



Euroopan unionin
osarahoittama



Lapland University of Applied Sciences

LAPIN LIITTO

*Mika Turska, Asiantuntija, Insinööri AMK, Raimo Vierelä, Asiantuntija, Insinööri AMK
Uudistuva teollisuus, Jukka Leinonen, Asiantuntija, Insinööri YAMK, Veli-Matti Pelimanni,
Asiantuntija, Insinööri AMK Uudistuva teollisuus*

Hitsaussimulointi tukee vastuullista valmistusta ja pienentää hiilidioksidipäästöjä

Hankeyhteistyössä [ASOK-](#) ja [ARTEKI](#)-hankkeiden välillä toteutettiin pienimuotoinen tutkimus, miten hitsaussimulointi ja perinteinen hitsaus eroavat hiilijalanjäljen osalta. Tässä tutkimuksessa ASOK-hankkeessa keskityttiin hitsaussimulaattorilla tehtyihin harjoituksiin ja todellisten hitsausten toteutukseen. ARTEKI-hankkeessa suoritettiin hiilijalanjälkilaskenta ja analysoitiin ympäristövaikutuksia.

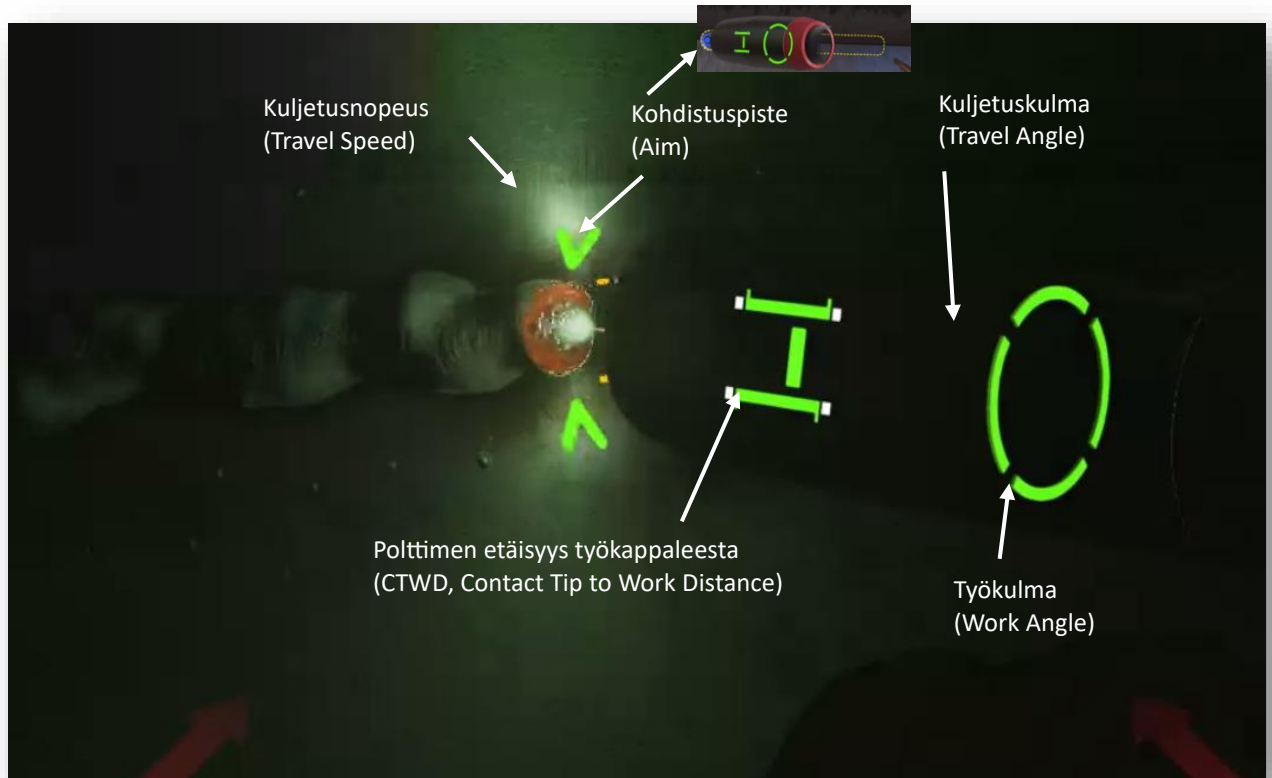
Mikä on hitsaussimulaattori?

Kuvassa 1 on esitetty Soldamatic-hitsaussimulaattori, joka koostuu tietokonekeskusyksiköstä, hitsausmaskista, erilaisista hitsauspolttimista ja erilaisista hitsattavista kappaleista. Hitsausmaskin sisään on rakennettu kamerat ja näyttö, jotka tuottavat käyttäjälle lisätyn todellisuuden avulla realistisen ja turvallisen oppimisympäristön hitsaustaitojen harjoitteluun.



Kuva 1. Soldamatic-hitsaussimulaattori oheislaitteineen. Kuva Marjo Ollila

Hitsaussimulaattorilla voidaan simuloida MIG/MAG, TIG ja puikkohitsausta (MMA) ruostumattomalla teräksellä, hiiliteräksellä ja alumiinilla erilaisilla hitsausasennoilla. Hitsausharjoitusta tehdessä järjestelmä ohjaa käyttäjää reaaliaikaisilla virtuaalisilla opasteilla, jotka ohjaavat oikeiden työ- ja kuljetuskulmien, polttimen etäisyyden, kuljetusnopeuden ja kohdistuspisteen löytämistä (kuva 2). Hitsi näkyy virtuaalisesti realistisesti roiskeineen ja hitsauksesta kuuluu todentuntuinen ääni.



Kuva 2. Reaaliaikaiset virtuaaliset opasteet MAG-hitsauksessa. Kuvan yläosassa on lisätty hitsauksen lähtötilanne, jossa näkyy mm. poltin ja sininen kohdistuspiste.

Välitön palaute ja oppimisen tuki

Opiskelija saa välittömän ja selkeän palautteen, joka ohjaa tekniikan kehittymistä jo harjoituksen aikana. Jokaisesta hitsauksesta syntyy automaattinen kokonaispistemäärä sekä erittely tekniikkaparametreista (kuva 3), jolloin opiskelija näkee täsmällisesti, missä kohtaa suoritusta tekniikka on ollut kohdallaan ja missä vielä tarvitaan korjausta. Harjoituksesta tallentuu myös video ja 3D-näkymä (kuva 4), joiden avulla omaa tekemistä voi tarkastella visuaalisesti ja palauttaa mieleen yksityiskohtia, joita ei hitsatessa välttämättä havaitse.



Kuva 3. Esimerkkikuva hitsausharjoituksen tekniikkaparametrien tuloksista. Harjoituksen kokonaispistemäärä on 97/100, tekniikkaparametrien tulokset ovat 96-99/100 ja kaikki kolme analysoitua kohdetta olivat hyväksytyjä.



Kuva 4. Esimerkkikuva hitsin 3D-näkymästä. Näkymää voi kääntää ja pyöritellä haluamaansa kulmaan.

Simulaattorijärjestelmään kuuluu lisäksi monipuolinen E-Learning-ympäristö, jonka avulla kouluttaja voi rakentaa kursseja, hallita opiskelijoita, seurata suorituksia reaaliajassa ja jakaa tehtäviä useille simulaattoreille. Kouluttaja voi asettaa myös eri vaikeustasoja, joissa arviointi perustuu tekniikkaparametrien täsmällisyyteen.

Opiskelija voi käyttää ympäristöä teoriaan, testeihin ja omien harjoitustensa analysointiin. Tämä tukee sekä itsearviointia että opetusta. Simulaattorin lisäksi järjestelmään voidaan liittää robotiikkapaketti, joka mahdollistaa myös robottihitsauksen harjoittelun.

Kaikki harjoittelu tapahtuu ilman kipinöitä, savua ja materiaalikuluja, mikä tekee siitä kustannustehokasta, turvallista ja ympäristöystävällistä.

Vähemmän materiaalia – vähemmän hiilidioksidipäästöjä

Perinteisessä hitsausharjoittelussa jokainen hitsi kuluttaa materiaalia ja energiaa. Teräksen, hitsauslangan, suojakaasujen ja sähkön käyttö muodostaa suurimman osan hiilijalanjäljestä.

Hitsaussimulaattori mahdollistaa suuren osan harjoittelusta ilman fyysisiä kappaleita.

- vähemmän teräksen kulutusta
- pienempää energiankäyttöä
- vähemmän romua ja jätettä
- vähemmän CO₂- päästöjä

Kun simulaatiota hyödynnetään ennen varsinaista hitsausta, saavutetaan suoria ja mitattavia säästöjä hiilijalanjäljessä.

Konkreettinen vertailu: mitä simulaattori säästää?

Demonstraatiossa verrattiin kymmentä pätevyyskoetasoa vastaavaa harjoitusta perinteisesti toteutettuna (kuva 5). Jokaisessa kappaleessa hitsattiin kaksi noin 100 mm hitsiä eli yhteensä 200 mm. Perinteisessä hitsauksessa yhden 200 mm suorituksen hitsausaika oli keskimäärin 44 sekuntia ja kymmenen harjoituksen kokonaisenergiankulutus oli 0,61 kWh.

Samat harjoitteet tehtiin simulaattorilla. Simulaatiossa suoritusaika oli pidempi, keskimäärin 117 sekuntia / 200 mm, mikä on tyyppillistä oppimis- ja harjoittelutilanteessa, kun harjoittelija keskittyy tekniikkaan. Laitteen keskimääräinen tehonkulutus oli noin 90 W ja kymmenen harjoituksen kokonaisenergiankulutus jäi noin 0,027 kWh:iin.

Kun lukuja tarkastellaan rinnakkain, niin huomataan merkittävä ero. Energiankulutus pieneni noin 0,583 kWh kymmentä harjoitusta kohden (suhteellisesti yli 95 %). Vaikka yksittäinen kilowattituntimäärä vaikuttaa pieneltä niin mittakaava muuttuu nopeasti, kun puhutaan kymmenistä opiskelijoista ja sadoista tai tuhansista harjoituskerroista vuodessa. Lisäksi simulaatiossa ei kuluteta lainkaan terästä, hitsauslankaa tai suojakaasuja, eikä synny romukappaleita.

Simulaattori ei ainoastaan tue pedagogiikkaa, vaan tuottaa mitattavia energiasäästöjä jo pelkän sähkönkulutuksen osalta. Kun mukaan lasketaan materiaalien ja kulutustarvikkeiden poisjäänti niin kokonaisvaikutus hiilijalanjälkeen on merkittävä erityisesti koulutusympäristöissä, joissa toistomäärät ovat suuria.

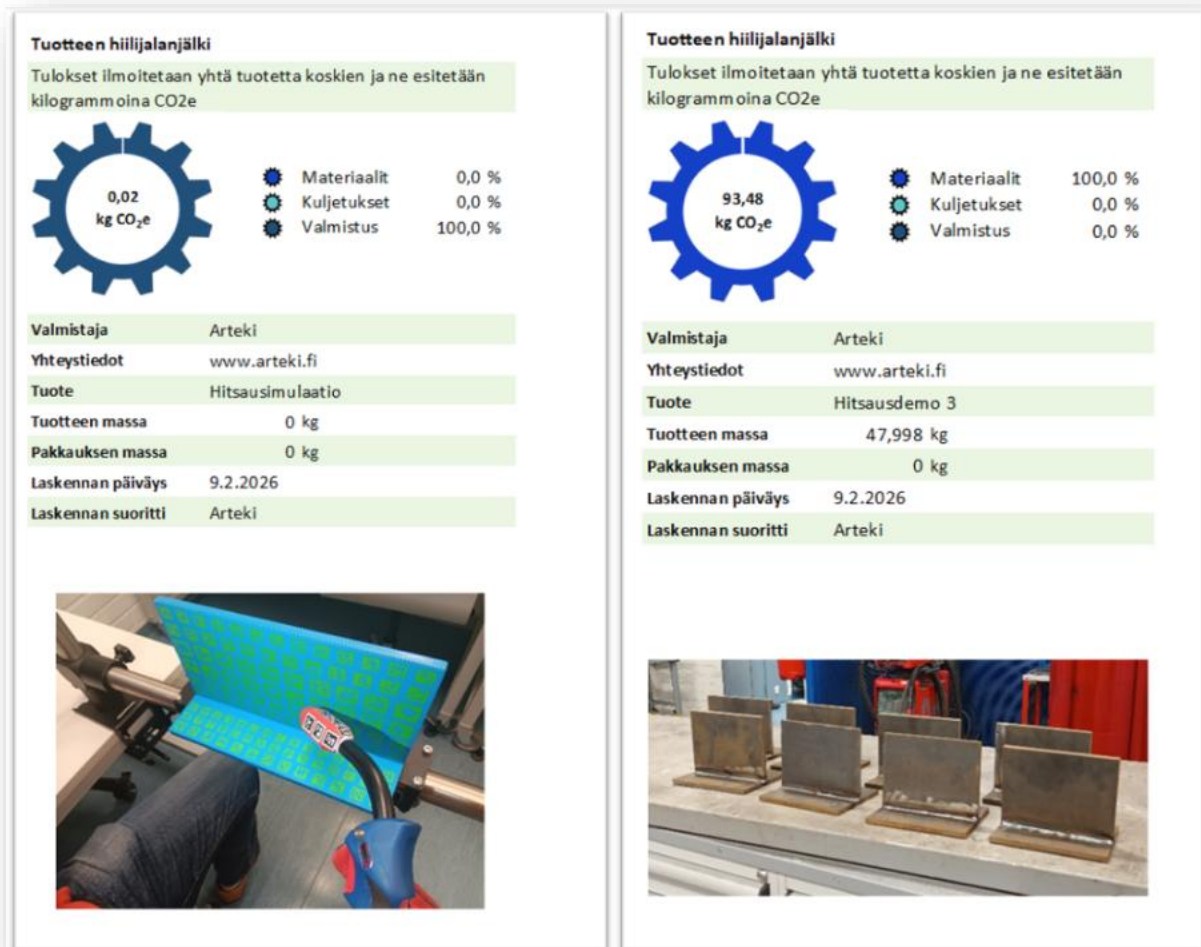


Kuva 5. Hitsausharjoituskappaleet.

Päästölaskenta tuo vaikutukset näkyviksi

Kerätyt tiedot syötettiin [Arteki tuotteen hiilijalanjälkilaskuriin](#) ja tehtiin vertailu. Tässä laskennassa huomioitiin materiaalin massa sekä hitsauskaasut ja sähkönkulutus. Kaikki muut päästöt poissuljettiin niiden vähäisen merkityksen vuoksi.

Raporttikuvista (kuva 6) nähdään, että hitsaussimulaattorilla tehdyssä harjoituksessa valmistuksen osuus on 100 %. Tämä johtuu siitä, että simulaattorissa ainoaksi päästölähteeksi muodostuu sähkönkäyttö. Vastaavasti oikeissa hitsauksissa sähköä kuluu niin vähän suhteessa käytettyihin materiaaleihin, ettei sen osuus nouse raportissa näkyväksi.



Kuva 6. Hiilijalanjälkiraportit simulaatiohitsauksesta sekä hitsauksesta.

Kuten jo aikaisemmissa Artekin toteuttamissa [hitsausdemonstraatioissa](#) havaittiin suurin osa hiilijalanjäljestä, syntyy materiaalista. Tässäkin demonstraatioissa hitsauksessa syntyi 93,5 kg CO₂e päästöä ja simulaattorin sähkönkulutuksesta vain 0,02 kg CO₂e. Nämä luvut osoittavat, kuinka pieni päästö simulaattoriharjoittelussa on verrattuna todelliseen hitsaukseen, jossa energiaa, suojakaasuja ja materiaalia kuluu moninkertaisesti erityisesti harjoitus- ja vertailuhitseinä.

Pienten lukujen taakse kätkeytyykin suurempi kysymys siitä, kuinka paljon hitsauskoulutus ja teollisuus voisi säästää materiaalista ja päästöissä hyödyntämällä simulaatorratkaisuja entistä paremmin. Pistää miettimään... (kuva 7).



Kuva 7. Pistää miettimään...