

Mervi Kokkila

Paikkatietopohjainen kulkukelpoisuusarviointi puunkorjuun suunnittelun ja toteutuksen apuvälineenä

Johdanto

Maastovaurioita ei koneellisessa puunkorjuussa voi nykytekniikalla täysin välttää. Huolellisella korjuun suunnittelulla ja toteutuksella voidaan kuitenkin vähentää vaurioiden määrää ja etsiä jo ennakoon kohteet, joilla vaurioitumisriski on erityisen suuri. Nykyisin korjuusuunnittelun tietolähteinä käytetään perinteistä maastokarttaa, metsäsuunnitelmaa ja suunnittelijan maastokäynnillä kokoamaa tietoa esimerkiksi leimikolla havaituista varottavista kohteista. Maastokartta on tietolähteenä staattinen eli se ei kerro varottavien kohteiden laajuuden ajallisesta vaihtelusta, joka usein on sidoksissa vedenmäärän vaihteluun. Myöskään metsäsuunnitelman tiedostot, kuviotasoisina tietoina, eivät aina kerro kuvion sisäisestä vaihtelusta ainakaan maaston ominaisuuksien ja kulkukelpoisuuden osalta. Paikkatietotekniikan aiempaa monipuolisemmalla käytöllä olisi mahdollista lisätä korjuusuunnittelussa käytettävää tietomäärää sekä helpottaa tiedon analysointia.

Paikkatietopohjainen maaston analysointi sekä numeeristen mallien käyttö merkitsisi siirtymistä staattisesta maastoluokituksesta dynaamiseen olosuhteiden mukaan muuttuvaan maastoluokitukseen. Tämä antaisi mahdollisuuden ennakointiin esimerkiksi korjuuohjelman teossa tai leimikoiden rajaamisessa. Numeerista maaston kulkukelpoisuustietoa voitaisiin maastovaurioiden minimoinnin lisäksi käyttää myös korjuukoneiden maastoreitityksessä ja kulkureittien optimoinnissa sekä korjuukoneiden

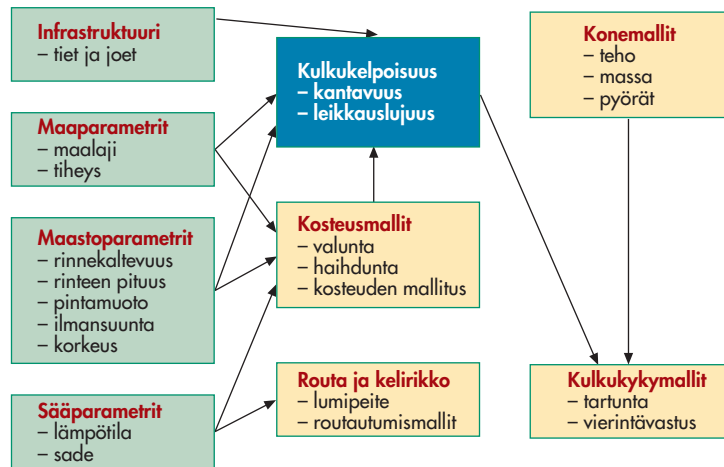
suorituskyvyn arvioinnissa. Kulkukelpoisuustieto auttaisi myös ennakolta arvioimaan, voidaanko kohteelta kerätä hakkuutähdettä vai jätetäänkö se parantamaan maaperän kantavuutta.

Aroilla korjuukohteilla, joilla maaperän vaurioitumisriski on erityisen suuri, pienetkin muutokset maaperässä voivat aiheuttaa juuristovaurioiden lisäksi huomattavia muutoksia kohteen ekologiassa. Esimerkkinä tällaisesta muutoksesta on puron tai ojan ylitys, jossa raiteistuminen muuttaa vesiuoman reitin. Numeeriseen korkeusmalliin perustuvalla maastoanalyysillä sekä maaperäkartan avulla olisi mahdollista sekä etsiä parhaat vesiväylän ylityskohdat että löytää alueelta sellaisiakin pieniä vesiuomia, joita ei ole esitetty maastokartalla.

EU-rahoitteisessa ECOWOOD-hankkeessa tuetaan Euroopan kattavaa ohjeistoa nimenomaan arkojen maiden puunkorjuuseen. Hankkeessa ovat Suomen ohella mukana Italia, Espanja ja Irlanti ja hankeosakkaissa on edustettuna sekä puunkorjuun käytäntö, tutkimus että metsäkoneiden valmistus. Ohjeiston lisäksi hankkeen yhtenä tavoitteena on kehittää paikkatietopohjainen menetelmä maaston kulkukelpoisuuden arviointiin.

Aiempia sovelluksia sotilastarkoituksissa ja puunkorjuussa

Paikkatietopohjaista kulkukelpoisuusarviointia on aiemmin kehitetty sotilastarkoituksiin esimerkiksi



Kuva 1. Mallit ja paikkatieto kulkukelpoisuusarvioinnissa. Lähde: Martti Saarilahti, Metsätieteiden päivän esitelmä 17.10.2001.

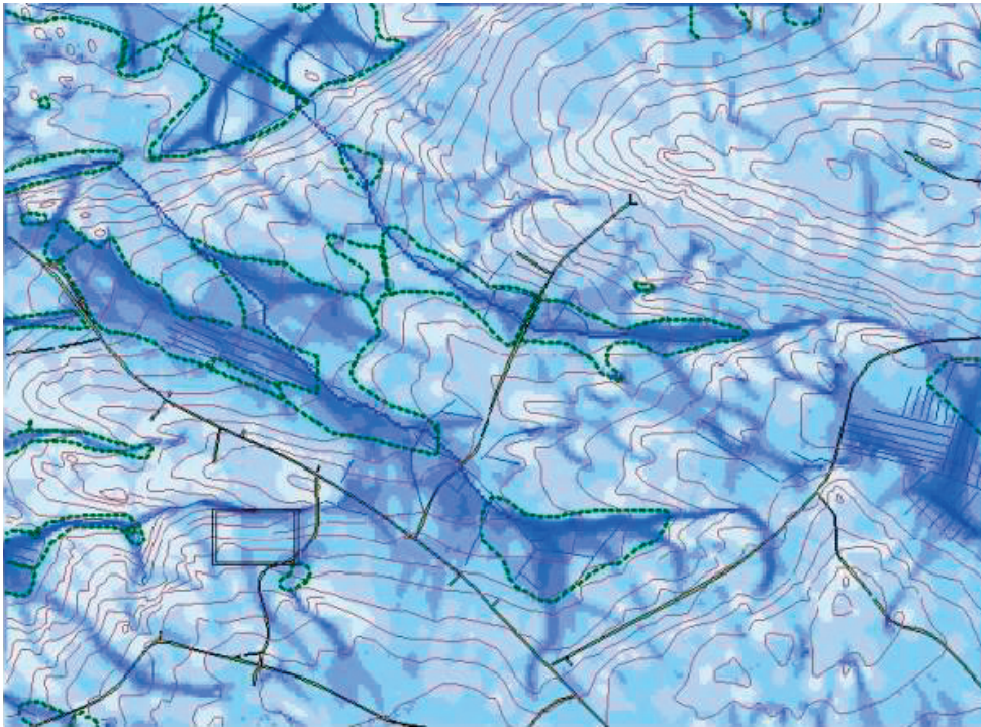
Australiassa ja Suomessa. Australiassa menetelmällä pyritään antamaan ennusteita armeijan harjoitusalueen kulkukelpoisuudesta jo alueen varaushetkellä, joka voi olla jopa kuusi kuukautta ennen varsinaista harjoitusta. Kulkukelpoisuuden lisäksi menetelmällä pyritään antamaan ennuste maastovaurioista sekä näiden kohteiden ennallistamiskustannuksista. Suomessa menetelmä on australialaista huomattavasti yksinkertaisempi ja se perustuu kaupallisten rasteriaineistojen analysointiin.

Puunkorjuuseen paikkatietopohjaista kulkukelpoisuusarvioinnin menetelmää kehitetään esimerkiksi Sveitsissä. Sveitsin kaltaisissa vuoristoisissa maissa korjuukelpoisuuden määrittämiseen liittyy olennaisesti korjuumenetelmän valinta. Sveitsiläisessä menetelmässä tuotetaan maastoa analysoimalla tietoa maaperän lujuusominaisuuksista. Tätä tietoa käytetään sen jälkeen kulkukelpoisuusmallien pohjatielona arvioitaessa korjuukoneiden toimintaedellytyksiä ja korjuumenetelmien paremmuutta eri maastonkohdissa. ECOWOOD-hankkeessa lähestymistapa maaston kulkukelpoisuuteen on samankaltainen. Tarkoituksena on tuottaa paikkatietoaineistojen ja mallien avulla tietoa maaperän lujuusominaisuuksista ja raiteistumisherkkyydestä sekä näiden ominaisuuksien vaihtelusta leimikon sisällä.

Monialainen lähestymistapa – tietämys, tieto ja tekniikka

Tutkimuksen näkökulmasta maaston kulkukelpoisuus on todella monialainen aihe. Puunkorjuun sovelluksessa yleiset tutkimusaiheen rajaukset tulevat metsäteknologiasta. Vaatimus paikkatietopohjaisuudesta tuo puolestaan mukanaan geoinformatiikan tietämyksen. Näiden tieteenalojen lisäksi tarvitaan kuitenkin tietämystä monelta muulta alalta, kuten maaston ja koneen välisiä vuorovaikutussuhteita selvittävästä terramekaniikasta, maanpinnan muotoja ja niiden syntyä kuvaavasta geomorfologiasta, geologiasta, hydrologiasta ja meteorologiasta. Varsinaisen paikkatietokannan lisäksi tarvitaan siis eräänlainen tietämyskanta, joka auttaa paikkatiedon analysoinnissa.

Paikkatietopohjainen kulkukelpoisuusarviointi perustuu mallien, paikkatiedon ja ohjelmistojen käyttöön sekä teknisiin ratkaisuihin, joilla näistä arvioinnin välineistä muotoillaan toimiva kokonaisuus. Maaperän lujuus on pitkälti riippuvainen maalajista ja maaperän sisältämästä vesimäärästä. Tämän vuoksi numeeriseen korkeusmalliin pohjautuva hydrologinen laskenta ja numeerisen maaperäkartan käyttö ovat keskeisessä asemassa kulkukelpoisuusarvioinnissa. Näiden aineistojen lisäksi käyttökelvotia ovat vektorimuotoinen maanmittauslaitoksen



Kuva 2. Staattisen topografisen kosteusindeksin arvot eräällä alueella Kajaanissa (sininen rasteri). Kuvassa on esitetty lisäksi ojat ja vesiuomat sinisillä viivoilla, suot ja soistumat vihreillä reunaviivoilla sekä tiestö. Indeksni arvot on laskettu korkeuskäyräaineistosta laaditusta korkeusmallista (resoluutio 5 m). Paikkatietoaineisto: Kajaanin kaupunki, suunnistuskartta Lehtovaara 1993.

tuottama maastotietokanta, maankäyttö- ja puustotulkinta-aineisto sekä ilmatieteen laitoksen ilmasto- ja sääaineistot (kuva 1).

Ympäristön mallinnukseen käytettävistä matemaattisista malleista tarvitaan ennen kaikkea kulkukelpoisuus- ja raiteistumismalleja sekä hydrologiamalleja. Paikkatietojärjestelmien erikoisluonne näkyy näiden mallien käytössä siinä, että niissä voidaan käyttää paikannettua tietoa. Ohjelmistoista paikkatieto-ohjelmistot, esimerkiksi ArcInfo, ArcView ja Mapinfo ovat perusohjelmia paikkatiedon hallintaan, käsittelyyn ja visualisointiin. Niihin on myös mahdollista räätälöidä käyttäjäkohtaisia sovelluksia. Perusmuodossaan ne sisältävät kuitenkin varsin suppean valikoiman algoritmeja maastoanalyysiin ja erityisesti hydrologiseen laskentaan. Tämän vuoksi näihin toimintoihin onkin tarjolla erilisiä ohjelmia.

Maastoanalyysiohjelmilla, esimerkiksi TAPES-G-ohjelmalla, on mahdollista laskea lukuisia maastoa kuvaavia tunnuslukuja sekä tehdä yksinkertaista alueellista vesitaselaskentaa. Staattinen topografinen kosteusindeksi on yksi esimerkki ohjelmalla lasketavissa olevista tunnusluvuista (kuva 2). Kosteusindeksi kuvaa yksinkertaista veden määrän ja sen viipymän suhdetta eli periaatteessa suhteellisia kosteuseroja alueella. Määreet staattinen ja topografinen tarkoittavat sitä, että indeksin laskennassa oletetaan mm. veden valunnan kuhunkin laskentayksikköön olevan tasaista ja että laskennan pohjana käytetään ainoastaan korkeusmallia. Huolimatta siitä, että veden valuntaan liittyvät oletukset eivät todellisuudessa pidäkään aina paikkaansa, malli onnistuu silti monilla alueilla varsin hyvin kuvaamaan topografian vaikutusta veden liikkumiseen.

Varsinaiset hydrologiset laskentaohjelmat, esimer-

kiksi TOPOG, perustuvat veden kiertokulun mallintamiseen. Sää- ja ilmastoaineistojen avulla tuotetaan mallille sen tarvitsema sadanta sekä yhdessä kasvillisuustietojen avulla arvioidaan haidunnan määrää. Topografian ja valunta-ajan vaikutus vedenkulkuun otetaan laskennassa huomioon korkeusmallin avulla ja liittämällä maaperäkartan maalajitietoon maaperän hydraulisia ominaisuuksia kuvaavia tunnuslukuja. Tällä tavoin on mahdollista löytää alueelta vähintäänkin suhteellisia kosteuseroja, mutta myös laskea esimerkiksi maaperän sisältämää vesimäärää.

Paikkatiedon tarpeet

Nykyisin lähes kaikki hydrologisen laskennan ohjelmat perustuvat rasterikorkeusmallin käyttöön. Korkeusmallin pikselikoko on ratkaisevassa asemassa siinä, kuinka pienipiirteistä korkeusvaihtelua malli kykenee esittämään. Suomen alueesta on nykyisin saatavissa korkeusmalli, jonka pikselikoko on 25 m. Tällainen korkeusmalli on hydrologisessa laskennassa usein aika karkea. Huomattavasti parempaan laskentatulokseen päästään käyttämällä mallia, jonka pikselikoko on 10 m. Maanmittauslaitoksella onkin valmisteilla uusi resoluutioltaan 10 m oleva malli.

Numeerisen maaperäkartan käytettävyyttä kulkukelpoisuusarvioinnissa heikentää aineiston puutteellinen alueellinen kattavuus. Geologian tutkimuskeskuksen tuottama maaperäkartta on mittakaavassa 1:20 000 saatavilla lähinnä vain Etelä- ja Länsi-Suomen alueelta. Maankäyttö- ja puustotulkinta-aineisto (maputu) korvautuu tulevaisuudessa myös peitteisyystiedon osalta SLICES-aineistolla mutta vielä tällä hetkellä laskennassa käytettävä kasvillisuustieto saadaan maanmittauslaitoksen ja metlan tuottamasta maputu-aineistosta. Maastotietokanta on tarvittavien aineistojen osalta sekä alueellisesti että tiedollisesti kattava.

Toteutuessaan paikkatietopohjainen maaston kulkukelpoisuusarviointi tuo puunkorjuun suunnittelus- ja toteutuksessa aiempaa paremmat mahdollisuu-

det ennakkointiin. Se antaa myös mahdollisuuden aivan uudelleenlaiseen korjuukoneiden käytön reaaliaikaiseen seurantaan sekä korjuukoneiden käyttämien reittien että korjuukoneiden suorituskyvyn osalta.

Maaston kulkukelpoisuusominaisuudet vaihtelevat sekä paikan että ajan suhteen. Spatiaalinen vaihtelu on vahvasti sidoksissa maalajiin ja ajallinen vaihtelu maaperän sisältämään vesimäärään. Tämän vuoksi dynaamisessa maastoluokituksessa pelkkä paikkatiedon analysointi ei riitä, vaan tietämyksemme kulkukelpoisuusominaisuuksiin vaikuttavista ja ajan suhteen muuttuvista tekijöistä on puettava mallien muotoon. Menetelmän kehitystyön avainsana onkin poikkitieteellisyys ja avainala hydrologia.

Kirjallisuutta

- Cuddy, S., Davis, R. & Whigham, P. 1996. Integrating time and space in an environmental model to predict damage from army training exercises. *Journal of GIS and environmental modeling: progress and research issues*. GIS world books 1996. s. 299–303.
- Davis, R., Cuddy, S., Laut, P., Goodspeed, M. & Whigham, P. 1991. Testing of soil moisture prediction model for army land managers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 117(4): 476–489.
- Eichrodt. 1999. TES: Spatial trafficability evaluation system. Internet: http://www.fowi.ethz.ch/~eichrodt/tes/abstract_e.htm. Haettu: 5.10.2001.
- Orava, E. 2000. Terrain analysis for military purpose. Abstract of a master's thesis. Helsinki University of Technology, Department of Surveying.
- Zhang, W. & Montgomery, D. 1994. Digital elevation model grid size, landscape representation, and hydrologic simulations. *Water Resources Research* 30(4): 1019–1028.

Ohjelmat:

TAPES-G: <http://cres.anu.edu.au/outputs/tapes.html>

TOPOG: <http://www.clw.csiro.au/topog/>

■ MMM Mervi Kokkila, Helsingin yliopisto, metsävarojen käytön laitos. Sähköposti mervi.kokkila@helsinki.fi