



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VALURAUTAKOMPONENTIN HIILIJALANJÄLKILASKURI

Suomivalimo Oy ja Tampereen Aikuiskoulutuskeskus

TEKIJÄ:

Henri Löytynoja EY17SP

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Henri Löytynoja	
Työn nimi VALURAUTAKOMPONENTIN HIILIJALANJÄLKILASKURI	
Päiväys	7.12.2021
Sivumäärä/Liitteet	37/1
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomivalimo Oy ja Tampereen Aikuiskoulutuskeskus	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Hiilijalanjäljen laskentaan on kehitetty useita erilaisia laskureita, joiden avulla saadaan ilmaista tarkasteltavan yksikön tuottama ilmastokuorma helposti ymmärrettävässä ja vertailtavassa muodossa. Laskureita on tehty selventämään yksittäisen ihmisen, yrityksen tai yksittäisen tuotteen aiheuttamaa ilmastolämpenemispotentiaalia, GWP:tä (Global Warming Potential). Työn tavoitteena on luoda hiilijalanjälkilaskuri, jolla voidaan laskea yksittäisen valurautakomponentin valmistusvaiheessa syntyvät kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalentteina. Laskuri tehdään Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Laskuri luovutetaan Suomen Valimoteknisen Yhdistyksen (SVY):n käyttöön ja jaettavaksi yhdistyksen jäsenvalimoille. Tällaisia laskureita ja niiden antamia tuloksia käytetään yrityksissä markkinointikeinona, eräänlaisena imagoluojana ja laskenta ylipäätään mahdollistaa jalanjäljen seurannan ja sitä kautta vähentämisen, kun ymmärretään ja tunnistetaan paremmin yksittäiset päästölähteet.</p> <p>Laskurin luomisessa hyödynnetään standardia SFS ISO 14067:2018 ja GHG-protokollan tuotestandardia. Molemmat standardit ohjaavat osaltaan hiilijalanjäljen laskemisessa ja auttavat tunnistamaan päästölähteet. Laskureita, joilla voisi yksityiskohtaisesti laskea valimotoinnassa syntyvät kappalekohtaiset päästöt, ei ole saatavilla. Ne laskurit, jotka on tehty valimokäyttöön, painottuvat ainoastaan koko tehtaan energiankäyttöihin ja kupoliuunin prosessiin kaasupäästöjen ja polttoaineiden osalta. Tässä opinnäytetyössä laadittu laskuri sukeltaa syvemmälle valimoprosessiin ja varsinkin sen käyttämiin raaka-aineisiin, jolloin saadaan laskettua myös GHG-protokollan mukaisesti suurin osa epäsuorasti tuotetuista päästöistä (Scope 3). Valmistavan ja jalostavan teollisuuden suurimmat päästöt muodostuvat usein näistä epäsuorista päästöistä, joten ne tulisi aina huomioida koko kuvan hahmottamiseksi myös lopullisessa hiilijalanjäljen laskennassa.</p> <p>Tämä valimoalalle kehitetty laskuri painottuu kahdeksalle eri osa-alueelle, joita ovat sähkönkulutus, kaukolämmönkulutus, polttoaineiden käyttö, kaavaus, sulatapahtuma, kuljetukset, jätevirta ja muut. Kyseiset alueet muodostavat suurimman osan nykyaikaisen valimon päästöistä. Yksikkönä ilmastolämpenemisvaikutukselle käytetään hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂-ekv.). Laskurilla lasketaan tietyn valutuotteen hiilijalanjälki ja laskennassa huomioidaan tuotteen päästöt aina asiakkaalle asti. Tällöin asiakas tietää sen hetkisen jalanjäljen, kun kappale on toimitettu perille ja voi itse omilla työkaluillaan ja tiedoillaan mahdollisesti laskea tuotteen koko elinkaarenaikaisen hiilijalanjäljen.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p>hiilijalanjälki, laskuri, ilmastolämpeneminen, ilmastokuorma, hiilidioksidiekvivalentti, kasvihuonekaasu, valimo, elinkaari, päästö, GHG protokolla</p>	

Field of Study Natural Resources and the Environment	
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology	
Author Henri Löytynoja	
Title of Thesis Carbon Footprint Calculator for Cast Iron Components	
Date 7 December 2021	Pages/Appendices 37/1
Client Organisation /Partners Suomivalimo Oy and Tampere Adult Education Centre (TAKK)	
<p>Abstract</p> <p>Many calculators have been developed to calculate the carbon footprint of a certain product or whole company. The calculators give an easy to understand and comparable figure for the global warming potential (GWP) of a certain entity. The purpose of this work was to create a calculator to calculate total greenhouse gas emissions of a single cast iron component at the stage of manufacture and to display the results in carbon dioxide equivalent. The calculator was created with Microsoft Excel spreadsheet program. The completed calculator was handed over to the Association of Finnish Foundry Industry (SVY) for use and for distribution to the members of the association. The results of these kinds of calculators are used for marketing means, since they are seen as a creator of an image of a company. The calculation makes the monitoring of the carbon footprint possible, hence allowing any means of reduction when there is enough understanding to identify any individual sources of emissions.</p> <p>The standard SFS ISO 14067:2018 (Greenhouse gases. Carbon footprint of products. Requirements and guidelines for quantification) and the Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard from GHG-protocol were used to help creating the calculator. Both standards guide the calculation of the carbon footprint and help to recognize the sources of emissions.</p> <p>Although there are many kinds of carbon footprint calculators, not a single one of them is developed for a detailed calculation of carbon footprint of the whole foundry process for a single casting component. Those already existing calculators center only around the overall energy usage of the factory and straight emissions from cupola furnaces. In this work the calculator delved deeper into the foundry process, especially in raw materials and their indirect emissions in order to calculate Scope 3 emissions according to GHG-protocol. These Scope 3 indirect emissions form a big part of global warming potential in the preparatory and refining sector of industry, so they should always be included when calculating the carbon footprint.</p> <p>This carbon footprint calculator for foundries highlights 8 different sub-areas which are the consumption of electricity, consumption of the district heat, use of fuels, moulding, casting, transportation, waste flow and the rest. Those sub-areas form the largest part of emissions in modern foundries. The unit for calculating the final global warming influence is carbon dioxide equivalent (CO₂-eq.). The calculation made with this calculator will provide the carbon footprint of a certain cast iron part when delivered to the client. Because of this, clients are aware of the current carbon footprint of the product so they can calculate and estimate with their own tools and knowledge the rest of the carbon footprint in the products life cycle.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Foundry, calculator, global warming potential, carbon footprint, GHG-protocol, greenhouse gas, emission</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	SUOMIVALIMO OY JA VALIMOTEOLLISUUS	6
3	VALURAUDAN VALIMOPROSESSI	7
3.1	Suunnittelu, mallinnus ja valumallien valmistus	8
3.2	Kehäkaavaus	8
3.3	Sulatus.....	9
3.4	Valu	10
3.5	Purku	12
3.6	Puhdistus ja jälkikäsittely.....	12
3.7	Kaavaushiekan elvytys	13
3.8	Valurautavalimon pääraaka-aineet	13
3.8.1	Raakahiekka	14
3.8.2	Harkkorauta.....	14
3.8.3	Kierrätysromu	15
3.8.4	Seos- ja lisäaineet	17
4	HIILIJALANJÄLKI	18
4.1	SFS ISO 14067:2018 standardi	18
4.2	GHG-protokollan tuotestandardi.....	19
5	VALUKOMPONENTIN CO ₂ -EKV. LASKURI "VALAS"	21
5.1	Infosivu.....	21
5.2	Laskuri	21
5.3	Kuljetusmatkat.....	23
5.4	Tulokset ja kaaviot.....	23
5.5	Lähteet ja versiohistoria	23
6	PÄÄSTÖLASKENTA/RAJAUKSET	24
7	TULOKSET JA YHTEENVETO	25
8	LÄHTEET	26
	LIITTEET	28

1 JOHDANTO

Alati kasvava ympäristötietoisuus ja sen luomat paineet ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi nostavat yritysten vastuuta valita ilmastoystävällisempiä ratkaisuja toimintatapoihinsa. Yhtenä työkaluna ja mittarina ilmasto vaikutuksen kartoittamiseen toimii yrityksen hiilijalanjälki. Viime vuosien ajan hiilijalanjälki on kasvattanut suosiotaan ilmastonmuutoksen mittarina, sillä se ilmaisee selkeästi tuotteen tai palvelun ilmastokuorman.

Hiilijalanjäljen laskentaan on kehitetty useita erilaisia laskureita, joiden avulla saadaan ilmaistua tarkasteltavan yksikön tuottama ilmastokuorma helposti ymmärrettävässä ja vertailtavassa muodossa. Laskureita on tehty selventämään yksittäisen ihmisen, yrityksen tai yksittäisen tuotteen ilmastolämpenemispotentiaalia, GWP:tä (Global Warming Potential).

Tällaisia laskureita ja niiden antamia tuloksia käytetään yrityksissä markkinointikeinona, eräänlaisena imagonluojana ja laskenta ylipäätään mahdollistaa jalanjäljen seurannan ja sitä kautta vähentämisen, kun ymmärretään ja tunnistetaan paremmin yksittäiset päästölähteet.

Laskureita, joilla voisi yksityiskohtaisesti laskea valimotoiminnassa syntyvät kappalekohtaiset päästöt, ei ole saatavilla. Ne laskurit mitä valimokäyttöön on tehty, painottuvat ainoastaan koko tehtaan energiankäyttöihin ja kupoliuunin prosessiin kaasupäästöjen ja polttoaineiden osalta. Kupoliuunin käyttö on maailmalla vielä yleisin sulatusmenetelmä, kun Suomessa induktiuunit syrjäyttivät kupoliuunit jo 90-luvun lopussa. Tässä opinnäytetyössä laadittavan laskurin on tarkoitus sukeltaa syvemmälle valimoprosessiin ja varsinkin sen käyttämiin raaka-aineisiin, jolloin saadaan laskettua myös GHG-protokollan mukaisesti suurin osa epäsuoraan tuotetuista päästöistä (Scope 3). Valmistavan ja jalostavan teollisuuden suurimmat päästöt muodostuvat usein näistä epäsuorista päästöistä, joten ne tulisi aina huomioida koko kuvan hahmottamiseksi myös lopullisessa hiilijalanjäljen laskennassa.

2 SUOMIVALIMO OY JA VALIMOTEOLLISUUS

Suomivalimo Oy:n tehtaalla valmistetaan keskisuuria valurautakomponentteja. Valettavat raudat ovat GJS (pallografiittivalurauta), - GJL (suomugrafiittivalurauta) -ja ADI (ausferriittinen pallografiittivalurauta) -laatuisia. Kaavaus suoritetaan käsikaavauksena furaanihartsiteknikalla ja sulatus suoritetaan keskitaajuus induktiouunilla. Valmistettavien valukappaleiden painot vaihtelevat 200–6500 kg välillä. Työntekijöitä on yhteensä n. 115. Vuonna 2019 liikevaihto on ollut 17 M€.

Valimoteollisuus on yksi suurimmista teollisuusalojen energiankäyttäjistä. Ala työllistää Suomessa suoraan vajaat 2000 henkilöä, mutta välillinen työllisyysvaikutus on huomattavasti suurempi, kun valuja käyttäviä teollisuusyrityksiä ovat mm. Kone, Metso, Nokia, Valmet, ja Wärtsilä. Vuositasolla Suomessa tuotetaan n. 70 tuhatta tonnia erilaisia valukomponentteja. (Tampereen Aikuiskoulutuskeskus, 2021)

Valimoteollisuus ry:n 23:n suomalaisen jäsenvalimon yhteinen vuosittainen liikevaihto on n. 200 M€. (Teknologiateollisuus ry, 2021)

Suomessa teollisuusprosessit ja tuotteiden käyttö tuottivat vuonna 2019 10% Suomen kokonaispäästöistä kokonaishiilidioksidiekvivalentteina. Tästä kymmenestä prosentista 33% syntyy metalliteollisuudessa, jossa yksi merkittävimmistä prosessipäästöistä on hiilidioksidipäästöt raudan ja teräksen valmistuksesta. (Tilastokeskus, 2020)

3.1 Suunnittelu, mallinnus ja valumallien valmistus

Valumallien ja valutapahtumien suunnittelu tehdään pitkälti tietokoneohjelmilla. Malleista ja mahdollisista sisäkeernoista tehdään tarkat piirrookset, joiden avulla mallit lopulta rakennetaan käsitöin, koneistamalla tai jopa tulostamalla. Valutapahtuman suunnittelussa käytetään apuna ohjelmia, jotka simuloivat sulan käyttäytymistä valun aikana. Valutapahtuman suunnittelu on tärkeää sillä siinä varmistetaan sulan tasainen levittyminen muotin sisään lopullisen tuotteen laadun varmistamiseksi. Suunnitteluvaiheen, mallinnuksen ja mallien valmistuksen aikaiset päästöt syntyvät suurimmaksi osaksi sähkönkulutuksesta. Mallien valmistamisessa osa päästöistä syntyy myös raaka-aineista ja niiden kuljetuksista. Koska mallit ja keernalaatikot ovat käyttöikänsä verrattain pitkiä, ei niiden valmistuksessa syntyviä päästöjä huomioida laskurin laskennoissa. Oikein käsiteltynä ja hyvin huollettuna mallin käyttöikä voi olla useita kymmeniä vuosia ja tuhansia täyttökertoja, tällöin näiden päästöt jäävät hyvin marginaaliseksi yksittäistä tuotetta kohden.

3.2 Kehäkaavaus

Kaavauksen tarkoituksena on valmistella hiekkamuotti sulaa metallia varten. Hiekkamuotti saa muotonsa sitä varten tehdystä valumallista. Malleja on yleensä vähintään kaksi, ylä- ja alapuoli. Lopuksi malleista syntyneet valumuotit yhdistetään jakotasolta toisiinsa.

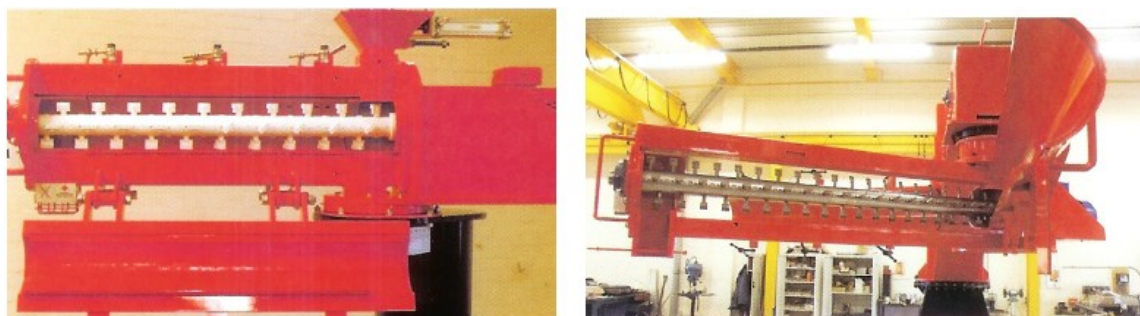
Kaavaus alkaa valumallin valmistelulla. Malliin tehdään valukanavisto esimerkiksi tiiliputkesta, valumateriaalista riippuen asetetaan kriittisiin kohtiin jäähdytyskokillit, muotti numeroidaan ja lisätään mahdolliset syötöt ja muut mallivarusteet. Valmistelun lopuksi valumallin päälle lasketaan kaavauskehät (Kuva 2). Kun valmistelu on suoritettu, lasketaan hiekka sekoittimesta mallin päälle sulloen samalla hiekka käsin tai erityistä apputyökalua käyttäen niihin kriittisiin kohtiin, mihin hiekka ei itse pääse tiivistymään, esimerkkinä jäähdytyskokillien välit ja ohuet kohdat.



Kuva 2 – Kehien lasku valumallin päälle (Suomivalimo Oy, 2017)

Hiekka itsessään koostuu puhtaasta ja käyttämättömästä hiekasta (uusi hiekka), kiertohiekasta (vanha hiekka) ja sideaineista, jotka sekoitetaan keskenään hiekkansekoittimella (Kuva 3). Uuden ja

vanhan hiekan ja sideaineiden suhteita vaihtamalla saadaan lopuksi kovettuneelle hiekalle erilaisia ominaisuuksia, kuten suuremmat tai pienemmät taivutus- ja murtolujuudet.



Kuva 3 – Avattu hiekkasekoitin (Niemi, 2010).

Kun muotti on kovettunut, nostetaan se ja sen vastakappale mallista irti nosturin avulla. Tämän jälkeen muotit valmistellaan valua varten. Valmistelu alkaa tarkastuksella, jossa silmämääräisesti käydään muotti läpi mahdollisten kolojen tai muiden kaavausvirheiden varalta. Tämän jälkeen puhdistetaan malli irtohiekkasta ja irrotetaan helposti rappautuvat hiekkapurseet pois. Joihinkin muotteihin tarvitsee tehdä edellä keernoja, joilla saadaan valukappaleeseen sellaisia muotoja, joita ei kaavaamalla ole mahdollista tehdä. Tällaisia ovat esimerkiksi kaikki sisäpuoliset muodot, kuten tunnelit. Keernat ovat hiekkaseoksesta valmistettuja ja kovetettuja kappaleita ja ne tehdään omiin laatikkoihinsa.

Seuraavaksi muotit peitostetaan. Peitostuksella tarkoitetaan muotin vaeleua maalimaisella aineella, jonka tarkoituksena on tasoittaa kappaleen pintaa sekä estää metallin tunkeutuminen hiekkaan ja hiekan kiinnipalaminen valukappaleen pintaan.

Lopuksi muotit laitetaan kiinni asettamalla muotin yläpuoli alapuolen päälle ja lukitaan paketti jakotasolta toisiinsa kiinni ja/tai asetetaan muottipaketin päälle riittävästi painoja estämään muotin vuotamista sen jakotasolta.

Kaavauksen aikana päästöt syntyvät suurimmaksi osaksi tehtaan energiankulutuksesta, niin sähköstä kuin mahdollisesta kaukolämmöstä. Kaavaukseen tarvittavat hiekansekoittimet, nosturit, paineilmakompressorit ja sisäilman puhdistukseen käytetyt puhaltimet käyttävät oman osansa tehtaan vuosittaisesta sähkönkulutuksesta. Uusi hiekka on yksi valimoiden pääraaka-aineista, joten sen käyttö luo omat päästönsä. Jokaista tuotettua valutonnia kohden käytetään keskiarvolta tuhat kiloa uutta hiekkaa.

3.3 Sulatus

Sulatuksen tarkoituksena on saada sulapanos haluttuun lämpötilaan valua varten. Sulatusuunin lämpöenergia saadaan joko polttoaineesta tai nykyään yhä yleisemmin sähköstä. Yleisin

polttoainetta käyttävä uuni on kupoliuuni, jossa sulapanos lämpenee koksien avulla. Vaikka Suomessa on enää vain muutama kupoliuuni käytössä, on kupoliuunilla sulattaminen silti vielä muualla maailmassa yleisin tapa tehdä valurautaa.

Kun valetaan valurautaa sähköenergian avulla, toimii uunina yleensä induktiuuni. Induktiounien viimeaikainen tekninen kehitys on tehnyt valurautojen sulattamisen ja kuumanapidon taloudellisesti kannattavammaksi ja ympäristöystävällisemmäksi kuin kupoliuunilla sulatus. Induktiounit saavat sulatusenergiansa pelkästään sähköstä, jolloin sulatukseen ei tarvitse fossiilisia polttoaineita, eikä niistä aiheudu niin huomattavia pöly- ja hiukkaspäästöjä, kuin kupoliuunista (Meskanen, et al., 2002).

Toiminta induktiouneissa perustuu pyörrevirtoihin, jotka syntyvät metallipanokseen, kun vaihtovirtaa johdetaan panoksen ympäri kulkevaan kuparikäämiin. Pyörrevirrat kuumentavat ja sulattavat panoksen. (Meskanen, et al., 2002)

Sulatuksen raakamateriaalina toimii yleensä teräsromu, harkkorauta ja valimon sisäinen paluromu. Sisäistä paluromua saadaan valutapahtumassa ylijääneistä valurangoista, syöttökuvuista ja susikappaleista. Eri ominaisuuksia omaavia rautaseoksia saadaan aikaan erilaisia lisä- tai seosaineita annostelemalla. Näitä ovat mm. hiiletysaine, pii ja mangaani.

Sulatustapahtuma on valimoissa suurin yksittäinen päästölähde. Päästöt syntyvät niin raaka-aineen, niiden kuljetusten ja sulatukseen vaadittavan suuren sähkönkulutuksen yhteisistä päästöistä. Puhtaat ja laadukkaat sulatuksen raaka-aineet omaavat suuret GWP- päästökertoimet.

3.4 Valu

Kun sula on saatu haluttuun lämpötilaan ja sula-analyysi vastaa haluttua lopputulosta, kaadetaan se uunista senkkaan tai muuhun jakeluastiaan (Kuva 4). Mikäli kyse on isoista valuista, ja sulan kaato tehdään kallistettavalla valusenkalla, suoritetaan ennen valun kaatamista senkan kuonaus, jossa valun pinnalle lisätään kuonaa sitovia aineita. Aine kaavitaan tai suodatetaan senkasta pois ennen valun kaatoa. Senkasta valu kaadetaan muotteihin, kun toivottu valulämpötila on saavutettu (Kuva 5). Muotin annetaan jäähtyä paikallaan valukappaleen koosta riippuen 6–40 tuntia.



Kuva 4 – Sulan kaato kallistettavaan jakeluastiaan (Suomivalimo Oy, 2017)



Kuva 5 – Sulan kaato muottiin (Suomivalimo Oy, 2017)

Valutapahtuman päästöt syntyvät senkan siirtelyyn kuluva sähköenergiasta ja poistoilmapuhaltimista. Valusenkat myös esilämmitetään ennen päivittäistä käyttöönottoa, yleensä nestekaasu- tai polttoöljypolttimen tai vastusten avulla.

3.5 Purku

Jäähtymisajan jälkeen kappale puretaan valukehän sisästä pois. Erittäin pienissä kappaleissa purku voi tapahtua käsityönä, mutta yleensä vähänkin isommissa kappaleissa purku suoritetaan tärypöydän avulla. Kuumentunut hiekka on helposti murenevaa, joten tärypöytä on helppo tapa irrottaa hiekka valukehistä. Tärypöytä on usein joko siivikko, tai ristikko, jonka läpi hiekka murentuessaan pääsee menemään. Siivikon tai ristikon läpi menee myös pienemmät metallihilut, jotka erotellaan myöhemmin esim. magneetin avulla hiekasta. Mikäli valimon käyttämät sideaineet mahdollistavat hiekan uudelleenkäytön, kuljetetaan se elvytykseen ja lopulta takaisin sisäiseen kiertoon. Tärypöydän päälle jää valukappale, valuranka ja mahdolliset kokillit.

Purun aikana päästöt syntyvät tärypöydän ja valumuottien siirtelyyn käytettävien nosturien, hiekanelvytyslaitteiston ja poistoilmanpuhaltimien sähkökäytöstä.

3.6 Puhdistus ja jälkikäsittely

Puhdistuksen ensimmäinen vaihe on kappaleen pintapuhdistus, minkä voi suorittaa esim. sinko- tai hiekkapuhalluksella. Puhalluksessa valun pinta puhdistuu hiekasta, jolloin sitä on helpompi työstää käsin hiomalla tai talttaamalla. Puhdistuksen aikana kappaleesta irrotetaan valukanavat, syötöt, purseet ja muut ylimääräiset komponenttiin kuulumattomat valukkeet.

Osa kappaleista käytetään puhdistuksen jälkeen lämpökäsittelyssä. Lämpökäsittelyn tarkoituksena on valukappaleesta ja rautalaadusta riippuen, esimerkiksi poistaa kappaleen sisäisiä jännityksiä tai lisätä tai vähentää kappaleen kovuutta ja lujuutta.

Jälkikäsittelyn jälkeen seuraa kappaleen tarkastus, jossa selvitetään, onko kappaleessa mittapoikkeamia tai valuvikoja. Mikäli tarkastuksessa selviää vikoja, joita ei voi korjata, viedään "susikappale" edelleen sulatettavaksi uutena raaka-aineena.

Mikäli kappale läpäisee tarkastuksen, voidaan sen pinta käsitellä asiakkaan vaatimusten mukaisesti maalaamalla tai pinnoittamalla. Tämän jälkeen kappale on valmis kuljetettavaksi asiakkaalle tai koneistukseen.

Puhdistus ja jälkikäsittely kuluttavat sähköenergiaa. Puhdistustyökalut toimivat joko suoraan sähköllä tai paineilman avulla. Lämpökäsittelyn aikana uuni lämmitetään käsittelystä riippuen jopa 1000- asteiseksi esimerkiksi sähkövastusten avulla (Niemi, 2010). Kappaleen kuljetuksesta syntyy tieliikennepäästöjä.

3.7 Kaavaushiekan elvytys

Hiekka siirretään elvytykseen, kun se on irrotettu valetusta muotista muotin purkuvaiheessa. Elvytyksessä valuhiekassa oleva sideaine pyritään erottelemaan hiekasta pois ja suuremmat hiekkakokkareet pyritään murskaamaan pienemmiksi ja ihan pienimmät raekoot (pöly) pyritään erottamaan (Keskinen;ym., 2011) (Kuva 6). Uusiokäyttöä varten hiekka joudutaan yleensä myös kuivaamaan ja jäähdyttämään. Elvytystapoja on mm. murskaus, terminen menetelmä ja pneumaattinen hiertäminen. Elvytyksen tarkoituksena on taloudelliset hyödyt, kun sama hiekka voidaan käyttää useamman kerran. Valimoilla pyritään välttämään muottien tekemistä pelkästään uudella hiekalla sen korkean hinnan takia.

Elvytyksen aikana laitteisto käyttää sähköenergiaa ja kuuma hiekka jäähdytetään joko paineilman ja/tai veden avulla.



Kuva 6 – Makrokuvaa elvytetystä hiekasta, palanut sideaines värjää hiekan mustaksi (Löytynoja, 2021).

3.8 Valurautavalimon pääraaka-aineet

Valurautavalimoiden pääraaka-aineet ovat kaavauksessa käytettävä raakahiekka ja sulatuksessa käytettävät rautaharkot, kierrätysromut ja lisäaineet.

3.8.1 Raakahiekka

Muotti- ja keernahiekkana valimoissa voidaan käyttää kvartsi-, oliiviini-, kromiitti- sekä zirkonihiekkaa (Keskinen;ym., 2011). Tässä opinnäytetyössä kuitenkin keskitytään vain kvartsihiekkään.

Kvartsihiekkojen piidioksidi (SiO_2) -pitoisuus on vähintään 95%. Tämän pitoisuuden ylittävät esiintymät ovat yleensä vanhaa merenpohjahiekkaa. Tästä syystä kvartsihiekkaa joudutaan yleensä tuomaan Suomeen ulkomailta.

Kvartsihiekan päästöt syntyvät hiekan jalostuksen aikana. Jalostustapoja on useita erilaisia, joten hiilijalanjälkilaskurin laskennassa käytetään seitsemän eri jalostustavan päästökeskiarvoa. Jokaisessa jalostustavassa hiekka kuitenkin pestään ja liian suuret rakeet erotellaan hiekasta pois (A Life Cycle Assessment of Silica Sand: Comparing the Beneficiation Processes, 2015).

Kun hiekka elvytetään uusiokäyttöön, alenee uuden hiekan käyttötarve, jolloin hiekasta syntyvät CO₂-ekv. päästöt pienenevät. Elvytyskäsittely luo vähemmän päästöjä kuin uuden hiekan jalostaminen ja kuljettaminen valimolle.

3.8.2 Harkkorauta

Harkkorauta ts. takkirauta on noin 4% hiiltä sisältävä masuunissa valutettu pelkistetty rauta, joka on alustavasti valettu harkon muotoon (Kuva 7) (Väisänen, 2007). Sitä käytetään valimoissa sen homogeenisen koostumuksen takia. Romua sulattaessa sulaan seostuu useita panokseen kuulumattomia metalleja ja alkuaineita. Näin ollen saadaan tietyn määrän harkkoja lisäämällä rajoitettua vierasaineiden enimmäispitoisuudet sulassa (Meskanen, et al., 2002).

Harkkojen valmistus aloitetaan louhimalla joko hematitiitti- tai magnetiittimalmia. Hematiittimalmi on puhtaampaa ja sitä ei yleensä tarvitse rikastaa, toisin kuin magnetiittimalmi, joka on murskattava ja jauhattava. Malmirikaste sintrataan jauheesta "kakuksi" ja sen jälkeen pelletoidaan pienemmiksi paloiksi. Viimeisenä pelletoidut palat panostetaan masuuniin koxin ja kalkkikiven kanssa. Koksi toimii pelkistäjänä ja kalkkikivi liuottaa malmin kiviaineksesta. Lopuksi sula valetaan harkkojen muotoon kuljetuksen ja käsittelyn helpottamiseksi (Koivisto, et al., 2008).

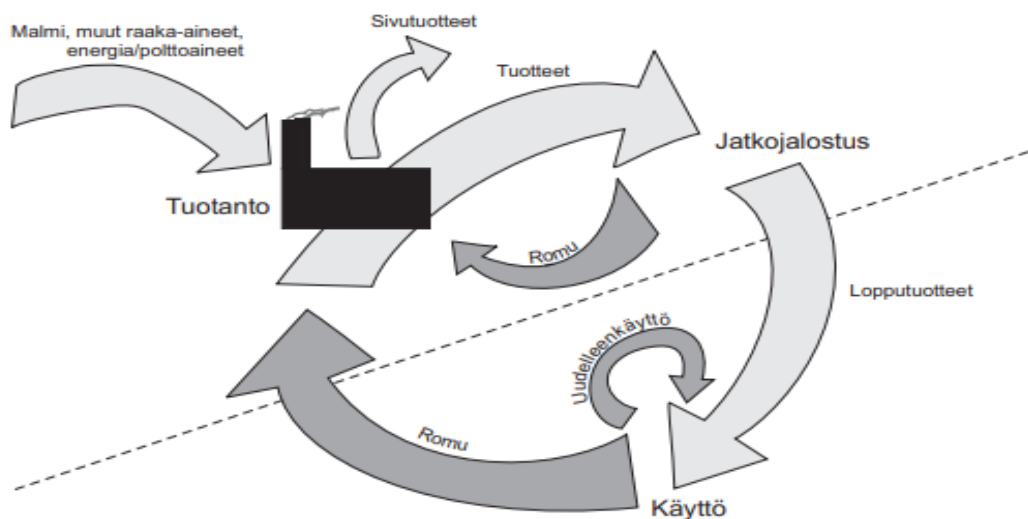
Suurimmat tuottajamaat ovat Kiina, Japani, Intia ja Venäjä (Tuck, 2021).



Kuva 7 – Harkkorauta (Löytynoja, 2021)

3.8.3 Kierrätysromu

Induktiouuneissa panoksen valtaosana on yleensä kierrätetty teräsromu. Suurin osa kansantaloudessa käytetyistä metallivirroista tuotetaan Suomessa ulkomailta tuoduista malmeista, mutta merkittävästi myös romuna palautuvista metallivirroista. Metallien valmistuksessa syntyy myös sisäisiä metallivirtoja takaisin tuotantoon (Kuva 8).



Kuva 8 – Metallituotteiden ja romun elinkaari. Kuhunkin elinkaaren vaiheeseen kuuluu syötteitä (inputs) ja tuotoksia (outputs) – raaka-aineiden ja energian hankintaa, päästöjä ilmaan ja vesiin, jätteitä, maankäyttöä jne. – ympäristöstä ja ympäristöön. (Metallivirrat ja romun kierrätys Suomessa, 2000)

Kierrätysteräs ostetaan yleensä suuremmissa erissä suomalaisista kierrätyskeskuksista, joissa teräsromu on lajiteltu asiakasvalimon vaatimusten mukaisesti (Kuva 9). Vaikka useimmiten romun epäpuhtauksien määrät ovat vähäisiä, voi niiden vaikutuksen olla merkittäviä sulatusprosessissa. Niinpä romujen tarkka lajittelu ja puhdistaminen on tärkeä tekijä sekä sen kestävyden, että käytössä syntyvien päästöjen takia (Metallivirrat ja romun kierrätys Suomessa, 2000). Teräksellä on Suomessa suuri hyödyntämistä, lähes 90% (Koivisto, et al., 2008).



Kuva 9 – Valimolaatuinen kierrätysteräs (Löytynoja, 2021)

3.8.4 Seos- ja lisäaineet

Seos- ja lisäaineilla pyritään saamaan valuraudalle erilaisia metallurgisia ominaisuuksia. Seosaineet ovat tavallisesti runsasprosenttisia ferroseoksia tai vaihtoehtoisesti tiettyjä puhtaita alkuaineita (Kuva 10). Lisäaineita ovat mm. hiilletys-, ympäys- ja pallotusaineet.

Puhtaiden alkuaineiden tuotanto on yleensä vaativa, energiaa vievä ja monimutkainen prosessi, mistä johtuen esimerkiksi yleisesti valimoissa käytetyn puhtaan nikkelin hiilidioksidiekvivalenttikerroin on verrattain korkea.



Kuva 10 – Lähikuva kuparigranulista (Suomivalimo Oy, 2017)

4 HIILIJALANJÄLKI

Pariisin ilmastosopimus hyväksyttiin YK:n ilmastosopimuksen osapuolikokouksessa vuonna 2015. Sopimus koskee vuoden 2020 jälkeistä aikaa, jolloin ilmastosopimukseen liittyvän Kioton pöytäkirjan toinen velvoitekausi on päättynyt. Kirjattuna tavoitteena sopimuksessa on maailmanlaajuisen keskilämpötilan nousun pitäminen selvästi alle 2 asteessa, parantaa osapuolten kykyä sopeutua ilmastonmuutokseen sekä edistää vähähiilistä kehitystä vaarantamatta ruokaturvaa ja sovittaa rahoitusvirrat vähähiilistä ja ilmastokestäväää kehitystä kohti (Ympäristöministeriö, 2020).

Yhtenä mittarina ilmastonmuutokselle käytetään kasvihuonekaasupäästöjä. Kasvihuonekaasuiksi lasketaan hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂O), HFC-yhdisteet, PFC-yhdisteet, rikkiheksafluoridi (SF₆) ja typpitrifluoridi (NF₃) (Tilastokeskus, 2021). Kun nämä kaasut lasketaan yhteen, saadaan hiilidioksidiekvivalentti (CO₂-ekv.). Jokaista kasvihuonekaasua verrataan hiilidioksidiin ja jokaisella on oma kertoimensa. Esimerkiksi 100 vuoden tarkastelujaksolla metaanin kerroin on 28, jolloin kilo metaania vastaisi 28 kiloa hiilidioksidia vapautuessaan ilmakehään. Hiilidioksidiekvivalentti toimii yksikkönä hiilijalanjäljelle. Hiilijalanjälki ilmaisee tuotteen tai palvelun lopullisen ilmastokuorman, kun mukaan on huomioitu kaikki tiettyyn kokonaisuuteen liittyvät välittömät ja välilliset päästöt sen elinkaaren aikana (OpenCO₂, 2021). Ja kun puhutaan hiilijalanjäljestä, tarkoitetaan niitä päästöjä, jotka syntyvät juuri ihmisten toiminnoista ja teoista. Yleensä hiilijalanjälki muodostuu käytetystä energiasta, matkustuksesta, ruuasta ja juomasta sekä jätteistä. Lisäksi materiaalien käyttö ja valmistus aiheuttaa oman osansa hiilijalanjäljestä. (Loiste.fi, 2020)

Hiilijalanjäljen selvittämisellä on useita hyödyntämismahdollisuuksia. Se auttaa tunnistamaan yrityksen tuotantoketjun päästölähteitä, jolloin niiden vähentäminen on helpompaa. Hiilijalanjäljen selvitys viestii myös asiakkaille yrityksen vastuullisuudesta ympäristöasioissa, ja se voikin toimia kilpailuvalttina. Kun hiilijalanjälki on selvitetty, voidaan siitä laskea myöhemmin hiilikädenjälki, mikä kuvaa yrityksen säästämiä kasvihuonekaasupäästöjä tuotteen/palvelun elinkaaren ajan.

Hiilijalanjäljen selvityksiä ei ole vielä tehty pakollisiksi, niinpä ne jäävät usein yritysten omille vastuille. Kuitenkin enenevässä määrin yritykset vaativat asiakkaana ollessaan tuotteilta tarkempia hiilijalanjälkiselvityksiä. Joillakin yrityksillä voi olla myös omat eettiset ohjeistukset ympäristövaikutusten minimointiin.

Laskurin tekemisen apuna käytetään standardia SFS ISO 14067:2018 ja GHG-protokollan tuotestandardia, jotka molemmat on luotu ohjaamaan hiilijalanjäljen laskentaa.

4.1 SFS ISO 14067:2018 standardi

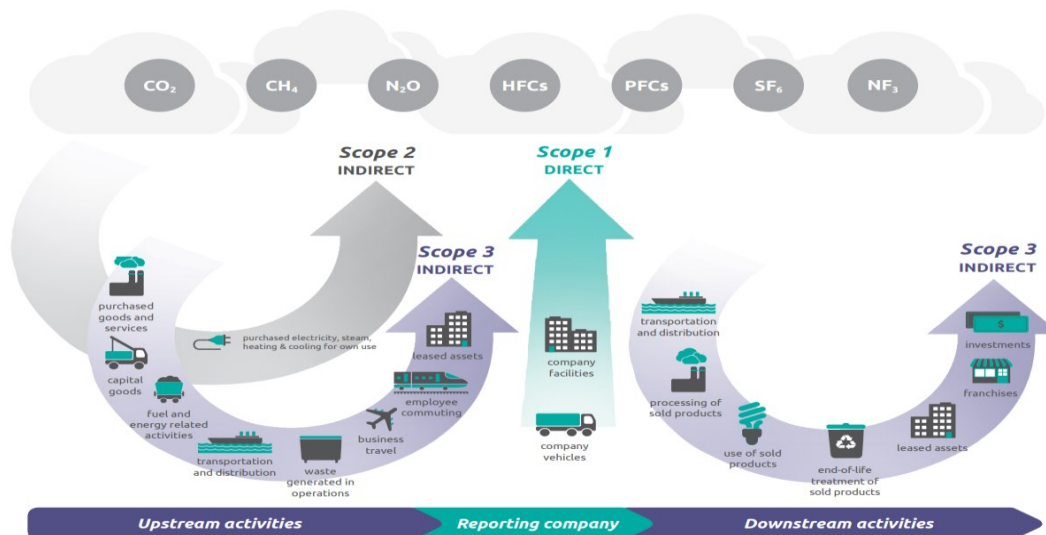
Standardi SFS ISO 14067:2018 kuuluu standardisarjaan ISO 14060, jonka tarkoituksena on tarjota selkeyttä ja johdonmukaisuutta kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien laskentaan, seurantaan, raportointiin ja todentamiseen. Standardisarjaa käyttämällä parannetaan mm. kasvihuonekaasujen laskennan yhtenäisyyttä ympäristötavoitteiden kannalta ja kasvihuonekaasujen todentamisen uskottavuutta, läpinäkyvyyttä ja johdonmukaisuutta.

Standardi SFS ISO 14067:2018 määrittelee tuotteiden hiilijalanjäljen laskemista koskevat periaatteet, vaatimukset ja ohjeet. Sen tarkoitus on auttaa tuotteen elinkaareen liittyvien kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa aina resurssien osta ja raaka-aineiden hankinnasta tuotteen valmistukseen, käyttöön ja käytöstä poistamisvaiheeseen. Standardia voidaan soveltaa esim. tuotteiden tutkimusta ja kehittämistä koskevien tietojen hankkimisessa, teknologioiden parantamisessa, hiilijalanjäljen tason seurannassa ja siitä viestimisessä (SFS-EN ISO 14067:2018).

4.2 GHG-protokollan tuotestandardi

Kansainvälinen GHG-protokolla, The Greenhouse Gas Protocol (kasvihuonekaasuprotokolla), tarjoaa kattavan ja standardisoidun tavan mitata ja hallita yksityisen ja julkisen sektorin kasvihuonekaasupäästöjä. 20 vuoden aikana protokollaa on päivitetty ja ohjeita selvennetty, jotta protokollan käyttäjät voivat mitata esimerkiksi energianhankintojen päästöjä ja yrityksen arvoketjun läpi meneviä päästöjä (GHG Protocol, 2021). Kyseisen protokollan käyttö luo yhteneväisen ja ennen kaikkea vertailukelpoisen kasvihuonekaasupäästöjen mittausmallin.

GHG-protokollan tuotestandardi tarjoaa edellytykset ja ohjeistuksen yrityksille ja organisaatioille yksittäisen tuotteen kasvihuonekaasupäästöjen raportoimiseen. Protokolla jakaa päästölähteet kolmeen ryhmään, Scope 1, 2 ja 3 (Kuva 11). Ryhmittely auttaa tunnistamaan päästölähteiden syntyperän. Scope 1 ryhmään lasketaan yrityksen omistamista ja hallinnoimista lähteistä syntyvät suorat päästöt. Näihin kuuluvat kaikki polttoa vaativat prosessit. Scope 2 ryhmän päästöt ovat puolestaan epäsuoria päästöjä, jotka syntyvät yrityksen hankkimasta sähköstä, lämmöstä, viilennyksestä ja höyrystä. Nämä päästöt siis syntyvät fyysisesti siellä, missä kyseinen energia tuotetaan. Scope 3 ryhmään kuuluvat yrityksen tuotannon valmistusprosessin aikana ja valmistuneiden tuotteiden käytön aikana syntyvät epäsuorat päästöt. Näihin kuuluvat yritykseen hankitut tavarat ja palvelut, tuotantohyödykkeet, kuljetukset ja jakelut, jätteet, liikematkat ja työmatkat.



Kuva 11 – Yleiskuva GHG-protokollan mukaisista päästöluokituksista (GHG Protocol, 2021)

Standardin peruseriaatteina ovat asiallinen, tarkka, läpinäkyvä, johdonmukainen ja täydellisen kokonaisuuden omaava laskenta ja raportointi.

GHG- protokollaa käytetään apuna standardin ISO 14067 ohella, sillä standardi ei auta tunnistamaan päästölähteitä yhtä kattavasti kuin GHG- protokolla. Protokolla puolestaan ei tarjoa osittaisen hiilijalanjäljen laskentaan ohjeistusta, toisin kuin standardi ISO 14067 (Kuva 12).

Specifications and Requirements	PAS 2050	GHG Protocol	ISO 14067
Goals	To provide a uniform specifications for GHG emissions of goods and services	To provide detailed guidelines on accounting and reporting	To standardize the quantification process and the communication of GHG emissions
Life cycle stage included	Cradle-to-grave	Cradle-to-grave	Cradle-to-grave Cradle-to-gate Gate-to-gate
	Cradle-to-gate	Cradle-to-gate	Partial life cycle
Cut-off criteria	Exclusion based on materiality (<1%); at least 95% of the complete product life cycle must be included; no scale-up requirement to account for 100%	No cut-off criteria exist, because 100% completeness is necessary	No specific criteria available
Capital goods	Excluded	Excluded, but encouraged to be included when relevant	Excluded if they do not significantly affect the overall conclusions
Biogenic carbon	Carbon storage	Stored carbon within 100 years shall be recorded and accounted for in the CF calculations	If carbon storage is calculated, then it shall be separately reported but not included in the CF result
	Delayed emissions	A weighting factor is included and proposed	Shall not be included
Other exclusions	Land-use change	Specific procedure and provides default soil emissions per country	Direct land-use change shall be separately documented; indirect land-use change should be considered
	Others	Other exclusions include the transport of workers to their workplace and consumers to purchase sites, human energy inputs to the process, and animals providing transport services	
Allocation	(1) Avoiding allocation by process subdivision or system boundary expansion (2) Supplementary requirements (3) Economic allocation	(1) Avoiding allocation by process subdivision and redefining the functional unit or system expansion (2) Physical relationships (3) Economic or other allocation methods	
Global warming potential	100 years		

^a Shall mean recommendation.

Kuva 12 – Yleiskatsaus hiilijalanjälkilaskelmia ohjaavien standardien eroavaisuuksista. Kuvassa esiintyvä PAS 2050 on kolmas yleisesti käytetty hiilijalanjäljen laskentaa ohjaava standardi. PAS - lyhenne tulee sanoista Publicly Available Specification. (Comparison of Product Carbon Footprint Protocols: Case Study on Medium-Density Fiberboard in China, 2018)

5 VALUKOMPONENTIN CO₂-EKV. LASKURI "VALAS"

Valimoteollisuudelta puuttuu yleispätevä laskuri, jolla hiilijalanjälkeä voisi tuotekohtaisemmin selvittää. Nykypäivänä valimoiden kilpailukykyyn vaikuttavat hyvän lopputuotteen lisäksi ympäristöystävällinen ja kestävä valimoprosessi.

Laskurin tarkoituksena on toimia apuvälineenä suomalaisille valimoalan toimijoille valukomponenttien päästömäärien laskemiseen. Se on jaettu osiin laskennan selkeyttämiseksi kuuteen eri välilehteen ja kahdeksaan eri osakokonaisuuteen. Välilehdet koostuvat infosivusta, laskurista, kuljetusmatkalaskurista, tulokset ja kaaviot -sivusta, lähdesivusta ja versiohistoriasivusta. Laskurin osakokonaisuuksia ovat sähkö, kaukolämpö, polttoaineet, kaavaus, sulan raaka-aineet, kuljetukset, jätevirta ja muut. Laskuri tehdään Excel-taulukolle sen käytön helpottamiseksi ja läpinäkyvyyden varmistamiseksi. Monelle tuttu taulukkolaskentaohjelma alentaa myös kynnystä aloittaa laskurin käyttäminen.

Laskurin julkaisuversio sisältää vain sellaisien yksiköiden hiilidioksidiekvivalenttikertoimia mitkä ovat mukana niissä valimoissa, joissa sulatus tapahtuu induktiouuneilla ja kaavaukseen käytetään kvartsihiekkää. Muut metalli-, kovete- ja hiekkaseokset lisätään mahdollisesti myöhemmässä vaiheessa, kuitenkin vasta julkaisun jälkeen.

Työssä hyödynnetään useita suomen- ja englanninkielisiä julkaisuja hiilijalanjäljen selvittämisestä, määrittämisestä ja sen laskemisesta. CO₂-ekv. kertoimia sovelletaan suurelta osin, jotta ne sopisivat useammalle, kuitenkin saman toimintatavan omaaville valimoille. Kertoimia joudutaan keskiarvottamaan, jotta niitä voitaisiin suhteuttaa moniin erilaisiin tilanteisiin. Laskurin laskennassa pyritään mahdollisimman tarkkaan ja johdonmukaiseen lopputulokseen. Tarkoituksena on saada tuotteille niitä mahdollisimman hyvin kuvaava ja realistinen hiilidioksidiekvivalenttiarvo. Laskuri kertoo paljonko kyseinen tuote keskimäärin tuottaa hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä.

5.1 Infosivu

Laskurin etusivulla esitellään laskurin käyttöä. Etusivulla lukee myös laskurin käyttöehdot, laskurin käyttötarkoitus, käytettävät yksiköt ja lyhyt ohjeistus laskurin käyttöön.

5.2 Laskuri

Seuraavat 3 välilehteä koostuvat useista erivärisistä soluista, joista jokaisen väri kertoo mitä kyseiselle solulle tulee tehdä. Vihreän taustaväriin omaavat solut vaativat käyttäjää ilmoittamaan viereisessä keltaisessa solussa kysytyn luvun, poikkeuksena välilehden ensimmäinen solu, jossa kysytään laskettavan kappaleen nimeä. Muut vihreät solut vaativat numeraalisen arvon. Vaaleansininen solu ilmoittaa tietyn yksikön päästömäärän ja toinen, hieman syvempi sininen solu ilmaisee yhden osakokonaisuuden kokonaispäästömäärän. Kumpikaan sinertävistä soluista ei ole oletusarvoisesti muokattavissa. Yksinkertaisimmillaan vain vihreitä soluja täytetään laskennan aikana, mikäli laskuria ei tarvitse erityisemmin muokata (Kuva 13).

Tarkasteluvuoden tuotanto ja kulutukset			
Tarkasteluvuoden valukappaleiden bruttotuotanto	6500	Tonnia	
Tarkasteluvuoden ostosähkön kulutus	15836	MWh/a	
Tarkasteluvuoden kaukolämmön kulutus	9877	MWh/a	
Komponentin syötteen			
Komponentin valuntarve (brutto)	280	Kg	kg CO ₂ -ekv.
Komponenttiin käytetty sähkö (keskim.)	682.17	KWh	89.36
Komponentin osuus kaukolämmöstä	425.47	KWh	67.22

Kuva 13 – Kuvakaappaus Valas -työkalusta

Useimmat laskurin vaaleansinisistä soluista on varustettu jos-lauseella (IF). Kaavaa käytetään varmistamaan laskurin helppokäyttöisyys ja toimivuus sellaisessa tilanteessa, mikäli käyttäjä haluaa ilmoittaa oman, laskurin oletuskertoimista poikkeavan kertoimen. Jokaisella laskuriin ilmoitettavalla päästölähteellä on oma- tai ekstrapoloitu kertoimensa ja sille solu, johon voi ilmoittaa oman, mahdollisesti tarkemman kertoimen. Kun laskurin "oma kerroin" -kohtaan lisää numeraalisen arvon, korvaa jos-lause käytettävän kertoimen funktioon vastaamaan ilmoitettua kerrointa oletuskertoimen sijaan. Mikäli "oma kerroin" -kohta tyhjenetään tai nollataan, korvaa jos-lause ilmoitetun kertoimen taas oletuskertoimella.

Laskurin käyttöä helpotetaan erillisen ohjeen avulla, joka on saatavana samasta lähteestä kuin laskurikin (LIITE 1). Tästä huolimatta, on laskurissa myös erillisiä vinkkilaatikoita, jotka ohjaavat käyttäjää epäselvissä tilanteissa. Myös muutamassa solussa on pop-up viesti solun aktivoituessa helpottamaan käyttöä.

Laskennan teko alkaa nimeämällä laskennan kohteena oleva komponentti ja ilmoittamalla tarkasteluvuosi. Tarkasteluvuodella tarkoitetaan sellaista kokonaista vuotta, miltä löytyy kaikki yrityksen jätemäärät, energiankulutusmäärät, kuljetukset ja raaka-ainemäärät. Yleensä tarkasteluvuotena käytetään edellistä vuotta. Nimen ja tarkasteluvuoden oikealle puolelle on jätetty tyhjä tila, johon voi halutessaan liittää kuvan helpottamaan komponentin tunnistusta. Tämän jälkeen ilmoitetaan tarkasteluvuoden aikana syntyneet energiankulutukset ja bruttotuotantomäärät. Näitä seuraa kaavaus, sulatus ja muut valimotekniset päästölähteet, joihin ilmoitetaan kysytyt raaka-ainemäärät.

Mikäli yrityksessä käytetään muita, kun kysytyjä raaka-aineita, voi taulukkoon lisätä oman materiaalin. Mikäli omalle materiaalille ei kuitenkaan löydä sopivaa kerrointa, annetaan sille ekstrapoloitu kerroin. Kertoimen ekstrapoloinnilla tarkoitetaan tavanomaista suuremman kertoimen lisääminen sellaiselle tuotteelle minkä kerrointa ei ole selvitetty. Mikäli laskuriin lisäisi oman materiaalin, millä ei olisi kerrointa, antaisi se silloin liian alhaisen kuvan yrityksen päästöistä. Sillä pyritään myös kannustamaan käyttäjää kysymään ja selvittämään kunkin syötteen oma hiilidioksidiekvivalenttikerroin.

5.3 Kuljetusmatkat

Materiaalien kuljetukset jaetaan tällä sivulla 4 eri osakokonaisuuteen. Hiekka, harkko, teräsromu ja muut kuljetukset. Laskuriin ilmoitetaan tarkasteluvuoden käyttömäärä ja arvioidaan keskimääräinen toimitusetaisyys. Laskennat voidaan tehdä usealla eri maa- tai merikuljetuksella ja yksikkönä kertoimien laskemiseen käytetään tonnikilometrejä.

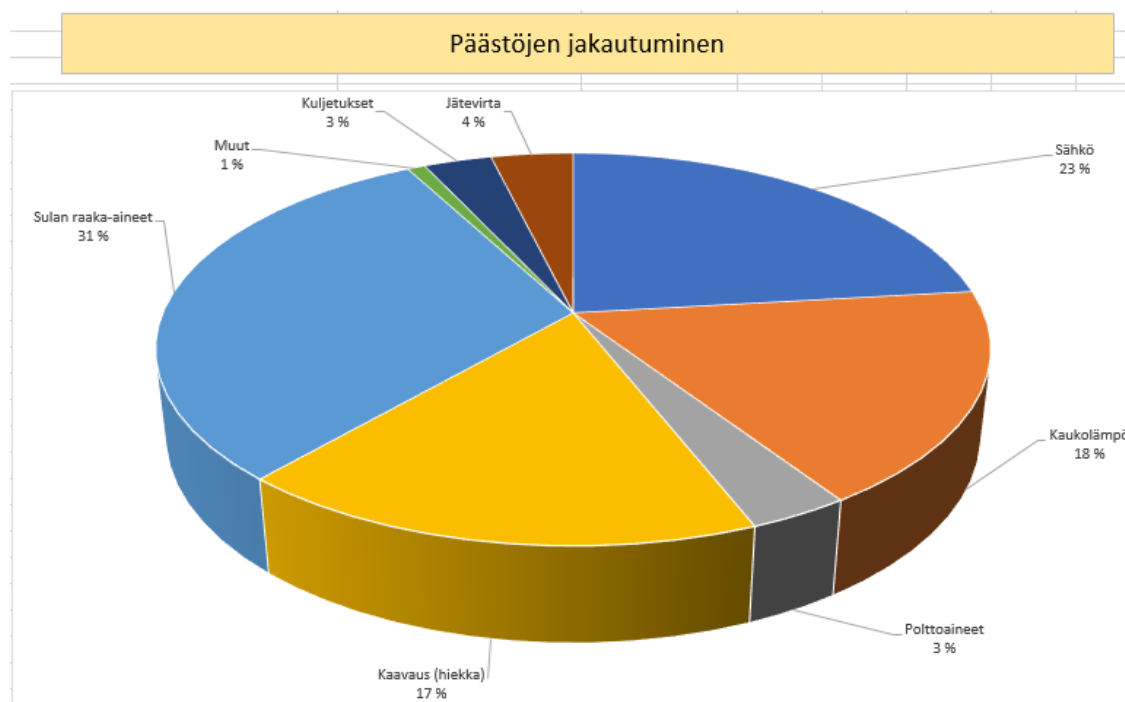
Usein hiekan ja harkkoraudan alkuperä on muualla kuin Suomessa, ja niitä käytetään suhteessa muihin materiaaleihin määrällisesti huomattavasti enemmän. Tästä syystä ne on eroteltu omiin sarakkeisiin. Teräsromun alkuperä on usein suomalainen, mutta laskuri antaa laskea sillekin pidemmän kuljetusmatkan.

5.4 Tulokset ja kaaviot

Välilehdellä kootaan osapäästöjen jakautuminen piirakka- ja pystydiagrammeihin (Kuva 14). Piirakkadiagrammi kertoo päästömäärät osa-alueittain prosentteina ja pystydiagrammi osa-alueittain kiloina. Kappaleen kokonaispäästöt ja päästöt per tuotettu kilo näytetään yksikössä kg CO₂-ekv.

5.5 Lähteet ja versiohistoria

Viidentenä välilehtenä löytyy laskurissa käytettyjen kertoimien lähteet, ja niiden lisämerkinnät. Laskuria päivitetään vuosittain. Kertoimet päivitetään vastaamaan uusimpia tutkimuksia. Niinpä viimeinen välilehti kertoo laskurin versiohistorian. Läpinäkyvyyden lisäämiseksi laskurin kaikki muokkaukset pyritään ilmoittamaan.



Kuva 14 – Esimerkkikappaleen päästömäärät prosentteina esimerkivalimossa, kuvakaappaus laskurin tulokset ja kaaviot -välilehdeltä.

6 PÄÄSTÖLASKENTA/RAJAUKSET

Yleinen tapa rajauksien määrittämiselle on laskea mukaan kaikki ne päästöt, joita voidaan suoraan hallita, ja pois jätetään sellaiset päästöt, joiden syntymiseen on valimolla osansa, mutta niiden syntymistä ei voida estää (Overman, 2019).

Laskennassa huomioidaan Kioton ilmastopöytäkirjassa sovitut kasvihuonekaasut. Lähteistä riippuen, laskelmiin on otettu mukaan vähintään 3 määrällisesti suurinta kasvihuonekaasua, joita ovat hiilidioksidi CO₂, metaani CH₄ ja dityppioksidi N₂O. Laskenta perustuu päästökertoimiin, jotka ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalentteina (CO₂-ekv.) haluttua yksikköä kohti. Päästökertoimien lämmityspotentiaali lasketaan sadalle vuodelle (GWP-100).

Tuotantokoneiden valmistuksessa syntyvät päästöt ja työvoiman aiheuttamat epäsuorat päästöt on rajattu standardin SFS ISO 14067:2018 mukaisesti selvityksestä ulos. Työvoiman epäsuoriin päästöihin kuuluvat esimerkiksi työpaikan ja kodin väliset matkat.

Hiilijalanjäljen laskenta rajautuu laskurissa vain tuotantotehtaan osuuteen, eikä laskentaa perusteta tuotteen koko elinkaarinäkökulmaan. Näin ollen laskenta ryhmitellään seuraaviin elinkaaren vaiheisiin: raaka-aineen hankinta, suunnittelu, valmistus ja kuljetus. Valimolta toimitettavien tuotteiden loppuelinkaarta ei lasketa mukaan, koska lopputuotteen käyttöön ei voida vaikuttaa. Tuotteen käyttövaiheen päästöt ovat pitkälti riippuvaisia pääasiakkaan toiminnoista ja loppukäyttäjistä. Tuotteilla on tietyt laatuvaatimukset, joten lopputuote on aina sama, vaikka sen vähemmällä päästöillä voisi valmistaa. Tästä syystä laskelmaa ei tehdä kahdesta hautaan -periaatteella, sillä laskurin on tarkoitus toimittaa tietoa yksittäisen valukappaleen hiilijalanjäljestä, jotta valukappaleen tilaaja voi tehdä halutessaan jatkolaskelmat käyttöjenaikaisista kasvihuonekaasupäästöistä.

Tarkoitus ei ole laskea koko yrityksen hiilijalanjälkeä, vaan jokaisen tietyn valutuotteen oma jalanjälkensä. Laskuissa ei oteta huomioon yrityksen tekemiä hiilidioksidipäästökompensaatioita tai vältettyjä päästöjä, sillä kumpikaan työssä käytetyistä standardeista ei huomioi niitä laskelmiin mukaan. Laskentatyökaluja yrityksen kokonaispäästöjen selvittämiseen on saatavilla useista lähteistä. Kuitenkin yksittäisen tuotteen laskemiseen tarkoitettuja työkaluja on vähemmän. Tällaisten laskurien käyttöalue on hyvin kapea, sillä jokainen tuotantoprosessi voi olla hyvinkin yksilöllinen. On kuitenkin olemassa eräänlaisia ikään kuin panoslaskentaohjelmia (elinkaarimallinnus), jotka määrittävät päästö määrät yksittäisten raaka-aineiden ja prosessien osalta. Useimmiten tällaiset työkalut ovat maksullisia ja erittäin hankalia käyttää, mikäli työkaluun ei ole syvemmin tutustunut.

7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Laskurin tarkoituksena on toimia apuvälineenä suomalaisille valimoalan toimijoille päästömäärien laskemiseen. Laskuri ja käyttöopas luovutetaan Suomen Valimoteknisen Yhdistyksen käyttöön muokattavaksi ja jaettavaksi yhdistyksen jäsenille. Laskurin käyttöoppaan on tarkoitus auttaa käyttäjää ymmärtämään laskurin periaatetta. Opas neuvoo kädestä pitäen -periaatteella askel askeleelta kuinka laskuria tulisi täyttää. Laskuri itsessään antaa muutamia vinkkejä soluja valittaessa ja väreillä korostetut yksittäiset solut ohjaavat käyttäjää syöttämään pyydettyt arvot oikeisiin kohtiin. Laskuri on myös suojattu salasanalla, jolloin suojattuihin soluihin ei voi tehdä muokkauksia. Salasana kuitenkin ilmoitetaan käyttöoppaan etusivulla, mikäli laskuria haluaa muokata.

Laskuri on jaettu osiin laskennan selkeyttämiseksi kuuteen eri välilehteen ja kahdeksaan eri osakokonaisuuteen. Välilehdet koostuvat infosivusta, laskurista, kuljetusmatkalaskurista, tulokset ja kaaviot -sivusta, lähdesivusta ja versiohistoriasivusta. Laskurin osakokonaisuuksia ovat sähkö, kaukolämpö, polttoaineet, kaavaus, sulan raaka-aineet, kuljetukset, jätevirta ja muut. Se sisältää useamman monimutkaiselta näyttävän funktion, mutta todellisuudessa ne ovat yksinkertaisia IF-lausekkeita, joiden avulla saadaan "oma kerroin"- solut toimimaan laskurin jokaisessa solussa tarkoituksenmukaisella tavalla. Jotkut solut ovat taas yksinkertaisia kerto- ja jakolaskuja. Laskuri esittää lopulliset tulokset muodossa kg CO₂-ekv. yhteensä ja kg CO₂-ekv. per tuotettu kilo ja esittää osakokonaisuuksien päästömäärät taulukossa osa-alueittain, piirakkadiagrammissa päästöjakauman prosentteina ja pylväsdiagrammissa päästöt kokonaismäärinä.

Mahdolliset viat selviävät vasta julkaisun jälkeen, kun laskuri on saatettu laajempaan käyttöön. Työn tilaajan kanssa on kuitenkin sovittu, että laskurin päivittämistä jatketaan sen julkaisun jälkeen niin kauan kuin se tarpeelliseksi nähdään.

Haastavin osa laskurin tekemisessä oli edustavien päästökertoimien löytäminen ja niiden oikeaoppinen käyttö. Pelkkä kertoimen löytäminen ei riitä, vaan kertoimen lähteisiin on myös huolellisesti tutustuttava ja lähteessä perusteltu tutkimus on sisäistettävä.

8 LÄHTEET

A Life Cycle Assessment of Silica Sand: Comparing the Beneficiation Processes. **Grbeš, Anamarija. 2015.** Zagreb : s.n., 2015.

Alakangas, Eija;ym. 2014. *Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön.* Helsinki : VTT Technical Research Centre of Finland, 2014. VTT-M-01931-14.

Broadbent, Clare. 2016. Steel's recyclability: demonstrating the benefits of recycling steel to achieve a circular economy. *Int J Life Cycle Assess* 21, 1658–1665. 2016.

Choi, Hyun Doc. 2013. Hybrid Life Cycle Assessment of steel production with carbon capture and storage (CSS). s.l. : Norwegian University of Science and Technology, 2013.

Comparison of Product Carbon Footprint Protocols: Case Study on Medium-Density Fiberboard in China. **Shanshan, Wang;Weifeng, Wang ja Hongqiang, Yang. 2018.** s.l. : International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018.

GHG Protocol. 2021. *Greenhouse Gas Protocol.* [Online] World Resources Institute, 2021. [Viitattu: 24. 2 2021.] <https://ghgprotocol.org/about-us>.

Keskinen, Raimo ja Niemi, Pekka. 2011. ValuAtlas & Tampereen ammattiopisto – Kaavausaineet . [Online] 17. Marraskuu 2011. <https://www.valuatlas.fi/node/44>.

Koivisto, Kaarlo;ym. 2008. *Konetekniikan Materiaalioppi.* Helsinki : Edita Prima Oy, 2008. ISBN 978-951-37-5259-0.

Loiste.fi. Loiste. [Online] [Viitattu: 16. 8 2021.] <https://www.loiste.fi/yrityksille-ja-yhteisöille/ilmastoystavallinen-yritys/hiilijalanjaljen-hyvittaminen/mika>.

Löytynoja, Henri. 2021. Suomivalimo Oy, Iisalmi : 2021.

Meskanen, Seija ja Toivonen, Pentti. *ValuAtlas - Valimotekniikan perusteet.* s.l. : ValuAtlas.

—. **2002.** *ValuAtlas - Valimotekniikan perusteet.* s.l. : ValuAtlas, 2002.

Metallivirrat ja romun kierrätys Suomessa. **Melanen, Matti;ym. 2000.** 401, Helsinki : Oy Edita Ab, 2000. ISBN 952-11-0710-3.

Myllymaa, Tuuli;ym. 2008. *Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset - jätehuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta.* Helsinki : SYKE, 2008. 978-952-11-3234-6.

Niemi, Pekka. 2010. *ValuAtlas & Tampereen ammattiopisto - Jälkikäsitteilytekniikka.* [Online] 28. Maaliskuu 2010. <https://www.valuatlas.fi/node/60>.

—. **2010.** Käsinkaavaustapahtuma hartsihiekkaan. *Muotti- ja valutekniikka.* s.l. : Tampereen ammattiopisto, 2010.

OpenCO2. 2021. [Online] 2021. <https://www.openco2.net/fi/taustaa>.

Overman, Tony. 2019. *Measuring Carbon Emissions: A Guide for the Australian Foundry Sector.* s.l. : Australian Foundry Institute, 2019.

SFS-EN ISO 14067:2018. SFS-EN ISO 14067:2018. Helsinki : Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 14067:2018.

Suomivalimo Oy. 2017. 2017.

—. **2017.** [Online] 2017. <https://www.suomivalimo.fi/>.

Svensson, I & Svensson, I. 2004. *Gjuteriteknisk handbok.* Jönköping : s.n., 2004.

Tampereen Aikuiskoulutuskeskus. 2021. sttinfo.fi. [Online] 16. 2 2021. [Viitattu: 12. 5 2021.] <https://www.sttinfo.fi/tiedote/valimoalan-osaamiskeskittyma-tampereelle-alan-koulutus-suomessa-saatiin-turvattua?publisherId=69818341&releaseId=69901036>.

Teknoliateollisuus ry. 2021. [Online] 18. Toukokuu 2021. <https://teknoliateollisuus.fi/fi/valimoteollisuus-ry>.

Tilastokeskus. 2021. Kasvihuonekaasuinventaario. [Online] 5. Lokakuu 2021. <https://www.stat.fi/tup/khkinv/index.html>.

—. **2020.** *Suomen Kasvihuonekaasupäästöt 1990-2019.* Helsinki : Tilastokeskus, 2020. ISBN 978-952-244-660-2 (pdf).

Tuck, Cris Candice. 2021. *2018 Minerals Yearbook, iron and steel.* s.l. : U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2021.

Väisänen, Päivi. 2007. *Perustietoa arkkitehtiopiskelijalle.* Vammala : Vammalan Kirjapaino Oy, 2007. ISBN 978-951-22-8651-5.

Ympäristöministeriö. 2020. Pariisin ilmastopöytäkirja. [Online] 2020. [Viitattu: 6. Joulukuuta 2021.] <https://ym.fi/pariisin-ilmastopöytäkirja>.

LIITTEET

LIITE 1 – Valas -hiilijalanjälkilaskurin käyttöohje

Tervetuloa käyttämään VaLas- hiilijalanjälkilaskuria.

Oppaan tarkoituksena on selkeyttää laskurin käyttöä.

Ohjeen ja laskurin versionumeroiden tulisi täsmätä!

Perustiedot

Laskurissa käytetään solujen taustavärejä ilmaisemaan käyttäjälle solun tarkoitusta (Kuva 1).

	Vihreällä taustalla oleviin soluihin kirjataan pyydetty arvo (muokattavissa)
	Näihin lukema ilmestyy kun vaadittava määrä taustatietoa on annettu (ei muokattavissa)
	Ilmaisee yhden osakokonaisuuden päästöarvon (ei muokattavissa)

Kuva 1

Pakolliset tiedot tuloksen saamiseksi ilmaistaan solun punaisella kehyksellä, ts. saat suuntaa antavan päästöarvon kun kaikkiin pakollisiin soluihin on merkitty arvo. Laskurin kolmannella välilehdellä on myös näitä pakollisia arvoja.

Alkuun laskuri voi näyttää virheitä sinisissä soluissa, mutta virheet häviävät sitä mukaan kun laskuria täytetään.

Käytä desimaalierottimena pilkkua! Piste erottimena antaa virheellisen tuloksen. Huomio aina yksiköt!

Laskurin käyttö

Aloita laskurin käyttö vaihtamalla ”Laskuri” -välilehdelle ja ilmoittamalla komponentin nimi/tunnus/numero. Sitten valitse tarkasteluvuosi. Tarkasteluvuodeksi valitaan sellainen vuosi jolta löytyy tarvittavat vuosikulutustiedot, kuten esimerkiksi sähkön ja kaukolämmön kulutukset, materiaalien tilausmäärät ja jätemäärät. Yleensä tarkasteluvuodeksi valitaan edellinen vuosi (Kuva 2). Oikealle puolelle on jätetty tyhjä tila, mikäli haluat lisätä kappaleesta havainnollistavan kuvan.

Komponentin nimi	Tarkasteluvuosi
Kokilli 12409-02	2020

Kuva 2

Täytä seuraava osio ilmoittamalla valimon tarkasteluvuonna valettujen valukappaleiden bruttotuotanto tonneina (uunin/uunien yhteinen sulan brutto valmistusmäärä). Ilmoita myös koko valimon vuosittaiset sähkön ja kaukolämmön kulutukset yksikössä MWh (Kuva 3).

(Muista, 1000 kWh = 1MWh)

Tarkasteluvuoden valukappaleiden brutto		Tonnia
Tarkasteluvuoden ostosähkön kulutus		MWh/a
Tarkasteluvuoden kaukolämmön kulutus		MWh/a

Kuva 3

Seuraavassa kohdassa ilmoita kappaleen valuntarve bruttona (huom. kiloina!), jolloin ohjelma laskee itse kappaleen keskimääräisen osuuden sähkön ja kaukolämmön kulutuksesta (Kuva 4). Laskurin käyttäjän ei tule muokata näitä sinipohjaisia soluja itse.

Mikäli samassa muotissa valetaan useampi kappale, voit lopussa jakaa päästöarvot valettujen kappaleiden määrällä.

Valuntarve ilmoitetaan bruttona, jotta saadaan kiertoromun päästöosuudet laskelmiin mukaan.

Ilmoita seuraavaksi muottiin laskettavan hiekan määrä. Tämä tieto tarvitaan, jotta saadaan laskettua koveteaineiden osuudet myöhemmin.

Kappaleen valuntarve (brutto)	0	Kg	CO ₂ -ekv.
Kappaleeseen käytetty sähkö (keskim.)	0,00	KWh	0,00
Kappaleen osuus kaukolämmöstä	0,00	KWh	0,00
Muottiin tarvittava hiekka (uusi+vanha)	0	Kg	

Kuva 4

Seuraavaksi laskuri näyttää bruttokilon keskimääräisen sähkö- ja kaukolämmön kulutuksen. Ei muokattavia kohtia. (Kuva 5)

Vuosittainen kokonaissähkönkulutus per brutto kg	0,000	KWh/kg
Kaukolämmön kulutus per brutto kg	0,000	KWh/kg

Kuva 5

Kaavaus

Kaavaus -osiossa ilmoitetaan muotin kaavauksen aikana käytetyt materiaalit (Kuva 6). Yksikkömateriaaleilla yksikkönä kilo. Muuta tarvittaessa tilavuusyksiköt materiaalin tiheyden mukaan painoksi. Uuden hiekan osuus voi olla työläämpi laskea, mikäli valmista tietoa ei ole saatavilla. Tässä lyhyt ohjeistus sen laskemiseen:

1. Laske valmiin muotin kokonaistilavuus kehien sisäpuolella (pituus*leveys*korkeus).
2. Poista sulantarpeen tilavuus (Mikäli sulantarpeelle ei ole valmiiksi laskettua tilavuutta, laske se itse. Raudan tiheys = $7,86 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$).
3. Poista mahdollisuuksien mukaan myös kaavaustarvikkeiden, esim kokillien tilavuus.
4. Kerro saatu tulos hiekan tiivistymiskertoimella 1,5 – 1,7 (Riippuen kuinka tiiviiksi hiekka on muottiin sullottu).
5. Erotta lopuksi vanhan hiekan osuus. Työohjeesta tulisi löytyä uusi/vanha -hiekkasuhteet.
6. Tämä laskutapa huomioi myös sisäkeernat, mikäli sulantarve on laskettu oikein.

Takaisin taulukkoon. Seuraavaksi lisää jäähdytyskokillien paino, mikäli niitä kyseisen kappaleen valmistuksessa tarvitaan. Mikäli kokillit tehdään omavalmisteisesti, voi laskurilla laskea niille oman kertoimen.

Kaavaus		
	Paino (kg)	CO ₂ -ekv.
Uusi hiekka (kvartsihiekkä)	250	12,193
Jäähdytyskokillit	14	0,112
Hartsi	36,000	30,600
Kovete	15,120	15,483
Valukanavisto	15	
Peitoste	4,8	
Muut pienmateriaalit yht.	2	

Kuva 6 – Esimerkki (painot ja kertoimet viitteellisiä)

Kaavaus -kohdan oikealta puolelta löytyy osio, jossa ilmaistaan kokillien kiertoluku (Kuva 7), johon voit merkitä kuinka monta kertaa 1 kokilli käytetään keskimäärin uudelleen. Taulukko korjaa kokillien CO₂-ekv. -kertoimen itse, mikäli arvoa muutetaan (oletusarvona 1).

Hartsit ja kovetteet lasketaan kokonaishiekan määrästä. Merkkää soluun käytetyt määrät. Solut ovat prosenttimuodossa valmiiksi. Kun arvot on merkattu, korjaa taulukko automaattisesti "Kaavaus" -osioon hartsien ja kovetteiden painot ja kertoimet.

Kokillien kiertoluku	1
Hartsimäärä %	1,00 %
Kovetemäärä verrattuna hartsiin	42,0 %

Kuva 7 – Esimerkki (arvot viitteellisiä)

Lisää Kaavaus -kohtaan vielä valukanaviston (mikäli kanavat tehdään kertakäyttöisistä materiaaleista) ja peitosteen (muuta litrat kiloiksi peitosteen tiheyden avulla. Tiheyden löydät kemikaalikortista.) painot kiloina. Lopuksi vielä loppujen materiaalien painot yhteensä.

Uuden hiekan paino ei ynnäydy "Yhteensä muut materiaalit (kg)" -kohtaan, sillä sen kuljetus lasketaan erikseen seuraavalla välilehdellä.

Oman materiaalin lisäys

Mikäli olet selvittänyt tavarantoimittajalta tietyn raaka-aineen tai käytettävän materiaalin päästökertoimen (CO₂-ekv.), voit lisätä sen laskuriin mukaan (Kuva 8). Jos kerroin ei ole tiedossa, annetaan niille oma extrapoloitu kerroin. Mikäli lisäät omia materiaaleja, muista poistaa niiden määrät ”Muut pienmateriaalit yht.” -kohdasta.

Lisää oma materiaali	Paino (kg)	CO ₂ -ekv.	CO ₂ -ekv. Kerroin
a	0	0	0
b	0	0	0
c	0	0	0

Kuva 8 – Oman materiaalin lisäys

Esimerkiksi Kaavaus -kohdassa lisäys tapahtuu näin (Kuva 9):

1. Selvitä kerroin tavarantoimittajalta
2. Lisää materiaalin nimi, paino (yhteensä) ja CO₂-ekv. kerroin omiin sarakkeisiinsa
3. Taulukko laskee tuloksen ja lisää arvot loppulaskentaan

Esimerkiksi:

Lisää oma materiaali	Paino (kg)	CO ₂ -ekv.	CO ₂ -ekv. Kerroin
Syöttökupu AF/0371 (4kpl)	3,2	2,7968	0,874
Materiaali x	7	12,047	1,721
c	0	0	0

Kuva 9 – Esimerkki (materiaalit, painot ja kertoimet viitteellisiä)

Sulatus

Tässä osiossa ilmoitetaan sulaan käytetyt raaka-aineet ja niiden painot (Kuva 10). Mikäli samasta sulasta valetaan useampi valu, niin laske painot vastaamaan yhden muotin osuutta. Määrät voit tarkistaa sula-analysistä.

Kiertoromulla ei ole kerrointa, sillä se on laskettu mukaan jo kokonaispäästöissä. Sitä ei tarvitse välttämättä ilmoittaa.

Kaikkia lisäaineita ei ole valmiiksi lueteltu, sillä niille ei ole löytynyt soveltuvaa kerrointa. Voit lisätä kyseisessä valussa käytetyjä lisäaineita ”Lisää oma materiaali” -kohtaan, oli kerroin selvitetty tai ei. Jos kerrointa ei ole selvitetty, niin tällöin lisäaineelle annetaan extrapoloitu kerroin. Arvioi lisäaineille keskimääräinen kulutustaso.

Huom.! Harkkojen, teräsromujen ja kiertoromujen painoja ei tule ynnätä ”Loput lisäaineet (kg)” -kohtaan, sillä niiden kuljetuksista syntyvät päästöt lasketaan seuraavalla välilehdellä erikseen.

Sulatus	Tarkista määrät sula-analysistä. Laske painoihin vain yhden muotin osuus.		
	Paino (kg)	kg CO ₂ -ekv.	
Harkko	133	138,23	
Teräsromu	500	40,12	
Kiertoromu (sisäinen)	333		
Antimoni (Sb)	0	0,00	
Ferromolybdeeni (FeMo)	0	0,00	
Nikkeli (Ni)	2,4	19,84	
Kierrätysnikkeli (Ni)	0	0,00	
Tina (Sn)	0	0,00	
Piikarbidi (SiC)	5	18,94	
Ferronikkeli (FeNi)	0	0,00	
Ferrokromi (FeCr)	0	0,00	
Kupari (Cu)	11	27,74	
Lisää oma materiaali	Paino (kg)	kg CO ₂ -ekv.	CO ₂ -ekv. Kerroin
FeSiMg	14	56	0
Lisäaine x	7	28	0
Pii	6,5	26	0
Grafiitti	19,5	13,27443	0,68074
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Loput lisäaineet (kg)	7,5	30	4
Yhteensä (Lisäaineet + oma materiaali)(kg)	72,90	398,14	

Kuva 10 – Esimerkki (materiaalit, painot ja kertoimet viitteellisiä)

Muut

Muut -osiossa voit ilmoittaa esim. jälkikäsittelyssä, maalauksessa, korjauksissa, laadunvarmistuksessa ja lähetyksessä (pakkaus) käytetyt materiaalit. Tällaiset materiaalit ovat hyvin valimokohtaisia, joten valmiita materiaaleja taulukossa ei ole epoksimaalia lukuunottamatta mainittu. "Lisää oma materiaali" -kohtaan voit luetella muut käytetyt materiaalit. (Kuva 11).

Näille materiaaleille ei anneta valmiiksi kerrointa, se tulee selvittää itse. Mikäli kerrointa ei kuitenkaan löydy, tulisi ainakin painavimmat materiaalit ilmoittaa, jotta niiden kuljetusten osuus saadaan laskettua.

Huomioi, että mahdollinen lämpökäsittely ja paineilma on laskettu jo kappaleeseen mukaan keskimääräisessä sähkönkulutuksessa.

Muut			
	Paino (kg)	kg CO ₂ -ekv.	
Epoksimaali	1,3	8,89	
Lisää oma materiaali	Paino (kg)	kg CO ₂ -ekv.	CO ₂ -ekv. Kerroin
	0	0	0
		0	
		0	
		0	
		0	
		0	
		0	
Yhteensä (kg)	1,3	8,89	

Kuva 11 – Esimerkki (määrät viitteellisiä)

Jätevirrat

Ilmoita tarkasteluvuoden jätemäärät tonneina (Kuva 12). Koska jokaisella jätelajilla on oma kertoimensa, antaa laskuri tarkemman tuloksen kun jätteet lajitellaan oikein. Lisää oma jätelaji mikäli valimolla syntyy muita jätelajeja mitä laskurissa on mainittu. Tällöin tulee kerroin selvittää itse.

Huom.! Ongelmajäte = vaarallinen jäte.

Vuosittaiset jätevirrat	Vuosittainen määrä (t)	Päästö CO ₂ -ekv.	
Biojäte	2,6	179,4	
Energiajäte	10	4100	
Kartonki ja pahvi	2	120	
Lasi	0,8	456	
Metalli	540	70200	
Muovi	5	350	
Paperi	1	1050	
Sekajäte	15	6150	
Vaarallinen jäte (ent. ongelmajäte)	18	25380	
Puujäte	20	2850	
Jätevesi	218	108,78	
Lisää oma jätelaji	Vuosittainen määrä (t)	CO ₂ -ekv.	CO ₂ -ekv. Kerroin
	0	0	0
	0	0	0
Vuosittainen kokonaismäärä (t)	832,4	110944,18	Kappaleen osuus
			30,31

Kuva 12 – Esimerkki (määrät viitteellisiä)

Tämän jälkeen ilmoita hiekkajätteiden vuosittaiset määrät ja kuljetusmatkat hyötykäyttöön/kaatopaikalle (Kuva 13). Mikäli joku kyseisistä jätelajeista on luokiteltu vaaralliseksi jätteeksi, ilmoita se edelliseen "Vuosittaiset jätevirrat" -taulukko. Tällöin kuljetusmatkoja ei tarvitse ilmoittaa, sillä jätelajeihin on jo laskettu keskimääräisen kuljetusmatkan päästöosuus.

Saadut päästöarvot kirjautuvat automaattisesti "Vuosittaiset jätevirrat" -kohdan loppulaskelmaan.

Hiekkajätteet ja niiden kuljetukset	Vuosittainen määrä (t)	CO ₂ -ekv.	Kuljetusmatka (yhteen suuntaan, km)	Kappaleen osuus
Jätehiekkä	4000	18768	68	5,128
Uunin kuonat ym. massajätteet	37	43,401	17	0,012
Erotinpöly	380	445,74	17	0,122

Kuva 13 – Esimerkki (määrät ja kuljetusmatkat viitteellisiä)

Polttoaineet

Ilmoita tehtaan tarkasteluvuonna käyttämät polttoainemäärät. Tällä ei tarkoiteta suoraa polttoa, vaan työkoneiden, kuten trukkien käyttämät polttoaineet. Tähän kuuluvat myös yrityksen omistamat/hallinnoimat henkilöajoneuvot (Kuva 14).

Voit lisätä oman polttoaineen. Mikäli kerroin ei ole tiedossa, annetaan sille extrapoloitu kerroin. Huomioi kertoimien yksiköt!

Polttoaineet	Vuosittainen määrä (litraa)	kg CO ₂ -ekv.	
Fossiilinen polttoöljy	24500	92197,68	
Fossiilinen bensiini	0	0,00	
Lisää oma polttoaine	Vuosittainen määrä (litraa)	kg CO ₂ -ekv.	CO ₂ -ekv. Kerroin
	0	0	0
	0	0	0
	0	0	0
Yhteensä	24500	92197,68	
	Kappaleen osuus	25,19	

Kuva 14 – Esimerkki (määrät viitteellisiä)

Kappaleen kuljetus

Ilmoita kappaleen kuljetusmatka asiakkaalle asti (Kuva 15). Mikäli kappale käy jälkikäsittelyssä (esim. koneistus, maalaus, lämpökäsittely) matkan aikana, summaa myös kyseinen kuljetusmatka laskelmiin mukaan. Kuljetusmuoto valitaan vetolaatikosta (Kuva 16). Laatikon avausnuoli ilmestyy kun klikkaat kyseistä solua.

Kappaleen kuljetus	Maateitse	Meriteitse
Kuljetusmatka (km, yksisuuntainen)	960	0
Valitse kuljetusmuoto (vetolaatikko)	Täysperävaunun yhdistelmä, 40t	Ei kuljetusta
Päästö kg CO ₂ -ekv.	41,184	0
Kerroin	0,0429	0

Kuva 15 – Esimerkki (kuljetusmatkat viitteellisiä)

Kappaleen kuljetus	Maateitse	Meriteitse
Kuljetusmatka (km, yksisuuntainen)	960	0
Valitse kuljetusmuoto (vetolaatikko)	Täysperävaunun yhdistelmä, 40t	Ei kuljetusta
Päästö kg CO ₂ -ekv.	Ei kuljetusta/sähköjuna Sekatavarajuna, diesel Konttijuna, diesel	0
Kerroin	Täysperävaunun yhdistelmä, 40t Puoliperävaunun yhdistelmä, 25t Maansiirta-auto, 19t	0

Kuva 16 – Vetolaatikon toiminta

Kertoimet ja omien kertoimien lisääminen

Viimeisenä tällä välilehdellä löytyvät kertoimien likiarvot ja lähdeviittaukset. Kertoimia voi muokata asettamalla kyseiselle kappaleelle oman kertoimen vihreään soluun (Kuva 17). Tällöin taulukko korjaa arvon muualla taulukossa vastaamaan ”Oma kerroin” -kohtaan asetettua arvoa. Oman kertoimen voi poistaa laittamalla kertoimeksi 0. Tällöin taulukko lukee alkuperäisen kertoimen.

Jätteet	kg CO ₂ -ekv./kg	Oma kerroin
Biojäte	0,069	0
Energiajäte	0,41	0
Kartonki ja pahvi	0,06	0
Lasi	0,57	0
Metalli	0,13	0
Muovi	0,07	0
Paperi	1,05	0
Sekajäte	0,41	0

Kuva 17 – Kerrointaulukko

Kuljetusmatkat

Kuljetusmatkat ovat seuraavalla välilehdellä. Matkat on jaettu 4 ryhmään, hiekka, harkko, teräsromu ja muut kuljetukset.

Aloita ilmoittamalla koko tarkasteluvuoden käyttömäärä tonneina. Seuraavaksi valitse ilmoitetuista kuljetusmuodoista ne, joita materiaalin kuljetukseen valimolle on käytetty (Kuva 18). Eri kuljetusmuotojen yhteinen tonnimäärä voi ylittää valimon vuosittaisen käyttömäärän mikäli osa kuljetusmatkasta on suoritettu eri kuljetusvälineillä. Vuosittaisien tonnimäärien tulee kuitenkin olla vähintään saman verran kuin on ”Tarkasteluvuoden käyttömäärä yhteensä (t)” -solussa ilmoitettu.

Ilmoita seuraavaksi keskimääräinen kuljetusmatka. Laskuri laskee syntyneet päästömäärät tonnikilometreittäin, joten pyri antamaan realistinen arvio.

Muut kuljetukset -kohdassa kannattaa valita lyhyempi tarkastelujakso, jonka määrät sitten kerrotaan vastaamaan vuositaso (esim. 2kk tarkastelujakso, kerrotaan määrät kuudella = 12kk). Kuljetustiedot saat kuljetusyhtiöltäsi. Mikäli valimolla ei ole käytössään pääasiallista kuljetusyrittästä, pyri arvioimaan kuljetusmäärät itse.

Mikäli et saa tuloksia "kappaleen osuus päästöistä" -kohtaan, tarkista että edellisen sivun kaikissa punaisella värillä kehystetyissä soluissa on arvo.

HIEKKA		Kappaleen osuus päästöistä	
Tarkasteluvuoden käyttömäärä yhteensä (t)	2000	22,68	
Kuljetus valimolle (maateitse)	Vuosittainen tonnimäärä (t)	keskim. Km	kg CO ₂ -ekv.
Täysperävaunun yhdistelmä 40t	2000	410	31980,0
Puoliperävaunun yhdistelmä 25t	0	0	0,0
Sekatavarajuna, diesel	0	0	0,0
Konttijuna, diesel	0	0	0,0
Maansiirtoauto, 19t	0	0	0,0
Muu kuljetusmuoto 1	0	0	0,0
Muu kuljetusmuoto 2	0	0	0,0
Kuljetus Suomeen (meriteitse)	Vuosittainen tonnimäärä	keskim. Km	
Irtolastialus (bulk)	2000	3580	93080,0
Konttialus, 1000 TEU*	0	0	0,0
Konttialus, 2000 TEU	0	0	0,0
Ro-ro-alus	0	0	0,0
Muu kuljetusmuoto 3	0	0	0,0
		Yhteensä	125060,0

Kuva 18 – Esimerkki (Määrät ja matkat viitteellisiä)

Tulokset

Tulokset ja kaaviot -välilehdellä päästään lopputuloksiin. Tulokset esitetään kokonaispäästöinä ja per kilo. Sivulta löydät myös valmiita kaavioita päästöjen jakautumisesta. Voit halutessasi luoda myös omia kaavioita osakokonaisuus -taulukosta.

Lähteet -välilehdeltä löytyvät laskurissa käytettyjen hiilidioksidiekvivalentti kertoimien alkuperäiset lähteet.

Viimeisellä välilehdellä löytyy laskurin versio -ja muokkaushistoria.

UKK

Mistä voin selvittää materiaalin x kertoimen?

Helpoin tapa selvittää kunkin materiaalin kerroin, on kysyä sitä suoraan tavarantoimittajalta. Mikäli kerrointa ei ole jo valmiiksi selvitetty, varaudu odottamaan. Kertoimen selvittämisessä voi pahimmassa tapauksessa mennä useampi kuukausi.

Toinen, huomattavasti vaikeampi tapa, on selvittää kerroin itse, käyttäen lähteinä kirjallisuutta ja internet-artikkeleja- ja tietokantoja.

Mikä on extrapoloitu kerroin ja miksi sellaista käytetään?

Mikäli laskuriin ilmoittaisi jonkun materiaalin ilman kerrointa, antaisi laskuri tällöin todellisuutta alhaisemman tuloksen. Extrapoloinnilla varmistetaan etteivät tulokset osuisi alakanttiin, ja tällöin loisi vääristyneen kuvan yrityksen päästöistä. Extrapoloitu kerroin on suurempi kuin aito kerroin. Tällä myös kannustetaan yrityksiä selvittämään tavarantoimittajiltaan hiilidioksidiekvivalenttikertoimia.

Voinko muokata laskuria?

Voit. Asiakirja on suojattu salasanalla vain siitä syystä, ettei tahattomia muokkauksia pääsisi syntymään.

Salauksen avaaminen suomenkielisellä excelillä:

Valitse hiiren osoittimella vasemmasta yläkulmasta Tiedosto -> Tiedot -> sieltä Suojaa työkirja -kohdasta poista taulukon suojaus ja syötä salasana. Salasanan löydät laskurin Info/etusivulta.

Salauksen avaaminen englanninkielisellä excelillä:

Valitse hiiren osoittimella vasemmasta yläkulmasta File -> Info -> sieltä Protect Workbook -kohdasta paina "Unprotect" sen välilehden kohdalta minkä haluat avata. Tämän jälkeen ohjelma kysyy salasanaa. Salasanan löydät laskurin Info/etusivulta.