



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Infrahankkeiden massatalous

*Jouko Kankainen
Professori, TKK, Rakentamistalous
jouko.kankainen@hut.fi*

*Olli Seppänen
Tuotekehitysjohtaja, DSS Oy
olli.seppanen@dynassol.com*

Maa- ja kalliomassojen hankinnan ja käsittelyn kustannukset voivat nousta isoissa infrahankkeissa 60–65 %:iin hankkeen kokonaiskustannuksista. Tämän vuoksi massatalouden hallinta muodostaa tilaajalle merkittävän keinon hankkeen kokonaiskustannusten ohjaukselle ja urakoitsijalle keinon parantaa omaa kilpailuasemaansa tarjouskilpailussa. Kun lisäksi maa- ja kalliomassojen hankinta vaikuttaa merkittävästi maisemaan ja ympäristöolosuhteisiin, on massatalouden hallinta eräs keskeisistä infrarakentamisen osaamisen alueista.

Massatalouden suunnittelu

Infrarakentamisessa hankkeen massataloudesta päätetään sekä suunnittelu- että tuotantovaiheessa. Näillä päätöksillä vaikutetaan hankkeen kokonaiskustannuksiin. Vaikutusmahdollisuudet ovat viime vuosina parantuneet mm. tiehankkeissa kehittämällä hankkeen suunnitelmien taloudellisuuden ohjausta ja yhdistämällä rakennussuunnittelu osaksi tuotannosuunnittelua KVV-rakennuttamisen avulla.

Massatalouden suunnittelu on uusi ajattelutapa, vaikkakin siitä on alettu puhumaan jo 1980-luvulla. Perinteisesti infrarakentamisessa on suunnitteluvaiheessa pyritty leikkaus- ja pengermassojen tasapainoon ja mikäli massatasapainoa ei ole saavutettu, on ryhdytty etsimään varamapaikkoja ja kiviainesten ostomahdollisuuksia. Parhaat suunnittelijat ovat tällöin myös miettineet vaihtoehtoisia rakennusratkaisuja mm. pehmeikkörakentamiseen liittyen. Totutusvaiheessa massojen käytön suunnittelu on ensisijassa ollut massojen siirtojen optimointia erilaisten atk- ja käsinlaskentamenetelmien avulla. Parhaimmillaan optimointi on perustunut siirtokustannuksiin.

Massatalouden suunnittelu on enemmän. Massataloudesta on kyse hankkeessa käsiteltävien maa- ja kalliomassojen kokonaisuudesta sekä käyttökelpoisuudesta sekä vaihtoehtoisten rakenne- ja tuotantoratkaisujen kokonaiskustannusten hallinnasta. Hallinnan lähtökohtana on hyvän suunnittelun piirteissä tehtävä kustan-

nusten minimointi massaoptimoinnin ja riskitarkastelun avulla.

Massatalouden hallinnan keinot

Suunnitteluvaiheen massatalouden keskeisenä lähtökohtana on hankeosittain tehty hankkeen kustannusarvio, joka mahdollistaa hankeosien tarpeellisuuden, laatutason ja kelvollisten suunnitteluratkaisujen kriittisen tarkastelun eli hankeohjelman tarkastamisen.

Suunnitteluvaiheessa massatalouteen voidaan vaikuttaa tielinjauksen ja tasauksen suunnittelun sekä penkereiden ja muiden tierakenteiden perustamistapavalinnoilla. Tasausviivan korkeusaseman muutosten vaikutukset ovat olleet case-tutkimuksissa $-2...+7\%$ kokonaiskustannuksista ja rakennusratkaisujen vaikutukset ovat olleet $-1...+4\%$.

Massatalouden hallinta edellyttää hankekohtaisten massatalousalueiden määrittelemistä. Määrittelyksen lähtökohtana on massojen kuljetusesteet (esim. joki) tai työn alle kerralla otettava tuotantolohko (esim. olevan tiestön ylityskohdat) tai alueet, joissa leikkaus- ja käyttökelpoiset massat ovat tasapainossa.

Tuotantovaiheen massatalouden hallinta perustuu materiaalien käyttökelpoisuuden, kuljetusreitien ja kuljetuskaluston sekä ajoituksen kokonaisuoptimointiin. Optimoinnin peruslähtökohtina ovat seuraavat yleisperiaatteet:

- Kaikki käyttökelpoiset massat on pyrittävä hyödyntämään tierakenteissa. Tämä tarkoittaa käytännössä käyttökelpoisuuden maksimointia eli että materiaali sijoitetaan aina vaativimpaan mahdolliseen rakenteeseen käyttäen tarvittaessa sopivaa jalostusmenetelmää.
- Tierakenteisiin ja toisarvoisiin täyttöihin kelpaamattomia massoja on leikattava mahdollisimman vähän kokonaisuusmassatalous huomioiden ottaen. Tähän päästään esimerkiksi minimoimalla massanvaihdot selvittämällä vaihtoehtoisten pohjanvahvistustoimenpiteiden taloudellisuus massanvaihtojen korvaajina ja käyttämällä niitä mahdollisuuksien mukaan.
- Massojen välivarastointia on vältettävä, koska välivarastoinnista aiheutuu ylimääräisiä

kuljetus- ja muita resurssikustannuksia. Olosuhdeherkkiä massoja välivarastoitaessa on otettava huomioon, että sateiden, pintavesien tai heikkolaatuisen pohjamaan takia välivarastoitujen massojen kelpoisuus tierakenteisiin saattaa vaarantua. Välivarastointi aiheuttaa aina myös massahävikkiä, jonka suuruus riippuu käytetyn kaluston lisäksi välivaraston korkeudesta sekä pinta-alasta. Hävikin suuruusluokka on 2–15 %.

- Olosuhteiden vaikutukset massojen kelpoisuusiin ja työmaa-alueella liikkumiseen on otettava huomioon laatimalla useita vaihtoehtoisia aikatauluja ja massansiirtosuunnitelmiä vastaamaan erilaisia olosuhteita.
- Kuljetusetäisyydet on minimoitava. Tämä on välttämätön toimenpide, etteivät massansiirtokustannukset pääsisi dominoimaan hankkeen kokonaiskustannuksia. Ongelman ratkaisemiseen on olemassa erilaisia algoritmeja.
- Meno-paluu kuljetuksia on käytettävä mahdollisuuksien mukaan. Näin kuljetusvälineiden hyötykäyttöä saadaan maksimoitua ja hankkeen massansiirtokustannukset pienenevät oleellisesti.

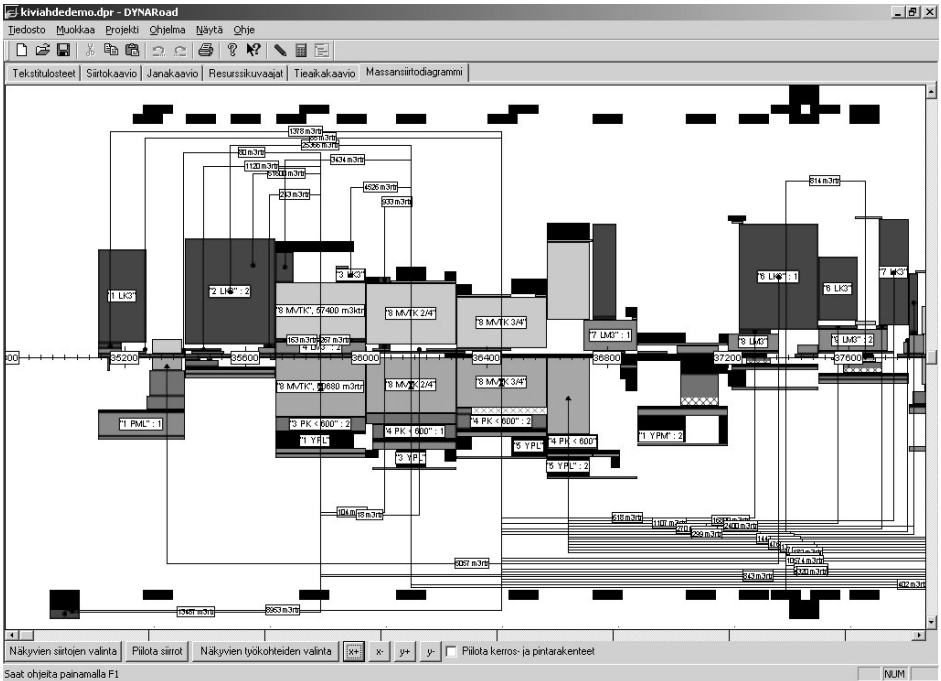
Yleisperiaatteiden rinnalla massatalouden hallinta edellyttää työaikaista suunnitteluratkaisujen uudelleenarviointia puutteellisten tai virheellisten maa- ja kallioperätietojen, olosuhteiden ja tuotannon muutosten seurauksena. Vaihtoehtoina voi tulla kyseeseen perustamistapojen muutokset, luiskakaltevuuksien muutokset, kevennysrakenteet, materiaalien laadunparannustoimenpiteet, korvaavien materiaalien kuten teollisuuden sivutuotteiden käyttö tai kiiviainesten osto.

Massatalouden suunnittelun it-ratkaisu

Massatalouden suunnitteluun on Suomessa kehitetty it-ratkaisu, DynaRoad-ohjelmisto, jonka tarkoituksena on vapauttaa suunnittelija optimoinnin sijasta analysoimaan hanketietoja ja -riskejä sekä etsimään eri suunnitteluvaihtoehtoja.

DynaRoad-ohjelmisto perustuu massatalouden hallinnan puitteissa kolmitasoiseen suunnitteluun:

- kustannusten optimointiin resurssisuunnittelun, ajoituksen ja massansiirron avulla



Kuva 1. Massansiirtodiagrammi.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	XX / Projekti					XXXXXX -URAKKA				
2										
3	Projekti Tie ZZ, kaupunki x - kaupunki y					PAALUKOHTAINEN MASSALUETTELO				
4										
5	ALUSRAKENNE									
6	OLEVAT RAKENTEET					LEIKKAUKSET, AVO-OJAT				
7	PAALU	P-maa	Pinta		R-multa	LM1	LM3	OSM3	Kv	MVK
8		m2	m3ktr	m2	m3ktr	m3ktr	m3ktr	m3ktr	m3ktr	m3ktr
9										
10	35110	760	97				407			
11	35120	757	62				56			
12	35130	797	125				227			
13	35140	532	106				572			
14	35150	541	71				84			
15	35160	535	35				96			
16	35170	537	20				16			
17	35180	538	34				115			
18	35190	537	2							
19	35200	536	12							
20	35210	537	63				2			
21	35220	536	8				12			
22	35230	539	8				4			

Kuva 2. Lähtötietojen automaattinen tekeminen paalukohtaisista määräluetteloista.

- kustannusten optimointiin vaihtoehtoisten suunnitteluratkaisujen avulla
- hankeosatasoiseen vaihtoehtotarkasteluun kustannusohjauksen päätöksiä varten.

Suunnittelun lisäksi ohjelmiston avulla voidaan ohjata ja valvoa hanketta sekä tutkia muutosten vaikutuksia hankkeen lopputulokseen.

Ohjelmiston tulosteet ovat havainnollisia, mm. aikataulu tieaikakaaviona ja massansiirtodiagrammi (kuva 1.). Lisäksi ohjelmisto mahdollistaa lähtötietojen automaattisen tekemisen paalukohtaisista määräluetteloista (kuva 2) ja käyttäjän antamaan erilaisia hankekohtaisia käyttörajoitteita, kuten materiaalien käyttökel- poisuusluokat, resurssien käytön, massojen käsittelyn ajankohdan, riippuvuuden muista töistä ja materiaalien yksityiskohtaiset käyttökohteet.

Tutkimustyöllä luotu pohjaa it-ratkaisuille

Infrarakentamisessa edellytetään entistä parempaa kustannustehokkuutta, mikä edellyttää suunnitelmien kustannusohjausta ja massatalouden hallintaa. Massatalouden hallinnan tutkimustyö on luonut pohjan it-ratkaisuille ja sitä kautta parantanut edellytyksiä rakentaa infrarakenteita entistä taloudellisemmin.