

Olli-Pekka Ahonen

Leimikon puuston optimaalinen hyödyntäminen – tulevaisuutta vai nykypäivää

Nykyisin leimikon puuston hyödyntämisessä, niin metsäomistajalla kuin puun ostajallakin, tuntuu olevan sama käsitys oikeasta apteerauksesta. Tällöin korjuukohteen puuston on katsottu olevan apteerattu parhaalla mahdollisella tavalla, kun rungon tukkiosa on pystytty käyttämään kokonaan saha- ja vaneriteollisuuden sekä kuituosa paperi- ja selluteollisuuden raaka-aineeksi. Kuitenkin nykyisen tietotekniikan ja tietotaidon aikaan on syytä kysyä, voidaanko perinteiset suulliset ohjeet sekä erilaiset käsitykset ja puheet leimikon puuston parhaasta mahdollisesta käytöstä korvata laskennallisilla, tavoitteista johdetuilla malleilla.

Raaka-aineesta jälleenniukkuusartikkeli

Seuraavien lähivuosien aikana Suomessa raaka-puun käytössä tapahtuu 6–8 milj.m³:n lisäys. Samoin yhteiskunnan taholta asetetaan uusia rajoitteita puuntuotannolliselle toiminnalle suojeletoimenpiteiden ja metsätalouskäyttöä rajoittavien ohjeiden kautta. Ilman raaka-aineen lisätuontia tai

MMK **Olli-Pekka Ahonen** työskentelee Enso-Gutzeit Oy:n metsäsäostolla Imatralla.

jalostuskapasiteetin rajoittamista saatetaan tulevaisuudessa ajautua ainakin hetkelliseen raaka-ainepulaan eli näillä näkymin raaka-aineesta on tulossa jälleen kerran niukkuusartikkeli.

Samanaikaisesti metsä- ja puuteollisuuden metsäosastojen tavoitteissa on siirrytty entistä enemmän kustannusten minimoinnista tuottojen maksimointiin. Edistyksellisimmissä metsäteollisuusyrityksissä puhutaan puunjalostusprosessista, jossa prosessiksi käsitetään koko ketju puuntuottamisesta loppukäyttäjään asti, eikä käsitellä pelkästään tuotantolaitosten sisäisiä prosesseja. Taustaltaan tällainen kokonaisuuden hallinnan ja ymmärtämisen tavoite pohjautuu maailman laajuisen kilpailun kiristymiseen. Eräänä keinona tavoitteen saavuttamiseksi käsitetään mm. laadukkaan ja kustannustehokkaan toiminnan merkityksen kasvaminen. Toisena keinona katsotaan olevan nykyaikaisen tietotekniikan ja uusien matemaattisten mallien avulla tapahtuva käytettävissä olevan raaka-aineen tehokkaampi ja tarkempi hyödyntäminen.

Uudetprosessinohjausvälineet

Puunkorjuussa koneellistamisen vallankumouksen jälkeen ollaan siirtymässä kohti tietoyhteiskuntaa ja tiedon valtavyölyä. Hakkuukoneiden ensimmäinen sukupolvi automatisoi puutavaranvalmistuksen, toinen sukupolvi osasi kuutioida rungot ja nyt käyttöön tuleva kolmas sukupolvi integroidaan kiin-

teästi metsäteollisuuden tuotanto- ja logistiikkajärjestelmiin.

Hakkuukoneiden yhdistämisessä puunjalostusprosessiin on ollut keskeisenä apuna uusien matemaattisten ja teknisten apuvälineiden käyttöön ottaminen niin metsäosastoilla kuin metsä- ja puuteollisuudessa. Teknisistä ratkaisuista mainittakoon sekä tietojenkäsittelykapasiteetin että radioliikenneverkkojen kustannusten aleneminen ja samanaikaisesti tapahtunut kapasiteetin kasvaminen. Matemaattisen mallintamisen puolella on kehitetty uusia tai sovellettu vanhoja menettelyjä. On laadittu adaptiivisia runkomuodon ennustamismenettelyjä, yksittäisen rungon pölkkytyksen optimointialgoritmeja ja korjuukohteen pölkkyjen laatu-, pituus- ja läpimittajakauman ohjausmenetelmiä. Hallinnollisella puolella on laadittu hakkuukoneen tiedonsiirtostandardi. Standardi mahdollistaa eri hakkuukonemerkkien ohjaamisen yhdellä ainoalla ohjelmistolla ja samalla se takaa samanlaisen tietosisällön kaikille sitä käyttäville organisaatioille.

Tukkisumanohjaaminen

Korjuukohdetasolla leimikon tukkisuman latvaläpimittojen ja pölkyn pituuksien ohjaamiseen on olemassa kaksi eri päätapaa; puhdas arvoapteeraus sekä jakauma-apteeraus eri variaatioineen. Arvoapteerauksessa korjuukohteelle määritetään etukäteen katkonnan perusteeksi laadittaiset pölkyn pituus- ja latvaläpimittohaasteiset arvomatriisit, jotka on perustuvat tuontantolaitosten ilmoittamiin nettojalostusarvoihin tai niiden muunnoksiin. Arvoapteerauksessa korjuukohteen käsittelyn aikana matriisiin ei tehdä muutoksia, kun taas jakauma-apteerausmenettelyissä pohjalla olevaa arvomatriisia muutetaan tarvittaessa.

Jakauma-apteeraus on toteutettu Suomessa kahdella eri tavalla, mukautuvan arvotaulukon tai lähioptimaalimenettelyn kautta. Mukautuvan arvotaulukon avulla pölkkytystä ohjataan kohti ennalta asetettua laatu-, pituus- ja latvaläpimittajakaumaa muuttamalla arvomatriisin arvoja sen mukaan, kuinka kaukana asetetusta tavoitteesta kukin erilaatuinen, pituinen ja läpimittainen pölkkyluokka on. Lähioptimaalimenettelyssä yksittäiselle rungolle muodostetaan erilaisia pölkkytysvaihtoehtoja. Pölk-

kytysvaihtoehtojen suurin sallittu lukumäärää on yleensä rajoitettu ja samanaikaisesti muistissa säilytettävien eri vaihtoehtojen suurin sallittu arvon alenema on rajattu verrattuna suurimman pölkkytyksen tuottavaan katkaisuvaihtoehtoon. Yleensä rajana on maksimissaan 100 katkaisuvaihtoehtoa ja 3 %:n arvon alenema.

Hakkuukoneapteerauksen perusvälineistö

Yksittäisen rungon läpimittaan ja pituuteen perustuvien katkaisukohtien määrittämiseen löytyy lukuisia optimointialgoritmeja. Nykyisin hakkuukoneissa käytössä olevat kahden tai kolmen pölkyn liukuvat optimointirutiinit. Tavoitteena kaikilla eri hakkuukonevalmistajilla on siirtyä koko runkoa käsitteleviin optimointialgoritmeihin, jolloin päästään irti osaoptimeista ja saavutetaan kokonaisoptimoinnin hyödyt. Dynaaminen optimointi on varteen otettava vaihtoehto, kun algoritmiltä vaaditaan nopeutta, ja lisäksi sen vaatima tietokoneen muistitila on hyvin pieni verrattuna esim. kaikkien pölkkytysvaihtoehtojen laskentaan.

Korjuukohteen puuston ohjaaminen kohti ennalta asetettua tavoitetta on periaatteessa hyvin yksinkertaista, jos käytettävissä ovat puuston pituus- ja läpimittatiedot ennen kuin yhtäkään katkaisua on suoritettu kyseisessä leimikossa. Hakkuukoneiden kohdalla yksittäisen rungon läpimittoja kuvaavan runkokäyrän ennustaminen on koko apteerauksen ohjauksen tärkein osaa. Mikäli se ei toimi, eivät arvoapteeraus- ja jakaumaohjausmenetelmäkään voi toimia kunnolla, koska tällöin ne perustuvat virheelliseen tai puutteelliseen lähtötietoon.

Runkokäyrien ennustamiseen on laadittu useita eri menettelyjä, joista suurin osa on peräisin Ruotsista. Esimerkkinä mainittakoon seuraavan pölkyn kapenemisen ennustaminen edellisen pölkyn loppuosan kapenemisen perusteella eli nk. kapenemisapteeraus. Kuitenkin myös Suomessa on viimevuosina laadittu kaksi uutta menettelyä, joilla kummallakin päästään kohtuullisen hyviin tuloksiin läpimittojen ennustamisen kohdalla. Toinen menettelyistä perustuu suhteelliseen puunmuototeoriaan ja lineaariseen regressioon sekä pituusikäkäyrämalleihin, toinen taas perustuu jatkuvien aineistojen, nk. kasvukäyrien, tilastolliseen analysointiin ja sekamallei-



Hakkuukoneella käsitellään tukkipuuta yhdessä vuodessa jopa 10 miljoonan markan arvosta. Yhden prosentin parannus apteerauksessa ja sen ohjauksessa merkitsee tällöin 100 000 mk:aa.

hin. Kummassakin menettelyssä leimikosta kerätään otostiedosto, johon kootaan puulajeittain rajoitettu määrä jo valmistettuja runkoja. Otostiedostot ovat lisäksi liukuvia, jolloin perusotosmäärän kertymisen jälkeen aina vanhin havainto korvataan uudella havainnolla. Samoin kumpikin menettely korjaa käsittelyssä olevan puun runkokäyräennustetta tarvittaessa, mikäli ennustetut ja mitatut läpimittahavainnot poikkeavat liikaa toisistaan. Eroina näiden menetelmien välillä on runkokäyräennusteen lasentamennettely, erilaiset perusotoskoot ja erilainen tapa suorittaa runkokäyräennusteen korjauksia.

Liittymätietojärjestelmiin

Uusien apteerauksenohjauksen välineiden laajemman hyödyntämisen edellytys on yrityksen raaka-

puun käyttöpisteiden sekä metsäosaston ja hakkuukoneiden tietojärjestelmien yhteen liittäminen samaan puunjalostusprosessiin. Tietojärjestelmien avulla on voitava laatia ennusteet tulevasta tukki-sumasta jopa puoleksi vuodeksi eteenpäin, samoin kuin on pystyttävä palauttamaan markkinoilta johdettu sahatuotteiden kysyntä takaisin metsään asti. Raaka-aineen ja kysynnän yhteensovittaminen on iteratiivinen hakuprosessi, joka vaatii hyvät tiedot varastoista, varannoista ja ostomahdollisuuksista sekä markkinoiden kysynnästä ja oletetuista muutoksista. Samoin raaka-aineen eri kauppamuodot ovat erilaisessa asemassa ennustetavuuden ja hallittavuuden kannalta.

Erikoistuotteiden kysynnän kasvaminen ja tukki-suman pidemmän aikavälin ennustaminen on lisännyt myös tietotarvetta pystyvuustosta. Oikeiden raaka-aineiden etsimisen helpottamiseksi moniläh-

deinventoinin merkitys on kasvamassa. Samanlaisesti inventointitietojen tarkkuusvaatimukset ja kustannustehokkuuden odotukset ovat kasvussa. Nykyisillä inventointi ja apteerauksen ohjausmenetelmillä puuston määrä pystytään selvittämään riittävän luotetavasti, mutta ongelmaksi on muodostumassa laatuominaisuuksien paikantaminen pystypuustosta ja apteerauksen ohjauksen kohdalla laadun ennustaminen. Hakkuukoneita on nykyisin mahdollista myös käyttää koepuiden ja koeleimikoiden mittaamiseen. Tällöin mittaus kohdistuu korjuun yhteydessä poistettaviin runkoihin ja jokaiseen yksittäiseen runkoon voidaan tarvittaessa liittää hakkuukoneen kuljettajan merkittävä laatu- tai laaturajatieto.

Päätelmät

Leimikon puuston optimaalinen hyödyntäminen on vielä tulevaisuutta eikä nykypäivää. Uusia menetelmiä on luotu ja niitä on otettu käyttöön, mutta niiden avulla saavutettavat todelliset hyödyt ovat vasta näkyvissä. Puunkorjuussa on odotettavissa teknologiahyppäys, joka perustuu metsäteollisuusyritysten ja hakkuukoneiden tietojärjestelmien yhteen nivomiseen. Kuitenkin tutkimusta ja tuotekehitystä tarvitaan erityisesti raaka-aineen laadullisten ominaisuuksien hallinnan kohdalla. Laadulliset ominaisuudet koskevat niin saha- ja vaneriteollisuutta kuin paperi- ja selluteollisuutta.

Puunhankinta on ymmärrettävä osaksi kokonaisketjua puunkasvatuksesta loppukäyttäjälle asti. Puunjalostusprosessin hallinta edellyttää entistä tiiviimpää yhteistyötä eri sidosryhmien välillä. Voidaan jopa sanoa, että 1900-luvun alussa yksi ihminen pystyi hallitsemaan koko prosessin, nykyään prosessin hallitaan tarvitaan saumatonta yhteistyötä teollisuuden, myynnin, markkinoinnin, puunhankinnan, ympäristönsuojelun, viestinnän, ym. vastaavien erikoisosajien välillä.

Kirjallisuutta

- Ahonen, O-P. 1994. Uusilla välineillä parempaan apteeraustulokseen. *Koneyrittäjä* 6/1994. s. 45–47.
- 1994. Runkojen pölkytyksen käsitteistöä. *Koneyrittäjä* 6/1994. s. 47–48.
- & Lemmetty, J. 1995. Leimikon tukkijakauman ohjauksen keinot. *Metsätehon katsaus* 5/1995. 6 s.
- Marjomaa, J. & Lindroos, J. 1994. Hakkuukoneen tiedonsiirtostandardi. *Metsätehon moniste* 15.12.1994. 22 s. + liitteet.
- Nummi, T. 1995. Estimation and prediction in growth curve models with applications. *Acta Universitatis Tamperensis, Ser. A vol. 436*. 114 s.
- Näsberg, M. 1985. Mathematical programming models for optimal log bucking. *Linköping Studies in Science and Technology, Dissertation No. 132*. Department of Mathematics, Linköping University, Sweden. 174 s.