

Leimikoiden apterausvaihtoehtojen optimointi – esitutkimus

Vesa Imponen

Metsätehon raportti 48
24.2.1998

Konsortiohanke: A.Ahlström Osakeyhtiö, Aureskoski Oy,
Enso Oy, Koskitukki Oy, Kuhmo Oy,
Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta,
Pölkky Oy, UPM-Kymmene Oy,
Vapo Timber Oy, Visuvesi Oy

Suomen Puututkimus Oy ja sen osakkaat

Osoite: PL 367 (Tekniikantie 12)
02151 Espoo

Puhelin: (09) 4354 2022

Telekopio: (09) 466 695

Asiasanat: apteraus, allokointi

© Metsäteho Oy

Helsinki 1998

SISÄLLYS

Sivu

| | |
|---|-----------|
| ALKUSANAT | 4 |
| TIIVISTELMÄ | 5 |
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 AIEMMAT TUTKIMUKSET | 6 |
| 3 LASKENNALLISTEN KOKEIDEN TULOKSET | 8 |
| 4 TARKASTELU | 13 |
| 5 JATKOTUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA LÄHTÖKOHDAT | 14 |

VIITEKIRJALLISUUS

LIITE A

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on tehty osana Tuotelähtöinen puunhankinta -projektia, jonka omistajina ovat Suomen Puututkimus Oy ja Metsäteho Oy osakkaineen. TEKES on rahoittanut projektia Puun mekaanisen jalostuksen teknologia-ohjelmasta. Projektia on johtanut yhteinen johtoryhmä. Tutkimukset on toteutettu seitsemässä eri osaprojektissa. Aineistojen hankinta on ollut pääosin yhteinen.

Tuotelähtöisessä puunhankinnassa korostuvat teollisuuden asiakaslähtöisyys sekä integroituneen teollisuuden puuraaka-aineen tarkempi prosessiohjaus kannattavuuden mukaan. Tuotelähtöinen puunhankinta -projektissa on kehitetty hakkuukoneryhmän ja varannon ohjauksen toimintamalleja.

Leimikoiden ja runkojen apteerausvaihtoehtojen valinta ja hallinta on puunhankinnan tuloksen kannalta ratkaisevaa. Esimerkiksi Ruotsissa tällä alueella on tehty runsaasti tutkimus- ja kehittämistyötä 1980 -luvun alusta lähtien. Suomessa Puun mekaanisen jalostuksen teknologiaohjelma mahdollisti riittävien tutkimusresurssien kohdistamisen apteeraustutkimukseen.

Tässä osaprojektissa selvitettiin leimikon apteerausvaihtojen ja hakkuujärjestyksen optimointiperiaatteita. Metsätehossa Vesa Imponen vastasi hankkeesta, ja apulaisprofessori Sampo Ruuth osallistui laskentamenetelmien kehittämiseen ja testaukseen.

Tutkimuksessa otettiin lähtökohdaksi Mikael Näsberg'in väitöskirjatyö *Mathematical programming models for optimal log bucking*. Näsberg on johtavia apteerausasiantuntijoita Ruotsissa, ja hän on osallistunut tällä alalla mm. Skogforsk'in hankkeisiin.

Helsingissä 24.2.1998

Vesa Imponen

TIIVISTELMÄ

Puuraaka-aineen tehokas kohdistaminen tuotantolaitoksille ja tuotteisiin on ratkaisevaa metsäteollisuuden logistiikassa. Kuljetuksen ohjaus on jo keskitettyä, ja hakkuukoneapteerauksen, tietoliikenteen ja -järjestelmien kehittyminen mahdollistavat myös korjuun kokonaisemman ja samalla yksityiskohtaisemman hallinnan. Uudet toimintamallit perustuvat osaltaan myös aiempaa laajempaan optimointimatematiikan hyödyntämiseen.

Tässä esitutkimusluonteisessa osaprojektissa selvitettiin käytettävissä olevien matemaattisten ratkaisutapojen soveltuvuutta leimikoiden korjuuohjelman ja apteerausvaihtoehtojen hallintaan. Hankkeessa selvitettiin laskennallisilla kokeilla ns. Column generation -tyyppisen lähestymistavan toimivuutta tukkijakauman ohjauksessa. Laskentayksiköinä olivat runkoluokat ja niistä koostuva runkolukusarja. Lisäksi esitettiin matemaattisessa muodossa lineaarista ohjelmointia soveltavan mallin yhtälörakenne. Saman tyyppinen laskentamenetelmä on käytössä metsäteollisuudessa paperirullien tilausten mukaisessa leikkaamisessa (trimmauksessa) asiakaskohtaisiin leveyksiin.

Tehtyjen kokeiden ja teoreettisen tutkimuksen pohjalta näyttäisi mahdolliselta kehittää keskitetty korjuukohteiden apteerausvaihtoehtojen ja korjuuohjelman hallintasovellus, joka voitaisiin kytkeä yksittäisten hakkuukoneiden katkonnan ohjaukseen. Eteneminen edellyttäisi kuitenkin jatkoselvityksiä ja laajempia testauksia suuremmalla leimikkojoukolla.

1 JOHDANTO

Puunkäyttö on monipuolistunut, ja leimikoiden apteerausvaihtoehtojen valinta koetaan yleisesti merkittäväksi ongelmaksi. Varsinkin kuusella on useita eri käyttövaihtoehtoja, joiden painotus vaihtelee suhdanteiden mukaan. Samalla tukkipuun jakauma pitäisi kyetä ennustamaan ja hallitsemaan.

Korjattavissa pystyvaranto vastaa keskimäärin 2 – 4 kuukauden puunkäyttöä. Vaikka olosuhderajoitteet ja kauppaehdot vähentävät valittavissa olevia vaihtoehtoja, käytännössä korjuuohjelmia mukautetaan ottaen huomioon tehtaiden markkina- ja puuntarvetilanteet. Kausittaisia hankintasuunnitelmia suunnitelmia ei voida tuote- ja markkinalähtöisessä hankintatoiminnassa jäykistää, vaan jatkuva muutosten tarve on lähtökohtana.

Kuljetukset on pitkälti optimoitu pelkästään kustannuksia minimoiden. Kun raaka-aineen ominaisuudet ja arvo otetaan huomioon, kuljetuskustannusoptimista kannattaa poiketa merkittävästikin (Lemmetty ja Imponen 1998). Hankintaorganisaatioissa korjuun suunnittelu on edelleen verraten hajautettua. Korjuuohjelman laatimiseen ja hakkuukoneapteerauksen ohjaukseen tarvitaan keskitetympää otetta, parempia välineitä sekä kattavia puustotietoja. Käytännössä koneyrittäjät ja hakkuukoneiden kuljettajat ovat usein tehneet tavaralajien valintaan ja apteeraukseen liittyviä päätöksiä, jotka eivät välttämättä osu aina toiminnan kokonaisuuden kannalta kohdalleen.

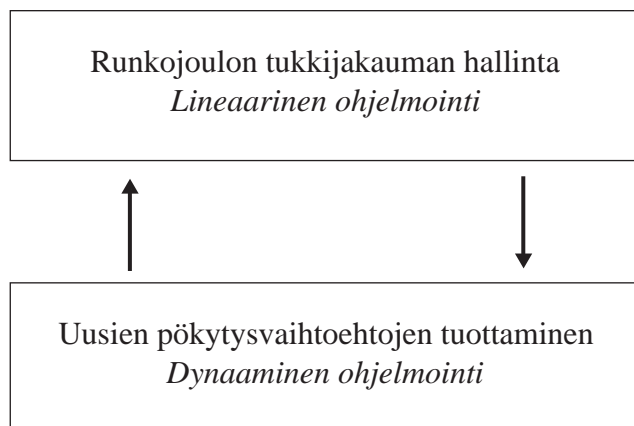
Leimikoista korjattavien tavaralajien ja toimituspaikkojen valinta sekä tukki-jakauman tehdaskohtainen hallinta edellyttävät, että korjuukohteista on käytettävissä katkontavaihtoehtojen tarkasteluun soveltuvat ominaisuustiedot. Nykyistä systemaattisempi ja keskitetympi korjuun ohjaus edellyttää lisäksi, optimointialgoritmien ja tietojärjestelmien kehittämistä.

Tämän esitutkimusluonteisen projektin tavoitteena oli selvittää käytettävissä olevien matemaattisten ratkaistutapojen soveltuvuutta leimikoiden apteerausvaihtoehtojen ja korjuuohjelman hallintaan. Ongelma on haasteellinen, ja tämä tehtävä toteutettiin vaiheittain Tuotelähtöinen puunhankinta projektin johtoryhmän ohjauksessa.

2 AIEMMAT TUTKIMUKSET

Runkojen pölkytyksen optimointi on ollut operaatio- ja metsän tutkijoiden kiinnostuksen kohteena useiden vuosikymmenien ajan. Ongelman rakenne on sama kuin paperirullien leikkauksessa (trimmaus), jossa asiakaskohtaiset rullaleveydet pyritään valmistamaan paperikoneelta tulevasta rullasta siten, että hukka minimoituu (Gilmore ja Gomory 1961, 1963). Heidän esittämänsä ratkaisu perustui dynaamisen ja lineaarisen ohjelmoinnin yhdistämiseen column generation -menetelmän pohjalta. Tähän algoritmiin perustuvat sovellukset ovat olleet tuotantokäytössä paperiteollisuudessa.

Näsberg väitöskirja (1985) käsitteli matemaattisen optimoinnin mallien soveltamista runkojen pölkytyksen optimoinnissa, ja raportti on erinomainen lähde myös tämän alueen aiempaan tutkimukseen perehdyttäessä. Näsbergin ratkaisussa runkojen katkontavaihtoehtoja tuotetaan dynaamisen ohjelmoinnin avulla ja tukkijakauman ohjaus perustuu lineaarisen tavoiteohjelmoinnin käyttöön (kuva 1).



Kuva 1. Tukkijakauman optimointi kaksivaiheisena toistuvalla laskentamenetelmällä.

Hankkeessa toteutetun menetelmä kartoituksen perusteella päädyttiin kokeilemaan ja jatkamaan ongelmanratkaisumenetelmän kehittelyä nimenomaan Näsbergin tulosten pohjalta. Tukkijakaumaongelman käsittelyssä käytetyn iteratiivisen algoritmin vaiheet kuvataan tarkemmin liitteessä A.

3 LASKENNALLISTEN KOKEIDEN TULOKSET

Tukkijakauman optimointialgoritmia testattiin Näsbergin (1985) väitöskirjassa kappaleessa 5.4.3 An Example s. 135 – 146 esitetyn esimerkin pohjalta. Lähtökohtana oli taulukossa 1 esitetty suhteellisen pieniin runkoihin painottunut kuusirunkolukusarja, ja tarkoituksena oli ensin toistaa esitetyt laskentatulokset.

TAULUKKO 1. Apteerattava kuusirunkolukusarja.

| Runkoluokka | Rinnankorkeus- Läpimittaluokka Cm | Runkoja Kpl |
|-------------|--------------------------------------|----------------|
| 1 | 15 | 81 |
| 2 | 16 | 56 |
| 3 | 17 | 55 |
| 4 | 18 | 38 |
| 5 | 19 | 38 |
| 6 | 20 | 26 |
| 7 | 21 | 25 |
| 8 | 22 | 17 |
| 9 | 23 | 17 |
| 10 | 24 | 11 |
| 11 | 25 | 11 |
| 12 | 26 | 7 |
| 13 | 27 | 7 |
| 14 | 28 | 4 |
| 15 | 29 | 4 |
| 16 | 30 | 3 |

Väitöskirjassa esitetyn runkoluokittaisen apteeraustuloksen perusteella voitiin Laasasenahon (1982) runkokäyrien avulla määrittää puiden pituus ja läpimitat annetuilla korkeuksilla. Näin kuvat kuvatut rungot eivät kuitenkaan olleet tarkalleen samanmuotoisia kuin lähderaportissa.

Runkojen mittojen likimääräisen kuvaamisen onnistuttua, opinnäytetyön esimerkki laskettiin uudelleen menetelmän toimivuuden varmistamiseksi. Kuusitukkien tavoitejakauma oli vaihteluväleinen taulukon 2 mukainen.

TAULUKKO 2. Kuusitukkien tavoitejakauma.

| Läpimitta- Luokat Cm | Pituusluokat Dm | | | |
|----------------------------|--|---------|---------|---------|
| | >=34 | >=40 | >=46 | >=52 |
| | Tukkikappalemäärän tavoitevaihteluväli | | | |
| >=12 | 110 – 130 | 60 – 75 | 45 – 60 | 50 – 65 |
| >=16 | 40 – 50 | 15 – 25 | 45 – 55 | 20 – 30 |
| >=20 | 0 – 10 | 0 – 5 | 15 – 25 | 0 – 10 |
| >=24 | 0 – 5 | 0 – 5 | 5 – 10 | 0 – 5 |
| >=28 | 0 – 5 | 0 – 5 | 0 – 5 | 0 – 5 |

Apteerauksessa käytetyt tukkidimensiokohtaiset lähtöarvot olivat ruotsalaisen 1980 -luvun hintalistojen mukaiset (Näsberg 1985 s.23). Lineerista ohjelmointia käytettiin column generation -menetelmän mukaisesti. Aluksi kullekin runkoluokalle laskettiin yksi apteerausvaihtoehto tukkihintalistan läpimitta- ja pituusluokittaisten arvojen mukaisesti. Seuraavilla laskentakierroksilla lineaarisen optimointimallin tukkiluokkakohtaisten kappalemäärärajoiteyhtälöiden varjohinnat lisättiin runkoluokkien apteerauksessa käytettyihin perusarvoihin, jos toteutunut tukkiluokan kappalemäärä alitti tavoitteen. Jos tavoitemäärä oli ylittynyt varjohinta vähennettiin tukkiluokan perusarvosta. Myös tukkikappalemäärien ylitykset ja alitukset huomioon otavat tukkiluokkakohtaiset sakkofunktiot vaikuttivat jakaumatavoitteen saavuttamiseen. Kullakin laskentakierroksella tuotettiin jokaiselle runkoluokalle dynaamisella optimoinnilla uusi katkontavaihtoehto, joka lisättiin lineaariseen optimointimalliin. Laskenta lopetettiin, kun tukkien summa-arvon määrittävä tavoitefunktio ei enää kasvanut. Lopullisessa ratkaisussa runkoluokat yleensä jakaantuivat useampien apteerausvaihtoehtojen kesken.

Näsbergin esimerkin mukaisesti optimointimenetelmää kokeiltiin aluksi käyttäen laskentayksiköinä runkoluokkia. Taulukot 3 – 4 havainnollistavat tukkikappalemäärien hakeutumista tavoitteiden mukaiseksi kuuden column generation -laskentakierroksen aikana. Uusien katkontavaihtoehtojen luominen lopetettiin silloin, kun toteutunut tukkijakauma ei enää parantunut.

**TAULUKKO 3. Poikkeamat tavoitteeseen nähden ensimmäisen laskentakierroksen jälkeen.
Laskentayksikkönä taulukon mukaiset runkoluokat.**

| Läpimitta- Luokat Cm | Pituusluokat Dm | | | |
|----------------------------|--|------|------|------|
| | >=34 | >=40 | >=46 | >=52 |
| | Tukkikappalemäärän poikeama tavoitteesta | | | |
| >=12 | +68 | | | +5 |
| >=16 | | | | +4 |
| >=20 | | | | +15 |
| >=24 | | | | |
| >=28 | | | | |

**TAULUKKO 4. Kuusitukkien toteutunut jakauma kuudennen laskentakierroksen jälkeen.
Laskentayksikkönä runkoluokat.**

| Läpimitta- Luokat Cm | Pituusluokat Dm | | | |
|----------------------------|--|------|------|------|
| | >=34 | >=40 | >=46 | >=52 |
| | Tukkikappalemäärän poikeama tavoitteesta | | | |
| >=12 | +68 | | | |
| >=16 | | | | |
| >=20 | | | | +13 |
| >=24 | | | | +2 |
| >=28 | | | | |

Runkoluokka tai runkokohtaisten katkontavaihtoehtojen optimointi tulee käytännössä kysymykseen vain saharunkomenetelmää sovellettaessa. Tällöinkin edellytyksenä olisi, että laskennan kohteena oleva runkojoukko olisi etukäteen mitattu ja laadutettu.

Näsbergin esittämä menetelmä ei toimi tavaralajikorjuun yhteydessä. Käsiteltävien puiden mitoista ei ole täydellistä tietoa. Toisaalta runkokohtaisten katkontavaihtoehtojen optimointi edellyttäisi myös kokonaislukumuuttujien käyttöä, koska kukin runko voidaan pölkyttää vain yhdellä tavalla. Pystyvarannossa on samanaikaisesti miljoonia runkoja, ja hyvin suuret kokonaislukuongelmat eivät ole vielä käytännössä nykyisillä optimointimenetelmillä ja tietokoneilla ratkeavia.

Tavaralajimenetelmää käytettäessä puun käyttöä voidaan optimoida ratkaisemalla pystyvarannossa olevien korjuukohteiden katkontavaihtoehdot ja puutavaran toimituspisteet ottaen huomioon varastoissa olevat puutavaramäärät ja tehtaiden tarpeet. Päätöksen teossa otetaan huomioon hankinnan kokonaistilanne ja valitut ratkaisut toteutetaan puutavaraerä- ja korjuukohtekohtaisesti, vaikka katkontaa lopulta ohjataan hakkuuvaiheessa rungoittain. Leimikoiden ja korjuukohteiden katkontavaihtoehtojen muodostamisessa tarvitaan kuitenkin ennakkotietoja runkojen ominaisuuksista.

Tutkittavan optimointimenetelmän soveltuvuus käytäntöön edellyttää leimikoiden käyttöä laskentayksiköinä. Tätä testattiin tulkitsemalla taulukon 1 runkolukusarja korjuukohteen puujoukoksi. Uudet katkontavaihtoehdot tuotettiin ja kuvattiin tässä tapauksessa koko runkolukusarjaa koskevinä, ja kokonaisjakaumaa ohjaavassa lineaarisessa optimoinnissa päätösmuuttujat olivat myös leimikkokohtaisia. Taulukot 5 ja 6 havainnollistavat laskennan etenemistä, kun runkolukusarja on yksittäisten runkojen sijasta laskenta- ja päätöksentekoyksikkönä.

TAULUKKO 5. Poikkeamat tavoitteeseen nähden ensimmäisen laskentakierroksen jälkeen.
Laskentayksikkönä taulukon 1 mukainen runkolukusarja.

| Läpimitta- Luokat Cm | Pituusluokat Dm | | | |
|----------------------------|--|------|------|------|
| | >=34 | >=40 | >=46 | >=52 |
| | Tukkikappalemäärän poikeama tavoitteesta | | | |
| >=12 | +68 | | | |
| >=16 | | | | +33 |
| >=20 | | | | +26 |
| >=24 | | | | +6 |
| >=28 | | | | |

TAULUKKO 6. Kuusitukkien toteutunut jakauma kuudennen laskentakierroksen jälkeen.
Laskentayksikkönä runkolukusarja.

| Läpimitta- Luokat Cm | Pituusluokat Dm | | | |
|----------------------------|--|------|------|------|
| | >=34 | >=40 | >=46 | >=52 |
| | Tukkikappalemäärän poikeama tavoitteesta | | | |
| >=12 | | | | |
| >=16 | | | | +3 |
| >=20 | +2 | | | +5 |
| >=24 | | | | +2 |
| >=28 | | | | |

Korjuukohdekohtaisessa laskennassa tukkijakauma hakeutui yhtä nopeasti tavoitetta kohti kuin käytettäessä yksittäisiä runkoluokkia laskentayksikköinä. Lopputuloksessa leimikko (runkolukusarja) on jakautunut useamman apteerausvaihtoehdon kesken. Runkoluokka- tai runkolukusarjakohtainen katkontavaihtoehtojen tuottaminen johtivat tässä esimerkissä käytännön toiminnan kannalta samanarvoiseen tulokseen. Jos tämä on yleistettävissä, useamman tuotantolaitoksen tarpeet kattava leimikoiden allokointiongelma voidaan ratkaista verraten tehokkaasti korjuukohteita perusyksikköinä käyttäen. Liitteen A lopussa on esitetty matemaattisessa muodossa useamman tuotantolaitoksen ja korjuukohteen ongelman ratkaisuperiaate.

3 TARKASTELU

Kun apteerausvaihtoehtojen laskentayksikkönä käytetään korjuukohdekohtaista runkolukusarjaa, ohjautuminen tavoitejakaumaan kohti näytti edelleen toimivan yhtä tehokkaasti kuin runkoluokkakohtaisessa laskennassa. Periaatteessa runkolukusarjan käyttö olisi voinut johtaa huonompaa lopputulokseen sen vuoksi, että runkolukusarjan runkoluokat jakautuivat samassa suhteessa eri katkontavaihtoehtojen kesken. Tässä esimerkissä näin ei kuitenkaan käynyt. Lisäksi myöskään laskentakierroksia ei tarvittu runkolukusarjakohtaisessa optimoinnissa enempää kuin runkoluokkia käytettäessä. Toisaalta tällä tuloksella ei ole sinänsä suurta merkitystä, koska tavaralajimenetelmää sovellettaessa ohjausratkaisut ja ennakkotieto koskevat aina leimikoita tai samalla kertaa korjattavia kohteita.

Liitteessä A on esitetty tukkijakauman hallintaongelman rakenne ja muuttujat useamman tuotantolaitoksen ja leimikon tapauksessa. Se on kuitenkin vain esimerkki, joka on tarkoitettu havainnollistamaan jatkokehittämisen lähtökohtia. Useamman leimikon ongelman ratkaisusta on luettavissa mm. korjuukohdekohtaiset varjohinnat, jotka kuvastavat kunkin kohteen arvoa kohdefunktion kannalta. Tätä tietoa voidaan hyödyntää suoraan leimikoiden korjuujärjestyksen määrittämisessä.

Tässä hankkeessa testattiin column generation -optimointialgoritmin toimivuutta tukkijakauman ohjauksessa, ja tulokset osoittautuivat lupaaviksi. Saman peruslähestymistavan pohjalta näyttäisi olevan mahdollista kehittää puunhankinnan suunnitteluun ja ohjaukseen väline, joka optimoi samalla kertaa pystyvarannossa olevien leimikoiden korjuuohjelman ja katkontavaihtoehdot ottaen myös leimikoiden kuljetusetäisyydet huomioon. Samalla tuotetaan hakkukoneapteerausta varten leimikko- ja konekohtaiset katkontaohjeet, jotka voidaan välittää hakkukoneen tietojärjestelmälle langatonta tiedonsiirtoa käyttäen.

Leimikoiden puustotietojen tarkkuuden ja muodon merkitystä allokointiongelman ratkaisemissa ei selvitetty tässä hankkeessa. Hankinnan ja korjuun ohjauksessa kannalta ei kuitenkaan välttämättä tarvita kovin raskasta ennakkomittausta. Eräs vaihtoehto on kytkeä hakkukoneiden keräämä leimikko- ja runkopankki oston tai leimikon suunnittelun yhteydessä tehtävään puustotunnusten arviointiin.

Oleennaista on erottaa korjuukohteet sillä tarkkuudella toisistaan, että leimikot voidaan sijoittaa tehtaiden tarpeista lähtien oikeassa järjestyksessä korjuusta vastaavien organisaatioyksiköiden korjuuohjelmaan.

Jos puusto, tavaralajikertymät tai sahakohtaiset tukkijakaumat poikkeavat runsaasti ennakkoidusta, päätöksiä korjataan ja korjuuohjelmat sekä apteerausvaihtoehdot päivitetään esimerkiksi viikoittain. Myös tehtaiden tarpeet muuttuvat markkinatilanteen mukaan, jolloin leimikoiden korjuuohjelmat ja katkontavaihtoehdot tarvittaessa päivitetään.

4 JATKOTUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Tuotelähtöinen puunhankintaprojektin yhtenä tavoitteena oli tutkia ja kehittää hakkukoneryhmän puitteissa prosessinohjaustyypistä tukkijakauman hallintaa. Tässä osaprojektissa asetettiin lähtökohdaksi toimintamalli, jossa ei nykytilanteen mukaisesti hankita korjuukohteita koskevia ennakkotietoja. Tulokset on kirjattu Metsäteho Oy:n raporttiin (Vuorenpää ym. 1998). Toisena vaihtoehtona oli selvittää vaihtoehtoisen, pystyvarantojen parempaan hallintaan perustuvan toimintamallin toteuttamisedellytyksiä. Varannon ohjaus edellyttäisi nykyistä tehokkaampia menetelmiä puustoa koskevien ominaisuustietojen tuottamisessa ja toisaalta tarvitaan uusia optimointimenetelmä, joilla korjuuohjelmaa ja katkontavaihtoehtoja voidaan hallita.

Tässä raportissa on osoitettu, että lupaavia menetelmiä on tarjolla leimikoiden allokointiin. Puuston ominaisuudet ja tehtaiden tarpeet nykyistä pitemmälle huomioon ottavan suunnittelu- ja ohjausjärjestelmän kehittäminen näyttäisi mahdolliselta. Jatkotutkimusta ja prototyypisovellusten testausta tarvitaan

ennen kuin varsinaisten tuotantosovellusten kehittäminen voidaan aloitetaan. Myös puustoa kuvaavien ennakkotietojen hankintaongelma on samalla ratkaistava.

Toteutettu tutkimustyö on ollut tällä alueella verraten teoreettista. Seuraavassa kehittämisvaiheessa on tärkeää selvittää hakkuukohde- ja katkontavaihtoehtovalinnan todelliset pelivarat sekä aiempaa systemaattisemman ja keskitetymmän lähestymistavan hyödyt.

Korjuun ohjauksessa tarvitaan kohdekohtaista puustotietoja, joiden pohjalta voidaan laskea erilaisia katkontavaihtoehtoja pystyvarannossa oleville leimikoille. Kuusitavaralajit voidaan kuvata mittojen perusteella, mutta männyn osalta tarvitaan ennusteita myös laatuluokkien osuuksista. Toistaiseksi ennakkomittausta ei ole juurikaan viety käytäntöön. Tähän lienee vaikuttanut ennen kaikkea se, että tarkempia puustotietoja suunnittelussa ja ohjauksessa hyödyntävät tietojärjestelmiäkään ei ole ollut.

Puuraaka-aineen käytön tehostaminen ja uuteen toimintamalliin siirtyminen edellyttää, että kaikki toisiinsa liittyvät hankinta- ja tuotantojärjestelmän osat olisivat yhtäaikaaisesti käyttöön otettavissa. Tähän tarvitaan runsaasti systeemityötä, koska uusi järjestelmä koskettaisi puunhankinnan kaikkia vaiheita (kuva 2). Osa tästä työstä on toisaalta jo tehty kuljetuksen optimointijärjestelmiä uudistettaessa.

Tehtaiden tarpeet kauden aikana

- Tukkiluokittaiset määrät
- Kuitupuu (m³,tn)
- Tehdashinnat
- Varastot tavaralajeittain

Pystyvaranto

- Runkojen ominaisuudet leimikoittain
- Kuljetusetäisyydet tehtaille
- Oston suuntaaminen

Leimikoiden korjuuohjelman ja apteerausvaihtoehtojen optimointi

- Tukkiluokittaiset määrät
- Kuitupuu (m³,tn)
- Tehdashinnat
- Varastot tavaralajeittain

Kuva 2. Leimikoiden korjuuohjelman ja apteerausvaihtoehtojen optimointijärjestelmä

