

Pilari-palkkihallin uudelleenkäytön hiilijalanjälki

Jussa Pikkuvirta, tekn. yo

Arto Köliö, dipl.ins.

Jukka Lahdensivu, tekn.tri

Tampereen teknillinen yliopisto,

Rakenteiden elinkaaritekniikka

Käyttökelpoisten kantavien rakennusosien murskaaminen olisi monessa tapauksessa vältettävissä, mutta se vaatii nykyistä syvällisempää tietoa rakennusosien laadusta, purkumenetelmien kehittämistä, rakennusosien sertifiointia ja markkinoiden osoittamista.

EU:n jätedirektiivi ja Suomen jätelaki asettavat rakennus- ja purkujätteelle 70 % kierrätystavoitteen painossa mitattuna. Direktiivin mukaan jätelainsäädännössä on noudatettava jätehierarkiaa, jossa jätteen välttäminen ja rakennusosien uudelleenkäyttö on asetettu murskaavan materiaali- ja kierrätyksen edelle. Käyttökelpoisten kantavien rakennusosien murskaaminen olisi monessa tapauksessa vältettävissä, mutta se vaatii nykyistä syvällisempää tietoa kierrätettävien rakennusosien laadusta ja historiasta, purkumenetelmien kehittämistä, uudelleenkäytettävien rakennusosien sertifiointia sekä mahdollisten käyttökohteiden ja markkinoiden osoittamista.

Rakennuselementtien uudelleenkäyttö (ReUSE) -hankkeen tavoitteena oli tuottaa tietoa em. tietotarpeisiin ja auttaa rakennus-alaa 70 % kierrätystavoitteen saavuttamisessa. ReUSE-tutkimus on tehty Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) ja VTT:n yhteishankkeena, jossa rahoittajina edellisten lisäksi ovat olleet Ympäristöministeriö, Finnish Wood Research Oy ja Ekokem Oy. Tässä artikkelissa tarkastellaan tutkimushankkeeseen liittyneen Kotkan Kantasataman alueella sijaitsevan pilari-palkkirunkoisen teollisuushallin rungon uudelleenkäytön hiilijalanjälkeä.

Laskentaperusteet

Tutkimuksessa tarkasteltiin referenssirakennusta vastaavan uuden betonielementtihallin elementtirungon sekä paikalla valettuja anturoiden ja maanvaraisen betonilaatan potenti-

aalisia ympäristövaikutuksia. Potentiaalisia ympäristövaikutuksia tässä tarkastelussa kuvattiin päästöillä ilmakehään ja laskennan yksikkönä oli kg CO₂-ekvivalentti. Toinen tavoite oli arvioida betonielementtien uudelleenkäytön mielekkyyttä ympäristönäkökulmasta. Kierrätyksen tarkastelun lähtökohtana oli, että rakennosista betonielementit on mahdollista korvata kierrätetyillä osilla ja paikalla valetut rakenteet joudutaan toteuttamaan uudistuotantona. Tarkastelu keskittyi ainoastaan rakennuksen elinkaaren tuote- ja rakennusvaiheisiin, siten kuin ne on määritelty standardissa SFS-EN 15978 Sustainability of construction works – assessment of environmental performance of buildings – calculation method. Rakennuksen käytön tai käytöstä poiston potentiaalisia ympäristövaikutuksia ei siis tarkasteltu.

Hallirakennuksen tarkasteltavista rakenteista tehtiin yksinkertaistettu malli rakennuspiirustusten perusteella. Hiilidioksidilaskentaa varten malliin sisällytetyille rakenteille suoritettiin määrälaskenta käytetyn betonin sekä raudoitteiden osalta. Määrälaskennan tulokset toimivat laskentamallin materiaalisyytteinä. Laskentamallissa tehtiin yksinkertaistuksia mallinnettavien elementtien lukumäärän suhteen. Rakennepiirustusten perusteella erilaisia elementtejä oli useampia, kuin malliin sisällytettiin, mutta elementtien välisten erojen katsottiin olevan lopputuloksen kannalta merkityksettömiä ja laskenta toteutettiin rajallisella määrällä mallinnettuja rakenteita. Yksinkertaistettu rakenneosamalli sisälsi kaksi

1 Tutkimushankkeessa tutkittiin Kotkan Kantasataman alueella sijaitsevan pilari-palkkirunkoisen teollisuushallin rungon uudelleenkäytön hiilijalanjälkeä.

2 Kierrätyksen tarkastelun lähtökohtana oli, että rakennosista betonielementit on mahdollista korvata kierrätetyillä osilla ja paikalla valetut rakenteet toteutetaan uudistuotantona.

Satu Huuhka

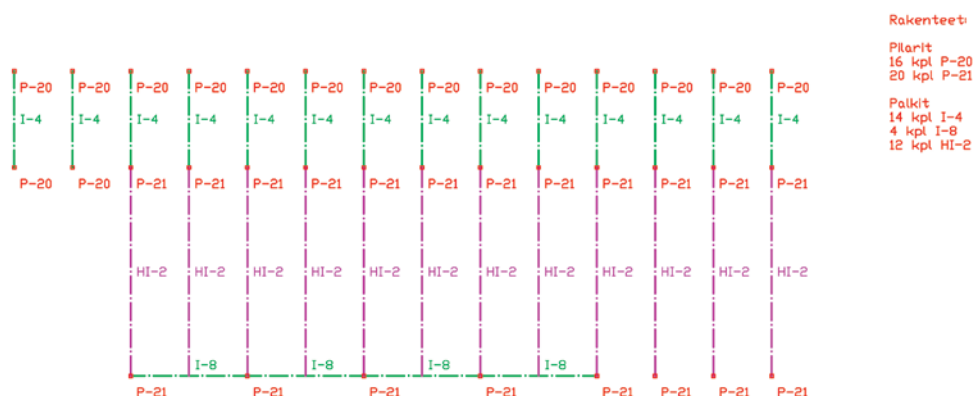


1

2



Satu Huuhka



3 Laskentamalli pilareista ja palkeista.

eri elementtipilarityyppejä sekä kolme eri elementtipalkkityyppejä. Kaikki perustukset mallinnettiin rakennepiirustusten mukaan. Hallin pinta-alaksi laskettiin kirjallisten dokumenttien perusteella 1630 m². Maanvaraisen betonilaatan materiaalisyytteen määritettiin rakennepiirustusten ja laskennallisen pinta-alan mukaan.

Varsinainen CO₂-päästölaskenta suoritettiin GaBi 6.0 elinkaariohjelmistolla, jossa materiaalisyytteinä toimivat valmisbetoni, raudoitusteräiset sekä paikallavaletuille betonirakenteille myös muottivaneri. Laskentaa varten jokainen yksittäisen betonirakenteen valmistus mallinnettiin erilliseksi prosessiksi. Referenssirakennusta vastaavan elementtihallin malli luotiin yhdistämällä rakenneosien valmistusprosessit ja lisäämällä syöte rakennusaikaiselle energialle.

Elementtituotantoon sisällytettiin materiaalisyytteen lisäksi syöte elementin valmistusenergiälle, jonka arvioitiin olevan 15 % betonituotannon kuluttamasta energiasta. Betoni- ja raudoitusterästuotannon kuluttama energia sisältyi mallissa suoraan betoninvalmistuksen prosessiin eikä sitä lisätty malliin erillisenä syöteenä. Materiaalisyytteen rakennosien valmistusprosessista valittiin ohjelmiston tietokannasta. Laskennassa käytetyt

materiaalien valmistusprosessit oli määritelty raaka-aineiden hankinnasta valmiiksi tuotteeksi noudattaen eurooppalaista standardia. Materiaalien hukka huomioitiin rakenneosien valmistuksessa. Hukkaprocentit eri rakenneosien valmistusprosessissa on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1

Laskennassa käytetty materiaalihukka.

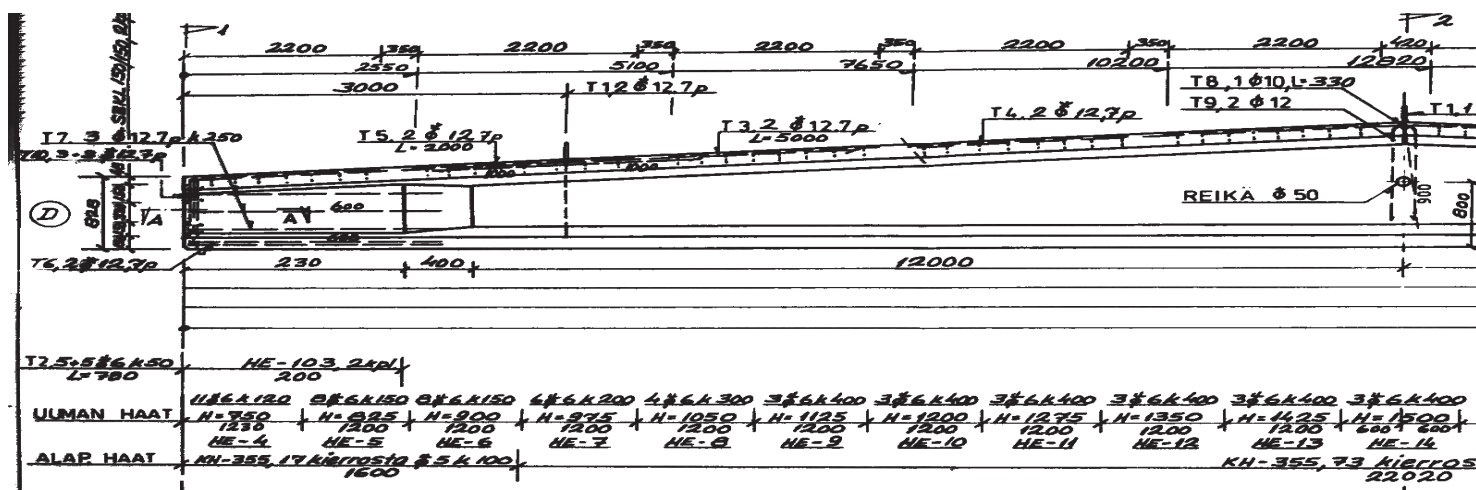
Prosessi	Hukka
Betonielementti	2 %
Paikallavalu, Antura	10 %
Paikallavalu, Massiivilaatta	5 %

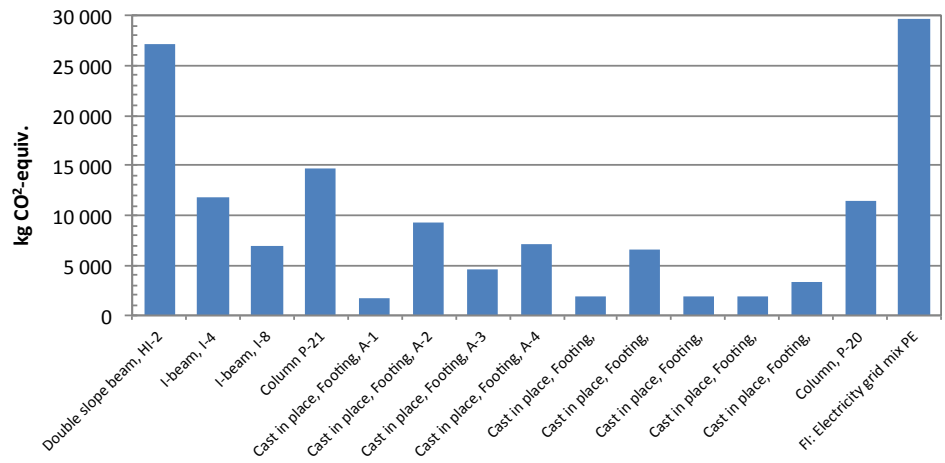
Kuljetusmatkat rakennusmateriaaleille ja valmiille betonielementeille asetettiin 100 kilometriin. Lisäksi tarkasteltiin tilannetta, jossa betonielementin kuljetusmatka elementtitehtaalta työmaalle asetettiin 1000 kilometriin. Tämä tarkastelu tehtiin, jotta voitiin arvioida kuljetusmatkan merkittävyyttä suhteessa koko betonielementtirungon tuotannon ja pystytyksen potentiaalsiin ympäristövaikutuksiin.

Pilari-palkkihallin ympäristövaikutukset

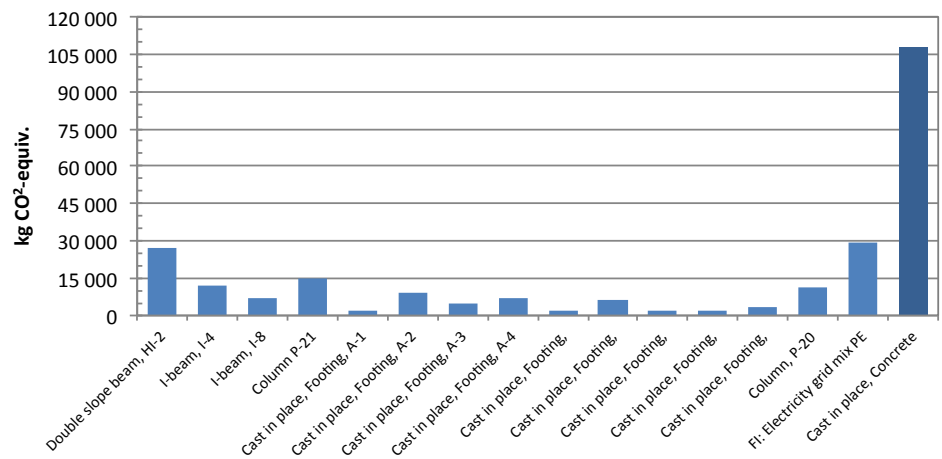
Kuvassa 4 on esitetty referenssihallia vastaavan uuden rakennuksen betonielementtien sekä niiden perustusten valmistuksen ja asennuksen potentiaaliset ympäristövaikutukset tilanteessa, jossa maanvaraisen betonilaatan valua ei ole otettu huomioon. Potentiaaliset ympäristövaikutukset on esitetty yksikössä kg CO₂-ekvivalenttia.

Tässä tapauksessa kokonaishiilidioksidipäästöt olivat 140000 kg CO₂-ekv. Betoniosien asennukseen ja valuun liittyvän työmaan energiankulutuksen vaikutukset edustivat potentiaalisilta ympäristövaikutuksiltaan suurinta yksittäistä päästölähdettä tässä tarkastelussa. Työmaan energiantuotanto käsitti 21,1 % kokonaisvaikutuksista. Mallinnetuista betonirakenteista potentiaalisilta ympäristövaikutuksiltaan suurinta edusti harjapalkkien tuotanto (kuvaajassa HI-2), jossa yksittäisen harjapalkin aiheuttama ympäristövaikutus on 2270 kg CO₂-ekv. Harjapalkkien tuotannon vaikutukset edustivat 19,5 % kokonaisvaikutuksista. Yhteensä betonielementtien tuotanto ja valmistus edustivat 51,5 % kaikista CO₂-päästöistä tarkastelussa, jossa ei ole otettu huomioon betonista massiivilaattaa.



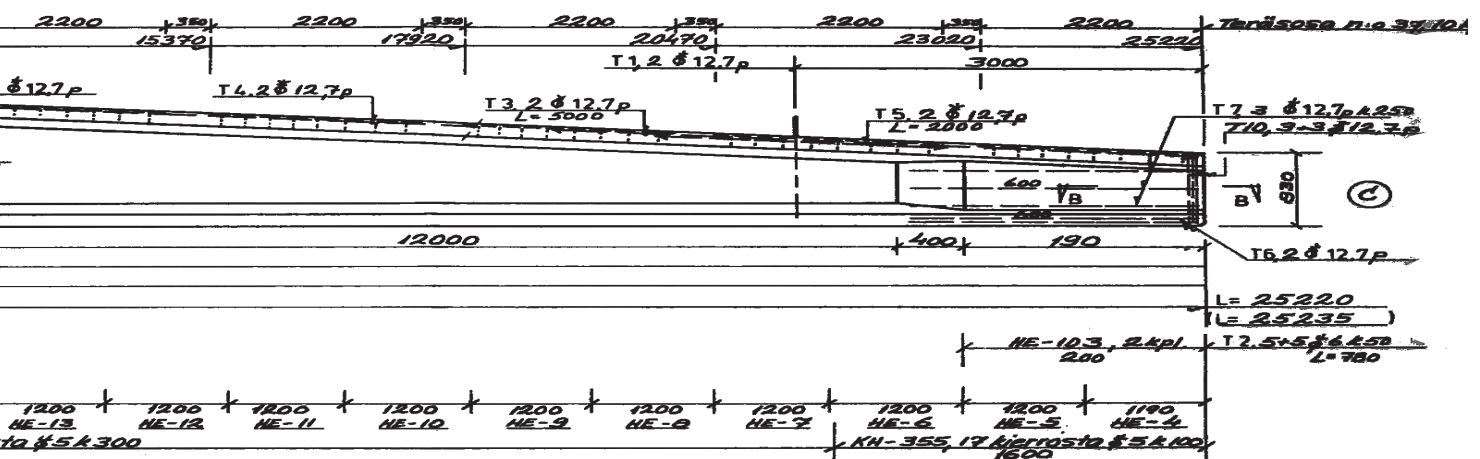


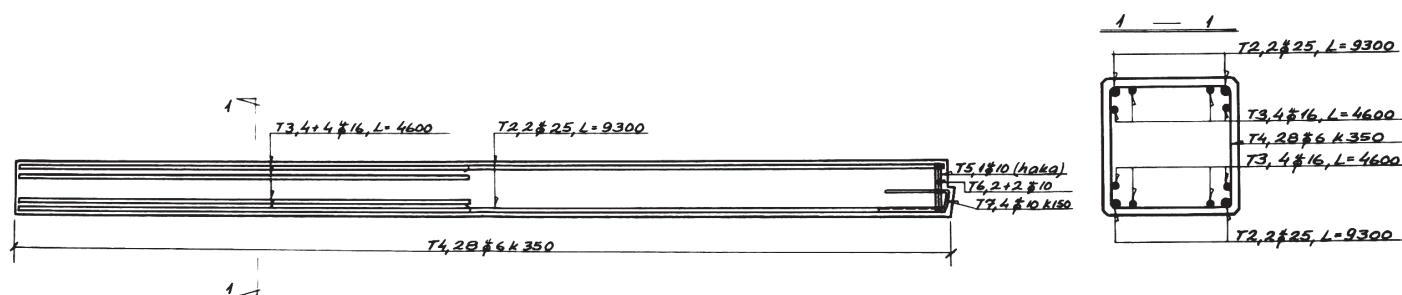
4 Potentiaaliset ympäristövaikutukset koko hallin runkorakenteiden ja perustusten osalta.



5 Potentiaaliset ympäristövaikutukset koko hallin runkorakenteiden, perustusten ja maanvaraisen laatan osalta.

6 HI-palkkipiirustus. Elementtipiirustus on kohteesta, jota on käytetty laskennan inventoinnin pohjalla.





7 Pilaripiirustus. Elementtipiirustus on kohteesta, jota on käytetty laskennan inventoinnin pohjalla.

Kuvassa 5 on esitetty potentiaaliset ympäristövaikutukset tilanteessa, jossa myös maanvarainen betoni-laatta on mukana tarkastelussa.

Kokonaishiilidioksidipäästöt tilanteessa, jossa massiivilaatta on mukana tarkastelussa, ovat 248000 kg CO₂-ekv. Maanvaraisen betonilaatan valmistuksen CO₂-päästöt kattoivat 43,6 % kokonaispäästöistä. Kokonaisuutena siis vanhojen palkkien ja pilarien uudelleenkäytöllä voitiin saada aikaan 72000 kg CO₂-ekv. vähennys hallirakennuksen kokonaispäästöissä, eli 51,5 % vähemmän kuin uuden vastaavan hallin rakentamisessa.

Kuljetuksen vaikutus kokonaisuuteen vähäinen

Kuljetusetäisyyden merkittävyttä arvioitiin tarkastelemalla yksittäisen harjapalkin valmistusprosessia. Kuvissa 8 ja 9 on esitetty yksittäisen harjapalkin valmistuksen ja toimituksen potentiaaliset ympäristövaikutukset ja vaikutusten jakautuminen tilanteessa, jossa kuljetusetäisyys tehtaalta työmaalle oli joko 100 kilometriä tai 1000 kilometriä. Kuljetuksen ympäristövaikutukset olivat 0,642 kg CO₂ ekv. kuljetettua kilometriä kohden (koostuu yksikköprosesseista GLO: Truck PE<u>so> ja DE: Diesel mix at refinery PE), joten sadalle kilometrille kuljetuksista syntyy 64,2 kg CO₂ ekv. päästöt, mikä on noin 3 % palkin valmistuksen päästöistä. Vastaavasti tuhannen kilometrin matkalle päästöt ovat 642 kg CO₂ ekv., eli kymmenkertaiset.

Päätelmät

Arvioinnin perusteella betonielementtituotanto edustaa merkittävää osuutta mallirakennusta vastaavan hallirakennuksen rungon ja perustusten potentiaalisista ympäristövaikutuksista. Rakenteiden uudelleenkäytön potentiaaliset ympäristöhyödyt koskevat ainoastaan betonielementtejä, sillä mallinnetuista rakenneosista vain betonielementtipilareiden ja -palkkien voidaan katsoa olevan korvattavissa vanhoilla käytetyillä elementeillä. Mikäli uuden raken-

nuksen rungossa voidaan käyttää elementtejä jostakin toisesta kohteesta, vältetään kyseisten elementtien uudistuotantoon liittyviltä ympäristövaikutuksilta, mutta kuljetuksen aiheuttamat ympäristövaikutukset pitää ottaa huomioon.

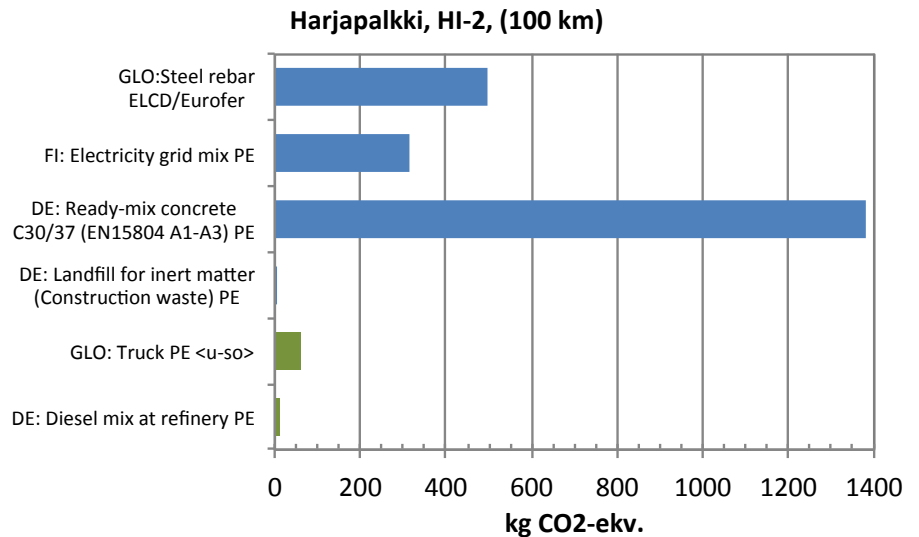
Tarkastelun perusteella elementtituotannossa suurimmat vaikutukset liittyvät elementeissä käytettävään betonin ja teräksen tuotantoon. Kuljetuksen osuus työmaalle toimitetun elementin potentiaalisista ympäristövaikutuksista oli pieni, kun kuljetusmatka asetettiin 100 kilometriin. Kun kuljetusetäisyyttä kasvatettiin 1000 kilometriin, nousi kuljetuksen osuus noin neljännekseen työmaalle toimitetun elementin ympäristövaikutuksista. Suomen mittakaavassa 1000 kilometrin kuljetusetäisyydet ovat kuitenkin poikkeuksellisen pitkiä ja on perusteltua olettaa, että todellisuudessa elementtien kuljetusetäisyys on enintään 200 km.

Betonielementtien uudelleenkäytön potentiaaliset ympäristöhyödyt liittyvät tässä tarkastelussa mallinnetusta skenaariosta riippuen noin 30-50 %:iin kaikkien rakenneosien valmistuksen ja asennuksen päästöistä, mitä voidaan pitää merkittävänä osuutena. On kuitenkin otettava huomioon, että betonielementtien uudelleenkäyttöön liittyy ympäristökuormia aiheuttavia prosesseja, kuten elementtien irrottaminen, joilta vältetään uusia betonielementtejä käytettäessä. Lisäksi kierrätettävät elementit voidaan toimittaa uudelle työmaalle vain suoraan purettavasta kohteesta tai elementtien varastointipaikasta. Kuljetusetäisyyteen ei voida siten vaikuttaa samalla tavoin kuin käytettäessä uusia betonielementtejä, jolloin elementtien tuotantosi-jainti voidaan valita mahdollisimman läheltä toimituskohdetta. Laskennan perusteella on todettavissa, että Suomelle tyypillisillä etäisyyksillä kuljetuksen osuus työmaalle toimitettujen elementtien CO₂-päästöistä on kuitenkin selkeästi vähäisempi kuin elementteihin käytettävän betonin tuotannon osuus.

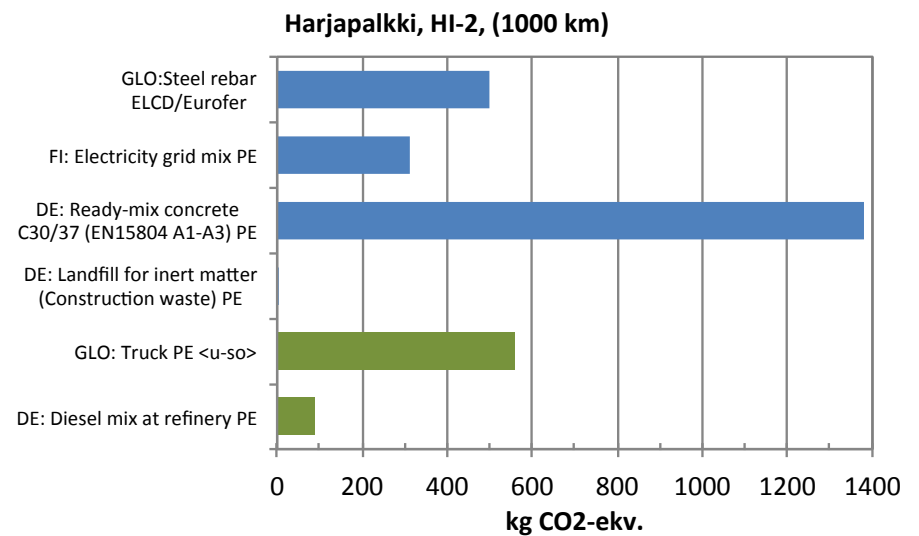
Betonielementtien uudelleenkäyttö vähentää uuden hallirakennuksen runkorakenteisiin tarvittavan uudisbetonin ja -teräksen määrää.

Etenkin betonituotannon ympäristövaikutuksista johtuen, materiaalikulutuksen pienentäminen on niin merkityksellistä, että Suomen mittakaavassa pitkätkään kuljetusetäisyydet eivät tarkastelun perusteella kumoa elementtien uudelleenkäytön ympäristöhyötyjä.

Tarkastelussa keskityttiin ainoastaan ympäristönäkökohtiin eikä betonielementtien uudelleenkäyttöä tarkasteltu esimerkiksi taloudellisesta tai teknisestä näkökulmasta. On huomionarvoista todeta, että betonirakenteiden uudelleenkäyttöön voi liittyä rajoitteita, jotka estävät rakenteiden hyödyntämisen tai tekevät siitä taloudellisesti kannattamatonta. Esimerkiksi elementtien purkaminen ehjänä voi osoittautua mahdottomaksi, tai ne eivät vastaa uudessa kohteessa rakenteille asetettuja vaatimuksia. Mikäli uudelleenkäyttö kuitenkin on muilta osin mahdollista, on siitä tarkastelun perusteella havaittavissa selkeitä ympäristöhyötyjä, vaikka uudelleenkäyttö edellyttäisi pidempiä kuljetusmatkoja.



8 Potentiaaliset ympäristövaikutukset, Harjapalkki HI-2 (100 km).



9 Potentiaaliset ympäristövaikutukset, Harjapalkki HI-2 (1000 km).

High recycling degree achieved in stone construction

In Finland, the new Waste Act requires that 70 percent of all building and demolition waste be reused as recycled material. This goal is to be achieved by the year 2020. In stone construction, more than 80 % of waste is already recycled.

Stone-based materials are highly sustainable in recycling and reuse. Recycled crushed concrete and bricks are most commonly used in earthworks, where thanks to their higher load-bearing capacity they can replace a 1.5 times larger amount of virgin stone material. The majority of recycled concrete is, indeed, used in infrastructure construction.

On the other hand, the use of recycled stone in environmental building is still very limited in Finland. There are many reasons for this, such as fragmented projects where individual contractors do not recover waste for the next contrac-

tor. Recycling is not considered an image factor either, unlike in many other countries. But there are some good examples also in Finland, where recycling has been a requirement specified by the Client. The number one international project in environmental construction – also in terms of concrete recycling – is London Olympic Park.

Rudus Oy started the recycling of crushed concrete and bricks in the 1990s. The annual amount of concrete and brick waste that is crushed is ca. half a million tons: this recycled material is used in the production of a crushed product known as Betoroc.

The CE-marked Betoroc material has a wide range of applications. It is mostly used in the structural layers of roads and streets; other applications include parking and storage areas, as well as sports and waste treatment

fields. Thanks to its load-bearing properties, it can also be used as a backfilling material and in embankments.

Rudus obtains most of the raw material for Betoroc from demolition sites. The rest comes from concrete industry, and a small part also from new build projects.

Betoroc is a more economical alternative to natural stone. Structural layers can also be built thinner with Betoroc. It is environmentally friendly through savings in natural resources and emissions; in fact, crushed concrete has a negative carbon footprint.