

Teollisen tuotannon sivuvirtojen potentiaali kiertotaloudessa

Loppuraportti
Gaia Consulting

31.3.2020

Hankkeen tausta ja tavoitteet

Teollisen tuotannon sivuvirtojen* potentiaali Suomen kiertotaloudessa

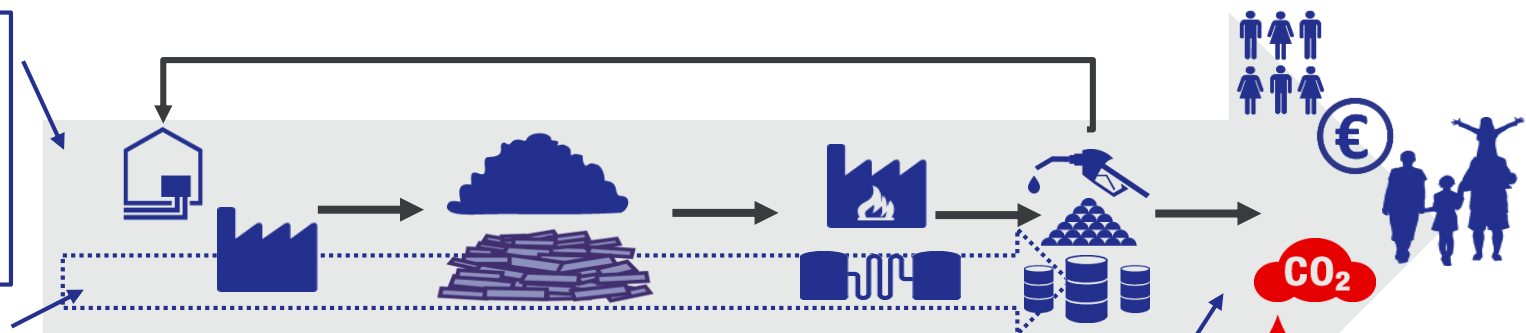


Suomessa kiertotalouskeskustelu keskittyy yhdyskuntajätteisiin, vaikka teollisen tuotannon sivuvirtojen ja jätteiden paremmassa hyödyntämisessä olisi merkittävästi potentiaalia edistää kiertotaloutta ja ilmastotavoitteiden saavuttamista

- Em. havaintoon perustuen **Ympäristöteollisuus ja –palvelut YTP ry** teetti **Gaia Consulting Oy**:llä hankkeen, jossa tarkasteltiin mahdollisuuksia teollisen tuotannon sivuvirtojen parempaan hyödyntämiseen sekä tunnistettiin paremmasta hyödyntämisestä aiheutuvia myönteisiä ilmastovaikutuksia
- Hanke toteutettiin 12/2019-3/2020. Hankkeessa tehty analyysi pohjautui julkisiin lähteisiin, tilastoihin, asiantuntijahaastatteluihin sekä ohjausryhmän kanssa toteutettuun työpajaan.
- Hanke tehtiin yhteistyössä ohjausryhmän kanssa, johon kuului **YTP ry**, **Fortum Waste Solutions Oy**, **Lassila & Tikanoja Oy**, **Kreate Oy** ja **Ekobio Oy**

Hankkeen vaiheet:

1. vaiheessa muodostettiin kokonaiskuva teollisen tuotannon jätteiden määristä ja hyödyntämispotentiaalista yleisellä tasolla



2. vaiheessa mielenkiintoisimmista tunnistetuista sivuvirroista valittiin kolme tarkempaan tarkasteluun, jossa tuotiin konkreettisia hyödyntämismenetelmiä ja ilmastohyötyjä esiin

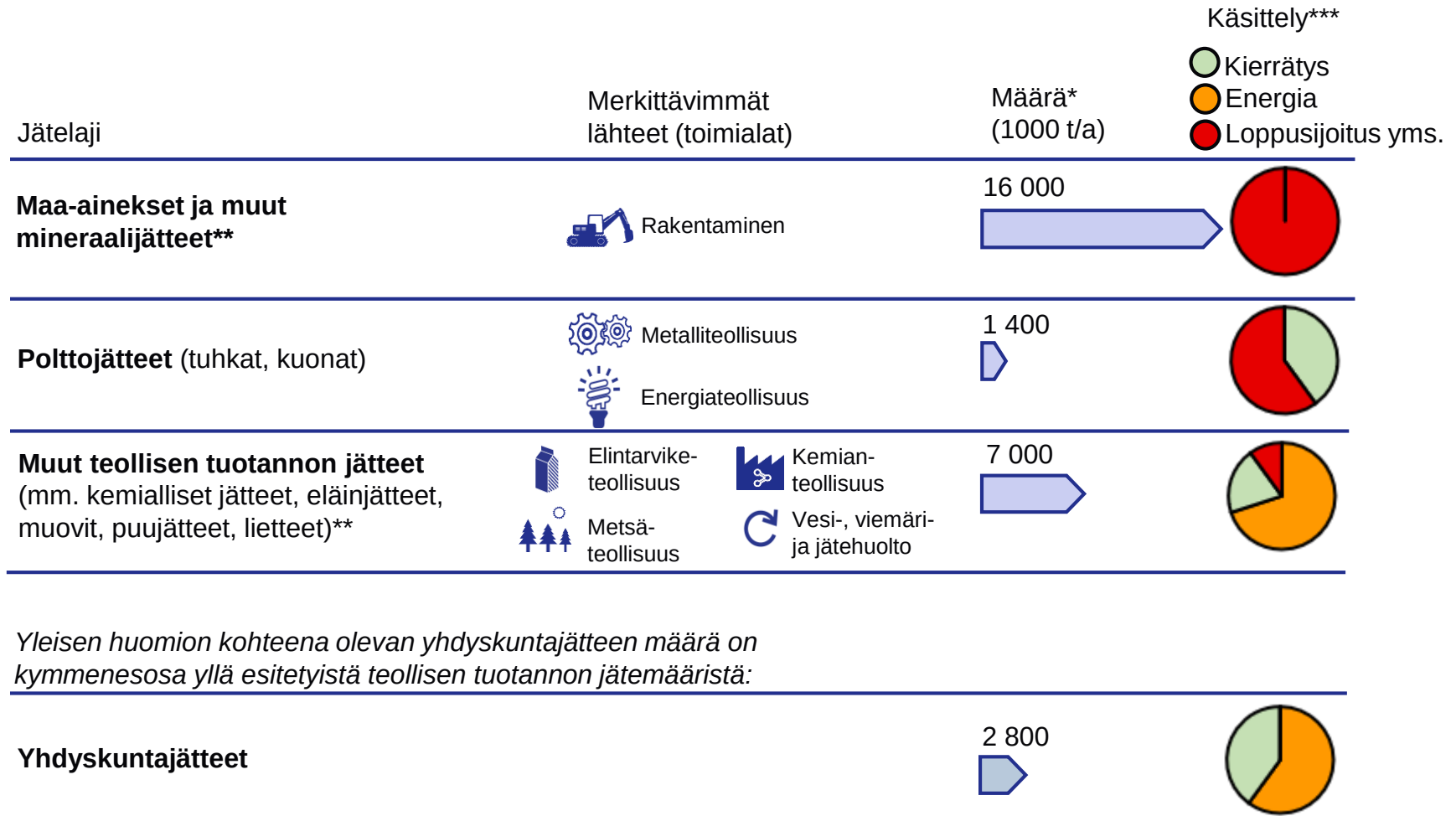
Mm. seuraavia kriteerejä käytettiin tarkasteltavien sivuvirtojen valintaan:

- *Merkittävä volyymi*
- *Mahdollisuus hyödyntää aiempaa paremmin*
- *Potentiaali uuteen liiketoimintaan*

3. vaiheessa muodostettiin johtopäätökset ohjauskeinojen ja sääntelyn kehittämiseksi, jotta teollisen tuotannon sivuvirtojen aiempaa parempaa hyötykäyttöä ja tämän tuomia ilmastohyötyjä saataisiin konkretisoitua

*Sivuvirralla tarkoitetaan tässä sekä jätteitä että sivutuotteita, joita ei lasketa jätteiksi

Teollisen tuotannon jätteiden iso kuva



Yleisen huomion kohteena olevan yhdyskuntajätteen määrä on kymmenesosa yllä esitetyistä teollisen tuotannon jätemääristä:

Lähde: Tilastokeskus 2017. Tiedot koskevat vain jätteitä, eivätkä sisällä sivutuotteita.

Copyright: Gaia Consulting Oy

*Ei sisällä kaivannaisjätteitä

**Ei sisällä seur. jättejakeita, jotka eivät ole tämän tarkastelun kannalta olennaisia: metalli, lasi, paperi- ja pahvi sekä SER, akut ja ajoneuvot

***Käsittelytiedot ovat suuntaa-antavia

Kiertotalouden ilmastohyödyt moninkertaistuvat, jos teollisuuden jäte- ja sivuvirrat otetaan tehokkaaseen käyttöön

- Teollisen tuotannon jätteistä ja sivutuotteista on löydettävissä suuria virtoja, joita voidaan hyödyntää ilmaston kannalta entistä paremmin
- Esim. betonin valmistamisen ja maanrakentamisen hiilijalanjäljet voivat pienentyä jopa 90% hyödyntämällä sivuvirtoja
- Esim. 18 000 henkilöauton vuosittaisiin päästöihin verrattavissa oleva säästö voidaan saavuttaa hyödyntämällä tuhkaa aiempaa enemmän metsälannoituksessa

YTP:n näkemykset hyödyntämisen edistämiseksi:

- Hallinnon ja toimijoiden yhteistyötä tulisi kehittää siten, että syntyvät materiaalit saadaan oikeaan hyödyntämiseen oikea-aikaisesti - mahdollisuutena esim. nopeat ja kevyet lupamenettelyt.
- Sivuvirtojen hyödyntämisen markkinoihin vaikuttaminen ohjauskeinoin
 - Esim. loppusijoitusta koskevien verojen ottaminen käyttöön, esimerkkinä maankaatopaikkojen kiinteistövero, joka edistäisi maa-ainesten ohjautumista läjittämisestä hyötykäyttöön
 - Esim. velvoitteet selvittää mahdollisuudet kierrätysmateriaalien käyttöön julkisissa hankinnoissa (etenkin infrahankkeissa)
- Kierrätysmateriaaleja käyttävien alojen normeissa tulisi huomioida kierrätysmateriaalit paremmin

Sivuvirtakohtaiset tarkemmat tarkastelut

Kolmen valitun sivuvirran paremman hyödyntämisen mahdollisuudet vähentää kasvihuonekaasupäästöjä

Ilmastohyötyjä masuunikuonan ja muiden terästeollisuuden kuonien paremmasta hyödyntämisestä



Suomen metalliteollisuudessa syntyy kuonia miljoonia tonneja vuodessa. Hyödyntämällä niitä aiempaa paremmin voidaan saavuttaa merkittäviä ilmastohyötyjä.

- Hyvä esimerkki kuonien laajasta hyödyntämisestä kiertotaloudessa on masuunikuona, jota syntyy Suomessa erään merkittävän terästeollisuuden yrityksen toiminnassa sivutuotteena¹ 0,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Nykyään ko. materiaalista puolet menee hyödynnettäväksi betonteollisuuteen² ja loput tienrakentamiseen ja maatalouden lannoitekäyttöön. Hyödyntämiskohteissaan masuunikuona korvaa sementin, neitseellisen kiviaineksen ja kalkin käyttöä.
- Neitseellisten raaka-aineiden korvaaminen tuo merkittäviä ilmastohyötyjä, koska tällöin tarvitaan vähemmän neitseelliseen tuotantoon liittyviä energiaintensiivisiä ja siten kasvihuonekaasupäästöjä tuottavia prosesseja. Esimerkkejä näistä ovat louhiminen, prosessointi ja kuljetukset.
- Käyttämällä betonin valmistuksessa (sekä betonipohjaisissa keinokiviaineksissa) sementin sijasta masuunikuonaa (tai muita siihen soveltuvia kuonia) voidaan betonin hiilijalanjälkeä laskea jopa 90%³. Tämä on erityisen merkittävää kun huomioidaan, että betonteollisuus aiheuttaa noin 8% maailman kasvihuonepäästöistä⁴.

→ Kuonien käyttöä tulee kehittää niin, että suurin osa masuunikuonasta ja muista betonikäyttöön soveltuvista kuonista voitaisiin ohjata betoniin. Betonin raaka-aineeksi soveltuvien kuonien käyttöä maan- ja tienrakennuksessa sekä lannoituksessa tulisi korvata muilla kuonilla, tuhkillä tai mahdollisesti muilla käyttöön soveltuvilla sivuvirroilla. Betoniin sopimattomien kuonien käyttöä tulisi lisätä ja kehittää maan- ja tienrakennuksessa sekä lannoituksessa.

- Esim. ferrokromikuonaa, jota syntyy erään terästeollisuuden toimijan prosesseissa 0,7 miljoonaa tonnia vuodessa, voidaan myös hyödyntää betonissa. Muita kuonia, joiden hyötykäyttöä voitaisiin edistää, ovat mm. senkkakuona, konverterikuona, rikinpoistokuona, muut terästeollisuuden kuonat ja käsitellyt jätteenpolton pohjakuonat – pelkästään näitä kuonia muodostuu vuosittain vähintään yhteensä n. miljoonaa tonnia, josta kaikkea ei vielä hyödynnetä ilmaston kannalta optimaalisesti.
- Hyötykäytön edistäminen edellyttää kuonien varastoinnin ja logistiikan sekä prosessoinnin ja tuotteistamisen kehittämistä

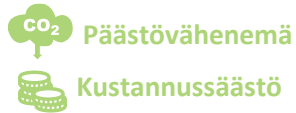
1. Masuunikuona on tuotteistettu, eikä sitä näin ollen luokitella enää jätteeksi

2. Masuunikuonaa voidaan käyttää betonin valmistuksessa sen käyttötarkoituksesta riippuen 10-90 % (sementtistandardi)

3. Laskelma on avattu liitteessä 1

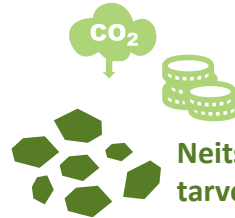
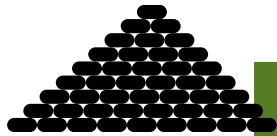
4. ETH Zurich, A Sustainable Future for the European Cement and Concrete Industry,

Ilmastohyötyjä masuunikuonan ja muiden terästeollisuuden kuonien paremmasta hyödyntämisestä



Masuunikuona

0,5 milj. tonnia
vuodessa*



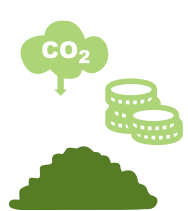
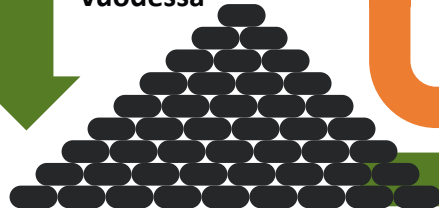
Masuunikuona korvaa sementin betonin raaka-aineena

Masuunikuonaa ja muita betonin raaka-aineeksi soveltuvia kuonia tulisi ohjata maan- ja tienrakennuksesta enemmän betonikäyttöön ilmastohyötyjen maksimoimiseksi. Muiden kuonien käyttöä maan- ja tienrakentamiseen tulisi edistää.

Tulevaisuuden
ratkaisuja eri
kuonien käytön
optimointiin

Muut kuonat

~1,5 milj. tonnia
vuodessa*



Ilmastohyödyt pienemmät maan- ja tienrakennuksessa

Muut kuonat maan- ja tienrakennuksen raaka-aineena



* Kuonamäärät sisältävät Suomen kahden merkittävimmän terästeollisuuden toimijan kuonat.

** Lähde: Betolar. Suuruusluokka on verifioitu yleisesti käytetyistä päästökertoimista (UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting, 2019), joiden perusteella vähennys on jopa 98 %.

Hiilinielujen lisääminen ohjaamalla biomassan polton tuhkat biotalouden raaka-aineeksi



Suomessa syntyy erilaisia tuhkia noin 1,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Edistämällä niiden hyödyntämistä voidaan saavuttaa paitsi mittavia ilmastohyötyjä myös taloudellisia etuja.

- Tuhkista valtaosa on peräisin lämmön tuotannosta sekä sähkön ja lämmön yhteistuotannosta. Tuhkien haitta-ainepitoisuudet ja muut ominaisuudet vaikuttavat niiden hyötykäyttömahdollisuuksiin. Tuhkia hyödynnetään yleisesti maan- ja tienrakennuksessa korvaamaan luonnonkiviainesta, minkä lisäksi esim. kivihiilen polton lentotuhka soveltuu betonin raaka-aineeksi. Neitseellisten raaka-aineiden korvaaminen vähentää tarvetta mm. louhinnalle ja kuljetuksille, mikä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä.
- Puuperäinen tuhka sisältää fosforia ja kaliumia soveltuen erinomaisesti metsien lannoitukseen^{1,2} – erityisesti happamien suomaiden. Lannoitus edistää kustannustehokkaasti puuston kasvua ja hiilinieluja. Tuhkalannoitus on vaihtoehto kunnostusojitukselle, tuottaen suuremman kasvulisän ilman kunnostusojitukselle ominaisia haitallisia vesistövaikutuksia².
- Tuhkalannoitusta tehdään nykyisin reilut 10 000 hehtaaria vuodessa, mutta optimaalisia kohteita olisi kuusinkertainen määrä – ko. määrä tuhkalannoittamalla saavutettaisiin ilmastohyöty, joka vastaisi 18 000 henkilöauton vuosittaisia päästöjä.³
- Suomen metsät muodostavat puupohjaiselle tuhkalle käytännössä ehtymättömän kysynnän. Tästä huolimatta puupohjaista tuhkaa hyödynnetään myös käyttökohteissa, joihin muut vaikeammin hyödynnettävät tuhkatkin soveltuisivat, kuten maan- ja tienrakennuksessa ja paperiteollisuuden muiden jätteiden stabilointiaineena.

→ Paperiteollisuudessa syntyvien puuperäisten tuhkien päätymistä lannoitekäyttöön tulisi edistää

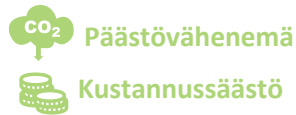
- Hyötykäyttö edellyttää tuhkan varastointia, jotta kysyntä ja tarjonta kohtaavat mahdollisimman hyvin. Myös tiivis yhteistyö metsänhoitoyhdistysten kanssa voi edistää kysynnän ja tarjonnan kohtaamista.
- Tuhkien hyödyntämistä edistetään myös tuhkien tasalaatuisuuden varmistamisella ja haitta-ainepitoisuuksien vähentämisellä. Tuhkista saadaan tasalaatuisempia polttoprosessien standardoimisella. Alan toimijat kehittävät tätä aluetta aktiivisesti.
- Myös muiden tuhkien hyötykäyttöä voidaan edistää. Esim. jätteenpolton tuhkaa on perinteisesti hyödynnetty jätekeskusten kenttärakenteissa, mutta niitä on myös mahdollista prosessoida siten, että niillä voidaan korvata neitseellisiä hiekka- ja sora-aineita tierakentamisessa ja betoniteollisuudessa. Polton paremmin huomioiva lajittelu edesauttaisi hyödyntämistä.

1. Joissain tapauksissa puuperäinen tuhka voi ylittää lannoitteiden sallitut metalliraja-arvot. Metalli on tuolloin ollut puussa itsessään, eli se on riippuvainen puun kasvupaikasta.

3. Laskulogiikka on esitetty liitteessä 1

2. Luke (2019) Tuhkalannoitus turvemaiden metsänhoidossa

Hiilinielujen lisääminen ohjaamalla biomassan polton tuhkat biotalouden raaka-aineeksi



Biomassan polton tuhka

~ 0,6 milj. tonnia vuodessa



Metsien kasvun
lisätuotto

Puutuhkasta tehtyt metsälannoitteet nopeuttavat metsien kasvua

Paperiteollisuudessa syntyvien puuperäisten tuhkan päätymistä metsien lannoittamiseen tulisi edistää, sillä ilmastohyödyt ovat lannoitekäytössä merkittävimmät. Muiden tuhkan hyödyntämistä maanrakentamisessa ja betonin raaka-aineena tulisi edistää.

Muut tuhkat

~1 milj. tonnia**
vuodessa

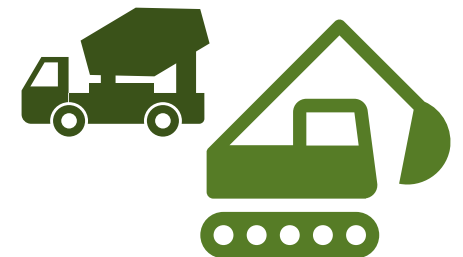


Ilmastohyöty pienempi muussa kuin lannoitekäytössä

Jätteenpolton tuhka maanrakentamiseen ja sementtiin

CO₂

Suomessa sitoutuu 37 500 t CO₂
enemmän/vuosi*
= 18 000 henkilöauton vuosittaiset
päästöt



* tuotto tuhkalannoituksella suometsissä/turvemailla verrattuna kunnostusojitukseen (Luke 2019: Tuhkalannoitus turvemaiden metsänhoidossa, Yara)

** Kivihiilen polton tuhkat noin 1 milj. tonnia (lähde: [Aalto/Dahl](#)) jätteenpolton tuhkat ja kuonat noin 379 000 tonnia (lähde: [Circhubs](#))

Päästöjen vähentäminen stabiloimalla savimaita ja sedimenttejä rakentamista varten



Suomessa läjitetään kaatopaikoille vuosittain n. 16 miljoonaa tonnia maa-ainesta. Merkittäviä ilmastohyötyjä voidaan saavuttaa hyödyntämällä ko. maita paremmin.

- Valtaosa em. maa-aineksista on rakentamiseen heikosti soveltuvaa pehmeää savea ja sedimenttiä. Ko. maata kuljetetaan rakennusmailta pois ja tilalle tuodaan rakentamiseen paremmin sopivaa maa- ja kiviainesta. Poistetun maan tilalle tuodaan usein neitseellistä kiviainesta, joita käytetään Suomessa vuosittain 100 miljoonaa tonnia. Tästä 20% saadaan rakentamisalueelta ja 80% tuodaan maa-aineksen ottopaikoilta. Kuljetusmatkat läjittämiseen ja maa-ainesten ottopaikoille ovat usein pitkiä.¹
- Vaihtoehto edellä kuvatulle on stabiloida maa-aineksia paikan päällä. Stabiloinnissa heikkolaatuiseen maahan sekoitetaan sideainetta, jotta pehmeään maahan saadaan lujuutta ja jäykkyyttä ja niille voidaan joko rakentaa tai niitä voidaan helpommin siirtää toisaalle täyttö- tai rakennusmateriaaliksi. Tämä vähentää merkittävästi maamassojen kuljetusta ja tästä aiheutuvia päästöjä. Ilmastohyödyt ovat vielä merkittävämmät², jos stabiloinnissa hyödynnetään sopivia teollisuuden sivuvirtoja, kuten lentotuhkia, kipsimäisiä aineita ja erilaisia kuonia.¹
- Gaian laskelmien mukaan stabilointi maanrakennusmenetelmänä voi tuoda jopa 90% vähenemän päästöissä per rakennettava kuutiometri, kun sitä verrataan perinteiseen maanrakentamiseen.³ Turussa 2018 käynnistetyssä stabilointia hyödyntävässä hankkeessa arvioitiin, että hanke on 7-13 miljoona euroa edullisempi kuin vaihtoehtoinen ns. perinteinen rakennusmenettely, mikä kuvaa stabiloinnin taloudellista potentiaalia. Stabiloinnin hyötynä on myös maanlajityspaikkojen ja kiviaineksen louhinnan tarpeen vähentäminen.

→ Vaikeasti hyödyntämiseen soveltuvien maa-ainesten hyödyntämistä stabiloinnilla tulisi edistää merkittävien ilmasto- ja muiden hyötyjen saavuttamiseksi

- Tämä edellyttäisi maanrakennuksen suunnittelua ja optimointia suljettuihin kiertoihin perustuvaksi
- Sivuvirtojen prosessointia, jalostamista ja tuotteistamista stabilointiin soveltuvaksi tulisi edelleen kehittää

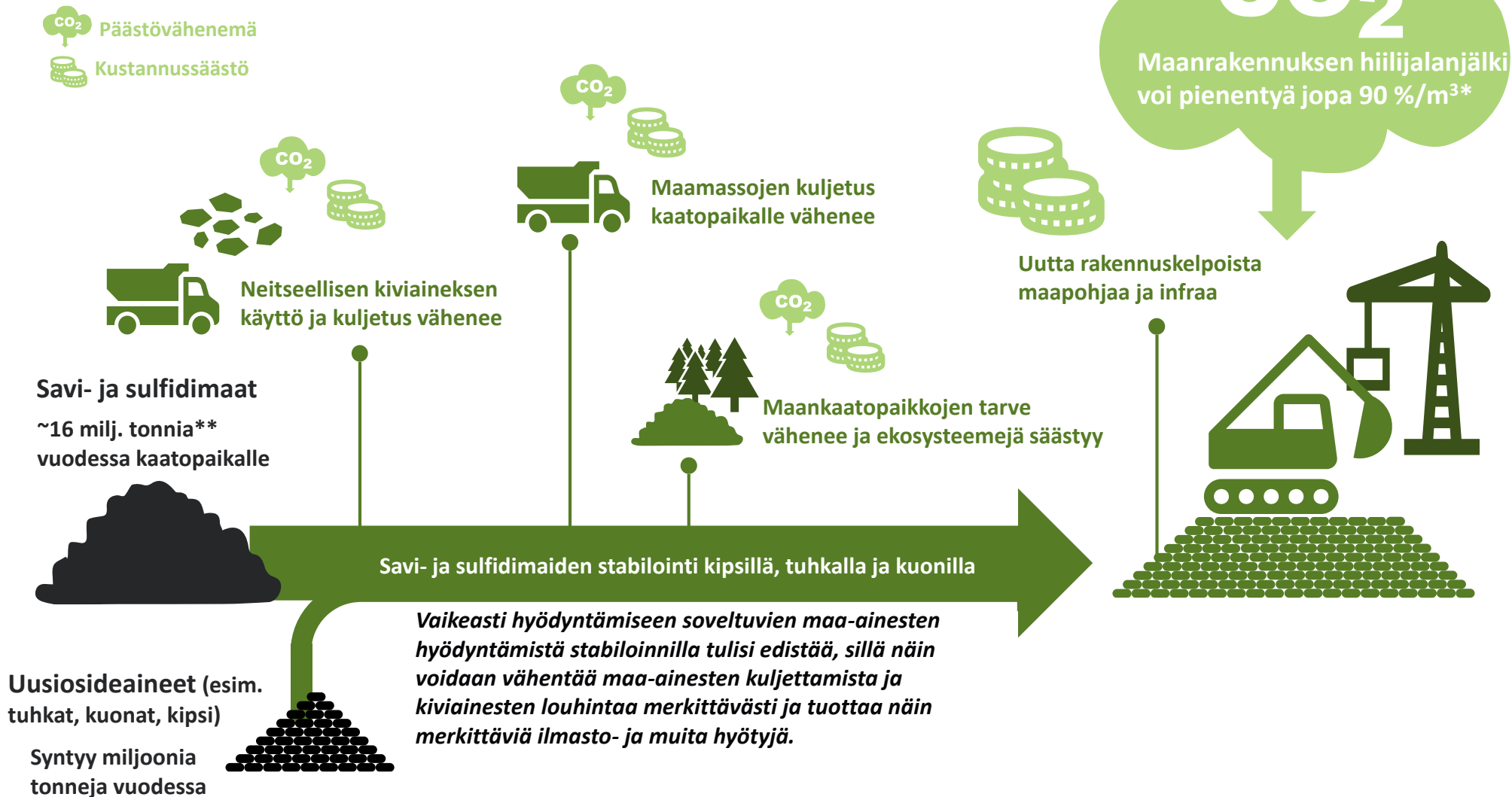
1. Väylä (2007) Sivutuotteiden käyttö tierakenteissa, <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100041-v-07-sivutuoteohje.pdf>,

2. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2/2007: Kaatopaikalle sijoitettujen teollisuuden jätteiden ympäristövaikutusten tunnistaminen ja arviointi

3. Laskelma on avattu liitteessä 1

4. Asiantuntijahaastattelu

Päästöjen vähentäminen stabiloimalla savimaita ja sedimenttejä rakentamista varten



* Gaian laskema päästövähennelmä, perustuu moniin lähteisiin (Tuhkarakentamisen käsikirja, Ramboll, 2011; Sivutuotteiden käyttö tienrakentamisessa, Väylä, 2007; Asiantuntijahaastattelu)

** Tämä luku sisältää tilastoidut hyödyntämättömät maa-ainekset. Näistä suurin on on savimaita ja vastaavia, joiden hyödyntäminen on vaikeaa. Muuta maa-ainesta pystytään paremmin hyödyntämään, eikä niitä yleensä jouduta läjittämään.

Johtopäätökset

Selvityksen merkittävimmät havainnot



Keskustelu kiertotalouden mahdollisuuksista on julkisuudessa keskittynyt yhdyskuntajätteisiin. Suuret jätemäärät ja sivuvirrat teollisuudessa ja rakentamisessa jäävät vähälle huomiolle.

- Jo nykyhetkessä voidaan teollisten sivuvirtojen käytön optimoinnilla saavuttaa merkittäviä ilmastohyötyjä sekä tuottaa teollisuudelle ja rakentamiselle raaka-aineita kestävämmiin. Merkittävä havainto on myös, että vaikka jotain sivuvirtaa hyödynnettäisiin jo, hyödyntämistä voidaan edelleen optimoida ilmaston näkökulmasta.
- On olemassa hyviä esimerkkejä, jossa sivuvirran tuottaja on panostanut sivuvirran kehittämiseen laadukkaaksi uusiomateriaaliksi, joka on käytettävyydeltään soveltuvaa, turvallista ja neitseellisiin materiaaleihin nähden kilpailukykyistä monissakin käyttökohteissa. Lisäksi näiden uusiomateriaalien käyttö tuo merkittäviä päästö- ja kestävyysetuja, ja usein myös kustannussäästöjä uusiomateriaalin tuottajalle ja hyödyntäjälle.

→ Kun hyödynnettävä uusiomateriaali ohjautuu ilmastollisesti optimaaliseen käyttöön, voivat päästövähennemät käyttökohteissa olla merkittäviä - jopa -90 % per tuotettava yksikkö. Tätä voidaan tukea ohjauskeinoilla, joilla materiaalien hinnoissa ja käytössä tulee näkyväksi niiden päästövaikutukset.

- Sivuvirtojen käyttöratkaisut mahdollistavat paitsi ilmastohyödyt myös materiaalin korkeamman jalostusarvon. Vakiintuneista materiaaleista ja prosesseista luopumista hidastavat kuitenkin mm. käytäntöjen jäykkyys, vanhojen menetelmien iskostuneisuus ja näennäinen helppous ja edullisuus. Lisäksi sääntelyn kehittämisellä voidaan edistää sivuvirtojen hyötykäyttöä. Uusiomateriaalin hyödyntäminen voi kuitenkin olla kokonaisedullisempaa kuin perinteiset toimintamallit.
- Tarkastellut kolme tapausta todistavat, että yhden sivuvirran hyödyntäminen voi tiiviisti linkittyä toisen hyödyntämiseen, koska monien sivuvirtojen käyttökohteet ovat samat. Esim. tuhkia ja kuonia voi molempia hyödyntää maan- ja tienrakentamisessa, ja niiden käyttö maan stabilointiaineena estää maa-ainesjätteen syntymistä, mikä on yksi suurimmista ja ongelmallisimmista jättejakeista monissa kaupungeissamme.

Ilmastohyödyt syntyvät: 1) päästövähennyksistä (esim. raaka-aineiden valmistus ja kuljetukset) 2) neitseellisten materiaalien korvaamisesta (esim. ekosysteemien säästyminen) sekä 3) yhteiskunnallisista hyödyistä (esim. kestävä kaupunki)

Ohjauskeinot sivuvirtojen parempaan hyödyntämiseen



YTP:n näkemykset

Sivuvirtaa hyödynnettäessä lähtökohtana on, että materiaalin laatu pitää olla tunnettua ja sen tulee olla turvallista. Sivuvirta pitää myös saada oikeaan aikaan oikeaan paikkaan.

- Hyödyntämiseen liittyy useita erilaisia mahdollisia viranomaismenettelyjä. Hyödyntämismenettelyt tulisi valita siten, että laatua ja turvallisuutta koskevat tavoitteet saavutetaan, mutta hyödyntämistä ei estetä esim. aiheuttamalla aikatauluviivettä. Näin ollen tulisi tarkastella milloin riittää esim. toimijan rekisteröityminen, ja milloin tarvitaan eräkohtainen ilmoitusmenettely tai milloin vaaditaan viranomaisten hyväksyntä/lupa. Merkittävää on se kuinka joustava järjestelmä on, eli saadaanko kierrätys toimimaan nopeasti ja helposti.

→ Hallinnon ja toimijoiden välistä yhteistyötä tulisi kehittää siten, että syntyisi nopea ja kevyt lupamenettely hyvin tunnetuille materiaaleille, sillä nykyiset mahdollisuudet eivät vielä takaa maksimaalista hyödyntämistä.

→ Kysyntään ja markkinoihin voidaan myös vaikuttaa ohjauskeinoilla

- Mahdollisuutena velvoitteet käyttää kierrätysmateriaaleja – tämä on verrattavissa esim. biopolttoaineiden sekoitevelvoitteeseen
- Kierrätysmateriaalien ottaminen julkisten hankintojen kriteereihin erityisesti infrarakentamisen osalta - Tai vähintään velvoite verrata kierrätysmateriaalien mahdollisuuksia neitseellisten materiaalien käyttöönottoon (esim. neitseellisen kallion louhinnan vaikutukset verrattuna kierrätysmateriaaleihin)
- Hyödyntämiskelpoisia materiaaleja voidaan ohjata loppusijoituksesta hyötykäyttöön loppusijoitusta koskevilla veroilla (esim. maankaatopaikkojen kiinteistövero tai jokin muu loppusijoittamista koskeva haittaveron tai porttimaksuilla)

→ Kierrätysmateriaaleja käyttävien alojen normien päivittämistä tulisi tarkastella kierrätysmateriaalien hyödyntämisen helpottamisen näkökulmasta

- Esim. betoni- ja asfalttinormit

Our Clients Make
the World Cleaner
and Safer.

www.gaia.fi



Liite 1: laskelmat avattuna



- Kalvo 7: *Käyttämällä betonin valmistuksessa (sekä betonipohjaisissa keinokiviaineksissa) sementin sijasta masuunikuonaa (tai muita siihen soveltuvia kuonia) voidaan betonin hiilijalanjälkeä laskea jopa 90%*
 - Lähteenä on Betolar Oy:n väittämä. Väittämän suuruusluokan Gaia verifioi yleisesti käytetyistä päästökertoimista (UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting, 2019), joiden perusteella vähennys on jopa 98 %.
- Kalvo 9: *Tuhkalannoitusta tehdään nykyisin reilut 10 000 hehtaaria vuodessa, mutta optimaalisia kohteita olisi kuusinkertainen määrä – ko. määrä tuhkalannoittamalla saavutettaisiin ilmastohyöty, joka vastaisi 18 000 henkilöauton vuosittaisia päästöjä.*
 - Gaia on laskenut tuloksen hyödyntäen Luken (2019, Tuhkalannoitus turvemaiden metsänhoidossa) ja [Yaran](#) laskelmia lannoituksen aiheuttaman kasvunlisäyksen hiilensidonnasta (10 tonnia hiilidioksidia/hehtaari). Laskettu keskimääräisen henkilöauton hiilidioksidipäästöllä (152 g/km, lähde: Lipasto).
- Kalvo 11: *Gaian laskelmien mukaan stabilointi maanrakennusmenetelmänä voi tuoda jopa 90% vähenemän päästöissä per rakennettava kuutiometri, kun sitä verrataan perinteiseen maanrakentamiseen.*
 - Tämä laskettiin 100 000 tonnin kuutiometrin hankkeelle, jossa vaihtoehtona olisi ollut perinteinen menetelmä, jossa 80% maa-aineksesta kuljetetaan pois ja sen jälkeen tilalle tuodaan saman verran luonnonkiviainesta (hiekkä, sora, kalliomurske). Kaikki kuljetukset oletettiin saman mittaisiksi (50 km). Kaatopaikalle kuljetettuun maa-aineksen rankoihin laskettiin tarvittavan kiviainesta 30% maamassasta. Lisäksi stabilointiin laskettiin käytettävän n. 20% stabiloitavan maamassan määrästä tuhkaa.

Liite 2: Vastuulausekkeet



Raporttimme perustuu kyseisen toimeksiannon suorittamisen yhteydessä saamiimme tietoihin ja ohjeisiin huomioiden toimeksiannon suorittamisen aikana vallitsevat olosuhteet. Oletamme, että kaikki meille toimitetut tiedot ovat oikeita ja virheettömiä, ja että asiakas on tarkistanut luovutettujen tietojen oikeellisuuden.

Emme ole vastuussa raportin tietojen täsmällisyydestä tai täydellisyydestä, emmekä anna niitä koskevia vakuutuksia, ellei toisin ole mainittu. Raporttia ei tule milteään osin pitää päätöksentekoa koskevana suosituksena tai kehotuksena.

Emme ota vastuuta siitä, olemmeko tunnistaneet kaikki toimitettuihin asiakirjoihin sisältyvät seikat, joilla voi olla merkitystä, mikäli näitä asiakirjoja käytetään myöhemmin tehtävien sopimusten osana. Toimitetun materiaalin ja asiakirjojen läpikäynti on toteutettu siten kuin olemme katsoneet asiassa asianmukaiseksi tarjouksessa sovitun työn laajuuden ja tarkoituksen valossa.

Emme ole vastuussa raportin päivittämisestä myöhempien tapahtumien osalta (päivämäärä raportin etusivulla).

Mikäli kolmas osapuoli saa käyttöönsä raportin jäljennöksen tai raportissa ollutta tietoa, kyseisellä kolmannella osapuolella ei ole mitään oikeuksia Gaia Consulting Oy:ä kohtaan.