

# Mat-2.177

## Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari

**Projektisuunnitelma  
18.2.2003**

<b>Projekti</b>	Monitavoitteinen portfolio-optimointi tiestön päällystämishankkeiden valinnassa
<b>Asiakas</b>	Inframan Oy
<b>Yhteyshenkilö</b>	Jaakko Dietrich, <a href="mailto:jaakko.dietrich@inframan.fi">jaakko.dietrich@inframan.fi</a>
<b>Projektiryhmä</b>	Juuso Liesiö, projektipäällikkö, <a href="mailto:Juuso.Liesio@hut.fi">Juuso.Liesio@hut.fi</a> Pekka Mild, <a href="mailto:Pekka.Mild@hut.fi">Pekka.Mild@hut.fi</a> Lauri Salminen, <a href="mailto:Lauri.Salminen@iki.fi">Lauri.Salminen@iki.fi</a> Liisa Ikonen, <a href="mailto:Liisa.Ikonen@hut.fi">Liisa.Ikonen@hut.fi</a>

## Lähtökohdat

Työn toimeksiantajana on väyläomaisuuden hallintaan erikoistunut konsulttiyritys Inframan, jonka keskeisimpänä asiakkaana on Tiehallinto. Tiehallinto suunnittelee vuosittain Suomen tiestön kunnossapito-ohjelman, eli valitsee päällystys- ja kunnostushankkeista kunakin vuonna toteutettavat. Tiehallinto kerää monipuolista tietoa tiestön kunnosta. Tiestä mitataan esimerkiksi urien syvyyttä, tasaisuutta, vaurioita ja kantavuutta. Lisäksi mitataan tiestön käyttöastetta henkilö- ja raskaan liikenteen vuorokausiliikennemäärinä. Tiestön kuntotiedon keräämistä on tutkittu ja kehitetty viime vuosina voimakkaasti.

Kuntotietoon pohjautuen tiestöstä laaditaan vuosittain lista ehdolla olevista kunnostushankkeista. Jokaisesta kohteesta on tiedot tien kunnosta ja arvio kunnostuksen kuluista. Lisäksi tiedossa on kunnostuksesta aiheutuvat kustannussäästöt autoilijoille sekä aika, jonka tie kestää ennen seuraavaa kunnostusta. Näistä hankkeista tulisi valita kunnostettavat eli ns. päällystysohjelma. Rajoitteena on vuotuinen budjetti, jonka puitteissa päällystysohjelma tulee toteuttaa.

## Tavoitteet

Nykyisellään Tiehallinto ei hyödynnä olemassa olevaa kuntotieto-dataa kovinkaan laaja-alaisesti. Aineisto kuvailee tiestön kunnostustarvetta monen kriteerin suhteen, mutta teitten kunnostamisesta päätetään ensisijaisesti maksimoimalla yhtä kuntotietoaineistosta johdettua mittaria (peittoprosenttia), joka kertoo, kuinka suuri osuus kustakin hanke-ehdokkaasta on kyseisen tieosuuden liikennevirtaan suhteutettuna huonokuntoista.

Tässä työssä tutkitaan monitavoitteisen päätöksenteon, erityisesti monitavoitteisen portfolio-optimoinnin (engl. Multiple criteria capital budgeting) käyttömahdollisuuksia vuosittaisen päällystysohjelman valinnassa. Tavoitteena on muodostaa menetelmä hankekannan monitavoitteisen analysoinnin ja valinnan tueksi, s.e. päällystysohjelman valinnassa hyödynnettään nykyistä kuntotietoa useamman kriteerin suhteen.

Työssä käytetään yhden tiepiirin hankejoukkoa esimerkkiaineistona. Tässä vuosittainen hankejoukko on noin 600 hanketta, joiden joukosta optimaalinen päällystysohjelma tulisi löytää. Käytettävissä oleva budjetti mahdollistaa n. 400 hankkeen toteuttamisen.

Työssä hahmotellaan monitavoiteoptimoinnin oletuksiin soveltuvaa kriteeristöä. Kriteerien määrä täytyy olla sellainen, että ongelma on järkevästi ratkaistavissa. Lisäksi työn tuloksena hahmotellaan laskentaan

tarvittavia algoritmeja ja käyttöliittymää, sekä kuvataan ehdotuksia toimivasta päätöstukiprosessista.

Työ rajataan siten, että työssä ei ohjelmoida valmista päätöstuki-järjestelmää, vaan tarkastelut tehdään teorian ja erilaisten esimerkkiajojen tasolla. Työssä ei myöskään puututa tiehallinnon tiedonkeräämiseen tai kerätyn tiedon luonteeseen. Työssä ei siis kehitetä vaihtoehtoisia ratkaisuja datan keräämiseen, vaan keskitytään olemassa olevan tiedon monikriteeriseen hyödyntämiseen.

## Toimenpiteet

Matemaattisesti asiakastahon asettama tehtävä on monikriteerinen optimointitehtävä binäärimuuttujin. Jokainen hanke-ehdokas ( $m$  kpl) tuottaa tiettyä tulemaa (engl. outcome) usean kriteerin ( $n$  kpl) suhteen. Tehtävänä on muodostaa hanke-ehkokkaista (projekteista) päällystysohjelma (portfolio), joka tuottaa mahdollisimman suuren kokonaisarvon yli kaikkien kriteerien. Lähtökohtaisesti oletetaan, että päätöksentekijä ei osaa/halua antaa täydellistä informaatiota eri tavoitteiden keskinäisestä tärkeydestä (jolloin tehtävä redusoituisi tavalliseksi optimointitehtäväksi). Lisäksi oletetaan, että tehtävälle ei löydy ratkaisua, joka samanaikaisesti maksimoisi jokaisen kriteerin tuleman.

Monitavoitteista optimointia on tutkittu voimakkaasti varsinkin 1980-luvulla. Projektihenkilöstöstä Mild ja Liesiö tutkivat tätä kenttää diplomitöissään. Etenkin jatkuvien muuttujien tehtävätyypille on kehitetty useita ratkaisutapoja (katso esim. Steuer, 1986).

Yksinkertaisin tapa esittää esittää porfolion kokonaisarvo on additiivinen malli, jossa kaikkien kriteerien arvofunktiot ovat lineaarisia. Kriteerit ovat harvoin yhteismitallisia, mutta normeeraamalla kriteerikohtaiset tulemat välille  $[0,1]$  saadaan arvofunktiot mitattomiksi suureiksi, jotka voidaan laskea yhteen.

Tässä projektissa käytettävä aineisto ja konteksti toteuttavat erittäin hyvin additiiviselle mallille asetettavat oletukset (katso esim. Clemen, 1996), joten tehtävä mallinnetaan näin. Arvofunktiot muodostetaan s.e. muodostetaan kunkin kriteerin suhteen erikseen maksimaalinen portfolio, jonka tuottamaa tulemaa käytetään vastaavan kriteerin arvofunktion skaalaustekijänä. Näin jokaisen käyvän portfolion arvofunktio saa arvon väliltä  $[0,1]$  jokaisen kriteerin suhteen. Näitä arvoja lasketaan yhteen painotettuna kertoimilla, jotka ovat ei-negatiivisia ja joiden summa on 1. Eri painovektorit preferoivat tavoitteita eri tavoin ja tuottavat siten (mahdollisesti) eri ratkaisuja.

Ratkaisun lähtökohdaksi valitaan tehokkaiden (pareto-optimaalisten, kts. esim. Mat-2.105 kurssimateriaalit) ratkaisujen selvittäminen epätäydellisellä preferenssi-informaatiolla. Ideana on siis laskea kaikki annetun preferenssi-informaation, joka siis tuottaa jatkuvan joukon käyviä painovektoreita,

valossa tehokkaat portfoliot ja hahmotella päätösprosessi, jossa päätöksentekijä valitsee lopullisen ratkaisuportfolion tehokkaiden portfolioiden joukosta tai näiden yhdistelmänä. Mild esittää diplomityössään tarkan ratkaisualgoritmin kyseessä olevan tehtävätyypin tehokkaiden ratkaisujen laskemiseen. Approksimatiivisena lähestymistapana voidaan käyttää simulointia tai systemaattista painoalueen kartoitusta.

Projektityön datalla suoritettujen koeajojen perusteella olemme valinneet tehtävän ratkaisumenetelmäksi approksimatiivisen grid-laskennan. Jatkuvan käyvän painoalueen ylle rakennetaan systemaattinen hilapisteistö, jossa kussakin lasketaan yksittäinen LP-tehtävä. Menetelmä antaa hyvän approksimaation tehtävän tehokkaista portfoliosta, ja etenkin eri kriteerille saavutettavissa olevista suoritustasoista. Asiakkaan mukaan approksimatiivisen menetelmän antama tarkkuus ja ratkaisujen luonne sopivat asetettuun ongelmaan erittäin hyvin. Myös menetelmät mahdollistamat epätäydelliset preferenssiarviot (esim. tavoitteiden tärkeysjärjestys) ovat olleet asiakkaalle mieleisiä.

Grid-menetelmän laskenta-aika riippuu sekä monitavoitteisessa arvomallissa käytettävien kriteerien määrästä että painohilaan valitusta erotettelu-tarkkuudesta. Näin ollen menetelmällä voidaan laskea laajempia malleja alhaisemmalla tarkuudella tai suppeampia malleja suuremmalla tarkuudella. Lisäksi menetelmän vaatima laskenta-aika on suoraan ennustettavissa tehtävän koon perusteella.

Projektin tuloksina hahmotellaan eri kokoisten ongelmien kompleksisuutta ja tarvittavaa laskenta-aikaa. Lisäksi vertaillaan valitulla menetelmällä saatuja ratkaisuja erilaisten yhden kriteerin suhteen optimoivien heuristiikkojen tuottamiin ratkaisuihin sekä yhteen tiehallinnon toteutuneeseen päällystysohjelmaan. Päätöstukeen hahmotellaan erilaisia interaktiivisia ratkaisuja, joilla päätöksentekijä voisi implisiittisesti muodostaa tehokkaista portfoliosta omiin preferensseihinsä parhaiten sopivan ratkaisun.

Asiakas epäilee, että potentiaalisten loppukäyttäjien keskuudessa saattaa esiintyä epäluuloja ja muutosvastarintaa tällaista monitavoitteista päätöstukijärjestelmää kohtaan, joten menetelmän käyttäjäystävällisyyden, läpinäkyvyyden ja “maanläheiseen” kommunikointiin on syytä kiinnittää erityistä huomioita. Loppukäyttäjien tottumukset tulee huomioida myös malliin valittavan kriteeristön ja tulosten esittämisen suunnittelussa.

## Resursointi

Projektipäällikkönä toimii Juuso Liesiö. Työryhmän jäseninä toimivat Lauri Salminen, Liisa Ikonen sekä Pekka Mild. Liesiö hoitaa projektipäällikkönä yhteydenpidon asiakasyritykseen sekä lisäksi projektin arviointiin ja seurantaan liittyvät esitykset.

Projektin eri vaiheet ja niiden työnjako on esitetty taulukossa 1. Tehtävien jaossa pyritään hyödyntämään ryhmän jäsenten erikoisosaamista sekä huomioimaan mahdollisimman hyvin ryhmän jäsenten kiinnostuksen kohteet.

Salminen ja Ikonen perehtyvät tienpidon käytäntöihin ja saatavilla olevien mittaustietojen käyttöön tutustumalla Tiehallinnon omiin julkaisuihin. Mild ja Liesiö puolestaan hyödyntävät aihepiirin tuntemustaan ja lähestyvät ongelmaa laskennalliselta kannalta kokeilemalla eri mallien soveltuvuutta tilanteeseen. Koko ryhmä osallistuu suunnitelman laatimiseen ja lopullisen mallin kehittämiseen.

Ikonen ja Salminen vastaavat väliraportin laatimisesta. Liesiö ja Mild huolehtivat lopullisista laskenta-ajoista Salmisen auttaessa osaamisensa puitteissa. Loppuraportin laatimiseen osallistuu koko ryhmä yhdessä. Asiakasyrityksen mahdollisesti jälkikäteen pyytämän esittelyn hoitaa Liesiö.

<b>Tehtävä</b>	<b>Liesiö</b>	<b>Mild</b>	<b>Salminen</b>	<b>Ikonen</b>
Aihepiiriin tutustuminen			50 %	50 %
Menetelmiin perehtyminen	50 %	50 %		
Alustavat testiajot	50 %	50 %		
Suunnitelman laatiminen	25 %	25 %	25 %	25 %
Lopullisen mallin kehittäminen	25 %	25 %	25 %	25 %
Väliraportin laatiminen			50 %	50 %
Ajot lopullisella mallilla	40 %	40 %	20 %	
Loppuraportin laatiminen	25 %	25 %	25 %	25 %
Esittely Tiehallinnolle (mahd.)	100 %			

**Taulukko 1 : Resursointi**

## **Aikataulu**

Projekti tullaan toteuttamaan tammikuun puolenvälin sekä huhtikuun lopun välisenä aikana. Eri vaiheiden suunnitellut toteutusajankohdat on esitetty kaaviossa 1. Projektin kannalta kriittisiä vaihteita ovat väli- ja loppuraporttien palautusajankohdat; asiakasyrityksen suunnalta projektiin ei kohdistu aikapaineita.

Projekti aikataulu															
Viikko	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Aihepiiriin tutustuminen		■	■	■											
Menetelmiin perehtyminen		■	■	■											
Alustavat testiajot			■	■	■										
Suunnitelman laatiminen				■	■	■									
Suunnitelman palautus DL					◆										
Lopullisen mallin kehittäminen					■	■	■	■	■						
Väliraportin laatiminen								■	■	■					
Väliraportti palautus DL									◆						
Ajot lopullisella mallilla							■	■	■	■	■	■	■		
Loppuraportin laatiminen							■	■	■	■	■	■	■	■	
Loppuraportti DL														◆	
Esittely tiehallinnolle														■	■

Kaavio 1 : Projektin aikataulu

## Riskit ja niiden hallinta

Työssä on riskejä liittyen aineistoon, ohjelmistoihin ja loppukäyttäjiin. Tiehallinnon keräämässä aineistossa riskinä on, ettei asiakas osaa valita kriteerijoukosta tärkeimpiä ja asettaa niitä tärkeysjärjestykseen. Mikäli järkevää kriteerijoukkoa ei löydy eikä niiden tärkeydestä tiedetä, on vaikea muodostaa hyvää mallia ongelman ratkaisuun.

Myös aineiston laajuus ja siitä aiheutuvat ohjelmistolliset rajoitteet täytyy ottaa huomioon. Liian monimutkaisesti rakennetun mallin käyttäminen voi olla työlästä tai jopa mahdotonta, jos ratkaisun löytämiseen menee ohjelmalta liian pitkä aika. Siksi tärkeää on rakentaa malli siten, että optimaalisen päällystysohjelman löytäminen on mahdollista kohtuullisessa ajassa.

Ongelmana loppukäyttäjien kanssa on, että työryhmä on yhteydessä lähinnä Inframaniin, mutta minkäänlaista kontaktia ei ole henkilöihin, jotka oikeasti tekevät päätöksiä päällystysohjelmasta. Riskinä on, että vaikka toimeksiantaja Inframan olisi tyytyväinen lopputulokseen, ei loppukäyttäjä sitä välttämättä ole.

Riskejä pyritään pienentämään suunnitelmallisella ryhmän sisäisellä tehtävänjaolla. Kukaan jäsenistä ei ole yksin vastuussa mistään projektin osasta, vaikka tehtäviä jaetaan ryhmän erityisosaamisen mukaan.

Mallia rakennetaan tietokoneella alusta asti. Jo saadulle datalle tehdään testiajoja, jotta hahmotetaan jo mallin rakennusvaiheessa käytännön toteuttamisen mahdollisuutta. Tällä pyritään minimoimaan riskiä siitä, että malli tulisi liian monimutkaiseksi. Asiakkaaseen pidetään tiiviisti yhteyttä, jotta malli olisi asiakkaan toivomusten mukainen

## **Viitteet**

1. Steuer, R. E., 1986. Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application, Wiley.
2. Clemen, 1996. Making Hard Decisions – An Introduction to Decision Analysis, 2nd Edition, Duxbury Press, Cambridge.