

Raivaussahasimulaattorin mahdollisuudet metsänhoidon opetuksessa

Marko Inkinen

OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2025

Metsätalouden tutkinto-ohjelma
Metsätalousinsinööri

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma
Metsätalousinsinööri

INKINEN, MARKO

Raivaussahasimulaattorin mahdollisuudet metsänhoidon opetuksessa

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Maaliskuu 2025

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin raivaussahasimulaattorin käyttömahdollisuuksia metsänhoidon opetusvälineenä. Taustatutkimuksessa selvitetään raivaussahan käytöstä, eri työlajeista, metsänhoidosta, simulaatio-opetuksesta sekä raivaussahasimulaattorista. Opinnäytetyön aiheen antoi Tampereen seudun ammattiopisto Tredu.

Opinnäytetyötutkimus toteutettiin asiantuntijahaastatteluna. Haastateltaviksi valikoitui metsäalan perustutkinnon opettajia, joilla on kokemusta metsänhoidon sekä raivaussahalla työskentelyn opetuksesta. Haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina helmikuussa 2025.

Tutkimuksen tuloksena selvisi, että tällaisenaan raivaussahasimulaattori toimisi ensivaiheen tutustumisessa, alan alkuvaiheen opinnoissa sekä tukisi teoriaopetusta samalla toimien keskustelun avaajana metsänhoidon opetukselle. Raivaussahasimulaattorilla pystyy opettamaan taimikon varhaisperkausta.

Haastatteluiden tuloksista kävi ilmi, että raivaussahasimulaattorissa on myös kehityskohteita, jotta se palvelisi paremmin opetuksessa, esimerkiksi saha on todellista sahaa huomattavasti kevyempi. Asiantuntijat kokivat, että virtuaalimaailmaa voitaisiin muokata realistisemmaksi.

Kaikkia raivaussahan käyttötekniikoita ei tällä hetkellä pysty simulaattorilla harjoittelemaan, sillä se ei ollut virtuaalimaailmassa mahdollista. Haastatteluista kävi ilmi myös se, että simulaattoriin voisi lisätä erilaisia ominaisuuksia, esimerkiksi ominaisuuksia, joilla voisi tehdä riistatiheikköjen merkintöjä metsäjärjestelmän kaltaiselle alustalle. Myös harjoitteita erilaisista työlajeista voisi lisätä simulaattoriin.

Asiasanat: raivaussahasimulaattori, simulaatio-opetus, metsänhoito

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

INKINEN, MARKO:
Potential of Clearing Saw Simulators in Forestry Education

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 1 pages
March 2025

This thesis investigates the potential use of a clearing saw simulator as a teaching tool in forestry education. The background research explores the use of clearing saw, different types of work, forest management, simulation-based teaching, and the clearing saw simulator. The topic of the thesis was provided by Tampere Vocational College Tredu.

The thesis research was conducted through expert interviews. The interviewees were selected from teachers of the basic forestry degree who have experience in teaching forest management and working with clearing saw. The interviews were conducted as individual interviews in February 2025.

The results of the study revealed that, as it stands, the clearing saw simulator would be effective for initial familiarization, early-stage studies in the field, and supporting theoretical teaching while also serving as a conversation starter for forestry education. The clearing saw simulator can be used to teach early thinning of young stands.

The interview results also indicated that the clearing saw simulator has areas for improvement to better serve in education. For example, the simulator's saw is significantly lighter than a real saw. Experts felt that the virtual environment could be made more realistic.

Currently, not all clearing saw techniques can be practiced with the simulator, as it is not possible in the virtual environment. The interviews also revealed that various features could be added to the simulator, such as the ability to mark game thickets on a platform similar to a forest management system. Additionally, exercises for different types of work could be added to the simulator.

Key words: clearing saw simulator, simulation-based teaching, forest management

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE	6
3	RAIVAUSSAHAN KÄYTTÖ METSÄNHOIDOSSA.....	7
	3.1 Työskentely raivaussahalla	8
	3.1.1 Raivaussahan käyttö	9
	3.1.2 Työskentelyjärjestys metsässä	11
	3.1.3 Varhaisperkaus.....	12
	3.1.4 Taimikonharvennus	14
	3.1.5 Ennakkoraivaus	15
4	SIMULAATIOKOULUTUS.....	17
	4.1 Simulaatiokoulutus metsäalan perustutkinnossa	17
	4.2 Raivaussahasimulaattori	17
5	ASiantuntijahaastattelut ja toteutus	20
6	HAASTATELUIDEN TULOKSET	22
	6.1 Simulaattorin mahdollisuudet opetuskäytössä	22
	6.2 Simulaattorin käytön edut.....	23
	6.3 Simulaattorin kehityskohtia	24
	6.4 Simulaattorin tehtävien realistisuus.....	24
	6.5 Simulaattorin tarjoamat valmiudet itsenäiseen raivaussahatyöskentelyyn	25
	6.6 Simulaattori ja luonnon monimuotoisuus.....	26
	6.7 Jäävän puuston hahmottaminen ja mittauksen hyödyllisyys	27
	6.8 Raivaussahan eri käyttötekniikoiden oppiminen	28
	6.9 Simulaattorin hyödyllisyys opetusvälineenä	28
7	POHDINTA	30
	7.1 Haastatteluiden luotettavuus	30
	7.2 Johtopäätökset.....	30
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	35
	Liite 1. Haastattelukysymykset.....	35

1 JOHDANTO

Nuorten metsien hoito on yksi metsänhoidon tärkeimpiä vaiheita, jotta metsä kasvaisi terveenä sekä tehokkaasti. Hoitotöiden suorittamiseen tarvitaan tekijöitä nyt ja tulevaisuudessa. Metsänomistajat voivat omalta osaltaan toteuttaa nuoren metsän hoitoa, mutta myös tähän koulutetut ammattilaiset ovat tärkeässä osassa metsän elinkaarta. Nuorten metsien hoitotyöt toteutetaan pääasiassa raivaussahalla.

On huomattu, että metsänhoidon alkupään koulutus, esimerkiksi ammatillinen koulutus, vaatii päivitystä. Tähän tarpeeseen on vastannut muun muassa Metsäkeskus, joka on yhteistyössä Creanexin kanssa kehittänyt raivaussahasimulaattorin. Tällä simulaattorilla voi harjoitella raivaussahan käyttöä virtuaalisessa ympäristössä. Se on kehitetty alun perin metsänomistajien koulutusta varten. Tredu Kurun kampus on hankkinut raivaussahasimulaattorin tukemaan metsänhoidon opetusta myös ammatillisessa koulutuksessa. (Metsälehti, 2022).

Opinnäytetyön aihe on tullut Tampereen seudun ammattiopistolta, Kurun kampukselta. Tarkoituksena on selvittää, miten ja millä tavoin raivaussahasimulaattoria voitaisiin hyödyntää metsäalan perusopetuksessa. Tätä varten toteutetaan asiantuntijahaastatteluita, joissa selvitetään raivaussahasimulaattorin mahdollisuuksia metsäalan opetuksessa.

Aihetta on rajattu käsittelemään raivaussahasimulaattorin hyödyllisyyttä ja mahdollisuuksia metsänhoidon opetuksessa. Raivaussahasimulaattoria ei siis käsitellä siltä kantilta, miten sitä voitaisiin hyödyntää muun muassa työn kustannusten kannattavuuden näkökulmasta.

2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää raivaussahasimulaattorin mahdollisuuksia taimikonhoidon koulutuksessa. Olisiko simulaattoria mahdollista käyttää koulutuksen välineenä siten, että opiskelija oppisi työskentelemään oikealla raivaussahalla oikeassa metsässä siten, että työskentely olisi myös turvallista ja oikeaoppista sekä että työnjälki olisi ohjeistuksien mukaista?

Tavoitteena on asiantuntijahaastatteluiden kautta selvittää, miten simulaattoria voitaisiin hyödyntää Tredun metsäalan perustutkinnon opetuksessa. Mihin eri työvaiheisiin raivaussahasimulaattoria olisi mahdollista hyödyntää metsäalan perusopetuksessa?

3 RAIVAUSSAHAN KÄYTTÖ METSÄNHOIDOSSA

Raivaussaha näyttelee keskeisessä osassa metsänhoidossa, erityisesti alkupään metsänhoidon työtehtävissä. Taimikossa puu kilpailee ympärillä olevien puiden kanssa kaikesta mitä puut tarvitsevat kasvaakseen eli valosta, vedestä, kasvutilasta ja ravinteista. Taimikonhoidossa tavoitteena on edistää kasvatettavaksi istutettuja tai muulla tapaa syntyneitä puita saamaan edellä mainittuja kasvun edellytyksiä. (Rantala & Laine 2022, 123.)

Peltomäki toteaa haastattelussaan (2024), että oikea-aikaisuus metsänhoidossa on tärkeää, siten estetään tulevat hoitorästit, jotka tarkoittavat, että puuntuotos kärsii ja raivaussahalla tehtävistä työlajeista tulee vaikeampia, joka taas tarkoittaa hoitotöiden kustannusten nousua. Erityisesti hoitorästissä olevilla männyn-taimikoilla on suurempi todennäköisyys altistua hirvituhoille, toisin kuin hoidetuilla taimikoilla.

Taimikonhoitoa voidaan toteuttaa myös ilman raivaussahaa, kuten varhaisperkauksessa vesurilla tai raivuuveitsellä. Nämä ovat paljon hitaampia ja raskaampia työtapoja, kuin raivaussahalla toteutettu taimikonhoito. Muita tapoja on kemiallinen ja koneellinen kitkentä, mutta nämä taasen ovat paljon kalliimpia vaihtoehtoja kuin raivaussahalla toteutettu taimikonhoito ja ovat työlajeina sellaisia, jota metsänomistajat harvoin pystyvät itse tekemään, jolloin se olisi vain mahdollista toteuttaa ostopalveluna. (Uotila, Saksa & Miina 2014.)

Metsänhoito ja erityisesti nuoren metsän hoito on kannattavaa monestakin syystä, esimerkiksi metsän resilienssi kasvaa niin bioottisille ja abioottisille tuhoille. Bioottisia tuhoja aiheuttavat eloperäiset eliöt kuten, sienet, hyönteiset, virukset, selkärangattomat eläimet ja nisäkkäät kuten hirvi. Abioottisia tuhoja ovat taas elottomien tekijöiden aiheuttamia esimerkiksi metsäpalot ja sääolosuhteet, joista vaikuttavimmat ovat tuuli- ja lumituhot. (Ollila 2012.)

Hoitorästillä tarkoitetaan hoitamatonta metsää. Hoitorästejä syntyy monista eri tekijöistä, näitä ovat esimerkiksi metsänomistajan kokemattomuus, miten metsää tulisi hoitaa. Taloudellinen näkemys asiaan, että ei haluta käyttää pääomaa met-

sänhoitoon, koska uuden metsän perustaminenkin aiheutti kuluja, tämä tosin korostaa metsänomistajan kokemattomuutta asian suhteen. Osalla metsänomistajia on halu ja ymmärrys, että metsää tulisi hoitaa ja se on kannattavaa, mutta työn toteutus jää kuitenkin tekemättä esimerkiksi ajan puutteen vuoksi. (Peltomäki 2024.)

Hoitorästit pienentävät korjuutuloja tulevissa hakkuissa merkittävästi, koska taimikonhoito vaikuttaa positiivisesti koko metsikön kiertoaikana vuosituotoksen kasvuun keskimäärin 6 prosenttia sekä tukkipuun osuuden kasvuun 26 prosenttia. (Hollanti & Savolainen 2022.)

Vaikkakin hoitorästit ovat vähentyneet Suomessa noin neljänneksen, tähän syynä ei kuitenkaan ole ollut metsänomistajien aktivoituminen, vaan osa hoitamattomista metsistä ovat varttuneet ja näistä on voitu korjata kuitu- ja energia-puuta, joiden kysyntä on kasvanut. (Metsäkeskus 2023.)

Taimikonhoitotyöt kannattakin tehdä ajallaan, koska viivästyminen aiheuttaa kasvutappioita. Metsän kasvukausi Suomessa ajoittuu vain muutaman kuukauden ajanjaksoon ja liian tiheissä taimikoissa kilpailu pituus- ja paksuuskasvun edellytyksistä on kovaa, joten taimikossa olevat puut pyrkivät pysymään hengissä. (Metsäkeskus 2023.)

3.1 Työskentely raivaussahalla

Raivaussahalla tehtävä metsänhoito mielletäänkin monesti sellaiseksi työlajiksi, jota metsänomistajakin voisi itse tehdä, eikä suotta. Raivaussahan on suhteellisen helppokäyttöinen ja sen omaksuu hyvin helposti, raivaussahan käyttöön järjestetään koulutuksia ja neuvoa voi pyytää metsäammattilaiselta. (Metsänhoidon ABC 2013.)

Työskentely alkaa oikeanlaisista varusteista ja taidosta käyttää niitä. Työskentelyyn tarvitsee raivaussahan, joka on suunniteltu metsäkäyttöön eli runkoputken tulee olla lyhyt, jotta raivaussahan käsittely onnistuu metsäympäristössä. Valjaat, joilla raivaussahaa kannatellaan työskentelyn aikana. Valjaiden avulla raivaussahan paino jakautuu lantiolle ja hartioille. Hyvät valjaat erottavat siitä, että kaikki

paino ei lepää pelkästään hartioiden päällä. Raivaussaha tulee säätää siten, että terä olisi täydellä tankilla irti noin 30 senttiä maasta. (Metsänhoidon ABC 2013.)

Turvavarusteet, jota raivaussahan käyttöön tarvitaan ehdottomasti ovat visiirillä ja kuulonsuojamilla varustettu kypärä. Viiltosuojahousuja ei tarvita. Jalkineiksi kelpaavat tukevapohjaiset vaelluskengät tai metsurinsaappaat. Turvallisuussyistä on erityisen tärkeää, että puhelin on aina matkassa metsätöissä ja on erittäin suositeltavaa, että puhelimeen olisi asennettu 112-sovellus, joka osaa ilmoittaa sijaintisi koordinaatit hätäkeskukselle onnettomuuden sattuessa. (Mykkänen & Riikilä 2022, 135.)

3.1.1 Raivaussahan käyttö

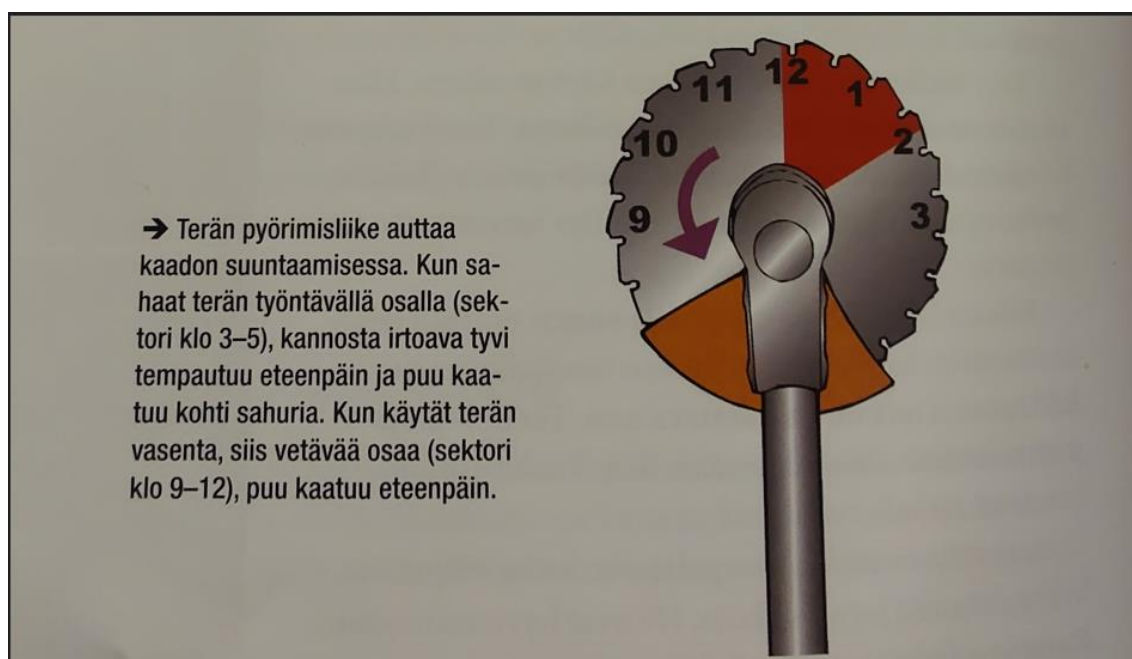
Ensiksi tulee tarkistaa sahan käyttökuntoisuus, jonka jälkeen raivaussaha tulee tankata ja tarkistaa, ettei raivaussahan terä ole tylsä. Raivaussahoissa käytetään kaksitahtimoottoreille suunniteltua pienkonebensiniä tai vaihtoehtoisesti raivaussahoissa voidaan käyttää 98- oktaanista bensaa, johon lisätään kaksi prosenttia moottori- ja raivaussahoille suunniteltua öljyä. (Mykkänen & Riikilä 2022, 135.) Nykypäivänä markkinoille on tullut sähköllä toimivia raivaussahoja, joiden akun kesto ja tehokkuus ovat jo hyvällä tasolla verraten bensiinillä toimivaan sahaan. Sähköraivaussahat ovat myös erittäin helppokäyttöisiä, koska sähkösaha käynnistyy virtanapista, jolloin moottoria ei tarvitse vetää käyntiin. Sähköraivaussaha on hyvin helppohuoltoinen, tärkeintä on huomioida, että sähkömoottorin tuuletuskanavat ovat auki ja kulmavaihde on rasvattu riittävän usein. (Metsälehti 2022.)

Raivaussahalla työskennellessä on osattava suunnata kaadettavat puut oikein. Näin työskentely on keveämpää sekä jälki siistimpää. Kaadettavien puiden suuntaaminen tulisi ohjata jo raivatulle alueelle eikä sinne mihin suuntaan ollaan kulkemassa, koska se hidastaa sekä tekee työstä erittäin epämiellyttävää. Raivaussahalla sahatessa tulee aina painaa kaasu pohjaan jo ennen kuin terä on kaadettavassa puussa kiinni, näin sahaaminen on helpompaa ja vähennetään sahaan kohdistuvaa rasitusta. (Metsänhoidon ABC 2013.)

Kaadon suuntaamisessa voidaan hyödyntää seuraavanlaisia menetelmiä: hyödyntämällä terän pyörimissuuntaa (Kuva 1), kun sahataan terän työntävällä

osalla ja samalla niitään polvista, puun tyvi siirtyy eteenpäin terän ja jalkojen liikkeestä. Tämän seurauksena kaadettava puu kaatuu taaksepäin ja päinvastaisesti, kun sahataan terän vetävällä osalla ja vedetään keholla sahaa taaksepäin, puu kaatuu eteenpäin. (Kiuruveden Metsola 2017.)

Sahaamista on syytä välttää terän kärkiosalla kello 12–2 välillä (Kuva 1), koska takapotkun riski on suuri, jonka jälkeen terä saattaa osua jäljelle jääviin puihin. Kaatoa voidaan suunnata myös kallistamalla sahan terää joko oikealle tai vasemmalle tai raivaussahan runkoputkea hyväksikäyttäen. Pelkkä runkoputken käyttö suuntaamisessa on hyvin raskasta, mutta silti hyvä tapa suunnata puita, mikäli metsikkö on niin tiheä, etteivät kaadettavat puut ilman apua pysty kaatumaan. (Kiuruveden Metsola 2017.)



Kuva 1 Raivaussahan terän sektorit (Metsäkoulu 2022)

Raivaussahalle suuria puita ovat läpimitaltaan 10–15 senttisiä. Tällaisia puita kaataessa tarvitaan rauhallisuutta ja oikeanlainen tekniikka, joita ovat kaatokolomainen sahaus sekä eritasosahaus. Kaatokolomaisessa sahauksessa puun kaatosuunnan puolelle tehdään viistoon ylhäältäpäin sahaus noin rungon puoleenväliin ja toinen sahaus vaakaan toiselta puolen, runkoa ei sahata poikki asti vaan sahausten keskelle jätetään pitopuu. Pitopuu auttaa kaadonsuuntauksessa, koska puuta tarvitsee työntää tällaisessa tekniikassa, samoin kuin eritasosahauksessa. (Mykkänen & Riikilä 2022, 138.)

Eritasosahaus on hieman nopeampi ja sitä käytetään silloin, kun kaadettavan puun runkoa ei saada kertasahauksella poikki kaatuen haluttuun suuntaan. Eritasosahaus tapahtuu seuraavanlaisesti, puuntoiselle puolelle sahataan vaakaan riittävän syvä viilto, noin puoleen väliin runkoa ja sen jälkeen puun toiselle puolelle sahaus vaakaan muutama sentti alemmas kuin toisella puolen. Tarvittaessa työnnetään puu kädellä tai sahan runkoputkella kumoon. (Mykkänen & Riikilä 2022, 138.)

Raivaussahalla tehdessä tarkkoja sahauksia esimerkiksi lähietäisyydellä säästettävää puuta tulee olla tarkka, ettei tätä vaurioitettaisi raivaussahan terällä. Tarkkaan sahaamiseen kannattaa käyttää raivaussahan terän vetävän puolen teräsuojan lähintä aluetta (Kuva 1). (Metsänhoidon ABC 2013.)

3.1.2 Työskentelyjärjestys metsässä

Metsätöissä tärkeässä roolissa on työsuunnittelu ja työjärjestys. Työ on paljon joutuisampaa ja mielekästä puuhaa, kun nämä kaksi asiaa ovat hoidossa. Työn suunnittelu alkaa siitä, kun tiedetään minkälainen alue metsässä raivataan, mitä puita jätetään ja paljonko poistetaan. Tämän jälkeen työ on paljon helpompaa sekä joutuisampaa, koska ei tarvitse miettiä mitä tehdä seuraavaksi. (Mykkänen & Riikilä 2022, 138–139.)

Työskentely kannattaa aloittaa alueen kauimmaisesta nurkasta ja edetä aina tulosuuntaa kohden. Huoltopaikka, jossa on bensakannu, terän teroitusvälineet ja eväsreppu kannattaa perustaa aina siten, että sinne on helppo kulkea jo raivattua aluetta pitkin. Tehokkainta on edetä työskennellessä suoraviivaisesti tehden noin 2–4 metrin kaistaa. Mitä tiheämpää metsä on sitä kapeampaa kaistaa kannattaa tehdä. Kannattamatonta on kurotella ja ahnehtia aina vähän leveämpää kaistaa, tällöin tehokkuus ja selkä kärsii. (Mykkänen & Riikilä 2022, 138–139)

Sahatessa tulee aina välttää selän kiertoilikkeitä ja sahan kannattelua käsin. Fyysisimmän työn teko tapahtuu jaloilla, jolloin keho rasittuu vähemmän ja vältetään tuki- ja liikuntaelinsairaudet. (Metsänhoidon ABC 2013.)

Tuulen suunta tulee huomioida työskentelyssä, koska tuuli auttaa puita kaatumaan. Siksi tuulisella säällä kannattakin työskentely aloittaa tuulen alapuolelta, jolloin puut kaatuvat helpommin tehdyille alueelle. Tuulen lisäksi kaatojärjestys on oltava oikeanlainen, ensimmäiseksi kannattaa kaataa siltä sivulta poistettavat puut sivulle, jotka ovat lähimpänä valmista aluetta. Seuraavaksi tulee kaataa edessä olevat puut joko sivulle tai taakse ja lopuksi kaataa taaksepäin poistettavat puut siltä sivulta, jotka ovat tekemättömän alueen puolella. Tältä puolelta ei erityisesti tule kurotella. Tekee vain sen verran mitä toisen jalan sivuaskeleella ylettää. (Mykkänen & Riikilä 2022, 138–139.)

Työn jälkeä tulee seurata koko ajan ja välillä jäävän puuston tiheyttä on syytä mitata, mikä on yksi tärkeimpiä asioita taimikonhoidossa, koska erittäin tiheet taimikot jäävät usein liian tiheäksi. Mittaus tapahtuu seuraavanlaisesti: otetaan joko neljän metrin onkivapa tai keppi, joka tiedetään olevan neljä metriä pitkä. Onkivavan tai kepin kanssa pyörähdetään ympäri ja lasketaan samalla sen sisään jääneet taimet. Tämän tehdyn ympyräkoealan sisään jääneiden taimien lukumäärä kerrotaan 200:lla, jolloin saadaan tulokseksi yhden hehtaarin taimimäärä. (Mykkänen & Riikilä 2022, 138–139.) Laskennan tulos perustuu siihen, että onkivavan tai kepin kanssa pyörähdetty alue kattaa 50 neliometriä ja kehään jääneiden taimien lukumäärä kerrotaan 200:lla saadaan yhden hehtaarin kokonaistulos. Mittavälineen tarkka mitta tulisi olla 3,99 metriä. (Puuntuottaja 2012.)

3.1.3 Varhaisperkaus

Varhaisperkaus on yksi tärkeimmistä taimikon ja koko metsähoidonkierrossa olevista työläjeistä. Varhaisperkauksella edistetään kasvua sekä estetään ylitiheydestä johtuvien mekaanisten vaurioiden syntyä. Hyvällä ja oikea-aikaisella varhaisperkauksella voidaan hallita kasvatusketjun kustannuksia sekä varmistetaan ettei uudistetun metsikön pääpuulaji vaihdu. (Rantala & Laine 2022, 126.)

Varhaisperkaus suoritetaan tyypillisesti, kun kasvatettavat havupuut ovat saavuttaneet keskimäärin noin yhden metrin pituuden. Erittäin voimakkaasti vesakoituneet männyn kylvötaimikot ovat kuitenkin jo usein tarpeellisia varhaisperata aikaisemmin kuin männyn ovat saavuttaneet keskimääräistä metrin pituutta. (Rantala & Laine 2022, 126.)

Varhaisperkauksen tarkoituksena on estää lehtipuiden aiheuttama kilpailu havupuutaimikossa. Lehtipuut poistetaan kaikkien kasvatettavien taimien ympäriltä aukkopaiikkoja lukuun ottamatta. Varhaisperkaus suoritetaan, jotta taataan havupuiden yhteyttävälle latvukselle häiriötön kehitys. Tämä taasen takaa edellytykset nopeaan paksuus- ja pituuskasvuun. (Luoranen, Saksa & Uotila 2020, 128.)

Varhaisperattu havupuutaimikko, joka on vapautettu lehtipuiden kilpailusta kasvaa selvästi nopeammin kuin perkaamaton taimikko. Varhaisperatun taimikon erot näkyvät ensin paksuuskasvussa ja sittemmin myös pituuskasvussa. Istutetussa rauduskoivikossa taimet kehittyvät yleensä niin nopeasti, ettei luontaisesti tullut koivikko estä istutettujen taimien kasvua. (Luoranen, Saksa & Uotila 2020, 128.)

Aikaisemmissa hakkuissa jätettyjen säästöpuuryhmien sekä riistatiheikköjen alustoja ei käsitellä. Luonnon monimuotoisuudelle tärkeitä katajia, pihlajia, pähkinäpensaita sekä jaloja lehtipuita ei tulisi kaataa. Kivikkojen, kosteiden painanteiden sekä muihin puuntuotuksellisesti heikkoihin kohtiin suositellaan myös jätettäväksi käsittelemättömiä kohtia monimuotoisuuden edistämiseksi sekä riistan eduksi. (Tapio 2023, 74.)

Mäntytaimikoissa varhaisperkauksen jälkeen tavoitteena on, ettei haittaavaa kasvustoa ole kasvatettavien puiden ympärillä. Mäntyvaltaisesta taimikosta kaikki mahdolliset haavan vesat tulisi kaataa versoruostesienen välttämiseksi. Kuusikotaimikossa poistetaan kaikki kuusten lähellä olevat tai muuten kasvua haittaavat lehtipuut. (Tapio 2023, 75.)

Varhaisperkausta voidaan tehdä täysperkauksena tai reikäperkauksena. Reikäperkauksessa tarkoituksena on poistaa ainoastaan noin metrin säteellä kasvatettavan puuston ympäriltä sitä haittaava puusto. Reikäperkaus on työajoina nopeampi toteuttaa, jolloin se on myös edullisempi tehdä. Mikäli reikäperkaus valitaan työtavaksi se tulisi suorittaa keskikesän aikana, jolloin lehtipuiden vesominen myöhemmin on heikompaa. (Metsänhoidon suositukset n.d.)

3.1.4 Taimikonharvennus

Varhaisperkauksen jälkeen seuraava hoitotyövaihe on taimikonharvennus, jossa valitaan kasvatettavat puut ensiharvennukseen asti. Taimikonharvennus ylläpitää taimien kasvun sekä kasvuolosuhteet sillä tasolla, jota puut tarvitsevat. Taimikonharvennuksen ajankohta on oleellinen kuusikossa sen ollessa noin 3 metrin pituudessa ja mäntytaimikoissa se ollessa noin 5–6 metrin pituudessa. Tavoitteena molemmissa on taimikonharvennuksen jälkeen, että taimikko olisi tasapitkä ja puusto olisi tasaisesti sijoittunut. (Rantala & Laine 2022, 127.)

Taimikonharvennuksessa luodaan kasvutilaa laadullisesta näkökulmasta parhaiden sekä hyväkasvuisten puiden eduksi, katsomatta sitä onko kasvatettavaksi valitut puut metsään viljeltyjä tai luontaisesti syntyneitä. Laadullisesti huonoja puita taimikossakin ovat suurioksalet, mutkaiset sekä muutoin huonokuntoiset ja sairaat puut. Taimikonharvennus edistää puiden hyvää järeytymistä, mikä auttaa kestämään abioottisia tuhoja. (Tapio 2023, 75.)

Taimikonharvennus kuten kaikki muutkin taimikonhoitotyöt ovat positiivisia investointeja metsän kehitykseen. Näillä mahdollistetaan kasvatettavan puuston kokonaiskehitys. Oikea-aikaisesti sekä oikeaan tiheyteen harvennettujen taimikoiden hoito- ja korjuukustannukset ensiharvennuksessa pysyvät kohtuullisina. Vaikka taimikonhoito metsän kiertoajan alkupuolella tuottaa kustannuksia, nämä toimenpiteet nostavat metsikön taloudellista kannattavuutta koko kiertoajalla. (Tapio 2023, 75.)

Taimikonharvennuksessa kuusikot harvennetaan aiemmin mainittujen ohjeiden mukaan 1800–2000 runkoa hehtaarille, mäntytaimikot 2000–2200 runkoa hehtaarille ja koivikot noin 1600 rungon hehtaari tiheyteen. Mikäli kasvatettavaksi valitut puuntaimet sijaitsevat noin metrin etäisyydellä toisistaan, kannattaa laadullisesti tai sijainnillisesti huonompi taimi poistaa. Havupuutaimikoihin suositellaan jätettäväksi lehtipuustoa noin 10 % lisäämään metsikön monimuotoisuutta, tähän kannattava valinta ovat siemensyntyiset rauduskoivut. (Rantala & Laine 2022, 128.)

Taimikonharvennukset kuten muutkin metsänhoitotyöt tehdään pääosin raivaussahalla. Vaikka koneellisia taimikonharvennuslaitteitakin on kehitetty, niiden käyttö ei ole yleistä. Tähän syynä on yleisesti konetyön korkeammat kustannukset. (Luoranen, Saksa & Uotila 2020, 143–144.)

Taimikonharvennuksen työaikamenekki raivaussahalla vaihtelee merkittävästi. Siihen vaikuttavat muun muassa työn suorittajan osaaminen, työn suorittamisen valittu ajankohta ja maasto sekä poistettavien puiden koko ja tilajärjestys. Aiemmat taimikonhoitotyöt, jotka taimikkoon on tehty vaikuttavat positiivisesti työaikamenekkiin. (Rantala & Laine 2022, 129.)

3.1.5 Ennakkoraivaus

Taimikonhoitovaiheiden jälkeen kasvatettavaksi valitun puuston latvusten tulisi peittyä riittävän yhteneväiseksi, jotta kaadettujen lehtipuiden kantovesoja, saati muuta haittaavaa alikasvosta ei pääsisi syntymään. Harvoin kuitenkaan päästään sille tasolle, ettei näin tapahtuisi ollenkaan. Kuitenkin oikea-aikaisesti sekä oikeaan tiheyteen harvennettujen taimikoiden avulla voidaan minimoida ennakkoraivauksen tarvetta, joka pienentää kustannuksia. Mikäli metsään on silti syntynyt myöhemmissä metsikön kehitysvaiheissa puunkorjuuta haittaavaa vesakkoa sekä muuta alikasvustoa on se tarpeen raivata ennen korjuuta. (Luoranen, Saksa & Uotila 2020, 145.)

Ennakkoraivauksella parannetaan korjuun onnistumista, joka tarkoittaa myös parempaa korjuujälkeä sekä edistää kasvatettavan puuston kasvua. Puunkorjuuta haittaava alikasvos kilpailee yhtä lailla kasvupaikan resursseista. Ensiharvennukset, jossa on heikko näkyvyys voimakkaan alikasvoksen vuoksi, tarvitsevat ennakkoraivausta. Raivaamaton alikasvos hidastaa koko korjuuketjun tuottavuutta hidastamalla työtä. (Luoranen, Saksa & Uotila 2020, 145.)

Ennakkoraivaus onkin tehtävä tarpeen mukaan hyvissä ajoin, suositellusti 1–3 vuotta ennen puunkorjuuta, jolloin raivattu alikasvos ehtii painua maahan ja kannot lahota. Ennakkoraivaus tulisi suorittaa siten, että poistettavien puiden ympäriltä kaadettaisiin alikasvos noin metrin säteeltä riittävän matalaan kanton, jotta poistettavan puun tyvi näkyyn selvästi. Muutoinkin näkyvyyttä haittaava alikasvos

poistetaan. Ennakkoraivauksen tarve kasvaa, jos taimikonhoito on jäänyt puutteelliseksi. (Metsähoidon suositukset, n.d.)

Ennakkoraivauksessa tulee huomioida riista ja luonnon monimuotoisuus esimerkiksi pensaat, pihlajat, katajat, haavat, raidat, lepät ja jalot lehtipuut suositellaan säästettäväksi ennakkoraivauksessa. Hyviä kohteita jättää raivaamatta ovat eri vesistöjen suojakaistat sekä kohteet kuten kosteat painanteet, vaihettumisvyöhykkeet, kallioiset alueet ja heikkotuottoiset paikat. Lisäksi tarpeetonta raivausta avonaisemmissa metsänkohdissa tulee välttää. (Metsähoidon suositukset n.d.)

Ennakkoraivaus on mahdollista suorittaa ns. näkemäraivauksena, jolloin käsittely on kevyempi ja siten nopeampi toteuttaa. Näkemäraivauksessa poistetaan ainoastaan poistettavien puiden ympäriltä riittävältä etäisyydeltä haittaavat puut keskimäärin noin kahden metrin alueelta. Tämä ennakkoraivaustyötapo soveltuu myöhemmissä metsikön vaiheissa sekä jatkuvan kasvatuksen kohteissa, jossa luontaisesti syntynyttä alikasvosta aiotaan kasvattaa. Näkemäraivaus on erityisesti metsäkanalinnuille suotuisa, koska metsään jätetty kuusialikasvos tarjoaa kanalinnuille suojaa (Metsähoidon suositukset n.d.)

Ennakkoraivaus energiapuukohteilla tehdään hyvin tapauskohtaisesti, jos kohteella kerätään kokopuuta raivausta ei tehdä. Mikäli kohteelta kerätään karsittua rankaa, voidaan ennakkoraivaus tehdä siten, että kaikki rinnankorkeudelta alle neljä senttiä halkaisijaltaan olevat puut kaadetaan. (Peltomäki 2025.)

4 SIMULAATIOKOULUTUS

Simulaatiota käytetään monilla eri aloilla, myös metsätaloudessa. Simulaatiossa jäljitellään jotakin tiettyä prosessia tai järjestelmää, tämä toteutetaan mallintamalla tai toistamalla prosessi mahdollisimman todenmukaisesti. Simulaattorilla tarkoitetaan fyysistä työkalua, jolla voidaan jäljitellä tämä prosessi tai järjestelmä. Simulaattoria hyödyntämällä voidaan ymmärtää ja oppia asioita ilman, että sitä tarvitsee tehdä tosielämässä. (Korhonen & Ranta 2023.)

Simulaattoreita käytetään tilanteissa, joissa aidon laitteen tai todellisen tilanteen käyttäminen koulutusvaiheessa voisi aiheuttaa suuria riskejä joko taloudellisesti tai inhimillisesti. Kun oppimistilanteessa käytetään simulaattoreita, voidaan taata se, etteivät sen käyttäjät aseta itseään vaaraan. Simulaatioharjoittelulla voidaan turvallisemmin siirtyä reaalimaailman tilanteeseen. (Korhonen & Ranta 2023.)

4.1 Simulaatiokoulutus metsäalan perustutkinnossa

Suomessa metsäkoneenkuljettajien koulutuksessa on käytetty simulaattoreita jo pitkään. Esimerkiksi Ponsen simulaattoreilla metsäkoneenkuljettajaksi opiskeleva henkilö voi sisäistää työnteen olennaisimpia vaiheita sekä saada käytännön tuntumaa metsäkoneen käytöstä. Kun opiskelija on ennen oikean koneen ajamista harjoitellut simulaattorilla, on hänellä jo jonkinlaista käsitystä siitä, miten konetta ajetaan. (Ponsse news 2024.)

Sarajärvi toteaa vuoden 2021 artikkelissaan, että simulaattorikoulutuksen osuutta opetuksessa ollaan lisäämässä ja tehostamassa. Simulaattorin käyttö antaa opiskelijoille mahdollisuuden hioa ja parantaa taitojaan myös opiskelujen loppuvaiheessa. Simulaattorit analysoivat ja antavat suorituksen aikana palautetta, jonka pohjalta käyttäjä voi muokata ja parantaa toimintaansa.

4.2 Raivaussahasimulaattori

Creanexin raivaussahasimulaattori on kehitetty Metsäkeskuksen hankkeessa Metsien hiilinielu kasvuun Pirkanmaalla (Metsälehti 2022). Simulaattorilla voi har-

joitella raivaussahan käyttöä, taimikon hoitoa sekä aluskasvuston raivausta virtuaalisessa ympäristössä. Simulaattoria käytetään virtuaalitodellisuudessa VR-lasien kanssa. (Creanex n.d.).

Simulaattori on kehitetty metsänomistajien koulutusta varten. Opetuksen tavoitteena on kannustaa omatoimiseen taimikonhoitoon. Tämän kautta myös hoitorästejä päästään mahdollisesti purkamaan. (Hoppi, A-S 2022.)

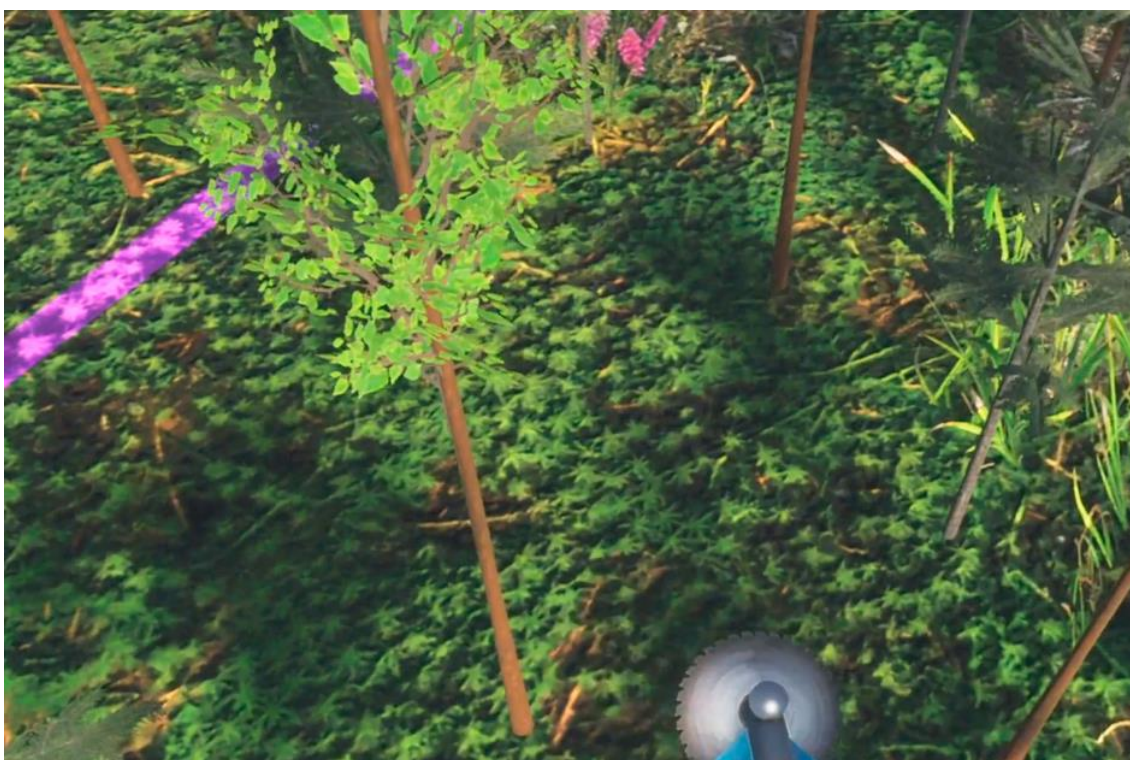
Raivaussahasimulaattori antaa käytön jälkeen kattavan raportin käyttäjän toiminnasta. Se muun muassa näyttää mistä käyttäjä on kulkenut, mitä puita hän on kaatanut, kantojen korkeuden sekä antaa palautetta kaasun käytöstä. Käyttäjät ovat kokeneet virtuaalimaailman todentuntuiseksi. (Hoppi, A-S 2022.)

Käyttäjäkohtaista edistymistä voidaan seurata SimTrainer-ohjelmistolla. Se sisältää useita erilaisia simulaattoriharjoitusta, joissa käydään läpi työskentelyn eri osa-alueita. Simulaattorilla voidaan harjoitella myös työskentelyn tehostamista todellisuutta vastaavissa tilanteissa. Suoritusraportista käy ilmi onko käyttäjän suoritus hyväksytty vai hylätty, se antaa myös pisteytyksen käyttäjän toiminnasta harjoituksen aikana. (Creanex n.d.).



Kuva 2 Raivaussahasimulaattori (Kuva: S. Sorri)

Raivaussahasimulaattorin sijoittelussa luokkatilaan tulee tehdä riittävän suuri avoin alue, jotta laitetta voidaan käyttää turvallisesti VR-laseja käytettäessä. Vapaata tilaa tulisi olla vähintään 2x2 metriä kattava alue. Simulaattori on helposti liikuteltavissa eri paikkoihin, mikäli minimivaatimukset täyttyvät. Laitetta käytettäessä tulee pystyttää alueen etukulmiin kaksi tutka-anturia, jotka tunnistavat edellä mainitulla alueella olevat VR-lasit ja ohjainkahvat. Mikäli laitetta siirrellään tiloista toiseen, pitää alue uudelleen määrittää ennen käyttöä. Laitteen käyttö toimii langattomasti, lukuun ottamatta VR-laseja.



Kuva 3 Raivaussahasimulaattorin virtuaalimaailma (Kuva: M. Inkinen)

VR-laseista näkyvä virtuaalimaailma on esillä tietokoneen näytöllä. Tämän näytön voisi heijastaa valkokankaalle, joka mahdollistaisi sen, että isompikin ryhmä pystyisi samanaikaisesti seuraamaan virtuaalimaailman tapahtumia. Tällöin voitaisiin esimerkiksi samalla opettaa muille ryhmäläisille teoriaa metsänhoidosta, kun yksi opiskelija suorittaa simulaatioharjoitusta simulaattorilla.

5 ASiantuntijahaastattelut ja toteutus

Asiantuntijuus ilmiönä on monimuotoinen, minkä vuoksi haastattelijajoutuu miettimään, miten määritellä oman tutkimusaiheen kannalta olennainen asiantuntijuus. Asiantuntija voi olla muun muassa prosessissa kuultu ihminen tai sen osallinen. Heitä haastatellaan sen tiedon vuoksi, jota heillä oletetaan olevan tutkittavasta aiheesta. (Alastalo, Åkerman & Vaittinen 2017.)

Alastalo, Åkerman ja Vaittinen (2017) korostavat haastatteluiden huolellista valmistelua. Pohjatyön merkitys on tärkeä haastatteluaineiston laadun kannalta. Keskeisten toimijoiden löytäminen haastateltavaksi voi olla haastavaa. On otettava huomioon myös asiantuntijan ja haastattelijan mahdolliset ristiriitaiset intressit. Haastattelijan on osattava vaihtaa lähestymistapaansa haastateltavaa asiantuntijaa kohtaan, joskus voi olla hyödyllistä esiintyä itse asiantuntijana, toisinaan taas tietämättömyyden ilmi tuominen saattaa antaa asiantuntijalta yksityiskohtaisempaa tietoa haastattelua varten.

Haastattelussa on tärkeää osata lukea tilannetta ja muokata omaa haastattelu-tyyliään siten, että haastattelu tuottaisi mahdollisimman tarkoituksenmukaista tietoa. Erilaisia haastattelutyyppejä voi käyttää asiantuntijahaastatteluissa. Esimerkiksi ryhmäkeskustelua voidaan hyödyntää haastattelutyypinä. Myös erilaiset verkkopalvelut mahdollistavat haastatteluiden tekemisen esimerkiksi Teams tai Skype. (Alastalo, Åkerman & Vaittinen 2017.)

Haastatteluita suorittaessa on hyvä huomioida, että antaa haastateltavalle tarpeeksi aikaa vastata kysymyksiin. On hyvä välttää kysymyksiä, joihin voi vastata kyllä tai ei. Tärkeää on osata kuunnella haastateltavaa, eikä kysyä montaa kysymystä samalla kertaa. Jos useamman kysymyksen kysyy kerralla, voi haastateltava hämmentyä ja unohtaa vastata kaikkiin kysymyksiin. Haastattelu onnistuu parhaiten olemalla luontevassa vuorovaikutuksessa haastateltavien kanssa. (Hyvärinen, M. Suoninen, E. & Vuori, J. 2021.)

Opinnäytetyötä varten haastateltiin neljää Tredun metsäalan opettajaa Kurusta. Heidät koettiin sopiviksi asiantuntijoiksi tämän aiheen kannalta, sillä heillä oli tietoa simulaatio-opetuksesta. Opettajilla oli myös paljon tuntemusta metsänhoidosta sekä raivaussahan käytöstä.

Kaikissa haastatteluissa käytettiin samaa haastattelupohjaa (Liite 1), joka suunniteltiin etukäteen. Kysymykset on laadittu pedagogisesta näkökulmasta. Tarpeen mukaan kysymyksiä räätälöitiin sekä haastattelurunkoa muokattiin haastattelun edetessä. Kysymykset tarkastelevat aihetta eri näkökulmista ja antaa asiantuntijalle mahdollisuuden laajaankin vastaukseen. Kysymykset koskevat muun muassa raivaussahasimulaattorin käyttöä sekä sen tarjoamia mahdollisuuksia opetuskäytössä.

Asiantuntijahaastattelut toteutettiin 11.2.2025 Tampereen seudun ammattioppilaitoksen Kurun kampuksella. Haastattelut suoritettiin yksilöhaastatteluina, sillä se koettiin sekä haastateltavien että haastattelijan puolesta sujuvammaksi tavaksi. Ryhmähaastattelussa kaikki osallistujat eivät välttämättä saisi tuotua ilmi omia näkökulmiaan, yksilöhaastatteluissa tämä toteutuisi sujuvammin. Haastattelut äänitettiin ja näiden äänitteiden perusteella ne litteroitiin sanasta sanaan. Tästä annettiin myös tieto haastatteluun osallistuneille.

Kaikilla haastateltavilla ei ollut ennestään kokemusta raivaussahasimulaattorin käytöstä, sillä se on vasta käyttöönottovaiheessa Kurun kampuksella. Tämän vuoksi heille lähetettiin sähköpostilla etukäteen laitevalmistajan käyttöohjeet, joihin he olivat tutustuneet. Heille tarjottiin myös lyhyt perehdytys laitteen käytöstä ja jokainen haastateltava kokeili ennen haastattelua laitteen käyttöä keskimäärin noin 20 minuutin ajan.

6 HAASTATTELUIDEN TULOKSET

6.1 Simulaattorin mahdollisuudet opetuskäytössä

Haastatteluista kävi ilmi, että simulaattori tällaisenaan palvelisi erityisesti alkuvaiheen opinnoissa. Se voisi toimia alustavana kosketuksena niille, joilla ei aiempaa kokemusta raivaussahasta ole. Simulaattori voisi myös houkutella opiskelijoita raivaussahan käyttöön.

Lisäksi se tarjoaa perusasioita, mutta erityisesti työn suunnittelussa se on parhaimmillaan. Se tukee työmaasuunnittelua ja teoriaopetusta, erityisesti metsäasioissa, ja auttaa havainnollistamaan tärkeitä asioita.

Raportointitoiminto näyttää kuljetut reitit sekä jäljelle jääneet puut pistekarttana, mikä lisää visuaalista ymmärrystä, joka on opetuksen tukemiseen oikein avulias. Haastateltavat olivat sitä mieltä, että simulaattori vaatisi kuitenkin edelleen jonkin verran kehittämistä, esimerkiksi lisää erilaisia harjoituksia.

”Perusjutuissa simulaattori palvelee oppimista, mutta kehitettävää on. Erytyisesti työn suunnittelussa simulaattori on parhaimmillaan, [...] se antaa kaikista eniten tekijälle.”

”Alustavaa ensivaiheen kosketusta voisi olla, nimenomaan henkilöille, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta ja olisi tarkoitus tavallaan houkutella raivaussahan käyttöön”

”Jos on aiheesta teoriaopetusta, vaikka ensin metsäasioista ja sitten pääsee vasta myöhemmin keväällä taimikon hoitoon, niin tällä pystyy hyvin havainnollistamaan. Se antaa visuaalisuutta siihen, että pystyy havainnollistamaan joitain tiettyjä asioita, mitä siitä on tärkeää kertoa. Raportointitoiminto on siinä hyvä.”

6.2 Simulaattorin käytön edut

Simulaattorin eduksi moni haastateltava nosti sen, että simulaattorin käyttö ei ole säästä riippuvaista. Sen käyttöä voi harjoitella sisätiloissa sekä simulaattoria voi käyttää milloin tahansa, mikä lisää sen houkuttelevuutta.

Koulussa työskennellessä raivaussahan kanssa, tulee vähintään yhden opettajan olla paikalla ohjaamassa opiskelijoita, jo ihan turvallisuussyistä. Simulaattorilla harjoittelu ei vaadi opettajan läsnäoloa koko ajan, jos opiskelijat oppisivat käyttämään simulaattoria itsenäisesti. Opiskelijat voisivat myös omalla ajallaan oppituntien ulkopuolella tutustua raivaussahan käyttöön simulaattorilla.

Yksi etu on myös se, ettei polttoainekuluja synny, sillä simulaattori ei tarvitse lainkaan polttoainetta. Simulaattori voi toimia myös keskustelun avaajana opiskelijoiden ja opettajien kesken.

Koska simulaattori piirtää ja tuottaa erilaista dataa, esimerkiksi piirtää käyttäjän kulkeman reitin, tämä avustaa järjestelmällisessä työmaasuunnittelussa. Tämä taas auttaa työn etenemisen ja loogisen järjestyksen hahmottamisessa. Raportointitoiminto, joka mallintaa työnjäljen sekä analysoi sen, koettiin hyödylliseksi ominaisuudeksi simulaattorin käytössä. Analyysi on voi olla hyvinkin opettavainen, erityisesti metsässä liikkumisen haasteiden ymmärtämisessä.

”Ei olla säästä riippuvaisia. Tämän pystyy tekemään sisätiloissa opiskelijat, jos oppisivat käyttämään simulaattoria hyvin, voisivat tehdä sitä omalla ajallaan oppituntien ulkopuolella. Sitten tietysti polttoainetta säästyy tuossa ei ole polttoainekuluja siitä. Ja sitten ei vaadi välttämättä sen opettajan läsnäoloa koko ajan.”

”Ensinnäkin tätä voi opettaa ihan koska vaan eli se ei ole keli- eikä ilma- eikä mikään sidonnainen. Sitten siinä tulee se alkuvaiheen semmoisen tutustumisen ja houkuttelevuus nimenomaan, minä näkisin, ja sitten toisaalta, että tämä voisi vähän niin kun toimia semmoisena keskustelun avaajana muille.

6.3 Simulaattorin kehityskohtia

Haastatteluissa kävi ilmi, että simulaattori on kevyempi, kuin oikea raivaussaha. Simulaattorin kahvojen painotusta voisi lisätä, jotta se muistuttaisi enemmän todellista raivaussahaa. Koettiin, että olisi tärkeää, että simulaattori säilyttäisi realistisen tuntuman.

Harjoituksia voisi muokata siten, että ne sisältäisivät esimerkiksi tiheämmässä kasvia puita kuten luonnossakin, ja että maanmuokkauksen jäljet olisivat näkyvissä harjoituksissa. Runkoputken käyttö kaatuvien runkojen ohjaamiseen ja suunnattuun kaatoon olisi myös hyödyllistä oppia simulaattorilla.

Simulaattoriin voisi sisällyttää taimikonharvennuksen ja ennakkoraivauksen, jotta opiskelijat näkisivät eri työlajit, joita raivaussahalla tehdään. Lisäksi esimerkiksi riistatiheikköjen jättäminen ja niiden sijainnin merkitseminen sekä koealatietojen syöttäminen järjestelmään, kuten oikeissa työohjelmissa olisi hyödyllistä oppimisen kannalta.

”Paino siihen kahvoihin ehdottomasti, että saisi enemmän sitä semmoista raivaussahan tuntua. Muokkaisin semmoiseksi, että se muistuttaisi enemmän todellista, nyt tuossa noi puut on aika harvassa, kun todellisuudessa ne puut oikeasti kasvaa tosi paljon tiheämmässä.”

”Kun siellä runkoputkella ohjaillaan kaatuvia runkoja siinä työn aikana ja sitä semmoista suunnattua kaatoa hyödyntämään paremmin niin niistä mä lähtisin liikkeelle.”

”Vaikka ennakkoraivaus työlajina, niin näkee, miltä se näyttää ennen aloitusta ja miltä hyvä työnjälki pitäisi näyttää. Tavallaan se olisi tärkeätä saada se harvennus, ja että sillä pystyy koealoja mittaamaan.”

”Voisihan sinne lisätä, että pitää jättää riistatiheikköjä sopivaan kohtaan ja mahdollisesti sen sijainnin merkitseminen ja koealojen syöttäminen. Olisi hyvä, että siinä tulisi sekin työvaihe.”

6.4 Simulaattorin tehtävien realismisuus

Koettiin, että tehtävien tulisi olla realistisempia, jotta opiskelijat oppisivat mitä puustoa poistaa ja mitä taas jättää. Tähän vaikuttaa esimerkiksi etäisyyden hahmottaminen sekä simulaatiomaailma. Virtuaalitodellisuudessa puut ovat etäämmällä toisistaan, kun taas todellisuudessa puut voivat kasvaa hyvinkin tiheästi. Myös tehtävien monipuolisuutta peräänkuulutettiin.

Simulaattorin tehtävät voivat auttaa metsänhoidon päätöksenteossa ja rohkaista opiskelijaa. Samassa yhteydessä voisi esimerkiksi puhua metsänhoidosta ja siitä, miksi sitä tehdään. Haastateltavien vastauksista kävi ilmi, että ne voisivat hyödyttää opiskelijaa enemmän, jos olisivat vielä todenperäisempiä.

”Se juju siellä on, että mitä sieltä poistetaan ja mitä jätetään, mutta pikkuisen ehkä todenperäisenpään niitä muokkaisin.”

”Ne pitäisi itse tehdä ne tehtävät useampaan kertaan, mutta alkuun hyvä. Joo kyllä se on tärkeätä, että on jotain tehtäviä mistä tulee sitten palaute myös.”

”Tuolla voi päästä jonkun kanssa ihan alkuun silläkin, että [opiskelija] uskalttaa ottaa puita pois. Kun laittaa noi rensselit päälle ja seisoo paikallaan ja rupeaa miettimään, että niin tässä pitäisi nyt jotain tehdä niin [simulaattori] voisi siihen päätöksentekoon rohkaista.”

”Tuossa on niin semmoinen selkeä, että on se taimikon perkaus, että tosiaan kaikki lehtipuu pois niin kyllä se sen opettaa.”

6.5 Simulaattorin tarjoamat valmiudet itsenäiseen raivaussahatyöskentelyyn

Haastateltavat olivat lähes yksimielisiä siitä, että pelkkä simulaattorin käyttö ei anna opiskelijalle valmiuksia toimia itsenäisesti raivaussahan kanssa metsässä. Esimerkiksi raivaussahan huoltotöitä tai sen tankkaamista ei pysty simulaattorilla harjoittelemaan. Simulaattorilla ei myöskään pysty harjoittelemaan aivan kaikkia

eri työtekniikoita, kuten puun hallittua kaatamista haluttuun suuntaan runkoputken avulla.

”Ei missään tapauksessa.”

”Kyllä siinä varmaan joku pieni välivaihe täytyisi ainakin olla. Sahan käynnistäminen ja teroittaminen täytyisi ainakin näyttää. Työtekniikka ja -välineiden käyttö on tärkeää opettaa.”

”Työvälineen käyttöä tulee opettaa, sillä on kuitenkin painoa ja ihan oikea pyörivä terä, niin esimerkiksi terän asennoista täytyy puhua.”

6.6 Simulaattori ja luonnon monimuotoisuus

Kysyttäessä siitä, voiko simulaattorilla opettaa riistan ja luonnon monimuotoisuuden huomioimista, vastasivat haastattelijat, että se voisi olla mahdollista. Tämä kuitenkin vaatisi harjoitusten muokkaamista. Harjoituksissa tulisi myös olla lisätietoa esimerkiksi kasvupaikasta sekä muista maaston ominaisuuksista mitkä tukisivat riistametsänhoitoa sekä luonnon monimuotoisuuden huomioimista.

Tämän hetkissä harjoituksissakin voidaan jättää joitain kohtia raivaamatta, jotta saataisiin monimuotoisuus huomioitua. Huomioitavaa on myös se, että halutaanko näitä asioita korostaa alkuvaiheen opetuksessa. Jää se oman harkinnan varaan.

”Ehkä, mutta se vaatisi noiden harjoitusten muokkaamista aika tavalla ja niin että siellä pitäisi olla lisätietoa esimerkiksi kasvupaikasta.”

”Jos jätetään nyt joku nurkka raivaamatta tuossa simulaattorin harjoituksessa, niin kyllä siinäkin tämä aspekti saadaan mukaan.”

”On se mahdollista, kun se vaan siihen jotenkin suunnitellaan ja liitetään.”

6.7 Jäävän puuston hahmottaminen ja mittauksen hyödyllisyys

Simulaattori mittaa sekä analysoi jäävää puustoa ja antaa siitä palautteen käyttäjälle harjoituksen jälkeen. Tämä koettiin hyödylliseksi ominaisuudeksi, koska raportista saadaan täten kattavampi. Mittaus harjoitteissa koettiin tärkeäksi ominaisuudeksi, koska oikea tiheys on yksi kulmakivistä taimikonhoidossa.

Haastateltavat vastasivat, että jäävän puuston hahmottaminen on hieman haastavaa. Keski-ikäiseksi itsensä laskeva haastateltu kertoi, että hänelle hahmotus oli hankalaa, mutta nuoremmille se voisi olla helpompaa. Jos hahmottaminen on opiskelijoillekin hankalaa, ei jäävän puuston mittauksesta silloin ole hyötyä.

Sektorikehien visuaalista ilmettä tulisi parantaa, jotta etäisyyksien hahmottaminen olisi helpompaa. Oltiin myös sitä mieltä, kun kehä nähdään selkeästi ja siitä pystytään laskemaan runkoluku, on mittaaminen hyödyllistä ja opettavaista.

”No hahmottaminen ei ainakaan tämmöiselle keski-ikäiselle ole missään tapauksessa helppoa. En tiedä sitten mitenkä nuoret sen kokee. Mun mielestä se on hankalaa.”

”Perusjuttu on hyvä, siinä pystytään sitä harjoittelemaan, että jäävä puusto on mitattava, mutta sektorikehien visuaalinen ilme täytyisi saada toisenlaiseksi, että pystyisit katsomaan niitä etäisyyksiä ylhäältä päin.”

”Simulaattori haastaa ylipäättään analysoimaan sitä näkemäänsä, että si tähän täytyy alkaa erottelemaan niitä havupuita lehtipuista, että kyllähän se auttaa varmasti.”

”Kyllä se luo hyötyjä, että siinä selkeästi nähdään se neljän metrin säde ja siitä pystytään laskemaan runkoluku niin että se opettaa sen asian samalla.”

6.8 Raivaussahan eri käyttötökniioiden oppiminen

Haastattelussa kysyttiin myös sitä, voiko raivaussahasimulaattoria käyttää erilaisien käyttötökniioiden opiskeluun. Haastateltavat olivat sitä mieltä, että perustökniioidita pystyy simulaattorilla harjoittelemaan, mutta monimutkaisemmat liikkeet eivät sillä onnistu. Esimerkiksi runkoputken käyttö ei ole realistista, koska se menee virtuaalimaailmassa puiden läpi, eikä sitä täten voi harjoituksissa hyödyntää.

Sahan kallistelua ja terän eri osien käyttöä voi harjoitella simulaattorilla, ne koettiin toimivan virtuaalimaailmassa samalla tavalla, kuin oikeassakin tilanteessa. Puut kaatuvat realistisen oloisesti simulaattorilla, mutta haastattelussa huomautettiin myös siitä, että vaikka simulaattorilla puu kaatuisi käyttäjää päin, ei se satu, kuten oikeassa elämässä.

”Osittain, mutta siitä kun puuttuu se sahan paino, ja se, että voit kävellä puiden läpi simulaattorissa. Ja kun se puu kaatuu sua päin, niin se ei satu.”

”Perusjutut, kallistelut toimii, koska sehän näytti reagoivan, kun mä kallistin sahaa. [...] Mutta sitten että jos vähänkin viedään eteenpäin, kiskaiset tai nostat tai siirrät, niin se ei enää onnistukaan.”

”Runkoputken käyttöä ei [pysty harjoittelemaan], koska se menee puista lävitse siellä virtuaalimaailmassa.”

”Puut sai kaatumaan taaksepäin ja sivulle ja eteen, se onnistuu kyllä simulaattorilla.”

6.9 Simulaattorin hyödyllisyys opetusvälineenä

Simulaattorin hyödyllisyydestä opetusvälineenä oltiin montaa mieltä. Osa haastateltavista ei hyödyntäisi sitä omassa opetuksessaan, osa taas voisi simulaattoria käyttää tukena opetuksessa. Simulaattori voisi tuoda visuaalista tukea opetukseen.

Haastateltavat toivat myös ilmi sitä, että opiskelijoilla on jo muutenkin paljon simulaattoreita käytössään opinnoissaan. Osa opiskelijoista haluaisi mieluummin harjoitella oikeilla välineillä kuin simulaattoreilla. Sanottiin, että raivaussahasimulaattori voisi jopa aiheuttaa turhaantumista opiskelijoiden keskuudessa.

Opettajat toivat vastauksissaan ilmi sitä, että simulaattoria voitaisiin käyttää ikään kuin houkuttimena ensivaiheen tutustumisessa niille henkilöille, joita työskentely metsässä kiinnostaa, mutta että he eivät jostain syystä pääse sitä oikeassa tilanteessa harjoittelemaan.

”[Opiskelijoilla] on tosi paljon simulaattoriopetusta jo nyt ja joillekin simulaattoriopetus on myrkyä. Turhaan niitä ei huvita tehdä sitä, jos me lisätään sitä simulaattoriopetusta ja vähennettäisiin oikeata opetusta oikeitten raivaussahojen kanssa, niin luulen, että heille tulee turhautuminen.”

”Siinä saa perusjuttuja kerrattua ja opetettua, mutta että se on vain yksi lisäväline opetukseen. Mutta ehdottomasti käytän kyllä itsekkin mahdollisuuksien rajoissa.”

”Siinä mielessä kyllä, että jos tämän aparaatin avulla tavoitetaan se ihminen, joka voitaisiin saada tänne työn ja tekemisen pariin, niin näin päin sen näkisin. Tällä me päästään sinne vuoren luokse niin sanotusti, kun me viedään tämä laitteisto, niin kyllä tämä siihen houkuttelevuuteen ja ensivaiheen tutustumiseen on hyvä.”

”Simulaattori on hyvä visuaalinen tuki, että jos jotain asioita opetetaan teoriassa, niin tämä antaa siihen sellaista tukea, että joku saattaa oppia paremmin, kun näkee edes virtuaaliympäristön”

7 POHDINTA

7.1 Haastatteluiden luotettavuus

Kaikki haastateltavat työskentelevät Tredun Kurun kampuksella. Opinnäytetyön alkuvaiheessa pohdittiin myös sitä, olisiko haastateltu myös muiden alojen opettajia ja työntekijöitä. Lopulta kuitenkin päädyttiin siihen, että opinnäytetyötä varten haastatellaan juuri Kurun metsäalan opettajia, sillä simulaattoria ollaan käyttöönottamassa Kurun kampuksella. Koska haastateltavien ryhmä oli rajattu Kurun kampukselle, oli haastattelujen osallistujamääräkin suhteellisen pieni. Tämä pienikin otanta kuitenkin antaa näkökulmaa juuri siitä opettajakunnasta, joka mahdollisesti tulee simulaattoria hyödyntämään opetuksessaan.

Alun perin oli tarkoituksena, että haastattelupohjaa voisi muokata haastattelujen edetessä. Lopulta haastattelut kuitenkin noudattivat samaa pohjaa ja kysymysjärjestystä, joten ne eivät juuri eronneet toisistaan. Jotta haastatteluja pystytään mahdollisimman luotettavasti hyödyntämään opinnäytetyössä, ne nauhoitettiin ja litteroitiin. Näiden litterointien pohjalta myös lainaukset on kirjattu raporttiin. Haastateltaville kerrottiin etukäteen, että haastattelut tullaan nauhoittamaan ja litteroimaan. Kaikki osallistujat hyväksyivät nauhoituksen sekä äänitteiden jälkikäytön. Haastatteluista saadut tallennetut nauhoitteet on jälkikäteen tuhottu.

Haastattelut pystyttiin sopimaan sellaisella aikataululla, joka oli kaikille sopiva. Asiantuntijat ehtivät hyvissä ajoin ennen haastatteluaan tutustumaan ennakkomateriaaliin. Haastatteluille varattiin aikaa niin paljon, että asiantuntijat pystyivät tutustumaan raivaussahasimulaattoriin.

7.2 Johtopäätökset

Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi oli opettavainen, mutta työläs kokonaisuus. Opinnäytetyön aihe keskittyi koko ajan raivaussahasimulaattoriin, mutta alkuvaiheessa opinnäytetyön näkökulma, tavoite ja menetelmä muuttui useaan kertaan. Kun menetelmäksi valikoitui asiantuntijahaastattelu, alkoi prosessi hah-

mottua. Aikataulutus sujui melko helposti ja asiantuntijoiden kanssa saatiin nopeasti sovittua haastatteluiden toteutuksesta. Työläimmäksi vaiheeksi koettiin opinäytetyön raportointi.

Haastatteluissa tuli ilmi useita kehityskohteita, joilla voitaisiin parantaa simulaattorin käyttökokemusta. Simulaattoria toivottiin todenmukaisemmaksi, esimerkiksi sahan paino poikkeaa oikeasta, se on paljon kevyempi käyttää, kuin oikea raivaussaha. Koettiin myös, että virtuaalimaailmaa voitaisiin muokata realistisemmaksi. Kaikkia raivaussahan käyttötekniikoita kuten runkoputken käyttöä ei tällä hetkellä pysty simulaattorilla harjoittelemaan, sillä se ei ole virtuaalimaailmassa mahdollista. Simulaattoriin voitaisiin myös lisätä ominaisuuksia, joilla voisi tehdä muun muassa riistatiheikköjen merkintöjä metsäjärjestelmän kaltaiselle alustalle. Harjoitukseen voisi lisätä myös harjoitteita erilaisista työlajeista. Esimerkiksi taimikonharvennusta, joka on yksi metsänkasvun olennaisimpia alkuvaiheen hoitotoimenpiteitä, ei pysty tällä hetkellä simulaattorilla harjoittelemaan.

Simulaattoria voitaisiin myös hyödyntää alalle houkuttelemisessa. Ensivaiheen tutustumisessa ja alan alkuvaiheen opinnoissa simulaattori voi olla hyödyllinen työväline. Toisaalta haastatteluissa tuotiin ilmi myös sitä, että metsäopetuksessa on jo paljon simulaatioharjoituksia ja että opiskelijat tahtoisivat oppia asioita myös käytännössä oikeilla välineillä.

Raivaussahasimulaattorissa nähtiin potentiaalia opetuksen tukemisessa. Yhteinen mielipide haastateltavien kesken oli se, että pelkällä simulaattoriharjoittelulla opiskelija ei voi oppia oikean raivaussahan käyttöä. Sitä kuitenkin voitaisiin hyödyntää visuaalisena tukena teoriaopetuksen aikana. Esimerkiksi, jos varsinainen metsänhoidon maasto-opetus on suunniteltu tapahtuvaksi keväällä, voitaisiin simulaattorin avulla havainnollistaa asiaa jo aikaisemmin talvella osana teoriaopetusta. Osa haastatelluista opettajista oli sitä mieltä, että aikoo simulaattoria käyttää omassa opetuksessaan.

Raivaussahasimulaattori ei ole vielä opetuskäytössä Kurun kampuksella tällä hetkellä. Haastatteluista saatujen vastauksien pohjalta simulaattoria voitaisiin alkaa hyödyntää alkuvaiheen opinnoissa. Simulaattori vaatisi kuitenkin edellä mainittuja korjauksia, jotta sen käyttö olisi nykyistä mielekkäämpää. Sarajärven 2021

artikkelissa on mainittu, että simulaattorien osuutta opetuksessa ollaan lisäämässä. Raivaussahasimulaattorin käyttö opetuksessa siis voisi olla yksi askel simulaatio-opetuksen yleistymisessä. Jatkotutkimusehdotuksena voisi olla tutkimusta siitä, miten simulaattoria on pystytty hyödyntämään opetuksessa ja esimerkiksi siitä, miten opiskelijat ovat simulaattorin käytön kokeneet.

Tämänhetkinen raivaussahasimulaattori on hyödyllinen taimikon varhaisperkauksen harjoittelussa. Se toimii myös keskustelunavaajana teoriaopetuksen tukena. Samanaikaisesti, kun simulaattorilla harjoitellaan taimikon perkausta, voidaan keskustella ja oppia siitä, miksi taimikkoa ylipäätään perataan ja miksi se on hyödyllistä metsän tulevien kasvuvaiheiden kannalta. Haastatteluissa kävi ilmi, että raivaussahasimulaattori kaipaisi vielä lisää kehitystä, jotta muita raivaussahalla tehtäviä metsänhoidon työlajeja, esimerkiksi taimikonharvennusta ja ennakkoraivausta, pystyttäisiin sillä harjoittelemaan.

LÄHTEET

Alastalo, M., Äkerman, M. & Vaittinen, T. 2017. Asiantuntijahaastattelu. Teoksessa Hyvärinen, M., Nikander, P. & Ruusuvuori, J. (toim.) Tutkimushaastattelun käsikirja. Tampere: Vastapaino, 214–232.

Creanex. n.d. Raivaussahasimulaattori. Verkkosivu. Viitattu 6.1.2025. <https://creanex.gofore.com/raivaussahasimulaattori/>

Hollanti, J. & Savolainen, H. 2022. Taimikonhoidon vaikutus metsikön kehitykseen ja ainespuun tuotokseen. Metsätalouden koulutusohjelma. Metsätaloussinööri. Lapin AMK. Opinnäytetyö. Viitattu 22.1.2025. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/744847/Hollanti_Janne_Savolainen_Heikki.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Hoppi, A-S. 2022. Mitkä puut kannattaisi kaataa? Katso videolta, miten taimikonhoitoa voi kuivaharjoitella turvallisesti simulaattorilla ennen metsään menoa. Maaseudun tulevaisuus. 8.8.2022.

Hyvärinen, M., Suoninen, E. & Vuori, J. 2021. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietarkisto. Viitattu 13.1.2025. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>

Kiuruveden Metsola. 2017. Metsolan Metsäkoulu 4, Raivaussahan teränkäyttötekniikkaa. YouTube-video. 30.1.2017. Viitattu 22.1.2025. <https://www.youtube.com/watch?v=7XzYKG2Tepg>

Korhonen, M. & Ranta, A. 2023. Simulaatiokoulutuksen kehittäminen metsäalan koulutusorganisaatioissa. Pohjoisen tekijät - Lapin AMKIN julkaisuja 5/2023.

Luoranen, J., Saksa, T. & Uotila, K. 2020. Metsänuudistaminen. Porvoo: Bookwell Oy.

Metsähoidon suositukset. N.D. Ennakkoraivaus. Verkkosivu. Viitattu 22.1.2025. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/ennakkoraivaus/toteutus>

Metsähoidon suositukset. N.D. Ennakkoraivaus. Verkkosivu. Viitattu 7.2.2025. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/ennakkoraivaus/toteutus>

Metsähoidon suositukset. N.D. Taimikon varhaisperkaus. Verkkosivu. Viitattu 7.2.2025. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/taimikon-varhaisperkaus/toteutus>

Metsäkeskus. 2023. Taimikonhoitorästit ovat vähentyneet merkittävästi. Verkkosivu. Viitattu 23.1.2025.

Metsälehti. 2022. Taimikonhoito tutuksi simulaattorilla, tavoitteena madaltaa kynnystä omatoimiseen raivaukseen. Metsälehti. 20.6.2022.

Metsälehti. 2022. Testissä akkutoimiset raivaussahat. YouTube-video. 9.6.2022. Viitattu 7.2.2025. <https://www.youtube.com/watch?v=uhmeQlikvdM>

Metsänhoidon ABC. 2013. Raivaussahan käyttö. YouTube-video. 8.4.2013. Viitattu 22.1.2025. <https://www.youtube.com/watch?v=3Z2YkYRhW8Y>

Mykkänen, R. & Riikilä, M. 2022. Työskentely raivaussahalla. Teoksessa Ruuska, J. & Virtanen, H. (toim.) Metsäkoulu. 11 Painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 135–140.

Ollila, P. 2012. Metsävakuutusten vertailu esimerkkitalan avulla. Maa- ja metsätalouden yksikkö. Metsätalouden koulutusohjelma. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 22.1.2025. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45751/Ollila%20Perttu.pdf?sequence=1>

Peltomäki, J. 2024. Metsäasiantuntija, Kihniö. Puhelinhaastattelu. 17.2.2024.

Peltomäki, J. 2025. Metsäasiantuntija, Kihniö. Puhelinhaastattelu. 10.2.2025.

Ponsse news. 2024. Metsäkonesimulaattorit oppimisen tukena. Savotta uutiset. 18.6.2024. Viitattu 13.1.2025.

Puuntuottaja. 2012. Taimikon runkoluvun määrittäminen. Verkkosivu. Viitattu 23.1.2025. <https://www.puuntuottaja.com/taimikon-runkoluvun-maarittaminen/>

Rantala, J. & Laine, T. 2022. Taimikonhoito. Teoksessa Ruuska, J. & Virtanen, H. (toim.) Metsäkoulu. 11 Painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 123–134.

Sarajärvi, I. 2021. Asiantuntijalta / Uusia menetelmiä simulaattorikoulutukseen. Metsälehti. 26.8.2021. Viitattu 13.1.2025.

Tapio. 2023. Metsänhoidon suositukset. Viro: Print Best.

Uotila, K., Saksa, T. & Miina, J. 2014. Taimikonhoito. Luentomateriaali. Metla. Viitattu 22.1.2025. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/539232/Taimikonhoito_pakattu_KUot4.pdf?sequence=1

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset

- Palveleeko simulaattori oppimista tällaisenaan?

- Mitä etuja koet simulaattorin tuovan opetukseen/oppimiseen?

- Onko jotain mitä voisi kehittää simulaattorissa mielestäsi?

- Koetko simulaattorin tehtäväinen olevan sellaisia, jotka opettavat opiskelijaa oikeanlaiseen metsänhoitoon?

- Koetko, että opiskelija pystyisi toiminaan itsenäisesti raivaussahalla metsässä harjoiteltuaan ainoastaan simulaattorilla?

- Koetko, että raivaussahasimulaattorilla voidaan opettaa käyttäjälleen riistan ja luonnonmonimuotoisuuden huomioimista todellisessa ympäristössä?

- Simulaattorissa voidaan mitata jäävää puustoa. Onko hahmottaminen sinusta helppoa? Tuoko tämän harjoittelu simulaattorissa hyötyä todelliseen ympäristöön?

- Voiko käyttäjä oppia raivaussahan eri käyttötekniikat simulaattorissa?

- Koetko simulaattorin hyödylliseksi opetusvälineeksi? Kyllä ei miksi?