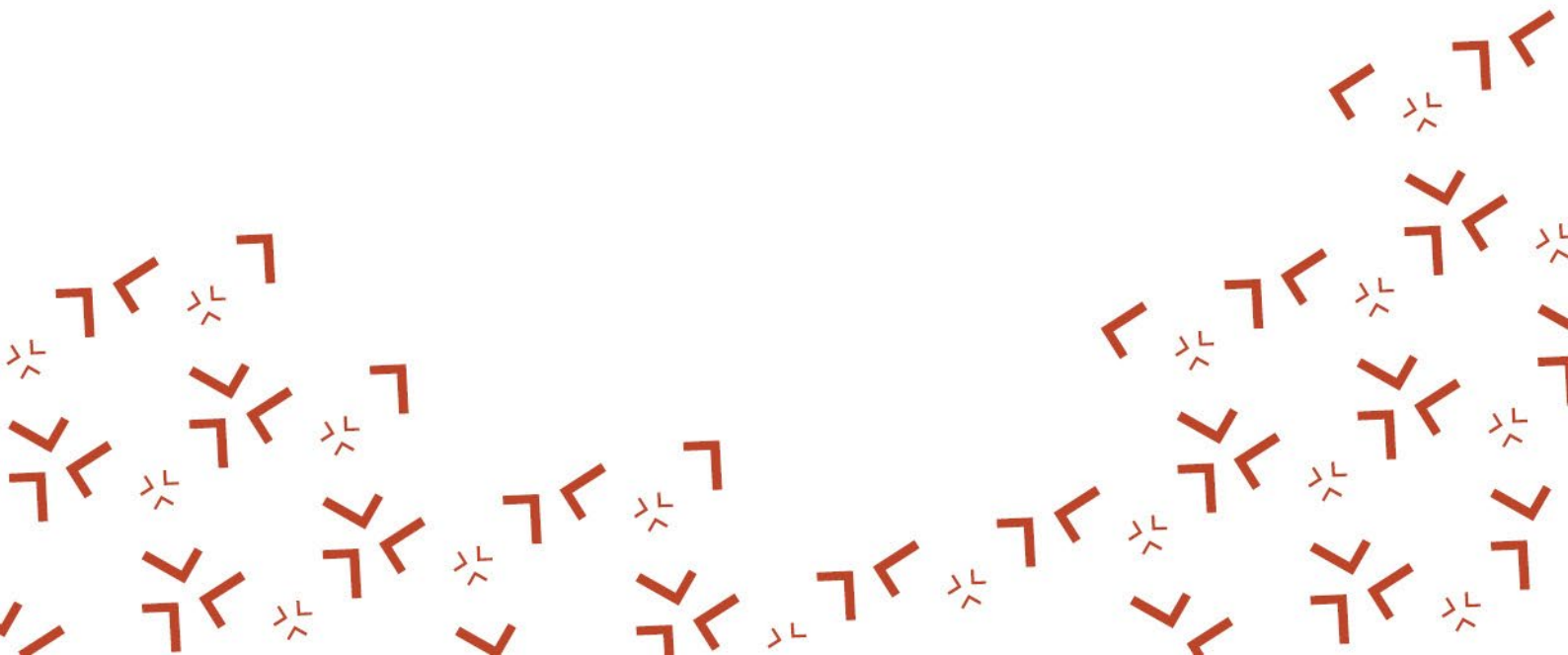


Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallenne (kustantajan versio).

Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat saattavat poiketa alkuperäisestä julkaisusta.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Kauppi, T. 2022. Hiilijalanjälki – onko siitä syytä olla huolissaan hitsaavassa teollisuudessa? Hitsaustekniikka. 74 (1), 48-52.



Hiilijalanjälki

– onko siitä syytä olla huolissaan hitsaavassa teollisuudessa?

Timo Kauppi

Koronapandemia ja ilmaston lämpeneminen ovat olleet ja tulevat olemaan eniten seurattuja asioita maailmassa tällä hetkellä ja pitkään tästä eteenpäin. Hitsaavalla teollisuudella on vaikutusta molempiin, tosin jälkimmäiseen huomattavasti enemmän. Tässä artikkelissa tutustutaan hiilidioksidipäästöihin, hiilijalanjälkeen ja niitä aiheuttaviin tekijöihin sekä siihen, kuinka tulevaisuuden hitsauksessa syntyvä ympäristökuormitus tulisi mahdollisesti huomioida.

Kasvihuoneilmiötä aiheuttavat niin kutsutut kasvihuonekaasut, kuten hiilidioksidi, metaani, typpioksiduuli ja vesihöyry. Kasvihuonekaasut toimivat ilmakehässä samoin kuin lasi kasvihuoneessa, eli ne päästävät aurinkosta tulevan säteilyn lävitseen, mutta eivät päästä kaikkea lämmöksi muuttunutta säteilyä takaisin avaruuteen. Maapallon lämpötila on tämän ansiosta keskimäärin +15 °C, kun se ilman kasvihuoneilmiötä olisi -18 °C. Kasvihuoneilmiö on siis nykyisen kaltaisen elämän elinehto. (Punainen risti 2021)

Ilmakehän alimmissa kerroksissa voimakkain kasvihuonekaasu on vesihöyry, joka yksinään selittää luonnollisen kasvihuoneilmi-

ön aiheuttamasta maapallon lämmityksestä yli puolet. Hyvinä kakkosena seuraa hiilidioksidi. (Ilmasto-opas 2021)

Suomen hallitus on asettanut kansalliseksi tavoitteeksi saada yhteiskuntamme hiilineutraaliksi vuoteen 2035 mennessä. Vuonna 2020 tilastokeskuksen mukaan Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat 48,3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia (milj. t CO₂-ekv.). (Tilastokeskus 2021)

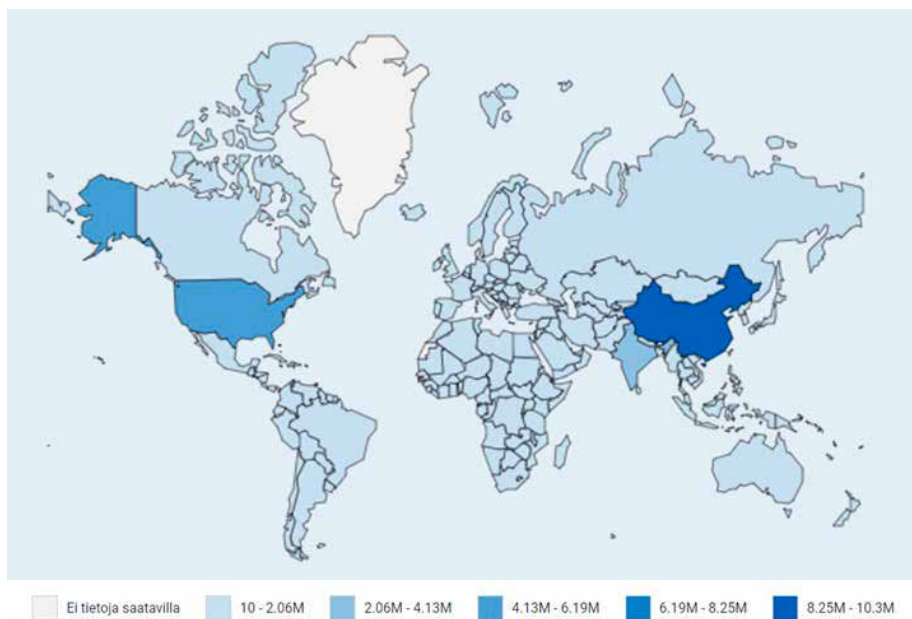
Kun tarkastellaan globaalia tilannetta, niin World Bank Data -sivustolla tarjolla olevien tilastojen perusteella vuonna 2018 hiilidioksidipäästöt ovat olleet yli 33,5 Gt, kun 1960 ne ovat olivat vielä alle 10 Gt. Eniten

CO₂ -päästöjä syntyy Kiinassa (30,7 %), Yhdysvalloissa (14,8 %), EU – maissa (27 valtiota, yht. 8,5 %), Intiassa (7,3 %) ja Venäjällä (4,8 %). Suomen CO₂ -päästöt olivat kyseisenä vuonna 44,3 miljoonaa tonnia (0,13 %). Kun tarkastellaan päästöjen määrää suhteutettuna väkilukuun, oli Suomi n. 8 tonnia per asukas päästöillä Kiinan 7,4 tonnia per asukas tasoa korkeammalla. Eniten päästöjä näin tarkasteltuna syntyi maakaasu- ja öljyvarannoistaan tunnetussa Qatarissa eli 32,4 tonnia per asukas. Kuva 1 selvittää CO₂ -päästöjen tilannetta maailmanlaajuisesti tarkasteltuna. Tilastojen näkökulmasta katsottuna Suomen tuleva hiilineutraalisuus ei valitettavasti juurikaan paranna globaalia ympäristöystävällisyyttä.

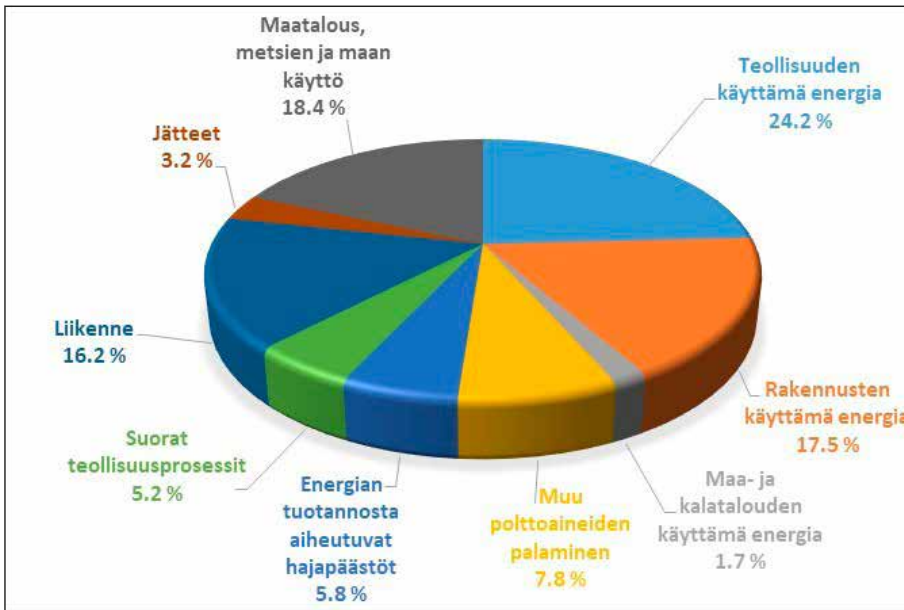
Mistä hiilidioksidipäästöt sitten syntyvät? Palaminen synnyttää hiilidioksidia ja energiantuotannossa syntyy CO₂ -päästöjä, kun tuotannossa käytetään öljyä, hiiltä tai kaasua. Trooppisten sademetsien raivaaminen aiheuttaa vuositasolla melkein 5 miljardin tonnin päästöt. Suurin osa maatalouden tuottamista hiilidioksidipäästöistä aiheutuu lihan, etenkin nautanlihan, tuotannosta. Kuvassa 2 on esitetty OurWorldinData -sivuston tilastojen perusteella konstruoitu hiilidioksidilähteiden jakaumakaavio. Lukuisia erilaisia luokittelutapoja on käytössä, esimerkkinä tästä hiilidioksidilähteet voidaan jakaa myös seuraavasti: sähköntuotanto, sademetsien raivaaminen, liikenne, teollisuus, maatalous ja jätteet.

Koska energiantuotanto vastaa käytännössä lähes kolmesta neljäsosasta hiilidioksidipäästöistä, herää kysymys siitä, miten sitä tuotetaan. Kuvasta 3 nähdään, että fossiilisiin lähteisiin perustuvan energiantuotannon osuus on vielä lähes 80 % nykyisin tarvittavasta energiamäärästä, mikä on n. 160000 TWh. Traditionaalisilla biopoltoaineilla tarkoitetaan puuta, kasvinviljelyjätteitä ja puuhiiltä. Kuvasta saa hyvän käsityksen siitä mikä haaste maailmalla todellisuudessa on edessä, kun tavoitellaan ilmaston lämpenemisen pysäyttämistä.

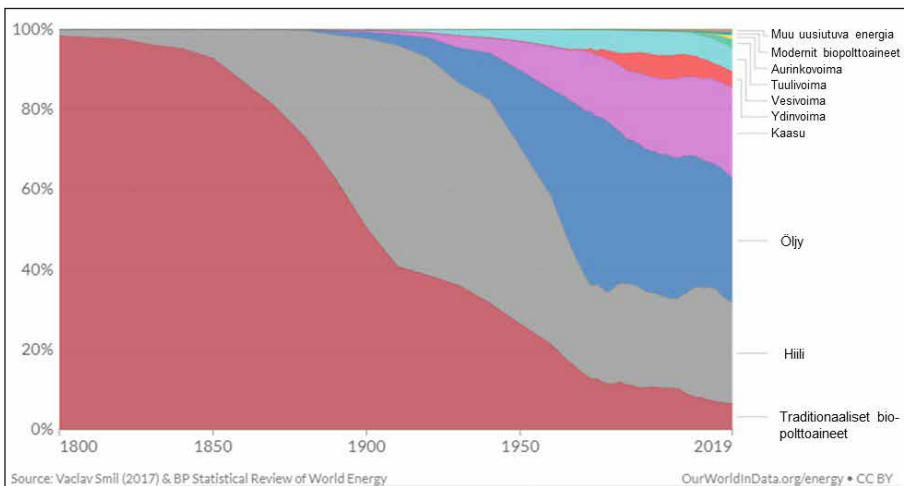
Suomessa tilanne on kuitenkin huomattavasti parempi. Fossiilisten energianlähteiden käytön osuus on vain 36,5 % eli yli kaksi kertaa pienempi kuin maailmanlaajuisesti tarkasteltuna. Fossiilivapaan energian (uu-



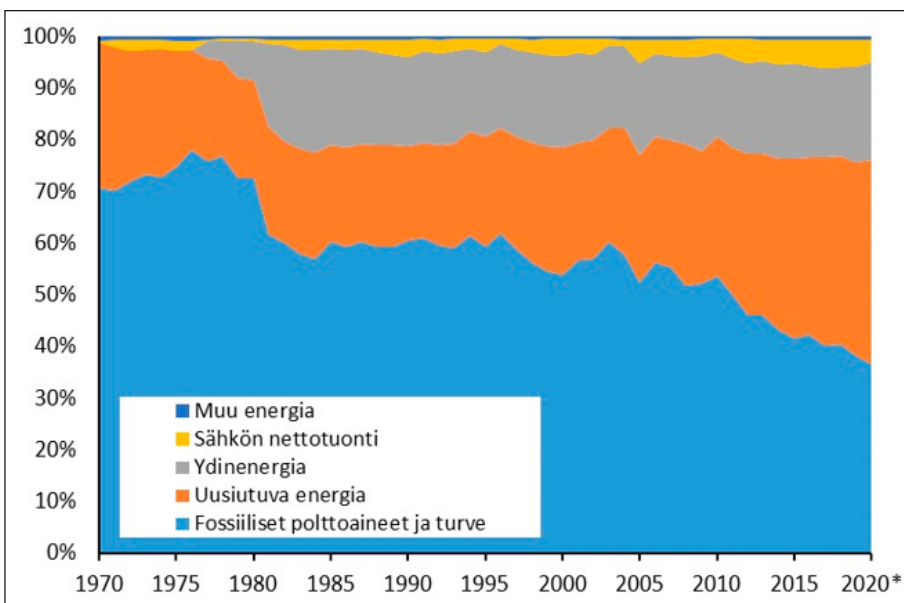
Kuva 1. Hiilidioksidipäästöt maailmassa v. 2018. (Globalis 2021)



Kuva 2. Hiilidioksidipäästöjen aiheuttajat. (OurWorldinData a 2021 muokattu)



Kuva 3. Energiantuotannon lähteet. (OurWorldinData b 2021 muokattu)



Kuva 4. Suomen energiantuotannon lähteet. (Tilastokeskus 2021 muokattu)

siutuva energia ja ydinvoima) osuus meillä on jo lähes 60 %. Suomen energiankulutus vuonna 2020 oli n. 355 TWh, joka edustaa vain noin 0,2 % globaalista energiantuotannosta.

Teollisuuden käyttämän energian sektoriin kuuluva terästeollisuus aiheuttaa n. 7 % maailman hiilidioksidipäästöistä ja on näin viidenneksi suurin yksittäinen päästöjen aiheuttaja kuvan 2 mukaisessa luokittelussa. Suurempia ovat tieliikenteen (11,9 %), asuin talojen lämmityksen (10,9 %) sekä luokittelemattomien teollisuuden (10,6 %) ja polttoaineiden palamisen (7,8 %) aiheuttamat päästöt.

Hiiliterästen valmistuksessa suurin osa päästöistä syntyy masuuniprosessissa, jossa rautamalmit pelkistetään koksien avulla. Yhden hiiliterästonin tuotanto vapauttaa noin 1,8 t CO₂-ekv. Austeniittisen ruostumatoman teräksen hiilijalanjälki on kaksinkertainen eli 3,6 t CO₂-ekv. Sen valmistuksessa käytettiin raaka-aineina kierrätysterästä v. 2007 tehdyn tutkimuksen mukaan keskimäärin n. 42 % ja loput ferroseoksia (FeCr, FeNi, FeMo) ja puhtaita metalleja (Fe, Ni) (Johnson ym. 2007, 2). Kuvassa 4 nähdään Johnson ym. tutkimuksessa esitetty austeniittisten ruostumattomien terästen valmistuksessa syntyvien CO₂-päästöjen lähteet.

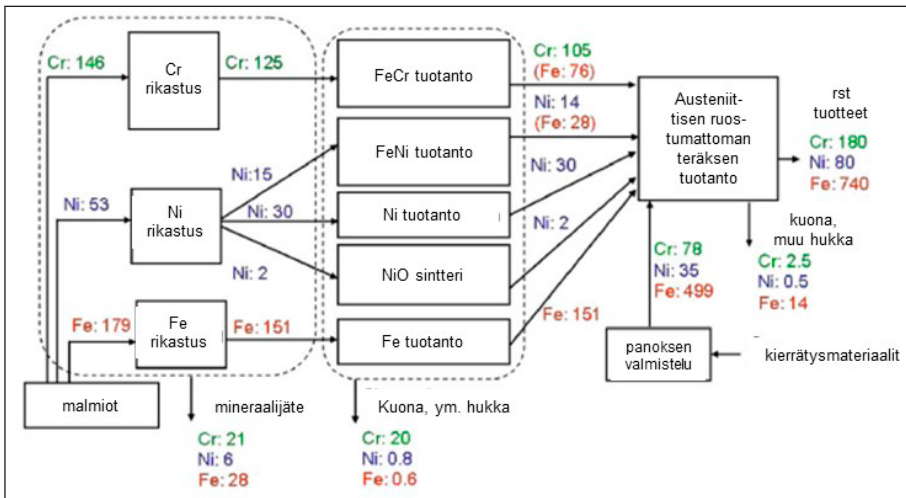
Nykyään kierrätysteräksen käytön osuus on luokkaa 60 % ja Outokummun Tornion tehtailla vielä korkeampi eli n. 90 %, mikä tietysti pienentää hiilijalanjälkeä huomattavasti ruostumattomien terästen osalta.

Teräsrakentaminen ja ympäristö

Hitsatut teräsrakenteet ovat tärkeässä asemassa yhteiskunnan infrastruktuurin rakentamisessa ja ylläpidossa.

Rakentamista ohjaavaa maankäyttö- ja rakennuslakia ollaan uudistamassa. Ympäristöministeriö on luotsannut uudistusta vuodesta 2017 ja sen valmisteluun on ottanut aktiivisesti osaa yli 250 henkilöä. Ehdotus hallituksen esitykseksi kaavoitus- ja rakentamislaki oli lausuntokierroksella 27.9.–7.12.2021. Tämänhetkisen arvion mukaan uusi laki voisi tulla voimaan vuonna 2024, mutta tämä riippuu lakiesityksen jatkokäsittelyn aikatauluista. Lakiin liittyvät lukuisat siirtymäsäännökset määrittäisivät, milloin eri muutokset astuisivat käytännössä voimaan. Päätaavoitteina uudistuksessa ovat olleet: hiilineutraali yhteiskunta, luonnon monimuotoisuuden vahvistaminen, rakentamisen laadun parantaminen ja digitalisaation edistäminen. (mrluudistus.fi 2021)

Rakentaminen ja rakennusten käyttö aiheuttavat n. 40 % maailman hiilidioksidipäästöistä. Päästöjen vähentämisessä on pitkään keskitytty rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen. Erityisesti materiaalien ja rakennustuotteiden valmistuksesta aiheutuvat päästöt (embodied carbon) ovat nousseet tarkastelun alaisiksi. Tietoa näistä löytyy ra-



Kuva 5. Austeniittisen ruostumattoman teräksen valmistuksessa syntyvät CO₂-päästöt, kilo CO₂ / tonni terästä. (Johnson ym. 2007, 6 muokattu)

Parametri	Yksikkö	A1-A3	C3	C4	D
Ilmaston lämpenemispotentiaali (GWP)	kg CO ₂ -ekviv.	2.63E+03	2.49E+00	7.44E-01	-1.48E+03
Rehevytymispotentiaali (EP)	kg (PO ₂) ² -ekviv.	6.41E-01	4.22E-03	5.00E-04	-2.17E-01
Happamoitumispotentiaali (AP)	kg SO ₂ -ekviv.	5.83E+00	1.76E-02	4.42E-03	-2.93E+00
Fotokemiallisten oksidanttien muodostuspotentiaali (POCP)	kg eteeniekviv.	5.72E-01	1.95E-03	3.42E-04	-6.86E-01
Otsonia tuhoava vaikutus (ODP)	kg CFC11 ekviv.	2.07E-08	8.13E-15	4.32E-15	8.29E-06
Abioottinen ehtymispotentiaali fossiiliset polttoaineet (ADP)	MJ, alempi lämpöarvo	3.17E+04	4.83E+01	1.04E+01	-1.44E+04
Abioottinen ehtymispotentiaali alkuaineet (ADP)	kg SB-ekviv.	1.75E-01	2.80E-06	7.41E-08	-4.55E-03

Kuva 6. Potentiaalinen ympäristövaikutus / 1000 kg maalipinnoitettuja teräslevyjä. (SSAB 2021, 11)

kennustuotteiden ympäristöselosteista (EPD = Environmental Product Declaration), (Kesti 2021). Suomen ympäristökeskus (SYKE) ylläpitää rakentamisen päästötietokantaa (<https://co2data.fi/>), johon on koottu Suomessa käytössä olevien rakennustuotteiden sekä rakentamisen prosessien ja palveluiden keskimääräisiä päästötietoja. Kyseinen verkkopalvelu tarjoaa puolueetonta dataa Suomessa käytettävien rakennustuotteiden ilmasto vaikutuksista kuten hiilijalan- ja kädenjäljestä, materiaalihokkuudesta sekä kierrätettävyydestä (SYKE 2021).

Hiilijalanjäljen laskennassa (ilmastoselytys) on käytettävä rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmää sekä kansallisen päästötietokannan tietoja tai muita yleisesti hyväksytyä yhtenäistä menetelmää käyttäen määritettyjä rakennustuotteen teknisiä ympäristöominaisuustietoja. (TRY a 2021)

Kantavien teräsrakenteiden toteutusta ohjaavan standardin SFS-EN 1090-2 revisioitava olevassa painoksessa otetaan kantaa teräsrakenteiden aiheuttamaan ilmasto vaikutukseen. Standardiin on ehdotettu lisättäväksi seuraava teksti kohtaan "4.2 toteuttajan asiakirjat":

"Information about the environmental impact of the structural steel products used. The information shall be provided as valid environmental product declaration (EPD) from the product manufacturer in accordance with the current EN 15804."

Eli tulevaisuudessa kantaville teräsrakenteille tulee laatia standardin EN 15804 (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019): Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet). Laadinnan yleissäännöt) mukainen ympäristöseloste. Teräsyhtiöt ovat tiedostaneet hyvin nämä tulevat vaatimukset ja niiltä löytyy jo kattavasti riippumattomien tahojen varmentamia standardien EN ISO 14025 ja EN 15804 mukaisia ympäristöselosteita. Esimerkki tällaisessa dokumentissa esitettävistä tuloksista nähdään kuvassa 1. Helpointa taulukon arvoista on ymmärtää ilmaston lämpenemispotentiaali (GWP), joka ilmoittaa valmistuksessa (A1-A3) ja käytöstä poiston (C3-C4) yhteydessä syntyvän hiilidioksidin määrän ja kierrätyksen / uusiokäytön (D) ansiosta vältettävän hiilidioksidin määrän.

tuotevaihe			rakentamisvaihe		käyttö							käytöstä poisto				elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	
raaka-aineiden hankinta	kuljetus	valmistus	kuljetus	työmaatoiminnat	käyttö	kunnossapito	korjaus	osien vaihto	peruskorjaus	energian käyttö	veden käyttö	purkaminen	kuljetukset	purkujätteen käsittely	purkujätteen loppusijoitus	uudelleenkäyttö, hyödyntäminen ja kierrätys	D
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4		D

Kuva 7. Rakennustöiden arvioinnissa käytettävät elinkaaren vaiheet ja moduulit. (SFS-EN 15804 2012, 15)

Standardissa EN 15804 esitetään yleiset säännöt ja periaatteet rakennustuotteiden ja palveluiden tyyppi III ympäristöselosteiden laadintaan ja se on laadittu standardin EN ISO 14025 mukaisesti.

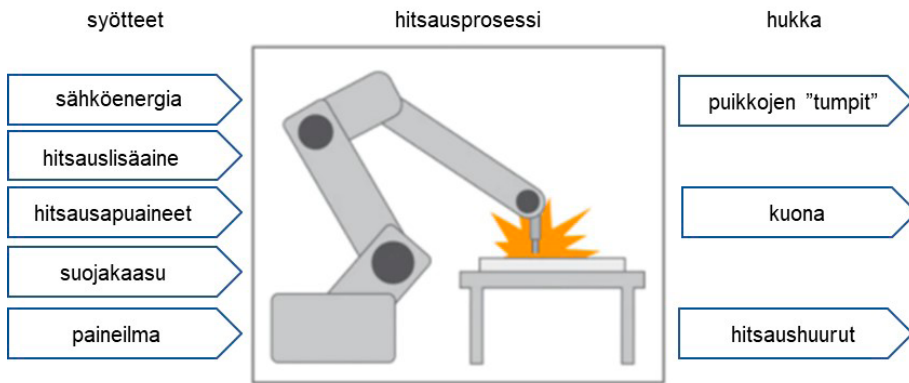
Ympäristöselosteiden (EPD) sisältämä tieto esitetään informaatiomoduleina, mikä sallii tietopakettien johdonmukaisen järjestyksen ja esittämisen tuotteen koko elinkaaren ajalta.

Standardi jakaa tyyppi III ympäristöselosteet seuraavasti:

1. "kehdosta tehtaaseen portille" sisältäen moduulit C1...C4 ja D (A1...A3, C ja D)
2. "kehdosta tehtaaseen portille" sisältäen moduulit C1...C4 ja D (A1...A3, C ja D) sekä lisämoduulit (A4 ja/tai A5 ja/tai B1...B7)
3. "kehdosta hautaan" ja moduuli D (A, B, C ja D)
4. "kehdosta tehtaaseen portille" (A1...A3), tämä ympäristöselostetyyppi ei ole sallittu tuotteille, jotka sisältävät eloperäistä hiiltä
5. "kehdosta tehtaaseen portille" (A1...A3 ja/tai A5) ja lisämoduulit, jotka voivat olla 4 ja/tai A5).
6. Moduulit A1...A3 koskevat valmistusta, A4 ja A5 rakennus-/asennusvaihetta, B1...B7 käyttöä, C1...C4 käytöstä poistamista ja D uudelleenkäyttöä ja kierrätystä, kuva 2.

Ympäristöselosteiden laatimisen päävaiheet ovat tiedonkeruu, elinkaariarviointi ja verifiointi. Tiedot kerätään tuotantolaitoksella todellisten materiaali virtojen perusteella. Kerätyn tiedon avulla suoritetaan elinkaariarviointi ja lasketaan arvot ympäristöselosteissa esitetyille indikaattoreille. Verifiointia tarvitaan silloin, kun tuote on suunnattu kuluttajamarkkinoille. Verifiointi suorittaa aina ulkopuolinen, auktorisoitu taho, joka on riippumaton ympäristöselosteiden laatijasta tai antajasta. (Kuittinen & Linkosalmi 2015, 15)

Tietoa kerätään arvioitavasta prosessista sekä tuotantoon käytettävistä raaka-aineista. Elinkaaren vaiheet luodaan standardin EN 15804 antamien ohjeiden mukaisesti. Prosessi laaditaan vastaamaan rakennustuotteen todellista valmistusta. Kun prosessi on kuvattu, kerätään tiedot kaikista tarvittavista elinkaaren vaiheista. (Kuittinen & Linkosalmi 2015, 15)



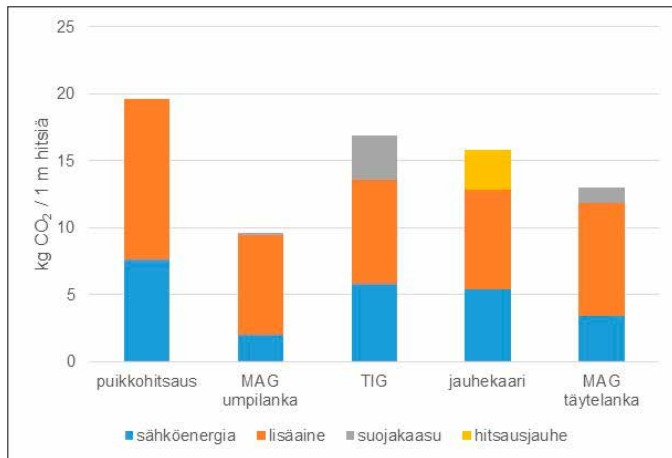
Kuva 8. Hitsausprosessin syötteet ja siinä syntyvä hukka / jäte. (Finkbeiner ym. 2021 muokattu)

Hitsauksen aiheuttama hiilijalanjälki

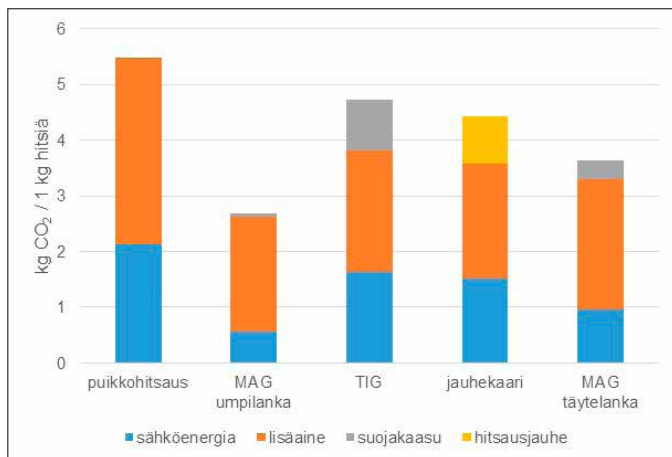
Konepajan toiminta rasittaa omalta osaltaan ilmastoa. Jos sovelletaan standardin EN 15804 ajattelutapaa, niin ilmatorasitus voidaan arvioida käyttämällä moduuleja A1 – A5. Näin meneteltäessä moduulit A4 ja A5 eli rakentamisvaihe on korvattava ko-

nepajan valmistukseen liittyvillä toiminnoilla, joita ovat mm. leikkaus, taivutus, särmäys ja hitsaus.

Tarkastellaan esimerkkinä hitsauksen aiheuttamaa ympäristökuormaa. Kuvassa 4 on esitetty Finkbeiner ym. tutkimuksessa määritellyt hitsausprosessin syötteet ja siinä syntyvä hukka. Sähköenergiaa kuluu itse hitsauksen lisäksi myös esikuumennuksessa silloin, kun se tehdään vastusmatoilla tai induktiokuumennuksella. Hitsausapuaine on esim. jauhe-



Kuva 9. Hitsauksen aiheuttama ympäristökuormitus, kg CO₂ / 1 m hitsiä. (Favi ym. 2019 muokattu)



Kuva 10. Hitsauksen aiheuttama ympäristökuormitus, kg CO₂ / 1 kg hitsiä. (Favi ym. 2019 muokattu)

5 mukaan puikkohitsaus tuottaa selvästi eniten CO₂ -päästöjä (19,6 kg / 1 m hitsiä). Käytännössä merkittäviä hiilidioksidipäästöjä syntyy sähköenergiasta, lisäaineista, suojakaasusta ja hitsausjauheesta.

Kuvan antamia arvoja on tietysti hankalaa vertailla esim. terästehtaiden julkaisemien ympäristöselosteiden antamiin arvoihin, koska vertailuyksikkö on eri. Favi ym. tutkimuksessa hitsin poikkipinta-ala oli kaikissa tapauksissa A = 458 mm². Tämän perusteella 1 m pituisen hitsin massa on $m = \rho \times V = 7800 \text{ kg/m}^3 \times 4,58 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 3,57 \text{ kg}$. Tämän tiedon perusteella kuva 5 voidaan muuntaa kuvassa 6 esitettyyn muotoon. Kuumavalssatun teräslevyn GWP arvo on n. 2,7 kg CO₂ / kg. Kuvan 6 arvojen perusteella hitsauksen aiheuttamat CO₂ -päästöt ovat 1 – 2 kertaa niin suuria. Hitsiaineen määrä (kg) riippuu lähinnä railotilavuudesta ja näin ollen hitsattavien työkappaleiden paksuudesta sekä railon geometriasta (v- tai u-railo, x-railo, jne.).

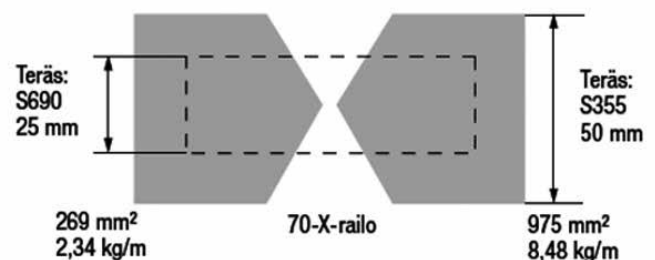
Hyvä esimerkki valmistuksen ja hitsauksen aiheuttaman hiilijalanjäljen pienentämisestä teräksen lujuutta nostamalla on ollut esillä eri yhteyksissä (mm. SHY:n "Lujien terästen hitsaus" webinaarissa 2.9.2021). Esimerkissä tarkastellaan aineenpaksuudeltaan s = 50 mm olevan S355 tyyppisen teräksen korvaamista S690 myötölujuusluokan teräksellä, kuva 11. Käyttämällä lujempaa terästä voidaan karkeasti aineenpaksuus puolittaa (50 mm → 25 mm), mikä merkitsee X-railossa railotilavuuden ja hitsiaineen määrän pienenemistä 28%:iin alkuperäisestä. Normaali-juuksisen teräksen hitsauksessa syntyvät CO₂-päästöt ovat n. 3,6-kertaiset!

Korkeakoulujen rooli hiilijalanjäljen pienentämisessä

hiukaspäästöjä.

Favi ym. tekemässä tutkimuksessa vertailtiin viiden eri hitsausprosessin aiheuttamaa ympäristökuormitusta paksuudeltaan t = 25 mm levyn pätäisliitoksen hitsauksessa. Kuvan

Korkeakoulujen tai yleensäkin perustutkimuksen ja opetuksen rooli kestävässä kehityksessä perustuu toisaalta valittuihin tutkimusteemoihin ja toisaalta opetukseen. Tutkimusteemojen vaikutus on ratkaiseva, sillä ne määrittelevät osittain opetuksen painopistealueet ja muokkaavat asenteita. Lisäksi oppilaitosten rooli on oleellinen tulevaisuuden osaamisen näkökulmasta. Suomen konepajateollisuuden liiketoimintamallit



Kuva 11. Teräksen lujuuden vaikutus railotilavuuteen ja hitsiaineeseen. (Lukkari ym. 2019, s. 91)

tulevat muuttamaan seuraavan 15 vuoden aikana niin, että kestävä kehitys on luonnollisena osana kaikkea toimintaa. Päätös tähän on tehty ja suunta on nähtävissä.

Oulun yliopiston teräsosaaminen on nykyään merkittävä osa maailman teollisuuden tutkimuskokonaisuutta ja on painottunut Suomelle tärkeisiin metallurgisiin teemoihin. Vuonna 2006 perustettu teräsyhteisö "Centre for Advanced Steels Research, CASR" koordinoi tutkimusta muodostaen yli 100 tutkijan yhteisön. Tieteellisen analyysin mukaan (Scopus/Scival) CASR on arvioitu maailman kolmen parhaan toimijan joukkoon omalla fokusalueellaan. Se on kasvanut myös Pohjoismaiden johtavaksi metallurgian tutkimuskeskukseksi ja sen osaamista hyödynnetään suomalaisessa teknologia-teollisuudessa laajasti.

CASRin rooli ja osaaminen painottuu siis päästöjen pienentämiseen, kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön. Kaikessa toiminnassa, perustutkimuksesta teollisuusyhteistyöhön, nämä teemat on huomioitu. Hyvä esimerkki tästä on SSAB:n kanssa yhteistyössä kehitettävä fossiilivapaa teräs, joka perustuu vedyn avulla tehtävän suorapelkistytyn rautasiemenen hyödyntämiseen teräksenvalmistuksessa sekä erikoislujien terästen käyttöön liikkuvassa kalustossa niin, että niiden tyhjä massa pienenee ja siten käytön aikainen energiankulutus vähenee.

LÄHTEET

Favi C., Campi F. & Germani M. 2019. Comparative life cycle assessment of metal arc welding technologies by using engineering design documentation. The International Journal of Life Cycle Assessment (2019) 24:2140–2172. Saatavissa <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01621-x>

Finkbeiner F., Rethmeier M., Chang Y.-J., Pittner A & Sproesser G. Environmental impacts of welding methods. Web-artikkeli. Viitattu 25.6.2021. Saatavissa https://www.trumpf.com/en_INT/press/online-magazine/enviromental-impacts-of-welding-methods/.

Globalis. 2021. Internet sivusto. Haettu 6.12.2021. Luettavissa <https://www.globalis.fi/Tilastot/co2-paeaestoet>.

Ilmasto-opas. 2021. Internet sivu. Luettu 26.12.2021. Luettavissa <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3a576a6e-bec5-44bc-a01d-11497ebdc441/kasvihuonekaasut-lammittavat.html>.

Johnson J., Rweck B. K. & Graedel T. E. 2007. The energy benefit of stainless steel recycling. Energy Policy (2007), doi:10.1016/j.enpol.2007.08.028.

Kuittinen M. & Linkosalmi L. Puupohjaisten tuotteiden ympäristöselosteiden laatiminen. Aalto-yliopisto. Aalto-yliopiston julkaisusarja Crossover. Viitattu 1.7.2021. Saatavissa <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/6005.pdf>.

Lukkari J., Kyröläinen A. & Kauppi T. 2019. Hitsauksen materiaalioppi. Osa 2 A. Metallit ja niiden hitsattavuus. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry. ISBN 978-951-98212-8-3.

mrluudistus.fi. 2021. Internet sivusto. Luettu 26.12.2021. Luettavissa <https://mrluudistus.fi/tietoa-lakiuudistuksesta/>.

OurWorldinData a. 2021. Internet sivusto. Haettu 6.12.2021. Luettavissa <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>.

OurWorldinData b. 2021. Internet sivusto. Haettu 6.12.2021. Luettavissa <https://ourworldindata.org/energy-mix?country=#energy-mix-what-sources-do-we-get-our-energy-from>.

Punainenristi. 2021. Internet sivu. Luettu 26.12.2021. Luettavissa <https://www.punainenristi.fi/tyomme/kansainvalinen-apu/ilmastonmuutos/>.

SFS-EN 15804. 2012. Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt. Helsinki. SFS.

SSAB. 2021. Maalipinnoitetut GreenCoat® -teräsohutlevyt ja -kelat. Ympäristöseloste (EPD). Pdf – dokumentti. Ladattu 20.6.2021 [https://www.ssab.fi/ladattavat-tiedostot#sort=%40customorder%20descending&f:document=\[3f0a0e364ca54f74a30faff866bd87ff](https://www.ssab.fi/ladattavat-tiedostot#sort=%40customorder%20descending&f:document=[3f0a0e364ca54f74a30faff866bd87ff)

SYKE. 2021. Rakentamisen päästötietokanta. Suomen ympäristökeskus SYKE. Viitattu 15.6.2021. Saatavissa <https://co2data.fi/>.

Tilastokeskus. 2021. Internet sivusto. Haettu 6.12.2021. Luettavissa https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-05-21_kat_001_fi.html.

Timo Kauppi, IWE, IWI-C, TkL
Oulun yliopisto / Lapin ammattikorkeakoulu
timo.a.kauppi@oulu.fi
timo.kauppi@lapinamk.fi