa. Espoo-Salo-oikoradan osatehtävät 2 ja 3 sekä YVA-tarkastelut on rajattu tästä tutkimuksesta pois.

2 RATA SUOMESSA

Suomessa rautatieliikenne on julkinen ja markkinaehtoinen palvelu. Vaapaan kilpailun piirissä on niin kunnossapito kuin rakentaminenkin. VR:llä ja valtiolla on yksinoikeussopimus matkustajaliikenteen harjoittamiselle, jonka tarkoitus on varmistua siitä, että matkustajaliikenne toimii koko Suomessa myös alueilla, joilla sitä taloudellisesti ei olisi kannattavaa järjestää. Matkustajaliikennöinti rautateilla voidaan jakaa markkinaehtoiseen liikenteeseen, LVMn ostamaan ostoliikenteeseen ja VRn velvoiteliikenteeseen. Suomessa tehdään vuosittain raiteilla n. 190 miljoonaa matkaa (mukaan lukien raitiotiet ja metrot). (Raidepuolue, 2020)

Nopeat junat ovat edesauttaneet rautateiden modernin imagon syntymistä. Ja vuosituhanen vaihteessa Suomessa organisaatioita uudistettiin liike-elämän normaalien mallien mukaisiksi. Muutokset pakottivat rautatietkin huomioimaan asiakkaidensa tarpeet ja toiminnalle haettiin voitolliset puitteet. Rautateiden roolin tulevaisuuden liikenneongelmien ratkaisijana voidaan varmuudella olettaa olevan merkittävässä roolissa. (Peltohaka, 2000)

2.1 Historiaa

Suomalainen matkustajaraideliikenne käynnistyi, kun höyryveturi nimeltään Lemminkäinen saapui Hämeenlinnaan Helsingistä 31. tammikuuta vuonna 1862 ensimmäisen kerran. Helsingin ja Hämeenlinnan välille oli rakennettu Venäjän keisarin käskystä Suomen ensimmäinen junarata. (Zetterberg, 2011)

Loppuvuosisadan aikana ratoja rakennettiin tasaisesti lisää. 1870 Viipuri-Pietari, 1876 Toijala-Tampere ja Toijala-Turku, 1878 Tampere-Haapamäki-Seinäjoki-Vaasa, 1884 Seinäjoki-Oulu. Rakentamista jatkettiin vielä vuosisadan alussa 1909 yhteydellä Rovaniemelle. Radan rakentamisesta pidettiin pitkään taukoa ja ratoja alettiin taas rakentamaan 1960-luvulla. (Raidepuolue, 2020)

Vuonna 1862 uudella radalla tehtiin 39 000 matkaa ja kuljetettiin 13 000 tonnia tavaraa. Liikennemäärien kehitys oli kuitenkin niin kiivasta, että jo vuonna 1870 avautuneen Viipuri-Pietari-osuuden myötä matkoja tehtiin vuoden aikana 404 000 ja tavaraa kuljetettiin 132 000 tonnia. Tämä kehitys jatkui tasaisen noususuhdanteisesti ja vuonna 1910 valtion junilla tehtiinkin jo 14.5 miljoonaa matkaa. (Zetterberg, 2011)

Jo 1900-luvun alusta asti oli selvää, että Suomessakin rataverkko tulisi ennen pitkään sähköistää. 1908 valmistui ensimmäinen selvitys, jonka viesti oli selvä: edellytykset sähköistämiseksi olivat jo olemassa ja sähköistämistä ei tulisi viivyttää yhtään. Oppia ja tietotaitoa haettaisiin Ruotsista ja muualta Euroopasta, jossa sähköistäminen oli jo kovassa vauhdissa.

Maailmansotien, sisällissodan ja mm. itsenäistymisestä johtuvan laman myötä suunnitelmien edistäminen kuitenkin keskeytettiin ja käytettävissä olevat resurssit käytettiin uusien ratojen rakentamiseen. (Zetterberg, 2011)

Rataverkon sähköistäminen aloitettiin lopulta vuonna 1968 ja vaikka sähköistäminen aloitettiin paljon oletettua myöhemmin, saatiin Suomeen kerralla modernimpi 25 HZ sähköjärjestelmä, jota ei pitänyt heti uusia. Ensimmäinen sähköistetty osuus oli Helsinki-Kirkkonummi ja monet melko vilkkaatkin osuudet sähköistettiin vasta 90-luvulla. Esimerkiksi Helsinki-Turku-rataosuudelle saatiin sähköt vasta vuonna 1995. (Raidepuolue, 2020)

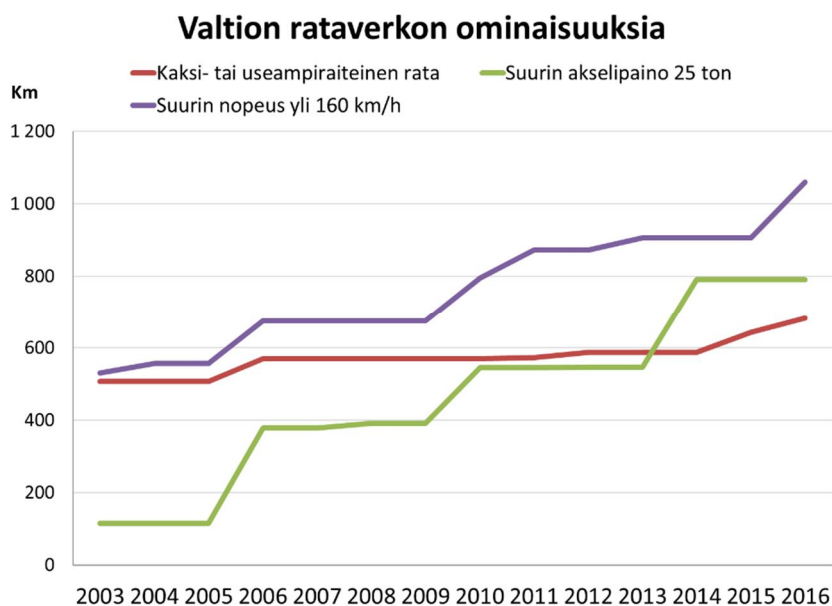
2.2 Suomen rataverkko

Suomessa rataverkosta vastaa Väylävirasto, jonka vastuulla on radan ylläpito, kunnossapito ja kehittäminen. Alla olevasta kuvasta näkee, miten rautateiden vastuut jakautuvat henkilöliikenteen osalta suomessa. Liikennöitävää rataverkkoa Suomessa oli vuoden 2018 lopussa 5234 km, josta useampi raiteista rataa oli 692 km. Suomessa on käytössä Euroopasta poikkeava raideleveys 1524 mm, joka mahdollistaa Suomessa käytössä olevan kaluston liikennöinnin myös Venäjän rataverkolla. Suomesta pääsee raitteita pitkin Ruotsiin Tornion kautta ja Venäjälle Vainikkalasta, Imatrankoskelta, Niiralasta sekä Vartiukselta. Tällä hetkellä Suomen rataverkolla henkilöjunat voivat operoida 220 km/h maksiminopeudella ja tavarajunat 120 km/h nopeudella. (Väylävirasto, 2020)

Suomessa on varauduttu suurnopeusjunien käyttöönottoon suunnitelmalla ratoja 300km/h mitoitusnopeudella. Mm. vuonna jo 2006 valmistuneen Kerava-Lahti-oikoradan mitoitusnopeus on 200 km/h, mutta rata-geometria on mitoitettu 300 km/h nopeudelle (Veijovuori 2020).



Kuva 1. Toimijat suomen rataverkolla, (Väylävirasto, 2020)



Kuva 2. Rataverkon ominaisuuksia (Tilastokeskus, 2020)

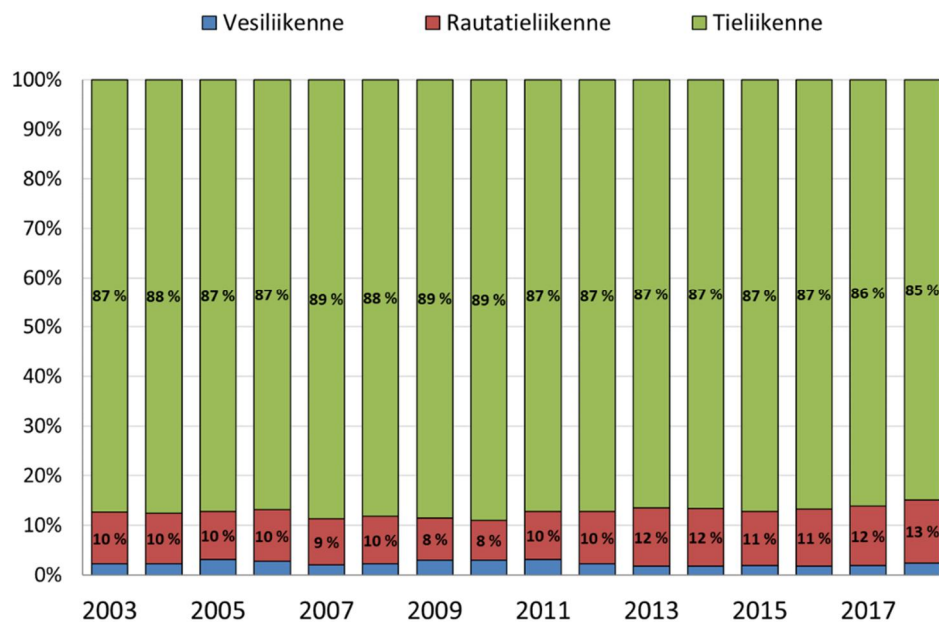
2.3 Tavaraliikenne

Tavaraliikenne on ollut suomalaisen raideliikenteen selkärankana aivan alkuajoista asti. 1900-luvun alkupuolella pääosa valtion rataverkon tuottamasta voitosta olikin peräisin tavaraliikenteestä. Kilpailu lentoliikennettä, yksityisautoilua ja bussiliikennettä vastaan alensi matkustajaliikenteestä saatavia tuloja. (Zetterberg, 2011)

Vuonna 2000 VR:n silloinen toimitusjohtaja Juhani Kopperi totesikin, että Suomessa rautatien osuus kulkumuotona kaikesta tavaraliikenteestä on selvästi eurooppalaista keskiarvoa suurempi. (Peltohaka, 2000)

Vuosituhatton alussa Suomessa liikkui vuosittain 450 miljoonaa tonnia tavaraa. Määrä nousi vuonna 2008 jo 470 miljoonaan, mutta talouden taantumisen myötä kuljetusmäärät ovat olleet jo pitkään tasaisessa laskussa. Kuten alla olevasta kuvasta käy ilmi, kuljetusmuotojen osalta osuudet ovat kuitenkin pysyneet käytännössä samana. Suomessa kuljetettavasta tavarasta n. 10-13% kulkee rautateitä pitkin. (Tilastokeskus, 2020)

Liikennemuotojen osuudet tonneista



Kuva 3. Tavaraliikenteen liikennemuotojen osuudet (Tilastokeskus, 2020)

3 RATA TULEVAISUUDESSA

3.1 Radan tarve ja hyödyt

”Tarkasteltaessa viime vuosikymmeninä valtavasta tie- ja ilmaliikenteen kasvusta aiheutuneita sosiaalisia ja ympäristöllisiä ongelmia maailmanlaajuisesti, voidaan todeta rautatieliikenteen omaavan suurimman odotusarvon liikenteen ongelmien ratkaisijana” (Peltohaka, 2000).

Suurnopeusjunat ja junat yleensäkin käyvät nykypäivänä järkeen sillä juna- matkustaminen on lentomatkustamiseen verrattuna helppoa ja junaan voi hypätä lyhyellä varoitusajalla. Junan selviä hyötyjä lentomatkustamiseen verrattuna on myös sen varmuus ja käytössä oleva kuljetuskapasiteetti. Siinä missä lentokone on herkkä sään vaikutuksille ja lisätylle kuormalle, pystytään jopa lähes kilometrin pituisella junalla operoimaan säässä kuin säässä. Kapasiteettinsa ansiosta junalla selvä helpottava vaikutus myös valtaväylien ruuhkautumiseen ja maankäytöllisesti rata vie tilaa vain kolmasosan siitä mitä moottoritie. Junamatkustus on myös esimerkiksi 9 kertaa lentämistä ja 4 kertaa autoilua energiatehokkaampaa. Suurnopeusjunalla on myös tutkitusti positiivinen vaikutus talouskasvuun. (UIC the worldwide railway organisation, 2020)

3.2 Suurnopeusrata

Suurnopeusradan keskeisiä hyötyjä ovat nopeat kotimaan lentojen kanssa kilpailevat matka-ajat, suuri kapasiteetti, ympäristöystävällisyys ja turvallisuus. Nykyään suurnopeusradoilla tarkoitetaan uusia linjoja, jotka on suunniteltu operoitavaksi yli 250 km/h nopeuksilla. Joissain tapauksissa suurnopeusradoiksi voidaan kutsua myös vanhoja rataosuuksia, jotka on päivitetty soveltuviksi 200-220 km/h nopeuksille. Suurnopeusrata on monimutkainen konsepti, jossa yhdistyy erityisesti sen tarpeita varten rakennettu infrastruktuuri, erikoisvalmisteinen kalusto, kulunvalvonta, huolto ja hienostuneet energiaratkaisut. Massiivisia investointeja vaativan suurnopeusradan rakentaminen vaatii päättäjiltä yhteistä ja vahvaa tahtotilaa. (UIC, the worldwide railway organisation, 2020)

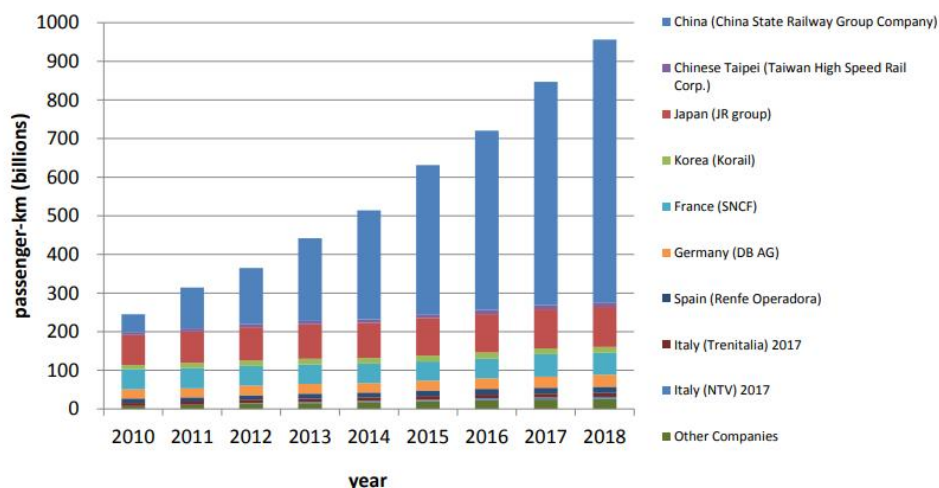
Suurnopeusradan ja rautatien yleisestikin yhtenä suurimmista haasteita voidaan pitää niiden massiivista rahoitustarvetta. Vaikka useille ratahankkeille on tiedossa erittäin hyvät hyöty-/kustannussuhteet ei rahoitusta kyetä monessa tapauksessa järjestämään. Toisin kuin tiehankkeissa radan hyödyt realisoituvat vasta, kun koko osuus on rakennettu. (Peltohaka, 2000)

Suurnopeusratojen murros täysin uuteen mittakaavaan alkoi Kiinassa ensimmäinen päivä elokuuta vuonna 2008 kun 120km pituinen suurnopeusrata valmistui Pekingin ja Tianjinin välille. Tämän voidaan katsoa olleen ensiaskel maailman väkirikkaimman valtion liikenteellisestä murroksesta. Vuodesta 2008 eteenpäin Kiinassa on tehty lähes 20 000 kilometriä uutta suurnopeusrataa ja 1200 junan voimin Kiinassa liikkuu vuosittain (mitattu 2014) 800 000 000 000 matkustajaa. Alla olevasta kuvasta näkee selvästi, miten Kiinan osuus suurnopeusjunilla tehdyistä matkoista on vuosi vuodelta kasvanut räjähdysmäisesti. Kiinan esimerkillä uusia suurnopeusratoja suunnitellaan nyt ympäri maailmaa mm. Yhdysvalloissa, Marokossa ja Saudi Arabiassa. Suurnopeusratatien konseptia tulee kehittää jatkossakin jatkuvasti eteenpäin, jotta rautatiet pystyvät tulevaisuudessakin kilpailemaan uusien kulkumuotojen kuten Maglevia, automaattiautojen ja lentoliikenteen kehittymistä vastaan. (UIC, the worldwide railway organisation, 2020)

HIGH SPEED TRAFFIC IN THE WORLD

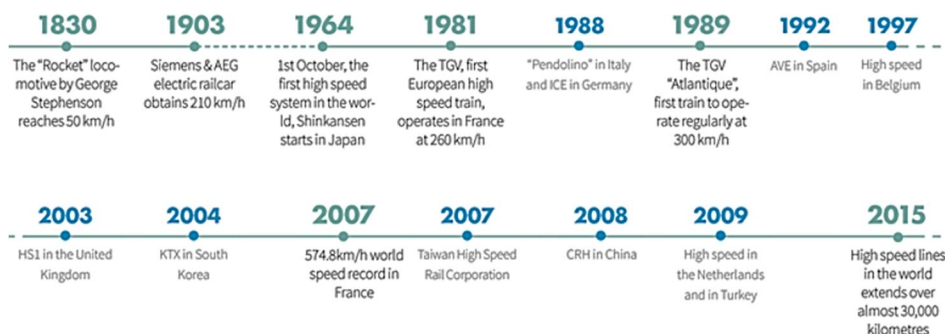
Updated 27th January 2020
passenger-km (billions)

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
China (China State Railway Group Company)	46.3	105.8	144.6	214.1	282.5	386.3	464.1	577.6	680.5
Chinese Taipei (Taiwan High Speed Rail Corp.)	7.5	8.1	8.6	8.6	8.6	9.7	10.5	11.1	11.6
Japan (JR group)	77.4	81.4	86.0	89.2	91.0	97.4	99.6	101.4	103.6
Korea (Korail)	11.0	13.6	14.1	14.5	14.4	15.1	16.3	14.9	15.3
France (SNCF)	51.9	52.0	51.1	50.8	50.7	50.0	50.5	58.3	56.8
Germany (DB AG)	23.9	23.3	24.8	25.2	24.3	25.3	27.2	28.5	31.1
Spain (Renfe Operadora)	11.7	11.2	11.2	12.7	12.8	14.1	15.1	15.5	16.1
Italy (Trenitalia) 2017	8.0	8.3	8.7	8.9	9.0	9.7	9.6	9.8	9.8
Italy (NTV) 2017	-	-	0.9	2.7	2.7	3.9	4.7	5.3	5.3
Other Companies	7.3	10.5	14.8	15.2	18.2	20.0	22.6	24.5	26.0
Total	245.1	314.4	384.7	441.9	514.2	631.5	720.3	846.9	956.1



Kuva 4. Suurnopeusjunamatkat maailman laajuisesti matkustaja/kilometri (UIC, the worldwide railway organisation, 2020)

Suurnopeusradan historiaan katsottaessa on syytä huomata, että rautatien historiassa on aina kilpailtu nopeudesta. Rautatie itsessään mullisti henkilömatkustukseen kuluvaan ajan suuruusluokan ja teollisen vallankumouksen alusta lähtien matkustajajunien nopeus on ollut tärkeä osa kilpailua eri operaattoreiden välillä. Juna matkustuksen alkua ajoista asti nopea junaliikenne nähtiinkin kehittyneimpien valtioiden teknisen kehityksen tunnusmerkkinä. Vuonna 1829 esiteltävä Rocket nimistä 50 km/h huippunopeuteen yltävää juna voidaan pitää suurnopeusjunan ensiaskeleena ja siitä junien nopeudet ovat tasaisesti kasvaneet alla olevasta kuvasta käy hyvin ilmi kehityksen tahti aina vuoteen 2015 asti. (UIC, the worldwide railway organisation, 2020)



Kuva. 5 Rautatienopeuden kehitys, UIC.org/passenger/highspeed/article/high-speed-rail-history

4 HANKEVERTAILU

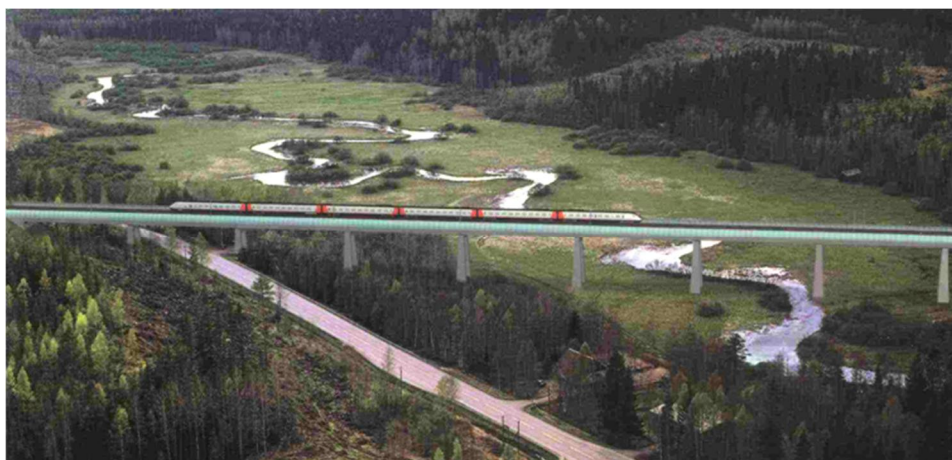
Uusi ratahanke on kallis investointi, joka palvelee läpi vuosisadan. Ratahanke vaikuttaa monella tapaa yhteiskuntaan ja tästä syystä sen vaikutukset, tarve ja odotukset on punnittava todella tarkkaan. (Lounema, 2006)

4.1 Kerava-Lahti-oikorata

Ennen Kerava-Lahti oikoradan edistämispäätöstä 1992 Itäradat-tarveselvitys tutki neljää eri vaihtoehtoa, joita olivat: olemassa olevan verkon päivitys, ratayhteys välille Helsinki-Lahti-Mikkeli, rata Kouvolaan ja yhteys Kotkasta Luumäelle. Selvityksessä valittiin uuden radan toteuttaminen Helsinki-Lahti-Mikkeli välille, joka toteutettaisiin vaiheittain ensin vain Helsingin ja Lahden välille. (Lounema, 2006)

Lahden oikoradan yleissuunnitelma valmistui 1998 ja uuden rataosuuden keskeisimpinä tavoitteina oli lisätä kapasiteettia itäisen Suomen liikenteeseen ja samassa yhteydessä mahdollistaa palvelutason nostaminen päradalla keventämällä sen kuormitusta. Uuden oikoradan myötä junaliikenne myös nopeutuisi selvästi ja Helsinki-Lahti väli lyhenisi 26 km. Oikorata suunniteltiin myös tavaraliikennettä varten ja sen mitoitusnopeudeksi valittiin tuolloin korkea 200 km/h. (Ratahallintokeskus, 1998)

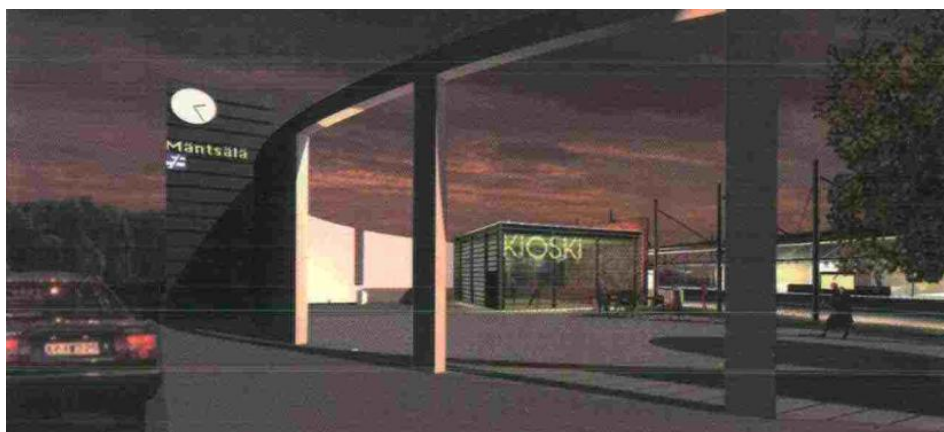
Uuden liikennekäytävän avautuminen Helsingin ja Lahden välille näkyi mm. junatarjonnan parantumisena sekä Itä-Suomeen ja venäjälle johtavan liikenteen nopeutumisenä. Uuden radan myötä alkoi uusi erityisesti työmatkaliikennettä palveleva taajamaliikenne Lahden ja Helsingin välillä. Tehtyjen tutkimusten mukaan 45% junamatkustajista oikoradalla olisi käyttänyt junan sijasta jotain muuta kulkuneuvoa, jos oikorataa ei olisi rakennettu. Oikoradan valmistuminen ja junien nopeuksien nosto kasvattivat junalla tehtyjen matkojen määrää. (Liikennevirasto, 2011)



Kuva 6. Luhdanjokilaakson ylitys, Oikorata Kerava-Lahti yleissuunnitelman tiivistelmä 1998

Valmistuessaan oikorata ei liikennemäärien nojalla ollut niin kannattava, kuin aiemmin oli arvioitu. Kannattavuusraja on kuitenkin myöhemmin ylittynyt ja mm. kansainvälisen henkilöliikenteen uskotaan olevan kasvusuuntaista. LVMn ennusti vuonna 2001 tehdyssä hankearvioinnissaan, että uudella oikoradalla kulkisi vuonna 2010 3-4 miljoonaa matkustajaa. LVMn ennustama taso saavutettiin vuonna 2011. Oikoradalla kulkevien tavarajunien määrä jäi selvästi odotettua vähäisemmäksi. Syynä on mm. Itä-Suomen vienti- ja tuontikuljetusten painottuminen muihin kuin pääkaupunkiseudun satamiin. Pääosa oikoradan tavaraliikenteestä toteutuu Vainikkalan ja Sköldvikin teollisuusalueiden välillä. (Liikennevirasto, 2011)

- Rakentaminen 2001-2006
- Yleissuunnitelman kustannusarvio 333 333 333€ (2 mrd. MK)
- Toteutuneet kustannukset 331 000 000€
- Uutta rataa 74 km
- Mitoitusnopeus radalla 200 km/h (ratageometria 300 km/h)
- Uusia siltoja 76 kpl
- Uusia asemia 2kpl



Kuva 7. Mäntsälän asema, Kerava-Lahti oikoradan yleissuunnitelma 1998

4.2 Kehärata (ent. Marja-rata)

Vuonna 2003 valmistuneessa Marja-radan yleissuunnitelmaraportissa todettiin, että marjarata tulee keskittämään asumista ja työpaikkoja joukko liikenteen piiriin. Uuden radan merkittävyyttä jopa kansainvälisesti lisäksi uusi yhteys lentoasemalle. Marja-radan korvatesa bussilinjoja myös terminaalimitoitus pienenisi merkittävästi. Yleissuunnitelmassa arvioitiin rakentamiskustannuksiksi 297 milj. € (Ratahallintokeskus, 2003)

Kehäradan suunnittelua ohjanneet tavoitteet:

- liikennetarpeen vähentäminen yhdyskuntarakennetta tiivistämällä
- joukkoliikenteen palvelutason parantaminen
- raideliikennejärjestelmän tehostaminen
- lentoaseman kytkeminen raideliikennejärjestelmään
- liikenteen energiankulutuksen ja haitallisten päästöjen vähentäminen

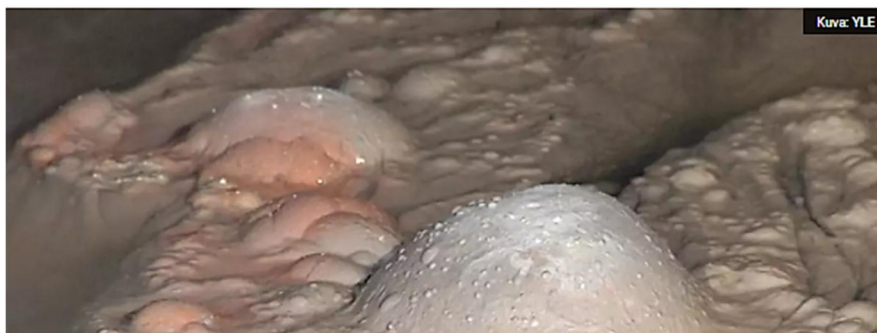
(Liikennevirasto, 2018)

2005 Vantaan aloitteesta Kehäradaksi nimensä vaihtanut rataosuus valmistui vuonna 2015. Valmistuneen Kehäradan rakentamiskustannukset olivat merkittävästi arvioituja suuremmat. Ja Liikenneviraston 2014 tekemässä jälkiarviossa todetaankin, että jatkossa erityisesti kaupunkiseudulle sijoittuvissa hankkeissa tulisi ottaa aiempaa paremmin huomioon riskit kustannusten merkittävälle kasvulle ja maankäytön kehittymisen hidastumiselle. Hankearvioita tekevien henkilöiden suhde arvioitavaan väyläinvestointiin tulee tunnistaa jatkossa paremmin. (Liikennevirasto, 2018)

Kehäradan glykoli-ongelma miljoonien eurojen lisälasku

Kehäradan louhintatunnelissa paljastuneista mikrobikasvustoista on aiheutunutta jopa kymmenien miljoonien eurojen lisäkustannukset. Liikenneviraston mukaan mikrobikasvustot johtuivat Helsinki-Vantaan lentokentältä tihkuvasta glykolista.

Luonto 11.1.2011 klo 13.12 | päivitetty 10.4.2012 klo 22.40

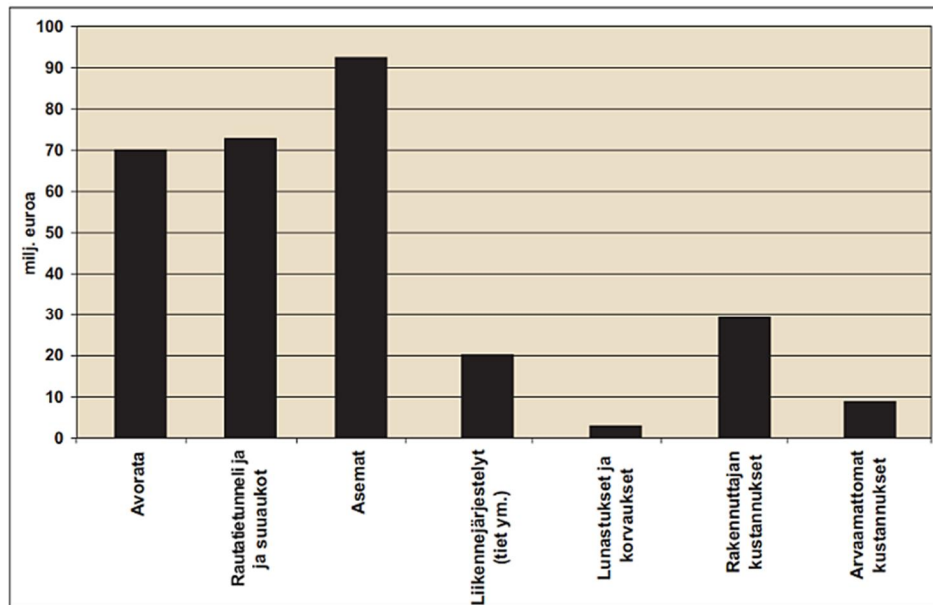


Kuva 8. YLE:n uutinen glykolivuodon löytämisestä tammikuussa 2011

Kehäradan rakentamiskustannusten ylittymiseen johtivat mm. yleissuunnitelmassa tehdyt virheet kustannusarvion laadinnassa, urakkahintojen ennakoimaton nousu ja lentokentän alta löydetyn glykolivuodon aiheuttamat kustannukset. Kehäradan rakentamiskustannukset olivat lopulta 801 milj. € joka on 2007 tehdyssä hankearvioinnissa arvioitua loppusummaa n. 70% suurempi. (Liikennevirasto, 2018)

- Yleissuunnitelma 2003
- Rakentaminen 2009-2015
- Kustannusarvio 296 627 000 €

- Kustannus 773,8M €
- 18 km
- 120 km/h
- Tunneleita 8,1 km
- Siltoja 33 kpl
- Asemia 7kpl + 2kpl asemavarauksia



Kuva 9. rakennuskustannusten yhteenveto, Marjaradan yleissuunnitelma 2003

4.3 ESA-radnan yleissuunnitelma

ESA-rata eli Espoo-Salo-oikorata on uusi 95km rataosuus, joka on osa Helsinki-Turku nopea junayhteys hankekokonaisuutta. (Väylävirasto, 2020)

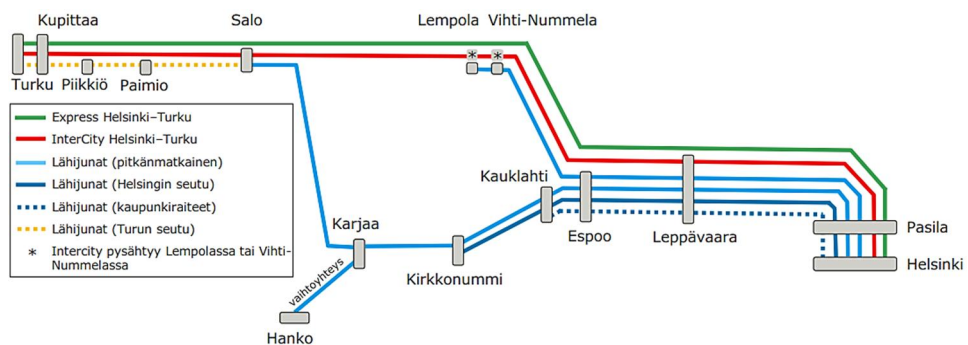


Kuva 10. Oikoradan suunniteltu linjaus (ESA-radnan yleissuunnitelma, 2020)

Nykytilassaan Espoon Salon ja Turun välinen rautatieliikennöinti kulkee rantarataa pitkin. Rantaradan pituus Espoon ja Salon välillä on 118 kilometriä, josta pääosa on yksiraiteista rataa. Turku-Helsinki väli taittuu nykytilassa lyhimmillään yhdessä tunnissa ja 44 minuutissa. Helsingin ja Turun välille rakennettavan rataosuuden tavoitteena on lyhentää matka-aika tuntiin ja laajentaa radanvarsikaupunkien työssäkäyntialueita ja

vetovoimaa. Tavaraliikenne Helsinki-Turun välillä on vähäistä ja tästä syystä ESA-rata on suunniteltu henkilöliikenteen radaksi. (Väylävirasto, 2020)

ESA-radan valmistuttua uusi rata ja nykyinen Rantarata muodostavat yhdessä liikennekokonaisuuden, joka mahdollistaa tehokkaan kauko- ja lähijunaliikenteen. Helsingin, Turun ja radanvarsikuntien välillä. Uuden kaksiraiteisen radan myötä häiriön hallinta helpottuisi merkittävästi junakoh- taamisten poistuessa. Espoon ja Salon välillä tehtävien matkojen määrät nousisivat ESA-radan myötä n. 2,4 miljoonaan kaukojunamatkaan ja Loh- jan Lempola-Espoo välillä n. 1,5-7 miljoonaan matkaan vuosittain.



Kuva 11. Mahdollinen liikennerakenne oikoradan myötä, ESA-radan yleissuunnitelma 2020



Kuva 12. Vähänummensilta, ESA-radan yleissuunnitelma 2020

- Yleissuunnitelman valmistuminen 2021
- Yleissuunnitelman kustannusarvio 2.3 mrd. €
- 102 km
- 300 km/h
- Tunnelleita 22pkl 15km
- Siltoja 111kpl 16,3km
- Asemia 4kpl

5 RADAN YLEISSUUNNITELMA

Ratahankkeesta on laadittava yleissuunnitelma, jos sen vaikutuksia ei voida todeta vähäisiksi tai sen vaikutuksia ei ole ratkaistu vielä asemakaavassa/ oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa. Jos hankkeeseen sovelletaan YVA menettelyä, on yleissuunnitelma laadittava aina. Suunnittelun sisältö, laajuus ja tarkkuus sovitetaan hankkeen ja sen tarpeiden mukaan. Yleissuunnitelman ei edellytetä olevan tarkka, koska se tarkentuu ja toimii ohjeena ratasuunnitelmavaiheessa. Yleissuunnitelmassa on ratalain 12 § mukaisesti arvioitava hankkeen vaikutukset:

- tie- ja liikenneoloihin
- liikenneturvallisuuteen
- ympäristöön
- maankäyttöön ja kiinteistörakenteeseen
- ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen
- muuhun alueiden käyttöön ja niitä koskeviin suunnitelmiin ja
- tarvittaessa muihin liikennemuotoihin Suunnittelu- ja esittämistarkkuuteen vaikuttaa olennaisesti maankäyttö- ja kaavoitustilanne.

(Liikennevirasto, 2012)

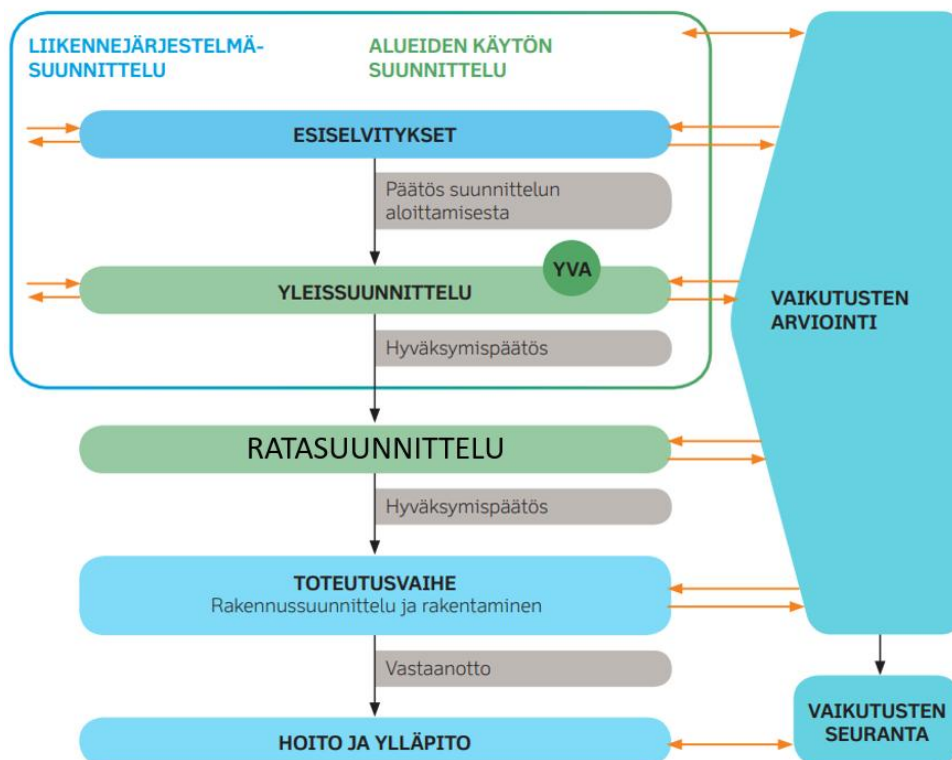
Päätöksentekotasolla radan suunnittelua voidaan kuvata hierarkkisenä tarkentuvana prosessina, joka yleensä kestää vuosia. Rautateiden suunnittelu on osa alueiden käytön suunnittelua ja sitä säätelee ratalaki. Suunnitteluprosessi koostuu neljästä pääsuunnitteluvaiheesta, joita ovat Tarveselvitys, yleissuunnittelu, ratasuunnittelu ja rakentamissuunnittelu. Yleissuunnitelmavaiheessa tavoitteena on osoittaa rata sillä tarkkuudella, että maanomistajat ja asianomaiset näkevät hankkeesta heille aiheutuvat vaikutukset. Yleissuunnitelmavaiheessa voidaan toteuttaa myös YVA-menettely, jota ohjaa erillinen laki ympäristövaikutusten arviointimenetelmästä. (Ratahallintokeskus, 2008)

Radan suunnittelu on monialainen prosessi, jossa tietoa vaihdetaan ja käytetään useiden tekniikka-alojen välillä. Suunnittelu on iteroivaa ja suunnittelun edetessä joudutaan tyypillisesti palaamaan taaksepäin ja korjaamaan vanhoja suunnitelmia. Perinteisestä suunnittelutavasta puhuttaessa tarkoitetaan tyypillisesti lähdeaineistojen hankintaa ja niiden yhteen koaamista. Perinteisen suunnitteluprosessin myötä suunnitelmia saadaan paperisina ja digitaalisina. Esimerkiksi ratasuunnittelussa saadaan suunnitelmakartat, pituusleikkaukset ja poikkileikkaukset valitulta tiheydeltä (esim. 40m välein). (Kiviniemi, 2014)

Yleissuunnitelmavaiheen alussa on yleensä vielä olemassa linjausvaihtoehtoja. Yleissuunnittelun aikana valitaan viimeisteltävä hyväksymiskäsitteeseen vietävä vaihtoehto tietomallinnettujen päävaihtoehtojen sekä niiden arvioitujen vaikutusten perusteella. Yleissuunnitelmavaiheessa tehtävä inframalli on vielä pelkistetty ja yksinkertainen, mutta sen avulla voidaan

kuitenkin tutkia geometrioita, tilavaroituksia ja sovittaa hanketta nykytilaiseen ympäristöön. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

Alla olevasta kuvasta käy hyvin ilmi suunnittelun kulku vaiheesta toiseen väylähankkeissa.



Kuva 13. Suunnittelun kulku (Liikennevirasto, 2010)

5.1 Ratalaki

Radan suunnittelua ohjaa voimassa oleva lainsäädäntö ja siitä on säädetty ratalain toisessa luvussa. Yleissuunnitelmatyötä ohjaavat mm. pykälät 11 §, 12 § ja 13 §. Ratasuunnitelmasta ja sen sisällöstä on säädetty pykälissä 14 §, 15 § ja 20 §.

Yleissuunnitelmaa tehdessä on mietittävä mitä asioita halutaan ratkoa sitovalla tavalla. Yleissuunnitelmassa sitovasti päätettyihin ratkaisuihin ei voi ratasuunnitelmavaiheessa hakea muutosta valittamalla. Ratalaki rajoittaa valittamista yleissuunnitelmassa hyväksytyjen ratkaisujen osalta. (Liikennevirasto, 2012)

5.1.1 11 § (5.5.2017/262) Yleissuunnitelma

”Yleissuunnitelma on laadittava, jolleivät hankkeen vaikutukset ole vähäiset taikka rautatiealueen sijainti ja sen vaikutukset ole jo riittävässä määrin ratkaistu asemakaavassa tai oikeusvaikutteisessa yleiskaavassa. Yleissuunnitelma on aina laadittava sellaisissa hankkeissa, joihin sovelletaan

ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain (252/2017) 3 luvun mukaista arviointimenettelyä, jollei se hankkeen luonteesta sekä suunnittelulle ja vaikutusten arvioinnille asetettavista vaatimuksista johdettu ole tarpeetonta.” (Suomen oikeusministeriö, 2020)

5.1.2 12 § (23.11.2018/998) Yleissuunnitelman sisältö

”Yleissuunnitelmassa on esitettävä selvitys rautatien rakentamisen tai rataverkon kehittämisen tarpeellisuudesta sekä tutkituista vaihtoehdoista, radan liikenteelliset ja tekniset perusratkaisut, rautatiealueen likimääräinen sijainti sekä rautatiealueen ja rautatieliikenteen arvioidut vaikutukset, kuten vaikutukset tie- ja liikenneoloihin, liikenneturvallisuuteen, maankäyttöön, kiinteistörakenteeseen ja ympäristöön sekä ihmisten terveyteen, elinoloihin ja viihtyvyyteen. Suunnitelmassa on lisäksi esitettävä mahdollisuudet haitallisten vaikutusten poistamiseksi tai vähentämiseksi sekä alustava kustannusarvio.

Yleissuunnitelmassa on esitettävä selvitys siitä, miten siinä on otettu huomioon liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain mukaisten valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman ja alueellisen liikennejärjestelmäsuunnittelun tavoitteet. Väyläviraston valmistelemaan yleissuunnitelmaan on sisällytettävä myös 8 a §:ssä tarkoitettu hankearviointi.” (Suomen oikeusministeriö, 2020)

5.1.3 13 § (23.11.2018/998) Yleissuunnitelman oikeusvaikutukset

”Yleissuunnitelma on ohjeena ratasuunnitelmaa laadittaessa. Kun yleissuunnitelman hyväksymispäätös on annettu tiedoksi ja tullut lainvoimaiseksi, käsiteltäessä lupahakemusta rakennuksen rakentamiseksi on katsottava, ettei luvan myöntämisellä vaikeuteta yleissuunnitelman toteuttamista. Jos rakennusluvan myöntämisen edellytykset muutoin ovat olemassa, lupa on myönnettävä, jos sen epäämisestä aiheutuisi hakijalle huomattavaa haittaa eikä rataverkon haltija lunasta aluetta tai suorita haitasta korvausta (*ehdollinen rakentamisrajoitus*).

Rakentamisrajoitus on voimassa siihen saakka, kunnes yleissuunnitelman hyväksymispäätös on rauennut 26 §:n 1 tai 2 momentin nojalla.” (Suomen oikeusministeriö, 2020)

6 TIETOMALLINTAMINEN

Mallipohjainen työskentely voidaan aloittaa koska tahansa hankevaiheesta riippumatta. Tavoitteena on kuitenkin mallipohjaisen työskentelyn aloittaminen niin aikaisessa vaiheessa, kun se vain on mahdollista. Suunnitelmaa tulisi viedä tästä kohtaa eteenpäin mallia täydentäen

suunnitelmavaiheesta toiseen. Optimitilanteessa mallia ei siis luoda uudelleen jokaisessa suunnitelmavaiheessa vaan mallia kehitetään eteenpäin hankkeen eri vaiheissa. Mallien täysi hyödyntäminen seuraavassa suunnitteluvaiheessa voi kuitenkin olla vielä haastavaa puutteellisten tiedostomaattien ja erilaisten ohjelmistorajoitteiden takia. Mallia käytetään myös eri tavoilla hankkeen eri vaiheissa. Tietomallin keskeisiä käyttökohteita ovat mm. määrälaskenta, tarkastus ja yhteensovittaminen. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

Määrälaskennan ja yhteensovituksen lisäksi tietomallinnus tarjoaa loistavaa lisäarvoa etenkin yleissuunnitelmavaiheessa merkittävässä roolissa olevalle visualisoinnille. Mm. Espoo-Lohja välin yleissuunnitelman A3-raportissa julkaistavia visualisointikuvia saatiin suoraan esittelymallista. Autenttiseen ympäristöön sijoitetuista 3D-malleista katsoja saa hyvin selville millaisia vaikutuksia suunnitelluilla ratkaisuilla olisi sen hetkiseen ympäristöön. Harjaantumattoman silmän voi olla vaikea käsittää suunnitelmaratkaisun vaikutuksia ympäristöön pelkästään perinteisiä 2D-piirustuksista tarkastelemalla.

”Visualisointikuvia voidaan myös korvata tai täydentää otteilla tehdystä tietomallista, esim. suunniteltujen rakenteiden havainnollistamiseksi”. Myös paalukohtaisia poikkileikkauskuvia voidaan korvata radan tietomallista suoraan saatavilla otteilla, jos ne vain ovat mittakaavassa. (Väylävirasto, 2020)



Kuva 14, Histansolmun vaihtoehtoinen kaarisillamalli (ESA-radan yleissuunnitelma 2020)

Esittelymallin sisältö ja tarkkuus vaihtelevat hanke- ja tilaajakohtaisten tarpeiden mukaan. Esittelymallilla kuvataan tyypillisesti visiota lopullisesta ympäristöstä hankkeen toteuttamisen jälkeen ja tästä syystä yleissuunnitelmavaiheessa tehtävässä esittelymallissa kannattaakin välttää liian tarkkoihin yksityiskohtiin menemistä, jos tiedossa on, että suunnitelmaratkaisut voivat vielä muuttua radikaalisti. Tässä suunnitteluvaiheessa esittelymalli on kuitenkin erittäin tärkeä sillä sen avulla suunnitelmiin haetaan hyväksyttävyyttä. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

Yleissuunnitelmavaiheen esittelymallin tulee esittää keskeiset suunnitelmaratkaisut ja tilavaraukset; havainnollistaa vaihtoehtovertailu ja

sidosryhmätyöskentely; esittää ratageometria sellaisella tarkkuudella, että sen pohjalta voi tehdä toiminnallisuuksia (mm. simulointeja, häikäisy-/näkyvyystutkimuksia) ja sopia yleisötilaisuuksiin, videoiden pohjaksi sekä havainnekuviin. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

6.1 Yhteensovitus

Tietomallin rooli yhteensovittamisessa ja tarkastuksessa on korvaamaton ja 3D kuvasta näkeekin helposti ja nopeasti, jos esim. suunniteltu ratalinja ja silta eivät kohtaa ns. törmäystarkastelu 2D-kuvasta on vaikea erottaa, jos esim. ratalinja ja silta ovat eri korossa. Vaikka sisäisesti mallinnuksen suurimpia hyötyjä saadaan yhteensovituksessa ja tarkastamisessa, voi ongelmana kuitenkin olla vanhentunut tieto. Yhteensovitusta tehdessä pitäisi pystyä varmistumaan siitä, että kaikki yhdistelmämallissa oleva aineisto on ajantasaista. Yhdistelmäaineiston kokoamiseen ja tietojen jakamiseen on oltava yhteiset vakioidut käytännöt. On oltava selvillä, miten, milloin ja mitä tietoa välitetään. Yhteensovitusta tulee myös seurata ja suunnittelu-alojen välistä tarkastusta tehdään aikataulutetusti. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

6.2 Tietomallikoordinaattori

Koordinaattori on tiiviisti mukana mallintamisen suunnittelussa ja suunnittelee aikataulutusta yhteisesti hankeorganisaation kanssa. Tietomallikoordinaattori valvoo myös, että hankkeen mallinnuksessa toimitaan vaatimusten mukaisella tavalla. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

Koordinaattorin tehtäviin kuuluu myös ajantasaisesta yhdistelmämallista vastaaminen. Koordinaattori kokoaa yhdistelmämallin sovitun aikataulun mukaisesti ja pitää huolen, että kaikki tekniikkalajit toimittavat ja dokumentoivat aineiston ajallaan. Vain ajantasaisella yhdistelmämallilla voidaan varmistaa suunnittelun yhdenmukaisuus ja ratkaisujen toteutuskelppoisuus. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

Espoo-Salo-oikoradan yleissuunnitelma hankkeessa yhdistelmämalli päivitettiin ajantasaiseksi verkkoselainpohjaiseen InfraKit palveluun aina viikkoa ennen hankeryhmän kokousta, jolloin koko suunnitteluprosessin ajan hankeryhmäläisillä oli mahdollisuus tutustua ajantasaiseen suunnittelutilanteeseen. Yhdistelmämalliaineiston näkymiä esiteltiin myös yhteisesti hankeryhmän kokouksissa.

Inframallivaatimusten mukainen tietomalli koordinaattori osallistuu tietomalliohjeen laatimiseen, varmistaa mallien vaatimusten mukaisuuden, on osana mallien laadunvarmistusta, kokoaa ja ylläpitää yhdistelmämallia

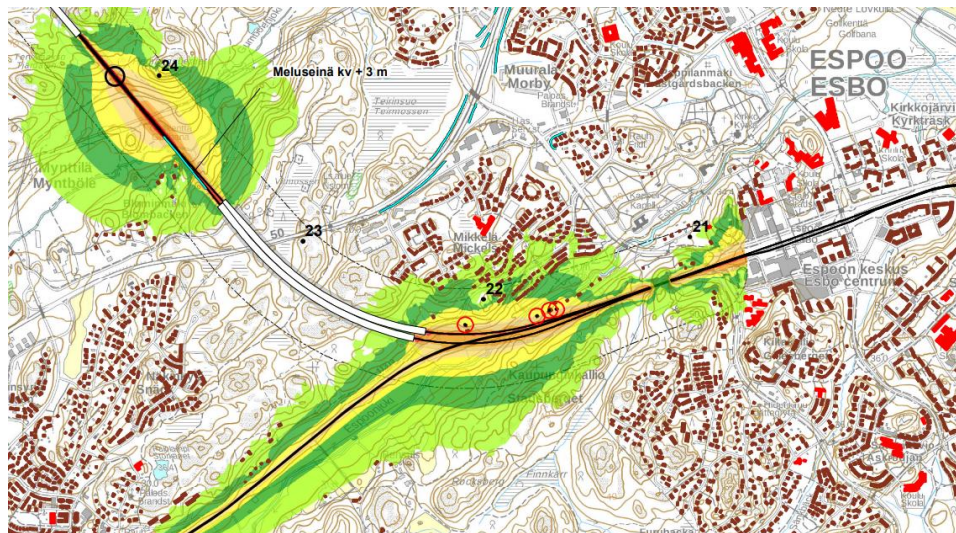
sekä varmistaa, että tarpeelliset mallinnuskokoukset pidetään. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

7 MELULASKENTA

Väylävirasto tavoittelee liikenteen meluhaittojen vähentämistä väylien, maankäytön ja rakenteellisten esteiden suunnittelun keinoin. Meluksi luokitellaan ääni, joka koetaan häiritseväksi tai epämiellyttäväksi. Äänen kokeminen meluksi on yksilöllistä ja sama ääni voidaan kokea meluna, merkityksettömänä äänenä tai jopa nautittavana äänenä. Voimakkaasti häiritsevän melun tiedetään myös aiheuttavan terveyshaittoja ja häiriöitä luonnonympäristöissä. Melun vaikutuksia luontoon ei vielä tarkasti tunneta. (Väylävirasto, 2020)

Rautatieliikenteen melusta suurin osa on veturin ja vaunujen pyörien kiskoihin kohdistuvasta kosketuksesta johtuvaa. Nopeuksien kasvaessa ilmapirtauksen aiheuttaman melun osuus kasvaa. Vaunujen järjestelytyöt ja junien äänimerkit aiheuttavat melua ratapihoilla. Tärinän osalta rautatieliikenne ja erityisesti raskas tavarajunaliikenne on yleisimpiä asumista häiritsevän tärinän aiheuttajia. (Väylävirasto, 2020)

Melulaskentaa tulee tehdä ympäristöministeriön antaman ohjeistuksen mukaisesti. Meluntorjuntakeinoina perinteisten melusteiden lisäksi tulee myös tutkia melua vähentäviä muita keinoja kuten kiskot ja jarrut. Melulaskennassa lähtötietoina käytetään: maanpinnan korkeutta, rakennusten sijaintia ja korkeutta, maanpinnan absorptio-ominaisuuksia, melusteiden sijaintia ja korkeutta, nykyisen ja suunnitellun väylän sijaintia ja korkeutta, nykyistä ja ennustettua liikennemäärää ja rakennuksiin sisällytettävää asukasmäärätietoa. Melulaskennassa muodostetaan kolmiulotteinen malli, jonka avulla lasketaan ja visualisoidaan melun leviämistä. Leviämislaskennan lopputuloksena saadaan päivän ja yöajan keskiäänivyöhykkeet "LAeq 7-22 ja LAeq 22-7". Laskennan pohjalta suunnitelut melusteet mallinnetaan inframallivaatimusten mukaisiksi malleiksi. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)



Kuva 15, Raidemelu 2050 päivällä meluntorjunnalla (ESA-radan yleissuunnitelma, 2020)

8 MÄÄRÄLASKENTA

Yleisesti määrälaskennan tarkoituksena on tuottaa hankkeen suunnitellut kokonaismäärät, joiden pohjalta voidaan tehdä kustannuslaskentaa. Määrillä tarkoitetaan laskennallisia arvoja esim. ratametrit (m) tai kallioleikkaukset (m²), joille voidaan määrittää suunnittelun tarkkuustasoinen yksikköhinta. (Kaukonen, 2012)

Määrälaskenta voidaan tehdä perinteisesti käyttäen piirustuksia, rakennusselostusta ja muita hankkeen asiakirjoja tai tietokoneohjelmistoilla tietomallipohjaisesti. Mallintamisen keskeisimpiä hyötyjä onkin nopeampi määrä-/massatiedon tuottaminen. Mallipohjaisen suunnittelun havainnollistavuuden myötä voidaankin varmistua paremmin myös sen tuottaman määrätiedon laadusta. Manuaalisen määrälaskennan vähentyessä kustannusohjaus voidaan ottaa paremmin ja aikaisemmassa vaiheessa osaksi suunnitteluprosessia. Määrälaskennan tarkkuus kasvaa suunnitteluvaiheen tarkentuessa. Määrät muutetaan euromääriksi yksikkökustannusten avulla. Yksikkökustannusten määrittämiselle on olemassa eri työkaluja kuten IHKU-, HOLA- ja FORE-menetelmät. Nykyaikaisesti määrätietoa voidaan tuottaa mallipohjaisesti. Mallipohjainen määrälaskenta on nopeaa ja määrät sekä kustannukset saadaan tuotettua perinteisiä menetelmiä nopeammin. Saavutetun nopeushyödyn myötä määrälaskenta voidaan toistaa useampaan otteeseen esim. eri suunnitteluvaihtoehdoilla ilman että kustannuslaskennan kulut nousevat huomattavasti. Määrälaskentaa varten pitää koota lähdeaineisto (mallipohjaisessa laskennassa lähdeaineisto saadaan tietosisällöistä ja mallien asiakirjoista), tutustua kohteeseen ja määrittää laskennan tarkkuustaso. Tarkkuustason valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat mm. laskentatilanne, lähtötietojen laatu, ajankohta ja

laskennan lopputulosten tavoiteltu tarkkuus. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

8.1.1 Mallipohjaisen laskennan edellytykset

Mallipohjaisen määrätiedon hyödyntäminen edellyttää, että hankkeessa tehtävän mallin tarkkuustaso mahdollistaa mallipohjaisen määrälaskennan tekemisen. (Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä, 2020)

Laskentaan käytettävässä mallissa on tärkeää, että objektit on kuvattu nimikkeistöjärjestelmän mukaisesti (Kiviniemi, 2014). Määrälaskennassa käytettävän mallin tulee täyttää luotettavan määrätiedon laatuvaatimukset hanke- ja suunnitteluvaihekohtaisella tarkkuustasolla. Mallilta vaaditaan johdonmukaisuutta, tunnistettavuutta ja mitattavuutta. Määrälaskennan lopputuloksena saadaan aikaiseksi määräluettelo. Määrälaskentaa tehdessä mallin sisältämästä tietosisällöstä saadaan paras hyöty, kun kaikki kustannuslaskennan kannalta oleelliset osat löytyvät mallista ja ne on määritelty helposti tunnistettavaan muotoon. Tällöin määrätieto saadaan mitattua helposti ns. suoraan mallista ja määrät sekä niiden alkuperä voidaan havainnollistaa mallin avulla nopeasti. (Kaukonen, 2012)

Jos kaikkea laskennan kannalta olennaista tietoa ei saada mallista, tietoa voidaan täydentää malliin tai johtaa niistä objekteista, joita on mallinnettu. Tämä johtaa kuitenkin määrälaskentaprosessin tehokkuuden ja laadun heikentymiseen. (Sipola, 2020)

8.1.2 Yleissuunnitelmavaiheessa

Mallipohjaisen määrätiedon rooli yleissuunnitelmassa on siinä mielessä ristiriitainen, että tarkemmalla laskemisella ei päästä kuitenkaan välttämättä tarkempiin tuloksiin. Yleissuunnitelmavaiheessa lähtötiedot mm. maastomalli ovat puutteellisia ja pohjatutkimukset suppeita ja lähinnä vain suuntaa antavia. Puutteellisella ja epätarkalla tiedolla tehdystä mallista saadaan ulos puutteellista ja epätarkkaa määrätietoa. Mallipohjaisella työskentelyllä voidaan kuitenkin hallita suuria kokonaisuuksia helpommin ja lähtötiedon päivittyessä hankkeen edetessä mallia ja siitä saatua määrätietoa voidaan tarkentaa dynaamisesti. (Kaarainen, 2020)

9 KUSTANNUSLASKENTA

Kustannuslaskennalla tarkoitetaan prosessia, jossa määrätiedon pohjalta arvioidaan hankkeen kustannuksia. Koska eri suunnitteluvaiheissa on eri määrä tietoa käytettävissä, myös kustannuslaskentaa tehdään eri tarkkuudella hankkeen eri vaiheissa. Tarkemmissa vaiheissa tehdään parempaan

tietoperustaan nojautuvaa rakennusosalaskentaa ja laveammissa vaiheissa enemmän oletuksia sisältävää ja isommissa kokonaisuuksissa kustannuksia arvioivaa hankeosalaskentaa. Laveammissa suunnitteluvaiheissa kuten esisuunnitteluvaiheessa hankeosalaskenta on luonnollisesti vielä melko epätarkkaa ja vaikka laskennalla saavutettu tarkkuustaso ei välttämättä vielä riittäisikään varsinaisten loppukustannusten arviointiin voidaan kustannuksia vertailla eri suunnitteluvaihtoehtojen välillä. (Huomo, 2020)

Yleissuunnitelman kustannusarvio on tuotettava sellaisella tarkkuustasolla, että sen avulla voidaan muodostaa luotettava käsitys hankkeen kokonaiskustannuksien suuruudesta. Yleissuunnitelmavaiheessa laskentaa tehdään hankeosatarkkuudella ja osa laskennasta perustuu yleensä vielä asiantuntijoiden esittämiin tietoihin ja kokemuspohjaisiin arvioihin. Väylien hankeosalaskennassa rakentamiskustannuksia arvioidaan laskemalla ns. "nauhakustannuksia" (€/m). (Liikennevirasto, 2012)

Kustannuslaskennassa on huomioitava myös hankkeen toteuttamisen kustannukset, jotka jaetaan omiin tehtäviinsä kuten rakentamiseen liittyvät tehtävät, tilaajantehtävät ja urakoitsijan työmaatehtävät. Rakentamiskulut ovat oma kokonaisuutensa, jonka lisäksi hankkeelle syntyy mallintamisessa näkymättömiä kustannuksia tilaajan tehtävistä ja työmaatehtävistä. Työmaatehtävät sisältävät urakoitsijan organisaation palkkakustannukset, työmaan perustamisen, katteita jne. Tilaajatehtävissä on kaikki suunnittelu, mitä silloisessa vaiheessa ei ole vielä tehty sekä lisäksi rakennuttamisesta koituvat kustannukset. Tyypillisesti näiden hintaa on arvioitu lisäämällä n. 30-50% hintaa rakentamiskustannusten päälle. Massiivisissa hankkeissa nämä prosentit eivät kuitenkaan anna enää kovin realistista tulosta ja kyseessä onkin siis ollut hankkeen kokonaiskustannusten kannalta merkittävä osa, josta ei ole ollut juurikaan tietoa. IHKUssa on pyritty löytämään tähänkin osaan käyttökelpoisia mallinnuksia Väylän omien hankkeiden kautta. Tällä hetkellä IHKUssa on pystytty mallintamaan mm. rakennuttamiskustannukset, rakennussuunnittelu ja työnaikainen suunnittelu. Tie- ja ratasuunnitteluvaiheet saadaan vielä mallinnettua, mutta niistä aikaisempia vaiheita on todennäköisesti vaikea mallintaa, koska näitä tehdään sen verran yleisemmällä tasolla ja nämä vaiheet eivät enää välttämättä suoraan kohdistu hankkeille. (Huomo, 2020)

Kustannuslaskennan osalta mallipohjaiset määrälaskennan menetelmät näyttävät tehokkaina, sujuvampina ja automaattisina tapoina tuottaa määrätietoa. Varsinaisen kustannuslaskennan osalta ei tosin ole juurikaan väliä, miten määrätieto on tuotettu, kunhan se on suunnitteluvaiheeseen nähden mahdollisimman laadukasta ja luotettavaa. (Huomo, 2020)

Mallipohjainen määrälaskenta voidaan aloittaa jo esi- ja tarvesuunnitteluvaiheissa. Määriä voidaan arvioida mallipohjaisesti karkealla tarkkuustasolla, vaikka alkupään suunnitteluvaiheissa lähtötieto onkin vielä varsin puutteellista. Esim. penger- ja leikkausmassojen suuruusluokka ja laatu

voidaan arvioida nopeasti käyttäen mallipohjaisia menetelmiä. Mallipohjaisen määrätiedon tuottaminen pitäisi aloittaa viimeistään yleissuunnitelmavaiheessa. Tavoitteena onkin, että suunnitteluun käytettävää mallia voidaan käyttää myös määrälaskennassa ja kustannusarvion laadinnassa. Varhaisissa suunnitteluvaiheissa kuten yleissuunnitelmavaiheessa määrälaskentaa ei kuitenkaan kannata tehdä välttämättä täysin mallipohjaisesti. Karkean suunnittelutarkkuuden takia se voi aiheuttaa tarpeetonta lisätyötä saatuihin hyötyihin verrattuna. (Liikennevirasto, 2012)

IHKUa kehitettäessä ajatuksena onkin ollut, että jatkossa määrätietoa tullaan pääosin tuottamaan mallipohjaisesti ja työkalun ominaisuuksia onkin kehitetty mallipohjaisia ja automatisoidumpia menetelmiä mahdollisimman hyvin palvelevaksi. Mallipohjaisten menetelmien yleistyessä kustannuslaskentaa ja ohjelmien yhteensopivuutta helpottaisi, jos mallintamisessa olisi joku standardityylinen taso, mihin sen osalta pyrittäisiin. IHKU itsessään ei tule tietämään miten tarkkaa tietoa siihen syötetään, mutta tarkoituksena on, että tulevaisuudessa käyttäjä voisi arvioida käytetyn tiedon tarkkuustasoa ja ohjelma voisi sen pohjalta säätää korjauskertoimia tarkkuustasoon sopivaksi. Mallintamisen ja erityisesti määrätiedon laadun luokittelemisestä olisi myös hyötyä rakennussuunnittelussa, jolloin urakoitsijan ei välttämättä tarvitsisi aina laskea määriä täydellisesti uudelleen tarjousta tehdessään. Kustannuslaskentaprosessin lopputuloksen kannalta määrälaskennan laadun huomioimisella voitaisiin päästä parempaan tarkkuuteen. (Huomo, 2020)

Nykyisellään kustannuslaskenta on prosessina työläs ja tästä syystä yleensä se tehdään hankkeen lopussa ja mielellään vain kerran. Jatkossa tietomallin, suunnitteluohjelmistojen ja kustannuslaskentaohjelman välisen toimivan rajapinnan myötä kustannustietoa voitaisiin ottaa paremmin ja nopeammin suunnitteluun mukaan. Prosessin kannalta olisi todella suuri etu, jos eri suunnitteluvaihtoehtoja voitaisiin vertailla myös kustannusten osalta nopeasti ja tarkasti luonnollisena osana suunnitteluprosessia. Tois-taiseksi kustannuslaskenta ja tietomallintaminen ovat olleet melkoisen erillä toisistaan ja mallipohjaisen tiedon hyödyntämisen haasteena onkin mm. yhteisen eri ohjelmistojen välillä toimivan universaalien rajapinnan löytäminen sekä luettavan tiedon formaatit ja sisältö. IHKUSsa kustannusarvion prosessia on myös pyritty tehostamaan automatisoimalla rutinoitu-neita ja työläitä vaiheita kuten tiedostojen manuaalinen siirtäminen ja hal-linta. (Huomo, 2020)

IHKUn myötä kustannuslaskennan pääperiaatteet kuten logiikka ja lasku-kaavat säilyvät edelleen pääosin samanlaisina ja varsinainen ero löytyy en-nemminkin ohjelman hyödyntämisestä prosessista laskennan taustalla. IH-KUssa kustannusten määräytymistä on lähdetty miettimään aiemmista so-velluksista poiketen erityisesti panosajattelun ja InfraRYL-standardien mu-kaisten rakennusosien pohjalta. Ohjelma käyttää pääosin inframallinnuk-sen kanssa samaa nimikkeistöä ja tämä mahdollistaa määrätiedon suoraan tuomisen laskentaohjelmistoon. Määrätietoa muutettaessa

kustannustiedoksi IHKU ottaa laskennassa huomioon resurssit ja panostekijät, joita laskettavassa työssä tarvitaan (esim. koneet, kuljetukset, miestyö, materiaalit ja työsaavutus). IHKU pystyy hyödyntämään kaikenlaista määrätietoa ja loogisesti tarkemmalla määrätiedolla päästään tarkempaan arvioon. (Huomo, 2020)

Laveammassa suunnitteluvaiheissa kuten yleissuunnitelmavaiheessa tai esisuunnitteluvaiheessa hankkeesta tiedetään vielä varsin vähän ja moni asia perustuu vielä suunnittelijan tekemiin oletuksiin. Tiedon ollessa vaillinaista hanketta ei myöskään vielä pystytä juurikaan personoimaan ja tällöin esimerkiksi pohjamaan vaikutusta ei vielä pystytä arvioimaan. Tiedon puuttuessa asioita pitää perustaa vielä oletusten ja arvausten varaan. Kustannusarvion osalta tämä suunnittelijan arvioon perustuva tieto on kuitenkin käytettävissä ja se voidaan syöttää IHKUun. IHKUssa hanketta pyritään alusta asti personoimaan antamalla arvoiksi erilaisia rakentamisen tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Esimerkiksi jo laveammassa suunnitteluvaiheissa esim. radan osalta tiedetään, onko rakentaminen ns. vapaata vai onko vieressä toinen käytössä oleva raide. IHKU pyrkii ottamaan kaikki tiedossa olevat kustannuksiin vaikuttavat elementit huomioon ja muodostamaan heti alusta asti hankkeelle oman persoonan ja löytämään hankkeen ominaispiirteet verrokkihankkeiden kautta ajattelemisen sijaan. (Huomo, 2020)

Nykyisiin kustannuslaskentaohjelmiin kuten FOREen verrattuna IHKUn laskentatarkkuus perustuu siihen, että ohjelma pyrkii käsittelemään asioita rakennusosa kerrallaan yleisten vaikeusastekertoimien sijaan. IHKUn tavoitteena on määrittellä tarkemmin rakennusosaan kohdistuva vaikeus ja löytää mihin asioihin vaikeus tarkalleen ottaen kohdentuu. Hankkeen vaikeudella ei ole merkitystä jokaiseen asiaan ja toisaalta joihinkin sillä on erityisen suuri merkitys. Laskentatavan ansiosta IHKULLa potentiaalisesti päästään erityisesti tarkemmissa suunnitteluvaiheissa nykyisiä laskentaohjelmia tarkempaan lopputulokseen. (Huomo, 2020)



Kuva 16, IHKU-hankkeen aikataulu (ihkuallianssi.fi)

10 HAASTATTELUTUTKIMUS

10.1 Tavoitteet

Haastattelututkimuksessa haastateltiin Espoo-Salo-oikoradan Espoo-Lohja-suunnitteluvälin tekniikka-alavastaavia ja tietomallikoordinaattoria. Haastateltavilta kysyttiin ESA-radassa käytössä olleista toimintatavoista määrälaskennan ja tietomallinnuksen suhteen ja yritettiin saada selville, koettiin käytetyt menetelmät, tarkkuustaso ja työkalut tähän hankkeeseen sekä suunnitteluvaiheeseen nähden tarkoituksenmukaisina ja mitä olisi ehkä voitu tehdä toisin.

Kyselyn avulla saatiin selville, miten yleissuunnitelma tasoista määrätietoa hankitaan ja kuinka paljon toimintatavat eroavat eri tekniikkalajien välillä. Samalla saatiin myös tietoa siitä, miten ja millä tarkkuudella mallintamista tehdään yleissuunnitelmavaiheessa.

10.2 Haastattelu

Haastattelumenetelmänä käytettiin puolistrukturoitua haastattelua. Haastatteluun pyydettiin kaikkia Espoo-Lohja-suunnitteluvälin tekniikka-alavastaavia. Kaikilta tekniikka-alavastaavilta kysyttiin samat ennalta laaditut kysymykset, mutta kysymyksiin vastattiin vapaamuotoisesti ja osassa haastatteluista kysymysten järjestys oli erilainen ja joitain kysymyksiä jätettiin pois.

Tutkimukseen haastateltiin lisäksi avoimen haastattelun keinoin myös muita asiantuntijoita kuten hankkeen tietomallikoordinaattoria, Sitowisen tietomalliasiantuntijoita ja Väyläviraston asiantuntijoita.

Puolistrukturoidun haastattelun kysymykset:

1. *Miten määrätietoa hankitaan ilman mallia*
2. *Onko tässä hankkeessa käytetty mallipohjaista määrätietoa*
 - a. *Miksi*
3. *Tietomallin rooli yleissuunnitelmassa*
 - a. *Määrälaskennassa*
 - b. *Havainnemateriaalina*
4. *Yleissuunnitelmatasoisella mallintamisella saavutettavat hyödyt*
 - a. *Määrälaskennassa*
 - b. *Yleisesti*
5. *Yleissuunnitelmatasoisesta mallintamisesta aiheutuvat haitat*
 - a. *Määrälaskennassa*
 - b. *Yleisesti*

6. *Käytettyjen työkalujen tarkoituksen mukaisuus*
 - a. *Yleissuunnitelman tarkkuustaso ja määrälaskennan automatisointi*
 - i. *Novapoint, Teklacivil ja Open rail*
 - ii. *Infrakit ja Trimble connect*
 - iii. *Infraworks (Sketchup, Unity(pelimoottorimalli))*
 - iv. *Muut.*
7. *Hankkeessa tehtyjen mallien käytettävyys määrätiedon tuottamisessa*
 - a. *Mallien riittävä tarkkuus*
 - b. *Määrälaskennan hankekohtaisten tarkkuusvaatimusten täyttäminen tietomallinnuksen osalta*
 - c. *Miksi käytettyyn tarkkuustasoon on hankkeen tietomalleissa päädytty*
8. *Millä menetelmillä määrätietoa tulisi tällaisessa hankkeessa tuottaa*
9. *Mitä olisi voitu tehdä toisin määrälaskennan osalta*
 - a. *Käytetyt menetelmät*
 - b. *Tarkkuustason valinta*
 - c. *Muuta*

10.3 Tulokset

Haastattelututkimuksessa ilmeni odotetusti, että mallintamisella oli hie- man erilainen rooli määrälaskennan osalta eri tekniikka-alojen välillä. Osalla mallipohjainen määrätieto on nykyaikaa ja käytännössä ainoa käyt- tökelpoinen vaihtoehto, kun taas joillain tekniikkalajeilla määrätiedon saa- minen mallipohjaisesti ei tässä suunnitteluvaiheessa antaisi juurikaan lisä- arvoa ja saattaisi jopa aiheuttaa lisätyötä. Vaikka määrätietoa ei hankittai- sikaan mallipohjaisesti ei se tarkoita sitä, ettei suunnittelussa muuten käy- tettäisi mallipohjaisia menetelmiä. ESA-radan Espoo-Lohja-suunnitteluvä- lin kaikilla tekniikkalajeilla työskentely oli enemmän tai vähemmän tieto- mallipohjaista ja sisäisesti kaikkien osalta mallintamisen suurimpina jo nyt realisoituvina hyötynä nähtiin yhteensovittaminen ja mahdollisuus dynaa- misempaan suunnitteluun.

ESA-rata hankkeeseen tehtävän mallinnuksen tarkkuuteen eniten vaikutti- vat ennen varsinaisen suunnittelun alkua ollut 2kk pituinen kehitysvaihe ja tilaajan toimittaman maastomallin tarkkuus. Tarkkuutta pystyttiin säätä- mään myös päätekniikkalajin johdolla esimerkiksi laskettavien paalujen ti- heyden osalta. Pääsääntöisesti kaikki tekniikka-alat olivat sitä mieltä, että tässä hankkeessa käytössä olleet työkalut ja menetelmät olivat hankkee- seen ja suunnitteluvaiheeseen nähden tarkoituksenmukaisia ja hyviä. Mo- nilla tekniikkalajeilla käytettävissä olevien suunnitteluohjelmistojen kirjo oli tutkimushetkellä suppea ja potentiaalisia korvaavia vaihtoehtoja ei juu- rikaan ollut tiedossa esim. tunnelisuunnittelussa Novapoint-ohjelmisto ko- ettiin ainakin toistaiseksi Suomen pienillä ohjelmistomarkkinoilla ainoaksi mutta toisaalta myös hyväksi vaihtoehdoksi.

Lisääntyvän ja yhä aikaisemmassa vaiheessa aloitettavan mallintamisen suurimpina uhkina nähtiin tahaton mallintamisesta johtuva liian tarkka suunnitteleminen, automaation myötä tapahtuva pienten virheiden ker-
tautuminen sekä yhdistelmämallista saatavan tiedon ajantasaisuus.

Keväällä 2020 erityisesti yleissuunnitelmatasoisien mallintamisen voidaan todeta olleen vielä murrosvaiheessa, josta seuraavalle tasolle pääseminen vaatisi organisaation sisäisiä vakiointi ja mallinnusohjeistuksen jalkauttamistoimenpiteitä. Täysin mallipohjaisen suunnitteluprosessin vaatimukseksi on, että menetelmät ovat kaikille tuttuja ja kaikki osaavat mallintaa. Tutkimushetkellä inframalliohjeistuksen mukainen saman mallin vieminen suunnitteluvaiheesta toiseen oli vielä käytännössä mahdotonta ja tätä rajoitti mm. voimassa oleva kilpailutuslainsäädäntö. Yhä mallipohjaisempaan suunnitteluun edetessä myös tilaajan pitää mukautua uusin toimintatapoihin ja tunnistaa mallintamisesta koituvat hyödyt ja haitat jo tarjousvaiheessa.

10.3.1 Rata

Ratasuunnittelun näkökulmasta kaikki laskettavat määrät perustuvat olemassa olevaan maanpintaan ja siihen, miten rata asettuu sen suhteen. Aivan esiselvitys tasoista määrien arvioimista kartanperusteella lukuun ottamatta radan määrälaskentaan tarvitaan aina myös korkeusasema, mitä on vaikea laskea ilman maanpintamallia. Laskennan tekeminen mallipohjaisia menetelmiä käyttäen on siis käytännössä ainoa vaihtoehto jo yleissuunnitelmatasoisessa määrälaskennassa. Yleensä määriä lasketaan samalla menetelmällä jo esiselvityksessäkin. Laskennan pohjana käytetään Maanmittauslaitoksen maanpintamallia. Suunnitteluvaiheen mukaan mallia voidaan keventää, jolloin käsittely nopeutuu. (Moilanen, 2020)

Yleissuunnitelmavaiheisen tietomallin rooli on ratasuunnittelun kannalta hyvin oleellinen ja ESA-rata hankkeessa kaikki määrät on laskettu ohjelmallisesti sen avulla. Laskentatarkkuus perustuu laskettavien poikkileikkausten tiheyteen. Tiheys määritetään halutun tarkkuustason mukaiseksi. (Moilanen, 2020)

Tietomallin avulla voidaan tarkastella radan suhteutumista, siltoihin ja muihin rakenteisiin sekä havainnollistaa radan sijoittumista ympäristöön. Ratkaisut näkyvät kuitenkin tarkemmin ja yksityiskohtaisemmin 2d-suunnitelmakuvista. Esimerkiksi ratageometria käy vielä parhaiten ilmi 2d-kuvasta. Syynä voi olla vielä ohjelmistojen kehittymättömyys tällä saralla, mutta ainakin tutkimushetkellä 2d-kuvissa luettavuus ja selkeys on parempaa. Molemmilla on selvästi omat tarkoituksensa ja kilpailuasetelmaa 2d- ja 3d-kuvien välillä ei nähdä. (Moilanen, 2020)

Yleissuunnitelmatasoisista mallia tehdessä on tärkeää miettiä, millä tarkkuudella mallintamista on syytä tehdä. Etenkin alkuvaiheen suunnittelussa

voidaan mallia helposti lähteä tekemään suunnittelutilanteeseen nähden aivan liian tarkasti, jolloin resursseja kuluu kohtuuttomasti tehtäviin, joilla ei saavuteta suunnittelun näkökulmasta kuitenkaan mitään lisäarvoa. Esimerkiksi ESA-radon tapauksessa seuraavassa suunnitteluvaiheessa (rata-suunnitelma) lähtötiedot ovat jo huomattavasti tarkempia ja liian tarkalla yleissuunnitelmamallilla ei olisi enää työmäärän nähden informaatioarvoa, koska lähtötietojen tarkentuessa työ on tehtävä kuitenkin uudelleen. ESA-radassa käytettyyn mallintamisen tarkkuuteen päädyttiin mm. tilaajan toimittaman maastomallin ja esiselvityksessä päätettyjen mallinnettavien asioiden ja kohteiden määrän myötä. Mallinnuksen tarkkuuteen ohjelmassa voidaan vaikuttaa mm. laskettavien poikkileikkauksien tiheydellä ja maanpintamallin tarkkuudella. Novapoint-ohjelmistossa käyttäjä ei voi kuitenkaan suoraan vaikuttaa ohjelmiston laskennassa käyttämään tarkkuuteen (laskukaava on lukittu). (Moilanen, 2020)

ESA-radon yleissuunnitelmassa suunnitteluohjelmistona käytettiin Novapoint-ohjelmistoa ja vaikka ohjelma on sinänsä kehitetty tarkkuudeltaan rakennussuunnittelun työkaluksi, on se myös toimiva yleissuunnitelmaa tehdessä. Käyttäjä kuitenkin pystyy vaikuttamaan suunnittelun tarkkuuteen omalla toiminnallaan ja esimerkiksi ohjelmiston sujuvaa toimintaa voidaan edesauttaa lohkomalla suunnittelualue useampaan tiedostoon, jolloin samanaikaisesti laskettavien pisteiden ja aineiston määrä tippuu. ESA-radon suunnittelussa ratalinjan pituus tuotti pieniä ongelmia esim. tie-suunnitteluun verrattuna, joissa linjat ovat paljon lyhempiä. Nämäkin ongelmat voidaan todennäköisesti korjata tulevaisuudessa paremman optimoinnin ja tehokkaampien laitteiden myötä. (Moilanen, 2020)

ESA-radassa käytetyt menetelmät ja työkalut olivat suunnitelmavaiheeseen nähden tarkoituksenmukaisia. Nyt mallissa käytettiin geosuunnittelun kanssa määritettyä 40 m poikkileikkausten laskentaväliä, mutta näin jälkeen päin 50 m laskentaväli olisi ollut määrälaskennan osalta riittävä, mutta laskennasta olisi saatu kevyempää yli 30 km matkalla. (Moilanen, 2020)

10.3.2 Silta

Siltasuunnittelussa yleissuunnitelmatasosta määrätietoa tuotetaan laskeamalla suunnitellun sillan pinta-ala. Kustannusarvioinnissa sillat on jaettu erilaisiin hintaluokkiin siltatyyppin mukaan €/m². Sillan leveys saadaan väyläsuunnittelijoilta ja siltasuunnittelija määrittelee sillalle tarvittavan pituuden. ESA-radassa pituus laskettiin mallipohjaisesti, mikä paransi lopputuotteen tarkkuuta. Siltojen mallipohjainen suunnitteleminen yleissuunnitelmavaiheessa johtaa helposti liian tarkkaan työskentelyyn. Mallipohjainen työskentely myös tuotti ESA-radassa lisätöitä väyläsuunnittelun päivittyessä useasti ja yhdistelmämallitiedon ollessa välillä vanhentunutta. Tässä hankkeessa mallinnusta tehtiin Tekla-ohjelmistolla. Novapoint olisi ollut toinen vaihtoehto, mutta Teklaan päädyttiin vapaiden lisenssien myötä. Teklassa mallinnustyökalut ovat kehittyneitä mutta 2D

tulostaminen oli kankeampaa kuin mitä se olisi Novapointilla ollut. Silta-suunnittelua tehdään pitkälti taulukkomuotoisesti ja informaation siirtymistä taulukosta mallinnusohjelmaan olisi varmasti mahdollista automatisoida. Automaation lisääminen vaatisi muutoksia tilaajan asettamissa vaatimuksissa lopputuotteen suhteen tai kehitystä mallinnusohjelmien piirustusten tulostamisessa. (Valokoski, 2020)

Kokonaisuudessaan Espoo-Lohja-suunnitteluvälin suunnittelussa oli käytössä useita eri ohjelmia ja se omalta osaltaan aiheutti ongelmia yhteensovituksessa ja tiedon ajantasaisuudessa. (Valokoski, 2020)

10.3.3 Tunneli

Nykyään tunnelisuunnittelussa määrätieto hankitaan käytännössä aina mallipohjaisin menetelmin. Ilman mallia määrätietoa voitaisiin hankkia saatujen tutkimustietojen pohjalta käsin piirtämällä pisteestä pisteeseen maastonmuotoa arvioiden ja omalla asiantuntemuksella arvioiden esim. geoteknikon kanssa. Nykyään käytössä on kuitenkin pistepilvimallit, joita on syytä käyttää. (Sipola, 2020)

Tunnelisuunnittelussa keskeisiä selvitettäviä määriä käytännössä jokaisessa hankkeessa ovat mm. kaivettavan ja louhittavan maan määrät. Tässä hankkeessa päätekniikkalaji (rata) laski geosuunnittelun avustuksella avolouhintojen määrät ja tunnelisuunnittelu laski suoraan mallista (Civil-3D ohjelmistolla) tunnelialueiden määrät eli ns. tunneliputkien tilavuudet. Koska tunnelit mallinnettiin, saatiin määrät helposti suoraan ohjelmasta kuutioina. Määrät ja niiden suuruusluokka kuitenkin tarkastettiin vielä käsin laskemalla, koska suoraan ohjelmasta saatavan määrätiedon suuruusluokkaa ja oikeellisuutta voi olla muuten vaikea hahmottaa. (Sipola, 2020)

Kustannuslaskennassa päädyttiin jakamaan tunnelit neljään eri kallionlaidun perusteella eroteltuun luokkaan, joille kullekin arvioitiin panoshintahinta €/m valmista tunnelia kohden. Kustannuksia huomioidessa piti ottaa huomioon mm. tiettyjen kalliolaatujen vaatimat erilaiset vahvistusrakenteet ja esimerkiksi louhinnan aiheuttamien vesivuotojen tiivistämiseen kuluva aika ja materiaali kustannuksia. (Sipola, 2020)

ESA-radassa mallinnukseen käytettiin Civil-3D-ohjelmistoa ja se koettiin soveltuvaksi myös yleissuunnitelmavaiheessa, joskin myös ainoaksi ohjelmavaihtoehdoksi. (Sipola, 2020)

Ennen varsinaisen tunnelin mallintamista lähtötiedot pitää kerätä, maanpintamalli muokata ja niiden perusteella luoda kallionpintamallit. Koska riittävä kallionpinta on tunnelisuunnittelun osalta erittäin keskeistä, tässä

hankkeessa tunnelipaikoilta saatiin paljon kattavampi kallionpintatieto kuin ratalinjan kohdalta yleisesti. (Sipola, 2020)

Yleissuunnitelman tarkoituksena on yksinkertaistetusti hakea hankkeelle yleisesti hyväksyntää, esitellä sen vaikutukset ympäristöön ja arvioida kustannukset. Mallipohjaisia menetelmiä käyttämällä varmistetaan riittävä tarkkuustaso ja realistinen kustannusarvio. (Sipola, 2020)

Mallipohjaisen työskentelyn suuria hyötyjä on sen dynaamisuus. Lähtötiedon päivittyessä/lisääntyessä suunnitelmasta näkee helposti päivittyneen lähtötiedon vaikutukset tutkituille ratkaisuille esim. kalliopinnan oheneminen. Tämä mahdollistaa myös helpomman ja nopeamman vuorovaikutuksen suoraan pohjatutkijoiden ja muiden tekniikkalajien kanssa. Automaatio ja sen myötä nopeutuneet reaktioajat muutoksiin lähtötiedoissa mahdollistavat vanhaan tietoon pohjautuvaan suunnitteluun käytettyjen resurssien minimoimisen. (Sipola, 2020)

Tällä hetkellä mallintamisen haasteena on se, että se vaatii osaavia tekijöitä ja osaavien tekijöiden tulee pysyä mallintamisen suhteen ajan tasalla. Mallintamisen suurin potentiaali saavutetaan vasta, kun kaikki hankkeessa osaavat sitä tehdä ja hyödyntää. Mallinnuksen ja automatisoitujen toimenpiteiden yleistyessä osana suunnittelutyötä tarkastamisen rooli kasvaa. Pienet virheet saattavat helposti kertautua ja huolimattomuus voi johtaa suuriin virheisiin. Ohjelmat ovat sinänsä luotettavia, mutta ne antavat vastauksia juuri niille arvoille, joita suunnittelija itse ohjelmaan syöttää. Apupinnoista, pisteistä ja tiedoista on myös syytä tehdä riittävästi dokumentaatiota, jotta myöhemmin voidaan tietää, mikä tieto on todellista ja luotettavaa. (Sipola, 2020)

Mallipohjaisesti työskennellessä on myös tärkeää, että kaikilla on pääsy ajantasaiseen yhdistelmämalliin, jota aktiivisesti ylläpidetään ja tarkastetaan tietomallikoordinaattorin toimesta. ESA-radassa oli välillä ongelmia yhdistelmämallin ajantasaisuudessa ja tietomallikoordinaattorin käytävissä olevat resurssit eivät aina riittäneet. Tämä saattoi olla myös osasyynä sille, että geon, radan ja tunnelin suunnitelmien yhteensovittamisessa ilmeni haasteita projektin aikana. (Sipola, 2020)

Mallintamisen jatkaminen suoraan vanhan mallin päälle voi aiheuttaa haasteita seuraavassa suunnittelu vaiheessa etenkin, jos osatehtävien työtä jatkaa eri suunnittelutoimistot. Ohjelmistoista on eri toimistoilla käytössä erilaisia variaatioita ja seuraavan vaiheen suunnittelija ei välttämättä näe nyt tehdyissä tiedostoissa mitään. (Sipola, 2020)

Tässäkin hankkeessa huomattiin, että lähtötiedon hankkimista on syytä myös ennakoida paremmin, jotta tärkeä tieto saadaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa suunnittelijan käyttöön. ESA-radon yleissuunnitelman loppuvaiheessa laadittiin seuraavassa suunnitteluvaiheessa tarvittavat tutkimusohjelmat valmiiksi. Mitä enemmän tutkimuksia tehdään, sitä

varmempaa tietoa saadaan. Varmemman tiedon avulla saadaan tarkempia kustannusarvioita. Tiedon tulee myös olla saatavilla silloin kun sitä suunnittelussa eniten tarvitaan. (Sipola, 2020)

10.3.4 Tie

Yleensä vaikka tiet mallinnetaankin, varsinaista määrätietoa tuotetaan yleissuunnitelmatasoisesti Fore-ohjelmiston HOLA-menetelmän avulla. Yksinkertaistetusti ohjelma laskee määrät, kun sille kerrotaan millaista tietä ja kuinka monta metriä sitä tarvitaan. ESA-radassa kuutioissa mitattavia määriä laskettiin kuitenkin poikkeuksellisesti tietomallipohjaisesti Novapoint-ohjelmistolla. Tiettyjä osia kuten valaistusta laskettiin keskimääräisellä metrihinnalla. (Carlstedt, 2020)

Nyt käytetty mallipohjainen menetelmä oli tässä tapauksessa työlämpi vaihtoehto, sillä jokaiselle n. 50 väylälle piti nyt mallintaa tarkasti oikeat rakenteet, luoda poikkileikkaukset ja laskea massat. Mallipohjaisen määrätiedon tuottaminen vaati siis tehtävän mallinnuksen tarkkuustason nostamista suunnitteluvaiheeseen nähden totuttua suuremmaksi. Mallintamalla tehty määrälaskenta oli läpinäkyvämpää, mutta vaarana on, että saatuihin hyötyihin nähden puutteellisten lähtötietojen pohjalta tehty "tarkempi" mallipohjainen määrälaskenta oli liian työläs. (Carlstedt, 2020)

Käytetyt työkalut (Novapoint) olivat suunnitelmavaiheeseen nähden toimivia. Tiesuunnittelun osalta Novapoint saattaa olla jopa parhaimmillaan tässä suunnitteluvaiheessa ja tarkemmissa vaiheissa mallintamista voidaan tehdä paremmin eri ohjelmia käyttäen. (Carlstedt, 2020)

Mallinnuksen tarkkuuteen päädyttiin tilaajan toimittaman aineiston, suunnitelmavaiheen, kehitysvaiheen ja valitun määrälaskentamenetelmän perusteella. Valittu tarkkuustaso oli määräperusteiselle laskennalle sopiva ja tarkkuutta olisi voitu pienentää vain muuttamalla myös määrälaskentaan käytettävää menetelmää. (Carlstedt, 2020)

On vaikea tietää tässä vaiheessa, saavutettiinkö mallipohjaisella määrätiedolla selvää etua HOLA-menetelmään verrattuna. Menetelmien välisiä eroja olisi syytä tutkia sillä tässä suunnitteluvaiheessa tehty tarkempi mallintaminen aiheutti selvää lisätyötä eikä sillä saavutetuista hyödyistä voida olla varmoja. Tiesuunnittelun osalta oletettavasti HOLA-menetelmälläkin olisi päästy riittävään tarkkuuteen. (Carlstedt, 2020)

10.3.5 Geo

Määrätietoa voidaan geosuunnittelun osalta tuottaa perinteisesti pohjatutkimusten, karttojen, pituuskeikkausten ja poikkileikkausten avulla. ESA-radassa geosuunnittelun osalta ei käytetty mallipohjaista määrätietoa, koska toisen suunnitteluvälin suunnittelijoiden aloitteesta päätettiin, että

pohjanvahvistuksia ei mallinnetakaan. Päätöksen taustalla oli pohjatutkimusten pieni määrä, jonka myötä tehdyllä lisätyöllä ei olisi saavutettu suunnittelulle lisäarvoa. Yleensä mallien avulla voidaan laskea suuria massamääriä nopeasti. Tässä hankkeessa kallionpintaa mallinnettiin sillä tarkkuudella, että sen avulla olisi määrätietoa voitu tuottaa. Mallipohjaisesta laskennasta ja työskentelystä yleensä puhuttaessa on kuitenkin muistettava, että kaikki ns. suoraan mallista saatava tieto on aina myös tarkistettava käsin itse laskemalla. Suurista massoista ja määristä puhuttaessa myös virheet voivat olla todella suuria. Tarkastamisen merkitys kasvaa työtapojen automatisoituessa. On myös muistettava, että mallintaminen on työlästä ja siksi on aina syytä pohtia, saadaanko mallintamiseen käytetyllä ajalla suunnittelulle tarpeeksi lisäarvoa. Erityisesti yleissuunnitelmavaiheessa suunnittelun tarkkuus ja käytössä oleva lähtötieto ovat vielä tarkkuudeltaan niin suurpiirteisiä, että työskentelyä täysin mallipohjaisesti ei voida aina perustella. (Karakainen, 2020)

Havainnemateriaaleissa ja yhteensovituksessa mallit ovat erinomaisen hyviä ja käytössä olleet Tekla ja Novapoint soveltuvat hyvin myös yleissuunnitelmatasoiseen suunnitteluun. Vaikka ohjelmien tarkkuus riittää rakentamiseen tähtäävänkin suunnitteluun voi käyttäjä itse vaikuttaa tarkkuuteen omalla toiminnallaan. Nyt käytettyihin menetelmiin oltiin tyytyväisiä. Määrätieto olisi voitu hankkia myös mallipohjaisesti ja tällä ei olisi ollut todennäköisesti suurtakaan vaikutusta määrätiedon tarkkuuteen. Yleissuunnitelmatasoisen mallintamisen suurimmat hyödyt sisäisesti saadaan yhteensovituksesta, kun sitä vain tehdään riittävän usein. Useissa hankkeissa tietomallikoordinaattori toimii yhdistelmämallin tekijänä, joka pitää huolen siitä, että malli pysyy ajantasaisena, sitä ylläpidetään systemaattisesti ja sieltä löydetään virheet ja ristiriidat ajoissa. Tietomallikoordinaattorin ei välttämättä tarvitse olla edes mukana hankkeen suunnittelussa, vaan hän voi olla ns. ulkopuolinen henkilö. Hanketta voidaan seurata tilaajan kanssa suoraan yhdistelmämallin avulla, jos se pidetään ajantasaisena. Tässäkin hankkeessa törmättiin suuriin ongelmiin, kun esim. siltoja suunniteltiin vanhentuneella tiedolla. (Karakainen, 2020)

10.3.6 Asemasuunnittelu

Asemasuunnittelu tällä tarkkuustasolla on jo käytännössä aina jonkin asteista mallintamista, mutta tässä suunnitteluvaiheessa mallintamista ei kuitenkaan tehdä vielä niin tarkasti, että määrätietoa saataisiin suoraan ohjelmasta laskettua tai ainakaan sille ei ole vielä tarvetta. ESA-radassa asemien osat ja ns. varustetaso oli luetteloituna ja tiedossa jo ennen 3D-suunnittelua. Asemasuunnittelussa käytettyyn tarkkuustasoon päädyttiin mm. siitä syystä, että asemat sijaitsivat nykyisellään metsässä ja tiedossa oli, että asemien ympäristö tulee vielä muuttumaan radikaalisti suunnittelun edetessä ja muutosten myötä asemia pitäisi vielä miettiä joka tapauksessa uudelleen. Tietomallin ja mallintamisen rooli asemien osalta olikin puhtaasti suunnittelua helpottava nykyään tavanomaisin tapa tehdä ja toisaalta myös visualisoiva ja havainnollistava. Asemat pystyttiin sijoittamaan oikeaan ympäristöön ja tulevaan ratalinjaukseen yhdistelmämallissa. ESA-

hankkeessa haasteita ilmeni kuitenkin aineiston saamisessa arkkitehtien käyttämiin ohjelmistoihin ja näistä ohjelmistoista tiedon vieminen yhdistelmämalliin sellaisessa muodossa, että asemat näkyvät muille tekniikkalajeille oikein. Kyseessä on enemmän ehkä ohjelmistopohjainen yhteensopivuusongelma. (Airaksinen, 2020)

Nyt käytetyt menetelmät olivat suunnitteluvaiheeseen nähden ja tähän hankkeeseen sopivia. Käytössä olleisiin työkaluihin oltiin tyytyväisiä. Asemasuunnittelussa käytettiin Archicad-ohjelmistoa, joka on tarkoitukseltaan rakennussuunnitteluvaiheeseen tarkoitettu ohjelma. Laveammalla tarkkuustasolla tehdessä työtapoja vain pitää mukauttaa siihen. Archicad on myös ehkä toistaiseksi ainoa käyttökelpoinen ohjelma. Esimerkiksi suurempien kokonaisuuksien hallintaan soveltuva InfraWorks ei toimisi tämän tyyppisessä yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa. Archicadistakin voisi saada määrätietoa suoraan, mutta siitä ei olisi tämän tasoisessa suunnittelussa ollut hyötyä. Tehdyt mallit sinänsä olivat riittävän tarkkoja määrälaskentaankin, mutta tätä varten laskettavista objekteista olisi vielä pitänyt tehdä laskennan kannalta tunnistettavampia ja tässä tapauksessa määrät olivat helposti laskettavissa ilmankin mallia. (Airaksinen, 2020)

10.3.7 Ympäristö

Ympäristösuunnittelun osalta AYS- ja YS-vaiheen suunnittelussa lähdetään liikkeelle jaksotuskartan tekemisellä, jossa otetaan huomioon käytännössä vain sijaintiin liittyvät lähtökohdat eli onko alue metsäistä, kulttuurimaisemaa tai taajama-/keskusta-alueita. Väylähankkeissa tähän jaksotuskarttaan merkitään myös merkittävät taitorakenteet kuten vesistö sillat, riistasillat, tärkeät ylikulkusillat ja mm. meluntorjunnan tarpeet, jotka ovat ympäristösuunnittelun ja määrälaskennan osalta merkittäviä. Ympäristösuunnittelu lähtee siis liikkeelle aina olemassa olevasta maisemasta ja ympäristöstä. (Oittinen, 2020)

Ympäristösuunnittelussa määrä-/kustannuslaskentaa tehdään tyypillisesti HOLA- tai ROLA-menetelmällä eli varsinainen määrätieto tuotetaan ns. käsin laskettuna esim. pinta-alapohjaisesti. Ympäristösuunnittelussa tietomallit ovat vielä melko uusi asia ja esim. automaattisia Excel-listoja ei olla saatu vielä käyttöön. Tavoitteena on jatkossa lisätä mallintamista ja mallipohjaisen määrätiedon hyödyntämistä. Ympäristösuunnittelussa esittelyaineiston luominen on isossa roolissa ja yleissuunnitelmatasoinen mallintamisen myötä mahdollistetaan hyvän esittelyaineiston luominen. Esim. jos hankkeesta halutaan tuottaa kolmiulotteista havainnemateriaalia tai luoda esim. virtuaalikuva on suunnittelun tekeminen mallipohjaisesti käytännössä välttämätöntä. (Rinne, 2020)

Varsinaista suunnittelua tehdään mallipohjaisesti ja myös ympäristön osalta yhteensovittaminen ja suunnittelun potentiaalinen dynaamisuus nähdään mallintamisen osalta tärkeänä ja nykyään jopa välttämättömänä hyötynä. Erityisesti suunnitelmavaiheesta toiseen siirtyessä saman mallin jatkamisella saataisiin ympäristösuunnittelun osalta valtavasti hyötyä, kun

yleissuunnitelma vaiheen korkealentoiset ajatukset eivät jäisi loppuvaiheen suunnittelussa huomiotta. (Oittinen, 2020)

Ympäristösuunnittelussa suunnittelun/toteutuneen mallintamisen määrään vaikuttaa usein myös tekniikkalajin paikka suunnittelujärjestyksen loppupäässä. Eli yleisesti isoissa hankkeissa mallien viimeistelyä kaikkien tekniikka-alojen osalta tehdään vasta aivan loppuvaiheessa, jolloin ympäristösuunnittelussa ei päästä hyödyntämään muiden tekniikka-alojen malleja riittävästi. Yhteensovituskäytäntöjä tulisi tulevaisuudessa kehittää niin, että ympäristön osaltakin päästäisiin alusta asti mukaan suunnitteluun. Mm. yhteisiä yhteensovituspalavereja voitaisiin järjestää enemmän heti alusta asti ja esim. tietomallikoordinaattorilla tulisi olla tarpeeksi resursseja käytössä säännölliseen yhdistelmämallin tarkastamiseen. (Oittinen, 2020)

10.3.8 Tietomallikoordinaattori

Yleissuunnitelmatasoisen mallintamisen ja ehkä mallintamisen hyöty yleisestikin on hieman kaksijakoinen asia. Optimitilanteessa ja InfraBIMin ohjeistuksen mukaisestikin mallintamista jatketaan sujuvasti suunnitteluvaiheesta toiseen. Eli varsinaisesti tyhjästä malli luotaisiin vain kerran, jonka jälkeen työskentelyä jatketaan samaa mallia käyttäen aina rakennukseen asti ja jopa hankkeen koko elinkaaren loppuun. Tällä hetkellä kuitenkin käytännössä tämä ei yleensä ole mahdollista, joten mallintamisen hyödyt realisoituvat käytännössä siinä suunnitteluvaiheessa, jossa mallintamista kulloinkin tehdään. Keskeisenä ongelman mallin jatkamiselle on se, että vaikka suunnitteluvaiheen lopussa suunnittelija palauttaa tilaajan haltuun ns. natiivimallit ja niissä käytetyt aineistot eli tiedostot, joilla mallinnusta on tehty, niin seuraavassa suunnitteluvaiheessa on suunnittelusta tehtävä kilpailulainsäädännön mukainen kilpailutus, jossa tarjoava yritys ei saa saada lisäpisteitä käytössä olevan suunnittelujärjestelmän mukaan. Tästä syystä mallintamista tehdään aina pääsääntöisesti sitä suunnitteluvaihetta varten, missä kulloinkin ollaan. Tehdystä mallista toki on omat hyötynsä, vaikka mallinnusta ei täysin voitaisikaan ns. jatkaa suoraan. Mallintamisen hyödyt sisäisessä tekemisessä ja erityisesti yhteensovittamisessa ovat kiistattomia. Tekniikkalajista riippumatta kaikki voivat katsoa suunnittelutilannetta samasta mallista ja nähdä miten oma suunnitelma suhteutuu kokonaisuuteen. 3D geometria on visuaalisempaa ja havainnollisempaa. Vaatimuksena on toki se, että mallien tulee olla ajan tasalla. (Karenniemi, 2020)

Tietomalliaineistosta puhuttaessa on tärkeää ymmärtää julkaistun mallin ja natiivimallin ero. Julkaistu malli on avoimeen formaattiin perustuva malli, joka on saatu natiivimallista julkaisemalla. Julkaistua mallia voidaan verrata esimerkiksi Autocad-tiedostosta tehtyyn PDF-tulosteen. Se on formaatti, jota on tarkoitus katsella, mutta ei suuremmin muokata. Kuten PDF-tiedostoakin, julkaistua mallia voidaan kevyesti muokata, mutta suuremmat muutokset ja varsinainen työskentely tehdään natiivimallissa. Yleensä toimintatavoista ja käytetyistä ohjelmistoista riippumatta

Julkaistut mallit voidaan yhdistää toisiinsa ongelmitta ja yhdistämällä saadussa yhdistelmämallissa kaikki mallinnettu data saadaan myös yleensä helposti näkyviin. Ohjelmistojen ja työtapojen vakiointi on kriittistä silloin, kun halutaan esimerkiksi mallintaa silta radan natiivimallin ja siinä käytetyn aineiston päälle. Vakioinnilla mahdollistetaan tiedon siirtyminen nopeasti suunnittelijalta toiselle oikeassa muodossa. Kun työtavat ovat samantaisia ja yhteisesti sovittuja vältetään yhteensopivuusongelmilta ja vältettävissä olevalta ja työläältä tiedon manuaaliselta muokkaamiselta. Sisäiset yhteensopivuusongelmat eivät yleensä ole niinkään ohjelmistopohjaisia vaan ennemmin erilaisista työtavoista johtuvia. Esimerkiksi siltasuunnittelussa lähtöaineistona käytetään ratasuunnittelun valmiita suunnitelmätiedostoja. Suunnitelmamallien lisäksi tarvitaan myös suunnittelussa käytetty lähtöaineisto, jotta mallintamista voidaan tehdä tehokkaasti. Lähtötieto liikkuu aina suunnittelumallin mukana ja erityisesti lähtötiedon osalta sisäisen vakioinnin ja käytettyjen ohjelmien yhdenmukaistamisen merkitys on erittäin merkittävä. Ohjelmistopohjaisia ongelmia voidaan toki myös kohdata, jos dataa joudutaan yhteensopivuusongelmien takia konvertoimaan eri muotoihin. Lähtötiedon muokkaamisessa on aina riskinä, että muutoksen yhteydessä jotain dataa jää pois. (Karenniemi, 2020)

Esimerkiksi ESA-radassa siltojen osalta aikaa käytettiin nopeiden ja ketterien mallinnustekniikoiden kehittämiseen, jonka avulla siltasuunnittelua päästiin tekemään varhaisemmassa vaiheessa dynaamisesti muiden suunnittelualueiden kanssa. Yhteistyön edut olisivat jääneet saavuttamatta, jos suunnittelussa olisi jouduttu pelkäämään mahdollisia muutoksia muiden tekniikkalajien ratkaisuihin. Nopeiden mallintamisen menetelmien myötä suunnittelua pystyttiin ESA-radassa dynaamisesti tekemään yhdessä tekniikkalajien kanssa, ja lähtötietojen muuttuessa päivittyneen tiedon pohjalta luotiin automatisoidusti uudet DXF-tiedot, joilla siltarakenne voitiin pursottaa nopeasti malliin. Kehittämistyö on keskeinen osa mallipohjaista työskentelyä ja mallien yleistymistä. Kehitettyjen/löydettyjen hyvien toimintatapojen ja saadun tietotaidon jalkauttamiseen suunnittelijoille tulee kiinnittää huomiota ja siihen pitää panostaa. Tällä hetkellä vielä monessa hankkeessa kaksikulotteiset suunnitelmapiirustukset ovat pääkuvien asemassa ja lähitulevaisuudessa malli tulee ottamaan sen paikan, esimerkiksi Väylältä on jo saatu ohjeistusta, että jatkossa pelkän mallin luovuttaminen on riittävää. Molempia 2D- ja 3D-piirustuksia kuitenkin tarvitaan jatkossakin ja niillä on vain erilaiset käyttötarkoitukset. Mallipohjaisten menetelmien käyttöönotto työmailla on myös kiihdyttänyt ja tulee kiihdyttämään muutosta perinteisistä työtavoista mallipohjaisiin. (Karenniemi, 2020)

Kun mallipohjaisista menetelmistä halutaan suunnittelutoimiston sisällä saada kaikki hyöty irti, tulee prosessien olla vakioituja, käytössä olevien tapojen tulee olla nopeita & ketteriä, työtapoja tulee kehittää/tehostaa jatkuvasti ja kaikkien suunnittelua tekevien pitää osata mallintaa. Mallintamisen ja suunnittelun pitää olla samaa prosessia. (Karenniemi, 2020)

ESA-radan yleissuunnitelman kaltaisessa hankkeessa tietomallikoordinaattorin roolin merkitys on ollut erittäin suuri nimenomaan lähtöaineiston koordinoinnissa, vakioinnissa ja dokumentoinnissa. Yleissuunnitelmavaiheessa suunnittelun rinnalla iso tehtävä on kerätä lähtöaineistoa seuraavaa suunnitteluvaihetta varten. ESA-radassa tietomallikoordinaattori vastasi myös siitä, että lähtötietoaineisto dokumentoitiin oikein. Tietomallikoordinaattori vastaa myös siitä, että yhteensovittaminen onnistuu ja yhdistelmällleissa on käytössä ajantasaisin tieto. (Karenniemi, 2020)

11 PÄÄTELMÄT

Mallipohjaiset menetelmät ovat nykyään tärkeä osa koko suunnittelun prosessia ja niiden hyödyt realisoituvat myös jo yleissuunnitelmatasoisessa työskentelyssä mm. vaihtoehtovertailun helpottumisena, sisäisessä yhteensovituksessa ja havainnemateriaalien tuottamisessa. Espoo-Salo-oikorata hankkeen yleissuunnitelman Espoo-Lohja-suunnitteluvälillä käytössä olleet menetelmät koettiin tarkoituksenmukaisiksi ja toimiviksi. Mallipohjaisesta työskentelystä saataisiin kuitenkin entistä tehokkaampaa, jos suunnitteluorganisaation sisäiset toimintatavat olisivat vakioidumpia, kaikki suunnitteluorganisaation sisällä osaisivat mallintaa ja tietomallikoordinaattorilla olisi riittävästi resursseja pitää mallintaminen sääntöjen mukaisena sekä yhdistelmämalliaineisto ajantasaisena.



Kuva 17, näkymä ESA-radan esittelymallista Espoon keskuksessa (ESA-radan yleissuunnitelma, 2020)

Mallipohjaisesti tuotetun määrätiedon hyödyt eivät kuitenkaan ole vielä yleissuunnitelman kannalta täysin kiistattomia ja määrätiedon mallipohjaisuudella saavutettavat hyödyt erosivat eri tekniikka-alojen välillä merkittävästi. Kustannuslaskennan lopputuloksen osalta ei ole merkitystä, miten määrätieto on tuotettu, mutta mallipohjaisen määrätiedon tuottaminen

vaatii kuitenkin mallintamisen tarkkuustason nostamista luotettavan määrälaskennan vaatimalle tasolle. Määrätiedon mallipohjaisuuden ja erityisesti mallinnustarkkuuden nostamisen kannattavuuteen vaikuttaa hankkeessa käytössä olevan lähtötiedon määrä ja laatu. Mallintaminen on työlästä ja sen tarkkuutta ei välttämättä ole järkevää nostaa, jos se palvelee pelkästään pitkälti vielä oletuksiin perustuvan yleissuunnitelmatasoisen määrälaskennan tarpeita. Tutkimushetkellä mallintamisen hyödyt saavutettiin käytännössä vain siinä suunnitteluvaiheessa, jossa mallintamista kulloinkin tehtiin ja esimerkiksi mallin siirtäminen seuraavaan suunnitteluvaiheeseen on käytännössä vielä lähes mahdotonta toteuttaa mm. voimassa olevan kilpailulainsäädännön ja ohjelmistoformaattien yhteensopivuusongelmien takia.

Mallin tarkkuustason ollessa riittävä, määrätietoa saadaan tuotettua nopeasti suoraan mallinnusohjelmasta ja tätä laskentaa voidaan helposti toistaa useita kertoja projektin aikana esim. lähtötiedon päivittyessä. Suunnitteluohjelmien ja kustannuslaskennan välisen yhteisen ohjelmistorajapinnan löytämisen myötä tulevaisuudessa, määrätietoa voitaisiin muuttaa myös tehokkaasti kustannustiedoksi suunnittelun aikana, mikä kehittäisi ja muuttaisi merkittävästi koko suunnittelun prosessia.

LÄHDELUETTELO

- Building SMART Finland, Infra-toimialaryhmä. (2020, 2 13). *Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1*. Retrieved from buildingsmart.fi: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf
- Kaukonen, J. (2012, 4 16). *Perusteet tietomallipohjaiselle määrälaskennalle*. Retrieved 2 3, 2020, from Theseus.fi: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41426/Kaukonen_Jenni.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kiviniemi, A. (2014, 4). *Radan tietomallipohjaisen massalaskennan vaatimukset*. Retrieved 5 28, 2020, from theseus.fi: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74257/Kiviniemi_Antti.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Liikennevirasto. (2010, 10). *Tiesuunnittelunkulku*. Retrieved 6 8, 2020, from vayla.fi: https://vayla.fi/documents/20473/34253/tiesuunnittelun+kulku_esite.pdf
- Liikennevirasto. (2011). *Lahden moottoritien ja Kerava-Lahti-oikoradan jälkeenvaiheen vaikutusselvitys*. Retrieved 6 3, 2020, from julkaisut.vayla.fi: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/Its_2011-34_lahden_moottoritien_web.pdf
- Liikennevirasto. (2012, 1 1). *Tie- ja ratahankkeiden suunnitelmien käsittelyohje*. Retrieved 6 1, 2020, from julkaisut.vayla.fi: https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2011-25_tie_ja_ratahankkeiden_web.pdf
- Liikennevirasto. (2018). *Kehäradan hankearvioinnin jälkeenviointi*. Retrieved 6 3, 2020, from vayla.fi: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/Its_2018-15_keharadan_hankearvioinnin_web.pdf
- Lounema, R. (2006). *Oikorata Kerava-Lahti*. Hämeenlinna: Karisto.
- Peltohaka, T. (2000). *Kehitys kulkee kiskoilla, 50-vuotisjuhlajulkaisu*. Hämeenlinna: Rautateiden diplomi-insinöörit VRDI r.y.
- Raidepuolue. (2020, 5 12). *Raideliikenne suomessa*. Retrieved from raidepuolue.fi: <https://raidepuolue.fi/raideliikenne-suomessa>
- Ratahallintokeskus. (1998). *Oikorata Kerava-Lahti yleissuunnitelma*. Retrieved 2 22, 2020, from doria.fi: <https://www.doria.fi/handle/10024/146656>

- Ratahallintokeskus. (2003). *Marja-rata yleissuunnitelma*. Helsinki, Suomi: Ratahallintokeskus. Retrieved 1 21, 2020, from <https://baltirail.files.wordpress.com/2009/09/keharata-marja-yleissuunnitelmaraportti-2003.pdf>
- Ratahallintokeskus. (2005). *Kerava-lahti-oikoradan ennen-jälkeen vaikutusarviointi*. Retrieved from vayla.fi: https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_2005-a2_kerava-lahti-oikoradan_web.pdf
- Ratahallintokeskus. (2008, 5 26). *Radan suunnitteluohje*. Retrieved 6 2, 2020, from [julkaisut.vayla.fi: https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_b20_radan_suunnitteluohje.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf4/rhk_b20_radan_suunnitteluohje.pdf)
- Suomen oikeusministeriö. (2020, 6 1). *2.2.2007/110*. Retrieved from finlex.fi: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070110>
- Tilastokeskus. (2020, 5 23). *Kotimaan tavaraliikenne*. Retrieved from liikennejarjestelma.fi: <http://liikennejarjestelma.fi/palvelutaso/liikennetyypit/kotimaan-tavaraliikenne/>
- Tilastokeskus. (2020, 5 25). *Väylät ja niiden välityskyky*. Retrieved from liikennejarjestelma.fi: <http://liikennejarjestelma.fi/palvelutaso/vaylat/vaylien-valityskyky/>
- UIC the worldwide railway organisation. (2020, 4 31). *High-speed principles and advantages*. Retrieved from uic.org: <https://uic.org/passenger/highspeed/high-speed-principles-and-advantages>
- UIC, the worldwide railway organisation. (2020, 5 1). *High-speed*. Retrieved from uic.org: <https://uic.org/passenger/highspeed/>
- UIC, the worldwide railway organisation. (2020, 5 25). *High-speed database maps*. Retrieved from uic.org: <https://uic.org/passenger/highspeed/article/high-speed-database-maps>
- UIC, the worldwide railway organisation. (2020, 5 25). *High-speed rail history*. Retrieved from uic.org: <https://uic.org/passenger/highspeed/article/high-speed-rail-history>
- Veijovuori, S. (2020, 5 15). *Asuantuntijakeskustelu*. Espoo.
- Väylävirasto. (2020). *Espoo-Salo-oikoradan yleissuunnitelma*. (R. S. AFRY, Ed.) Helsinki: ei vielä julkaistu
- Väylävirasto. (2020, 6 3). *Espoo-Salo-oikorata*. Retrieved from vayla.fi: <https://vayla.fi/kaikki-hankkeet/espoo-salo-oikorata>

Väylävirasto. (2020, 6 1). *Melu ja tärinä*. Retrieved from vayla.fi:
<https://vayla.fi/ymparisto/melu-tarina>

Väylävirasto. (2020, 2 27). *Ratasuunnitelman toimintaohje, sisältö ja esitystapa*. Retrieved from vayla.fi:
https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2019-03_ratasuunnitelma_sisalto_web.pdf

Väylävirasto. (2020, 5 13). *Rataverkko*. Retrieved from vayla.fi:
www.vayla.fi/rataverkko

Zetterberg, S. (2011). *Yhteisellä matkalla, Vr 150 vuotta*. Helsinki: WSOY.

HAASTATTELUT

Ari Huomo Väylävirasto, kustannuslaskennan asiantuntija ja IHKU-palvelun sovellusomistaja (27.5.2020)

Jani Valokoski Sitowise Oy, Espoo-Salo-oikorata Espoo-Lohja-suunnitteluvälin Siltasuunnittelun tekniikka-alavastaava (3.4.2020)

Jukka Karenniemi Sitowise Oy, Espoo-Salo-oikorata Espoo-Lohja-suunnitteluvälin Siltasuunnittelija ja tietomallikoordinaattori (18.5.2020)

Maija Carlstedt. Sitowise Oy, Espoo-Salo-oikorata Espoo-Lohja-suunnitteluvälin Tiesuunnittelun tekniikka-alavastaava (31.3.2020)

Marja Oittinen Sitowise Oy, Espoo-salo-oikorata Espoo-Lohja-suunnitteluvälin Ympäristösuunnittelu (29.5.2020)

Markus Moilanen. Sitowise Oy, Espoo-Salo-oikorata Espoo-Lohja-suunnitteluvälin Ratasuunnittelun tekniikka-alavastaava (30.3.2020)

Teo Rinne Sitowise Oy, ympäristömalliasiantuntija (29.5.2020)

Ulla Sipola Sitowise Oy, Espoo-Salo-oikorata Espoo-Lohja-suunnitteluvälin Tunnelisuunnittelun tekniikka-alavastaava (24.3.2020)

Virpi Kaarakainen Sitowise Oy, Espoo-Salo-oikorata Espoo-Lohja-suunnitteluvälin Geosuunnittelun tekniikka-alavastaava (3.4.2020)