



# HNRY

HIILINEUTRAALIT JA  
RESURSSIVIISAAT YRITYSALUEET

# TYÖMAAN HIILIJALANJÄLJEN LASKENTA

Konseptin pilotointi Espoon Lukutorin työmaalla

Laura Sokka

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

05/2021

**6Aika**

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



17.5.2021

## Sisällysluettelo

Johdanto.....	2
Lukutorin työmaa pilottikohteena.....	3
Päästölaskenta - menetelmät ja aineisto.....	3
Tulokset.....	7
Johtopäätökset .....	8
Kiitokset .....	9
Lähteet.....	9

17.5.2021

## Johdanto

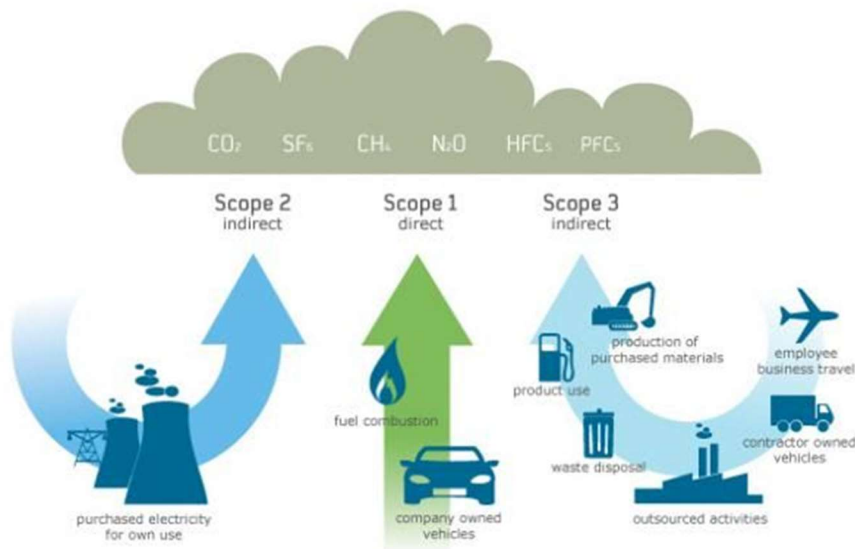
Hiilijalanjäljellä (*carbon footprint*) kuvataan jonkin tuotteen, toiminnan tai palvelun aiheuttamaa ilmastokuormaa. Hiilijalanjälki kertoo, kuinka paljon kasvihuonekaasuja tuotteen tai toiminnan elinkaaren aikana syntyy. Kun nettokasvihuonekaasupäästöjä vähennetään, toiminnan hiilijalanjälki pienenee. Hiilineutraali toiminta / yhteiskunta tuottaa ilmakehään vain sen verran hiilipäästöjä kuin se pystyy sitomaan niitä ilmakehästä eli sen nettohiilijalanjälki on nolla. Jotta tietty toiminta voidaan todeta hiilineutraaliksi, on tarkasteltava sen koko elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä.

Päästölaskenta voidaan tehdä tuotanto(/alue)- tai kulutusperusteisesti. Tuotantoperusteisella laskennalla tarkoitetaan tietyllä alueella tapahtuvien päästöjen huomioimista (käytetään tyypillisesti esim. valtioiden päästölaskennassa). Kulutusperusteisessa laskennassa taas huomioidaan esimerkiksi tietyn yhteisön tuottamien ja kuluttamien tuotteiden / palveluiden valmistamisesta, kuljetuksesta ja hävityksestä aiheutuvat päästöt tietyn ajanjakson kuluessa. Yritysalueen päästöjen laskennassa kulutusperäinen laskentatapa on mielekkäämpi ja se on myös yleisesti käytetty.

Yritysten / yritysalueiden päästölaskentaan on olemassa useita ohjeistuksia. Yksi tunnetuimmista ja yleisemmin käytetyistä on Greenhouse Gas Protocol (WBSCD & WRI 2004). Laskennassa päästöt jaetaan kolmeen "tasoon" (*scope*) (Kuva 1):

- Taso 1: Suorat kasvihuonekaasupäästöt, jotka syntyvät yrityksen toiminnan seurauksena paikan päällä eli fyysisesti toimipisteissä.
- Taso 2: Ostoenergian päästöt: epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt, jotka syntyvät yrityksen ostaman sähkön, lämmön ja jäähdytyksen tuotannosta.
- Taso 3: Epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt, jotka syntyvät yrityksen toiminnoista, eli yrityksen tuotantoprosesseissaan tarvitsemien materiaalien ja muiden raaka-aineiden valmistuksesta, sekä yrityksen tuottamien tuotteiden käytöstä ja loppusijoituksesta aiheutuvat päästöt.

17.5.2021



**Kuva 1 Greenhouse Gas Protocol:n mukainen päästölaskenta (kuvan lähde: <https://sustainableprocurementplatform.eu/climate-action/>)**

## Lukutorin työmaa pilottikohteena

Tässä työssä päästöttömän työmaan pilottikohteena toimi Espoon kaupungin Lukutori Suurpellon asuinalueella. Rakennustyössä Lukutorista tehtiin viihtyisiä aukio istutuksineen sekä oleskelualueineen. Työmaan päästöttömyyttä toteutettiin käyttämällä päästöttömiä / vähäpäästöisillä polttoaineita työkoneissa, tehostamaan kuljetuksia huolellisella suunnittelulla, sekä huomioimalla vähäpäästöisyys myös materiaalihankinnoissa esimerkiksi hankkimalla kivet kotimaasta. Lukutorille asennettiin laajat kiveysalueet noppa- ja nupukivistä. Lisäksi kiviä käytettiin suorakaiteen muotoisia punertavia ja punaruskeita graniittikiviä. Torille istutettiin myös noin kymmenen puuta, noin 400 lehti- ja havupensasta esimerkiksi japanimarjakuusta sekä noin 500 kappaletta peronnoja ja satoja kukkasipuleita. Lisäksi alueelle asennettiin valaisimia, penkkejä ja istuimia, pyörätelineitä sekä roska-astioita.

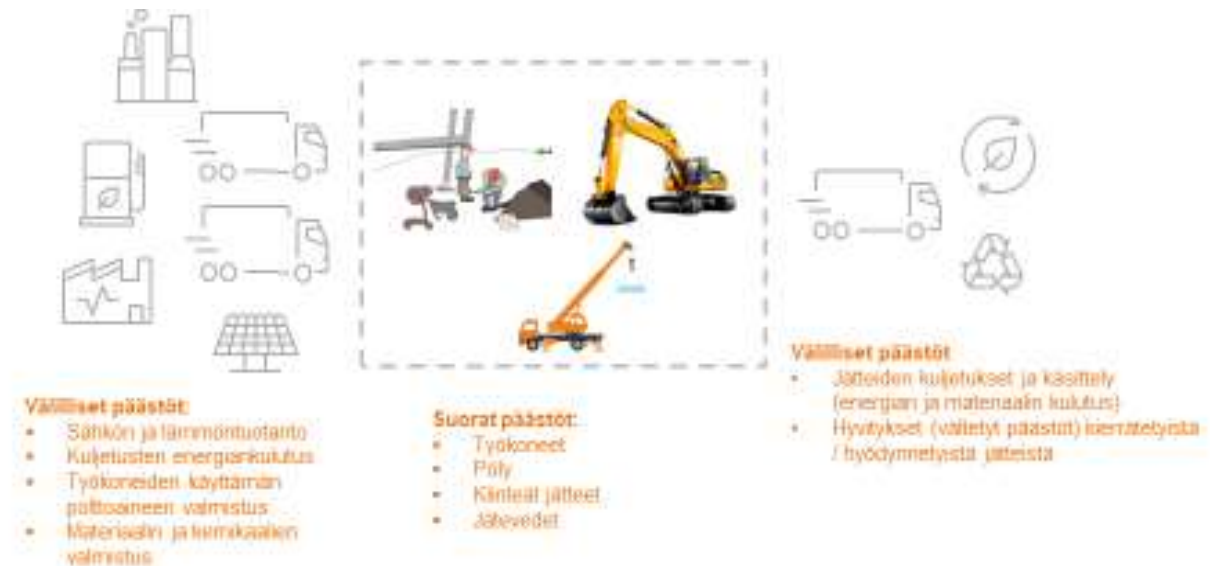
## Päästölaskenta - menetelmät ja aineisto

Laskenta toteutettiin käyttäen edellä kuvattua hiilijalanjälkilaskentaa. Laskennassa käytettiin kulutusperäistä laskentatapaa. Kuva 2 esittää päästöttömän työmaan potentiaalisia suoria ja epäsuoria päästölähteitä. Laskennassa huomioitiin seuraavat asiat:

17.5.2021

- Työkoneiden polttoaineiden kulutus ja polttoaineiden valmistus
- Kuljetusten päästöt, ml. polttoaineiden valmistus
- Sähköisten työkoneiden akut sekä tarvittavan sähköntuotanto
- Muualla työmaalla kulutetun sähköntuotanto
- Työmaalla käytetyt materiaalit, muun muassa:
  - Kuivabetoni
  - Kasvualusta
  - Kivet
  - Murske
  - Noppakivet (uusiokäytettyjä)

Laskennassa vertailtiin kahta eri skenaariota: Lukutorin todellista tilannetta sekä kuviteltua referenssiskenaariota, jossa ei oltu tehty kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tähtäviä ratkaisuja. Referenssiskenaariossa kaikkien työkoneiden oletettiin käyvän fossiilisella dieselillä (sähköisten työkoneiden kulutusta vastaava fossiilisen dieselin kulutus laskettiin vastaavan koneen tehon ja käyttötuntien perusteella), käytetyn sähkön oletettiin vastaavan keskimääräistä suomalaista verkkosähköä ja kivimateriaalit tuotetun Kiinassa.



Kuva 2. Työmaan potentiaaliset suorat ja epäsuorat päästölähteet.

17.5.2021

Laskennassa ei huomioitu seuraavia prosesseja:

- Betonin karbonatisoituminen (hiilen sitoutuminen kuivuessa), koska prosessin suuruutta ei tunneta laskennallisesti tarkasti ja lisäksi sen vaikutus riippuu siitä, kuinka suuri osa materiaalista on suoraan kosketuksissa ilmaan<sup>1</sup>.
- Materiaalien mahdollinen uusiokäyttö.
- Jätteiden käsittely ja hyödynnys jätettiin pois laskennasta, koska niiden merkitys tässä tapauksessa arvioitiin kasvihuonekaasupäästöjen kannalta pieneksi.

---

<sup>1</sup> Lisätietoa aiheesta esim. Possan ym. 2017.

17.5.2021

Taulukko 1 Laskennassa käytetyt tietolähteet

Materiaali / polttoaine / sähkö	Lukutori	Referenssi
Kivi ja noppakivi	Kivi ry. 2020	Kivi ry. 2020
Sora ja hiekka	Vares 2019	Vares 2019
Kuivabetoni	ecoinvent-tietokanta 2020	ecoinvent-tietokanta 2020
Kasvualusta	ecoinvent-tietokanta 2020; Bartocci et al. 2016, Chemical Engineering Transactions.	ecoinvent-tietokanta 2020; Bartocci et al. 2016.
Kalusteet ja puutavara	ecoinvent-tietokanta 2020	ecoinvent-tietokanta 2020
Biodiesel	Prussi ym. 2020, NexBTL: valmistusta koskevat tiedot.	-
Sähköisiä työkoneita korvaavat työkonet	-	Dieselin kulutus ja käytön päästöt Lipasto-tietokanta, dieselin valmistus Prussi ym. 2020, keskimääräinen eurooppalainen tuotanto
Litium-akku	VTT:llä aiempaa projektia varten tehty kirjallisuuskatsaus, LFP-teknologia	-
Lyijyakku	Valmistuksen materiaali- ja sähkönkulutus Wang ym. 2018, raaka-aineiden valmistus ja sähköntuotanto ecoinvent-tietokanta. Akun käyttöikä sekä elinkaarenaikainen latauskapasiteetti tutkimustiimin päällikkö Marko Paakkinen, VTT, suullinen tiedonanto.	-
Sähköntuotanto	Tuotantoprofiili Fortum Oy <sup>2</sup> , sähköntuotannon päästöt ecoinvent-tietokanta 2020	Suomen keskimääräinen sähkö: Motiva Oy 2020.

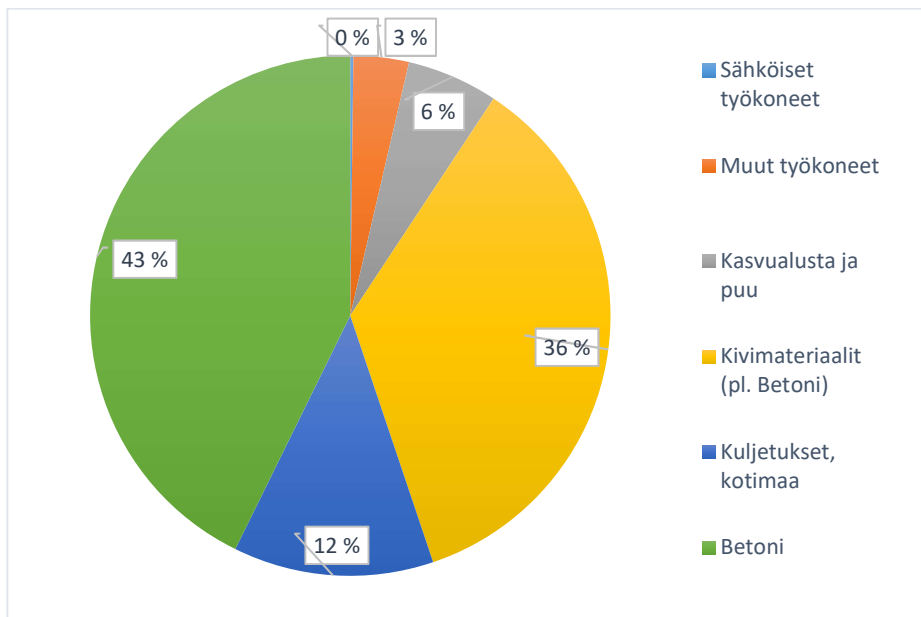
<sup>2</sup> <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme?vtab=accordion-item-14191>

17.5.2021

Kuljetukset	Käytön päästöt Lipasto-tietokanta (kuljetusajoneuvojen koko, ikä ja täyttöaste arvioitu mahdollisuuksien mukaan kerätyn tiedon pohjalta, muuten keskimääräinen), dieselin tuotanto ecoinvent-tietokanta	Käytön päästöt: Lipasto-tietokanta (kuljetusajoneuvojen koko, ikä ja täyttöaste arvioitu mahdollisuuksien mukaan kerätyn tiedon pohjalta, muuten keskimääräinen), dieselin tuotanto: ecoinvent-tietokanta 2020; kivien lähtöpiste Kiinassa: Toiminnanjohtaja Sini Laine, Kivi ry., suullinen tiedonanto.
-------------	---	--

## Tulokset

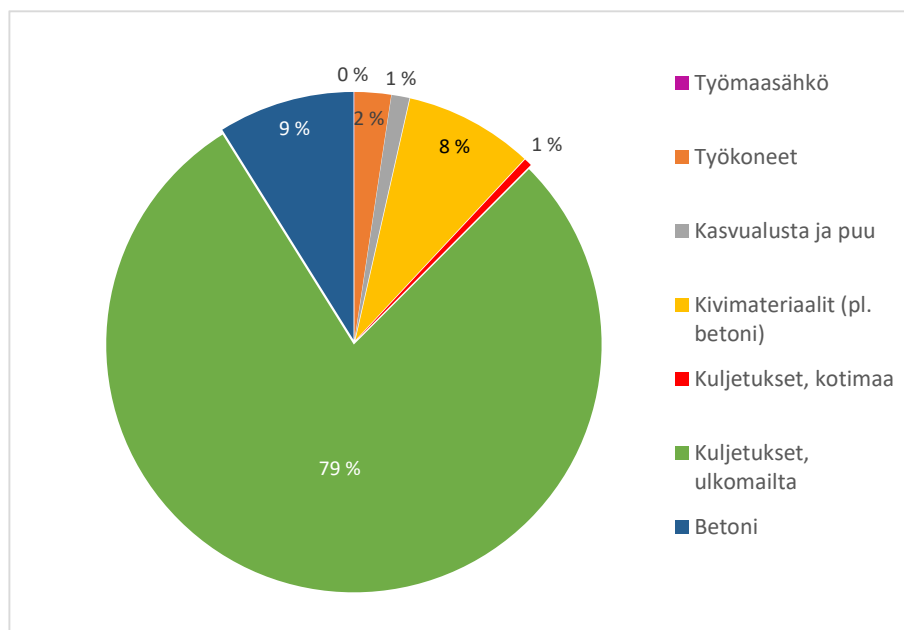
Suurin osa Lukutorin työmaan päästöistä aiheutui betonin ja muiden kivimateriaalien tuotannosta, jotka vastasivat noin 80 prosentista päästöistä (Kuva 3). Referenssiskenaariossa suurin osa päästöistä aiheutui kivimateriaalien kuljetuksista ulkomailta, jotka yksinään aiheuttivat noin 284 000 tonnia, eli noin 79 prosenttia päästöistä (**Error! Reference source not found.** ja Kuva 4). Isoimmat päästösäästöt saatiin siis käyttämällä kotimaisia kiviä Kiinassa tuotettujen kivien sijaan. Suhteellisen suuret päästövähennykset aiheutuivat myös perinteisten työkonien vaihdosta sähköisiin työkonisiin. Lisäksi kivimateriaalien tuotannon päästöt olivat hiukan pienemmät Lukutorilla kuin referenssiskenaariossa, koska Lukutorilla käytetyt noppakivet olivat kierrätettyjä.



Kuva 3. Kasvihuonekaasupäästöt päästölähteittäin Lukutorilla.



17.5.2021



Kuva 4. Kasvihuonekaasupäästöt päästölähteittäin referenssiskenaariossa.

## Johtopäätökset

Kuten tulokset osoittavat, Lukutorilla tehdyillä hiilijalanjäljen pienentämiseen tähtäävillä ratkaisulla saavutettiin selkeitä vähennyksiä työmaan kokonaiskasvihuonekaasupäästöissä. Erityisen merkittäväksi osoittautui kivien hankkiminen läheltä kiinalaisten kivien käyttämisen sijaan. Myös sähköisten työkoneiden käyttäminen sekä uusiokivien hyödynnyks alensivat päästöjä tuhansilla kiloilla. Tulokset kuvaavat myös materiaalien huomattavaa osuutta kokonaispäästöistä sekä niiden suurta roolia alhaisen hiilijalanjäljen tavoittelussa. Vaikka työkoneiden päästöt eivät kokonaisuudesta muodostaneet kovin suurta osuutta, havainnollistavat tulokset kuitenkin sitä, että fossiilisista polttoaineista luopumisella voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä. Erityisesti sähköisten työkoneiden rooli tässä on merkittävä.

Päästöistä iso osa muodostui niin sanotuista välillisistä päästöistä. Tarkastelemalla pelkästään työmaa-aitojen sisäpuolella syntyviä, suoria päästöjä, saadaan hyvin suppea kuva kokonaisvaikutuksista. Siksi myös välillisten eli epäsuorien päästöjen huomiointi on tärkeää.

Työssä ei huomioitu jätteiden hyödyntämisestä mahdollisesti saatavia päästösäästöjä, eikä torille istutettujen puiden ja muiden kasvien vaikutusta kokonaispäästöihin. Voidaan kuitenkin ajatella, että näiden molempien vaikutus olisi ollut yhtä suuri kummassakin skenaarioissa, eikä niillä siksi ollut vaikutusta skenaarioiden väliseen erotukseen. Lisäksi työssä tarkasteltiin vain kasvihuonekaasupäästöjä, eli huomioitiin vain järjestelmän aiheuttama ilmastonmuutosvaikutus. Jotta ympäristövaikutuksista saataisiin kokonaisvaltaisempi ymmärrys, pitäisi tarkastella myös muita

17.5.2021

ympäristövaikutuksia. Lisäksi kestävyysvaikutusten kannalta myös sosiaalisten vaikutusten arviointi olisi tärkeää.

## Kiitokset

Suuret kiitokset Espoon kaupungin Iina Kalliolle ja Pekka Pakkalalle avusta työn suunnittelussa sekä tulosten kommentoinnista. Kiitos myös VRJ Rakennus Oy:lle, Ramirent Oy:lle sekä Vediafi Oy:lle avusta tiedonkeruussa.

## Lähteet

- Bartocci, P., Bidini, G., Saputo, P., & Fantozzi, F. (2016). Biochar pellet carbon footprint. *Chemical Engineering Transactions*, 50, 217-222.
- ecoinvent-tietokanta 2020, versio 3.7.1. [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)
- Kivi ry. 2020. Kotimaisen luonnonkiven hiilijalanjälki, noppa- ja nupukivi, tarvekivi. Saatavilla: <https://kivi.info/vastuullisuus/luonnonkiven-hiilijalanjalki/>
- Lipasto tietokanta 2017. Yksikköpäästökertoimet. Saatavilla: <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/index.htm>
- Motiva Oy. 2020. CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto\\_suomessa/co2-paastokertoimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-paastokertoimet)
- Possan, E., William A. Thomaz, Gustavo A. Aleandri, Emerson F. Felix, Ana C.P. dos Santos 2017. CO<sub>2</sub> uptake potential due to concrete carbonation: A case study. *Case Studies in Construction Materials* 6, 147-161,
- Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M. and Edwards, R. 2020. JEC Well-To-Wheels report v5, EUR 30284 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-20109-0, doi:10.2760/100379, JRC121213.
- Vares, S. 2019. Kaupunki- ja tieinfra panoksien CO<sub>2</sub>e. Taustaraportti. Asiakasraportti, VTT-CR-00250-19.
- Wang, Q., Liu, W., Yuan, X., Tang, H., Tang, Y., Wang, M., ... & Sun, J. 2018. Environmental impact analysis and process optimization of batteries based on life cycle assessment. *Journal of cleaner production*, 174, 1262-1273.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) & WRI (World Resource Institute) 2004. The greenhouse gas protocol. *A corporate accounting and reporting standard, Rev. ed.* Washington, DC, Conches-Geneva. <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>