

UPM-Kymmene Oyj Metsä  
Leimikon esisuunnittelu - korjuukelpoisuus- ja  
saavutettavuusanalyysi  
Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari 2009  
Projektisuunnitelma

Juha-Matti Koljonen  
Juho Matikainen  
Joni Nurmentaus  
Matti Paatsama  
Juha Valvanne  
Lasse Östring

# 1 Taustaa

UPM-Kymmene Oyj syntyi vuonna 1996 Repola Oy:n tytäryhtiö Yhtyneiden Paperitehtaiden ja Kymmene Oy:n fuusion tuloksena. Se on yksi maailman suurimmista metsäteollisuusyhtiöistä 9,46 miljardin euron liikevaihdollaan ja työllistään maailmanlaajuisesti noin 25 000 ihmistä (2008). UPM on myös Suomen suurin yksityinen metsänomistaja.

UPM on ollut aktiivisesti mukana kehittämässä metsävarojen inventointiin uutta laserkeilaukseen perustuvaa menetelmää. Laserkeilauksessa lentokoneesta lähetettävien laserpulssien paluuaikoja mittaamalla ja GPS-paikannusta hyväksikäyttäen saadaan aikaan yksityiskohtainen kolmiulotteinen malli puuston rakenteesta. Havaittujen rakenne-erojen perusteella metsä jaetaan puustokuvioihin. Menetelmän sivutuotteena saadaan myös perusteellinen kartta maaston korkeuseroista.

Laserkeilaukseen pohjautuva inventointi avaa tarkkuudellaan ja nopeudellaan uusia mahdollisuuksia metsäteollisuustoiminnan kehittämiseen, mistä esimerkkinä toimii TKK:lla 2008 tehty tilaustutkimus, jossa puustokuvioaineiston pohjalta tuotettiin algoritmi leimikoiden eli yhtenäisten, samalla hakkuumenetelmällä käsiteltävien alueiden muodostamiseen. Nyt toteutettava projektityö on suora jatke leimikoiden muodostamiselle; tavoitteenamme on määrittää optimaaliset ajankohdat ja olosuhteet leimikoiden korjaamiselle.

# 2 Tavoitteet

Työn päämääränä on toteuttaa laskentarutiini leimikoiden korjuuajankohtien sekä puutavaran lähikuljetusreittien (metsästä tielle) optimoimiseksi. Tavoite voidaan jakaa pienempiin osatavoitteisiin seuraavasti:

1. Puustokuvioiden korjuukelpoisuuden määrittäminen puustokuvion vallitsevan puulajin ja maaperän laadun perusteella.

2. Vaihtoehtoisten metsäkuljetusreittien määrittäminen leimikoille tai niiden osille ottaen huomioon korjuukelpoisuudet sekä maaston asettamat rajoitukset.
3. Leimikoiden korjuuajankohtien optimointi käyttäen hyväksi leimikon osien vaihtoehtoisia metsäkuljetusreittejä sekä metsäkuljetuksen kustannustietoja.
4. Mahdollisesti useasta leimikosta koostuvan esimerkkialueen korjausajankohtien kokonaisoptimointi tietyillä lisärajoituksilla ja tavoitteilla.

### 3 Resurssit

Projektin käytettävissä olevat henkilöresurssit koostuvat ensisijaisesti projektiryhmän jäsenistä. UPM-Kymmene Oyj:n puolelta projektiin liittyviä henkilöitä ovat metsävaratietoasiantuntija Kauko Kärkkäinen, resurssipäällikkö Tero Anttila, metsäsuunnittelupäällikkö Janne Uuttera ja projektiasiantuntija Jaakko Lehtinen. Lisäksi osaltaan projektin etenemiseen on vaikuttamassa Operaatiotutkimuksen projektityöseminaarin kurssihenkilökunta, eli TkT Juuso Liesiö, TkL Antti Punkka ja tekn. yo. Matti Ollila.

Yleisemmin käytössä olevia resursseja projektin toteuttamista varten ovat pilottialueen digitaaliset tieverkostokartat, maaperäkartat, puustokuviot ja Jarno Leppäsen valmisteilla olevassa diplomityössään toteuttama leimikointi. Projektityöhön liittyvän matematiikan tullaan ainakin osin nojaamaan esimerkiksi TKK:n Systemianalyysin laboratorion järjestämien kurssien Dynaaminen optimointi ja Lineaarinen ohjelmointi kurssimateriaaliin.

Henkilöiden yleisinä työalueina ovat Matti Paatsamalla Mapinfo, Juha-Matti Koljonen hoitaa datan muokkausta ja projektin seuranta. Aineiston rasteroinnista huolta pitää Lasse Östring, optimointimallin rakentamisen takana on Juho Matikainen. Rasteridatan optimointiin kelpaavia algoritmeja tutkii Joni Nurmentaus ja korkeuskarttadatan binäärimuotoon saattamisesta huolehtii Juha Valvanne.

## 4 Projektin kulku

Ensimmäisenä osana on pienen testialueen valinta Janakkalan luoteisosan leimikkodatasta. Pyritään valitsemaan alue, jolla on useita maalajeja ja korkeuseroja. Seuraavaksi tälle testialueelle on muodostettava matriisimuotoinen data-aineisto. Korkeuskartta on jo oikeassa muodossa, mutta se on saatava binääriseksi kulkukelpoisuuden mukaan. Lisäksi matriiseiksi on muutettava puustokuviot, leimikot ja maaperäaineisto.

Kun puustokuvioaineisto ja tieverkko on saatu kohdistettua, voidaan aloittaa toimivan optimointimallin rakentaminen. Käytännössä jokaisesta puustokuvion reunapisteestä lähdetään etenemään, ja lasketaan kustannus kulkea reunapisteestä kyseiseen pisteeseen kumulatiivisesti. Pelkän puustokuvioaineiston ja tieverkon yhdistelmänä optimi on suora lyhin viiva puustokuviolta tielinjaukseen.

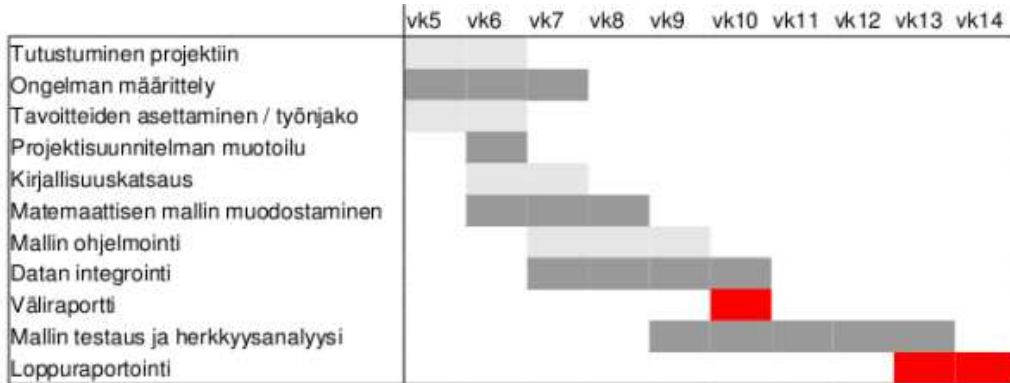
Seuraavassa vaiheessa lisätään maaperästä johtuvat kulkukustannukset. Nyt kustannus riippuu korjuuajankohdasta, ja reitti muotoutuu kelpoisten maa-alueiden läpi kulkeväksi. Reitti muuttuu ajankohdan mukaan. Kesällä kaikkia alueita ei voida korjata, mutta routatalvi-olosuhteet mahdollistavat kaiken puuston hakkuun.

Kolmas vaihe sisältää korkeuskäyrädatasta aiheutuvien läpikulkemattomien esteiden kiertämisen. Tämä toteutetaan lisäämällä ääretön kustannus reitille joka kulkee kyseisen pisteen läpi.

Kun optimointimalli toimii jokaiselle puustokuviolle erikseen, voidaan muuttaa optimointimalli toimimaan kokonaisille leimikoille. Leimikko sisältää useita puustokuvioita ja nyt pyritään optimoimaan ajankohta koko leimikon hakkuulle, ja sen jakaminen osiin.

Viimeinen tavoite on tuottaa tutkimuksen tilaajalle musta laatikko, joka kertoo annetuilla parametreilla parhaan tavan kerätä annettu leimikko. Tämän tulisi olla itsenäinen suoritettava ohjelma, joka hoitaa annetusta datasta valmiin lopputuloksen. Data annetaan tälle vektorikarttoina ja rasterimuotoisena korkeuskarttana.

Projektin suunniteltu aikataulu on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1: Projektin ajankäyttösuunnitelma.

Taulukkoon on merkitty eri osa-alueiden arvioidut kestot ja ajat milloin niiden tulisi olla valmiita. Koska kellään ryhmässä ei ole tietoa vastaavanlaisten projektien tekemisestä, kaikki ajat ovat vain arvioita. Materiaalin perusteella kokemattomilla tekijöillä menee projektin osien kanssa yli kaksinkertainen aika arvioituun nähden. Tämä on pyritty ottamaan huomioon sallimalla pidemmät ajat eri osa-alueille.

Kriittisiä osia projektin toteutumisessa on eri datojen yhteensovittaminen ja tämän automatisointi. Sen jälkeen kun eri vektori- ja rasteriaineistot saadaan yhdistettyä järkeviksi matriiseiksi ohjelmistossa, ei jäljellä ole kuin kohtalaisen yksinkertainen simulointi.

Tarkemmin projektiin liittyvät riskit on eritelty kuvassa 2. Ehkä eniten huolenpitoa tarvitsee aikataulun tarkka seuranta ja projektin osa-alueiden integrointi.

<b>Riski</b>	<b>Vaikutus</b>	<b>Todennäköisyys</b>	<b>Ennaltaehkäisy</b>
<b>Epäonnistuminen matemaattisen mallin luomisessa</b>	Suuri	Pieni	Ongelman selkeä määrittäminen ja jaottelu
<b>Epäonnistuminen matemaattisen mallin muuttamisessa toiminnalliseksi malliksi</b>	Suuri	Pieni	Huolellinen tutustuminen kirjallisuuteen, yhteyden pitäminen kurssihenkilöstöön
<b>Mallin laskenta vie liikaa aikaa</b>	Kohtalainen	Kohtalainen	Mallin selkeä rajaaminen. Mallin jakaminen osamalleihin.
<b>Ongelmat malliin viimeistelyssä, mallin epävakaisuus</b>	Suuri	pieni	Tarvittavan ajan ja resurssien varaaminen troubleshootingiin
<b>Aikatauluun liittyvät ongelmat</b>	Kohtalainen	Kohtalainen	Huolellinen ja jatkuva aikataulun ja resurssien käytön suunnittelu, sekä seuranta
<b>Projektin laajuuteen liittyvät ongelmat</b>	Pieni	Kohtalainen	Projektin tavoitteiden ja laajuuden selkeä määrittäminen projektin alkuvaiheissa

Kuva 2: Tärkeimmät projektin toteuttamiseen liittyvät riskit.