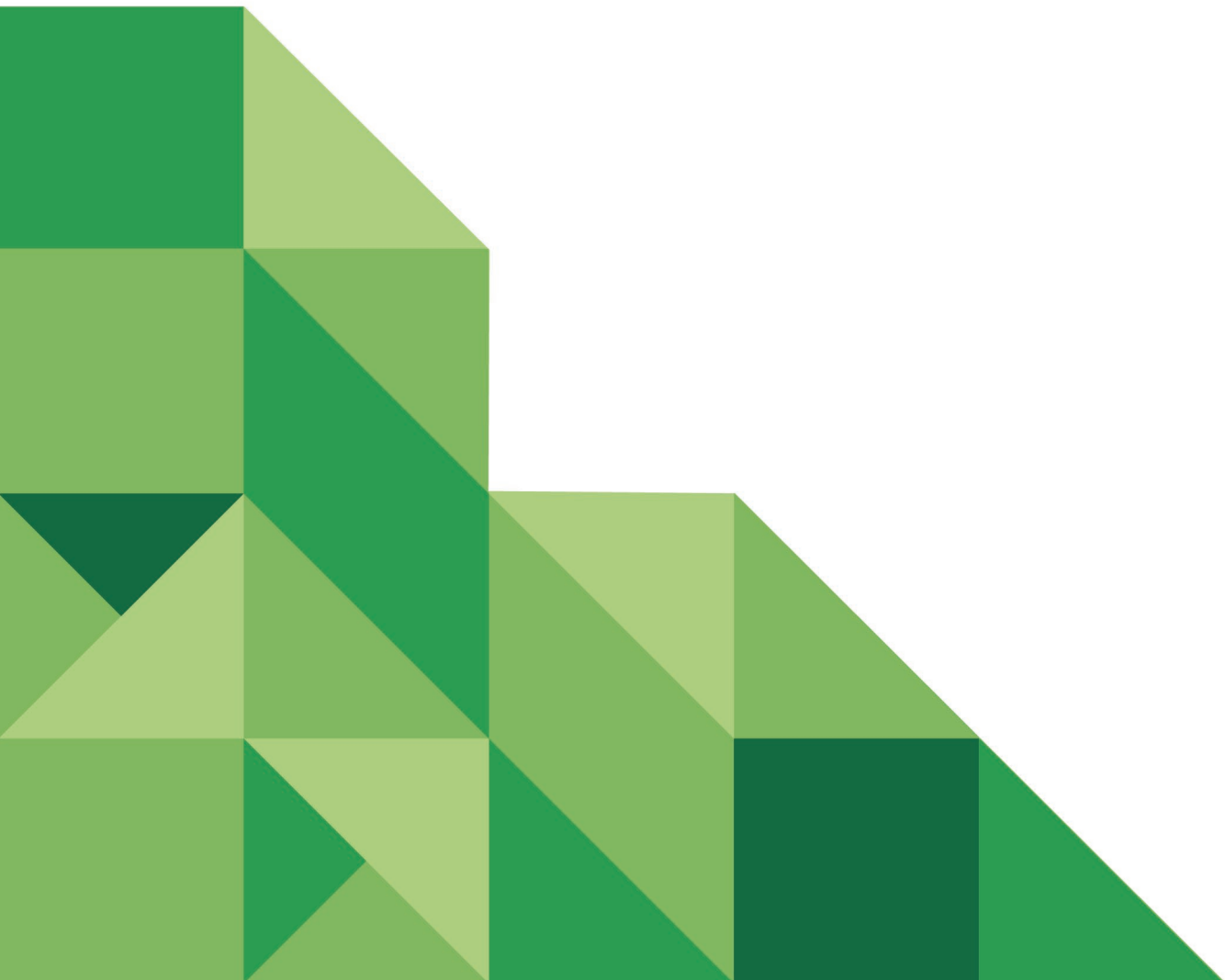


Rakenteiden ja materiaalien ehjänä purkaminen sekä uudelleenkäyttö



Julkaisusarja Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisu C: Raportteja, 85

Tekijät Henna Tihinen, AFRY Finland Oy
Tuomas Suikkanen, AFRY Finland Oy
Minna Pirilä, AFRY Finland Oy
Arto Toorikka, AFRY Finland Oy

Laadunvarmistus Jarkko Soininen, AFRY Finland Oy
Mikko Matveinen, Karelia-ammattikorkeakoulu
Mika Keskiälo, Karelia-ammattikorkeakoulu
Jari Kuusisto, Karelia-ammattikorkeakoulu

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiMuutoksia 2.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-351-9

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2022



**BUSINESS
JOENSUU**



**Vipuvoimaa
EU:lta
2014-2020**

Sisällys

Esipuhe.....	5
1 Johdanto	7
2 Rakenteiden ja materiaalien ehjänä purkamisen ja uusiokäytön nykytila....	8
2.1 Rakennusmateriaalien ja kokonaisten rakenteiden kunnan todentaminen ja uudelleenkäyttö.....	10
2.2 Uusiokäytön mahdollisuudet	16
2.2.1 Betonirakenteet	16
2.2.2 Puurakenteet	18
2.2.3 Teräsrakenteet.....	21
2.2.4 Yhdistelmä rakenteet ja -materiaalit	22
3 Kehitystyö purkurakenteiden ja -materiaalien uusiokäytön lisäämiseksi	24
3.1 Merkittävimmät tutkimus- ja kehityshankkeet.....	24
3.1.1 PURATER - Purkumateriaalien kelpoisuus ja terveellisyys.....	25
3.1.2 ReCreate: Reusing precast concrete for a circular economy.....	26
3.1.3 CIRCWASTE – Kohti kiertotaloutta	26
3.1.4 FCRBE – Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe.....	27
3.1.5 CIRCUIIT – Circular Construction in Regenerative Cities.....	27
3.1.6 HYPPY – Rakennusosat ja materiaalit kiertoon – kokeilulla uutta liiketoimintaa	28
3.1.7 WOOL2LOOP	28
3.2 Pilottikohteita Suomessa ja Euroopassa.....	29
3.2.1 CASE 1: Kummatti, Suomi.....	29
3.2.2 CASE 2: Tahkokangas, Suomi.....	31
3.2.3 CASE 3: Upcycle Studios, Tanska.....	33
3.2.4 CASE 4: UN17 Village, Tanska.....	35

3.2.5 CASE 5: Kristian August gate 13, Norja.....	37
3.2.6 CASE 6: Brummen Town Hall, Alankomaat.....	39
3.2.7 CASE 7: Temporary Market Hall, Ruotsi	41
3.2.8 CASE 8: The Resource Rows, Tanska	42
3.2.9 CASE 9: Central Receiving Centre for Honda, Swindon,, Englanti	43
3.2.10 CASE 10: DELTABEAM® Green -liittopalkki ja Peikko pilotointikohteet.....	44
4 Tulevaisuuden näkymät	47
4.1 Lainsäädännön kehitys Suomessa ja Euroopassa	47
4.1.1 Kansainvälisen tason ohjauskeinot.....	47
4.1.2 Kansallisen tason ohjauskeinot.....	49
4.2 Lupatarpeet.....	54
4.3 Haasteet ja mahdollisuudet.....	58
4.4 Parhaat käytännöt	59
5 Johtopäätökset.....	63
Lähteet	65

Esipuhe

Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategiassa 2020–2050 tavoitteeksi on asetettu vähentää rakennusten hiilidioksidipäästöjä vuoden 2020 alusta 90 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Strategian toimeenpano koskee 1,4 miljoonaa vuoden 2020 alkuun mennessä valmistunutta asuin- ja palvelurakennusta. Korjausrakentamisen volyymi Suomessa on noin puolet kaikesta rakentamisesta, joten rakentamisen päästöjen vähentämisessä sillä on merkittävä rooli.

Korjausrakentaminen tuottaa myös paljon jätettä: rakennus- ja purkujätettä syntyy Suomessa kaikkiaan 1,6 miljoonaa tonnia vuosittain. Euroopan unionin jätedirektiivin ja kiertotalouspaketin tavoitteena oli 70 prosentin hyödyntämisasteen saavuttaminen vuoteen 2020 mennessä rakennus- ja purkujätteen osalta. Tämänhetkisestä hyödyntämisasteesta ei ole saatavilla tarkkaa arviota, mutta Tilastokeskuksen mukaan se oli vuonna 2018 n. 54 prosenttia. Ympäristöministeriö onkin ehdottamassa rakennus- ja purkumateriaaliselvitystä osaksi uutta kaavoitus ja rakentamislakia tehostamaan materiaalien uudelleenkäyttöä ja kierrätystä.

Rakentamisen kasvihuonepäästöjen ja jätteen vähentämisen näkökulmasta tulisi tavoitella jätehierarkian eli etusijajärjestyksen noudattamista, jossa materiaaleja ja rakenteita uudelleenkäytetään kierrätyksen sijaan. Tällöin jätehierarkian mukaisesti purkukohteesta ehjänä irrotettu liimapuupalkki voisi jatkossakin toimia uudessa käyttökohteessaan tapauskohtaisesti ei kantavana rakennusosana, sekundääri- tai jopa kantavana primäärirakenteena. Tällöin voidaan vähentää neitseellisten materiaalien käyttöä ja osaltaan pienentää rakennustuotteiden tuotevaiheen päästöjä.

Positiivisen kehityssuunnan saavuttaminen vaatii muutosta, jonka osana ovat niin lainsäädännön, suunnitteluratkaisujen, toteutusmenetelmien kuin ajatusmallien kehittyminenkin. Esimerkkinä tästä on eurooppalainen tuotehyväksyntä, joka ei tällä hetkellä tue vielä käytettyjen rakennusosien uudelleenkäyttöä. Rakentamisen kiertotaloudessa on myös piilevää liiketoimintapotentialia, joka tulee tunnustaa osana ratkaisua.

Tämän selvitystyön on toteuttanut AFRY Finland Oy. Sen kirjoittamiseen ovat osallistuneet Henna Tihinen, Tuomas Suikkanen, Minna Pirilä sekä Arto Toorikka. Selvitystyön laadunvarmistajana ovat toimineet AFRY Finland Oy:stä Jarkko

Soininen sekä Karelia-ammattikorkeakoulusta Mikko Matveinen, Mika Keskisalo ja Jari Kuusisto.

Tämä selvitystyö on tuotettu osana Karelia-ammattikorkeakoulun Vähähiilinen ja energiatehokas korjausrakentaminen EAKR-projektin toimenpiteitä. Projektin tavoitteena on tuottaa uutta tietoa ja menetelmiä vähäpäästöiseen sekä rakentamisen kiertotaloutta edistävään korjaus-rakentamiseen elinkaariarvioinnin avulla. Tutkimus- ja kehittämisprojektin rahoituksesta vastaa Etelä-Savon Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskus EAKR-ohjelmasta. Projektin yhteistyökumppaneina ja osarahoittajana toimivat Business Joensuu, Master Kodit Oy, Joensuun Kodit Oy, Karjalaisen Kulttuurin Edistämisseätiö KKES, Granlund Joensuu Oy ja Saint Gobain Finland Oy.

Joensuussa 28.2.2021,
Mikko Matveinen
projektipäällikkö

1 Johdanto

Selvitystyössä tarkastellaan rakenteiden ja materiaalien ehjänä purkamista ja uudelleenkäyttöä Suomessa ja Euroopassa. Rakenteiden osalta keskitytään erityisesti rakennuksen kannalta merkittäviin rakenneosiin. Selvitys sisältää katsauksen purkamisen ja uudelleenkäytön nykytilaan, kehitystyöhön ja tulevaisuuden näkymiin. Kehitystyön katsaukseen on koottu tietoa merkittävimmistä tutkimus- ja kehityshankkeista sekä pilottikohteista. Tulevaisuuden näkymät keskittyvät lainsäädännön kehittämiseen ja siihen, kuinka lainsäädännön ohjauskeinojen avulla purettujen rakenteiden ja materiaalien hyötykäyttöä pyritään edistämään. Lisäksi tulevaisuuden näkymät -osio sisältää SWOT-analyysin, johon on koostettu purettujen rakenteiden ja materiaalien uudelleenkäytön haasteita ja mahdollisuuksia.

2 Rakenteiden ja materiaalien ehjänä purkamisen ja uusiokäytön nykytila

Suomessa purettavien rakennusosien hyödyntäminen on vielä verrattain vähäistä, vaikka yksittäisten rakennusosien, kuten hirsikehikoiden, hyötykäyttöä on tehty jo pitkään. Esimerkkinä hirsikehikoiden uusiokäytössä toimii mm. Joensuun Metla-talo, jossa on hyödynnetty purkuhirsitä julkisivurakenteissa. Rakennusosien ja materiaalien hyödyntäminen vaatii toteuttajalta erityistä ammattitaitoa ja purkaminen on pitkälti käsityötä, koska vanhoja rakenteita tai esimerkiksi elementtien liitoksia ei ole suunniteltu uudelleenkäytettäväksi. Lisäksi purettavien rakennusosien arvo ja kysyntä on nykyisellään heikkoa, joka rajoittaa tämän tyyppisen liiketoiminnan kehittymistä. Uudelleenkäytettävien rakennusosien laadunvarmistamisesta puuttuu vielä yhtenäiset standardit ja laadunvarmistustutkimukset ovat melko työläitä ja kalliita. Yleisesti rakennustuotteita koskee EU:n rakennustuoteasetus ((EU) N:o 305/2011), joka määrittää CE-merkinnän vaatimukset rakennustuotteen ominaisuuksille ja edellytyksille. CE-merkintä ei kuitenkaan takaa tuotteen käytettävyyttä, vaan merkki osoittaa tuotteen olleen testimenetelmän suoritustason mukainen. On kuitenkin olennaista huomioida, ettei jo käytettyä tuotetta ole mahdollista CE-merkitä uudelleen, mikäli ei voida todistaa, että tuote valmistetaan uudelleen. Jo käytetyn rakennustuotteen kelpoisuuden todentamiseen voidaan käyttää rakennuspaikkakohtaista kelpoisuuden osoittamista siinä tapauksessa, jos tuotteelle ei ole CE-merkintäpakkoa. (Yteki Oy n/d, Huuhka 2010, Ympäristöministeriö 2014)

EU:n rakennustuoteasetus ((EU) N:o 305/2011) ei tällä hetkellä edistä uudelleenkäyttöä. Asetus on velvoittava ja jäsenmaat eivät voi toteuttaa kansallisia menettelyitä, jotka eivät ole yhteneviä EU:n rakennustuoteasetuksen kanssa ja joilla estettäisiin tuotteiden vapaata liikkuvuutta EU:ssa. Mikäli purettua rakennustuotetta on tarkoitus hyödyntää uudelleen ja tuote saatetaan markkinoille, vaikuttaa tuotteeseen rakennustuoteasetuksen lisäksi myös sen nojalla annetut yhdenmukaistetut standardit. Toimijaa, joka saattaa tuotteen uudelleen markkinoille koskee myös valmistajan velvollisuudet. Valmistajan tulee määritellä tuotteen aiottu käyttötarkoitus sekä selvittää tuotteen lainsäädännölliset vaatimukset (esim. kuuluuko tuote yhdenmukaistetun standardin soveltamisalaan ja miten tuotteen ominaisuudet on varmennettava). (Tapiola & Assmann 2022)

Rakennusosien hyödyntämisen tehostamiseen on kuitenkin viimeisen vuosikymmenen aikana alettu panostamaan yhä enemmän. Yhtenä keskeisenä tekijänä on EU-tason lainsäädännöllinen velvoite (EU:n jätedirektiivi EU 2018/851)

rakennusjätteen hyötykäytön lisäämisestä. EU:n uudistetun jätedirektiivin artiklan 9 mukaan

”Jäsenvaltioiden on toteutettava toimenpiteitä jätteen syntymisen ehkäisemiseksi. Kyseisillä toimenpiteillä on ainakin rohkaistava käyttämään tuotteita uudelleen ja ottamaan käyttöön järjestelmiä, joilla edistetään korjaus- ja uudelleenkäyttötoimenpiteitä, mukaan lukien erityisesti sähkö- ja elektroniikkalaitteiden, tekstiilien ja huonekalujen sekä pakkaus- ja rakennusmateriaalien ja -tuotteiden osalta.”

Aiheeseen liittyviä tutkimushankkeita ja rakennusosien hyödyntämiseen keskittyviä pilottikohteita on toteutettu Suomessa viime vuosien aikana. Ehjänä purkamiseen erikoistuneita toimijoita on kuitenkin Suomessa vielä hyvin vähän. Suomessa jäte- ja sivuvirtojen hyötykäytön edistämiseksi on luotu [Materiaalitori -alusta](#), jossa yritykset ja organisaatiot voivat ilmoittaa tarjoamistaan materiaaleista sekä palveluista. Se on luotu edistämään materiaalien hyötykäyttöä ja helpottamaan alan toimijoiden kohtaamista. Materiaalitori on avoin alusta kaikille alan toimijoille ja sen käyttäminen on maksutonta. Vuonna 2020 Materiaalitorin käyttöä velvoitettiin yrityksiltä, jotka käyttävät kuntien toissijaisia jätehuoltopalveluita yli 2 000 eurolla. Vuonna 2021 Materiaalitorin käyttövelvoite laajennettiin koskemaan myös julkisia jätteen haltijoita. (Ympäristöministeriö 2014, EU 2018/851, Materiaalitori n/d)

Joissain Euroopan maissa purettujen rakennusmateriaalien uusiokäytöstä on muodostunut jo liiketoimintaa (Zhang et al. 2020). Rakennusmateriaalien tehokkaampaan hyödyntämiseen ja kokonaisten rakennusosien hyötykäyttöön liittyviä pilotteja ja kehityshankkeita on toteutettu ja paraikaa käynnissä eri puolilla Eurooppaa. Esimerkiksi Green Construction Board on julkaissut raportin ”Zero Avoidable Waste in Construction”, jolla pyritään edistämään vältettävissä olevan rakennusjätteen muodostumista. Vältettävissä olevilla rakennusjätteillä tarkoitetaan siis muun muassa materiaaleja ja tuotteita, joiden muuttuminen jätteeksi voidaan estää ja siten toteuttaa jätehierarkian ensimmäistä tavoitetta ”jätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen” (GCB 2020). Lisäksi Iso-Britanniassa toimii myös Suomen Materiaalitorin kaltainen alusta [Enviromate](#), jossa voi myydä esimerkiksi rakennusmateriaaleja ja -tuotteita (Enviromate Reuse Ltd 2020). Nykyhetkellä laajamittaiset markkinat purettavien rakennusosien hyötykäytön ympärille ovat vasta kehittymässä. Kannattavien liiketoimintamallien kehittäminen ja materiaalien laadunvarmistuksen yhtenäistäminen voidaankin nähdä yhdeksi suurimmista kehittämistarpeista.

2.1 Rakennusmateriaalien ja kokonaisten rakenteiden kunnan todentaminen ja uudelleenkäyttö

Rakenteiden uusiokäytöllä tarkoitetaan sitä, että rakennusta tai sen osia voidaan käyttää sellaisenaan uudessa käyttötarkoituksessa tai käyttökohteissa. Rakennus voidaan esimerkiksi purkaa, siirtää ja rakentaa uudelleen jollekin toiselle rakennuspaikalle tai sen yksittäisiä osia, kuten betonielementtejä, teräsrakenteita tai ikkunoita, voidaan käyttää jonkin toisen rakennuksen rakentamisessa. (Talja 2014) Teräsrakenteiden osalta on todettu, että suurin hyöty saavutetaan kokonaisten rakennusten (esimerkiksi teräsrunkoiset hallit tms.) tai rakennusosien uusiokäytöllä (Coelho et al. 2020).

Kokonaisena hyödynnettävät rakennusosat voidaan jakaa rakennusta jäykistäviin ja kantaviin ns. primäärirakenteisiin, joita ovat muun muassa erilaiset betoni-pilarit ja elementit tai kantavat teräsrakenteet. Lisäksi rakenteet voivat olla ns. sekundäärirakenteita, jotka ovat osa rakenteen kokonaisuutta, mutta eivät ole ratkaisevia rakenteellisen eheyden tai kantavuuden osalta. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi erilaiset ei-kantavat rakenneosat tai välillisesti kuormia siirtävät rakenteet. (Tingley 2012, Talja 2014, Wahaj 2019)

Rakenteiden ja rakennusmateriaalien uudelleenkäytön osalta tutkimusta on tehty jo useiden vuosien ajan. Onkin tärkeää huomata, että osa uudelleenkäytön tutkimuksista ja käyttökokemuksista sijoittuvat ajalle ennen kansallisen hyväksyntämenettelyn päivitystä, joka tapahtui vuonna 2012 (Laki rakennustuotteiden hyväksynnästä 230/2003 ja Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012).

Kaikkia saatavilla olevia uudelleenkäytön käyttökokemuksia ei voidakaan verrata toisiinsa, sillä aiemmissa kokemuksissa ei ole huomioitu ja todennettu viimeisimmän lainsäädännön mukaisia reunaehtoja. Merkittävin muutos lainsäädännössä on nähtävissä lain "Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä" (954/2012) soveltamisalassa, jonka 2 § mainitaan, että

"Tätä lakia sovelletaan sellaiseen rakennustuotteeseen, joka ei kuulu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan".

Aikaisemman lainversion (203/2003) soveltamisala on ollut laajempi sisällöltään rakennustuotteiden kannalta. Rakennustuotteiden kelpoisuuksien osalta, rakennustuotteen valmistaja ei saa asettaa saataville markkinoille sellaisia rakennustuotteita, jotka kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan ja joilla

ei ole CE-merkintää. CE-merkintä on siis pakollinen kaikille rakennustuotteille, joille on määritelty harmonisoitu tuotestandardi. Tuotteelle, jolle ei ole harmonisoitua tuotestandardia, ei myöskään CE-merkintä ole pakollinen. CE-merkinnän kiinnittäminen edellyttää suoritustasoilmoitusta (DoP). Suoritustasoilmoitus tulee laatia harmonisoidun tuotestandardin (hEN) tai eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) mukaisesti ja siinä tulee ilmoittaa tuotteen ominaisuuksien arvot, jotka vaaditaan kansallisten viranomaissäädösten täyttämiseen. Suoritustasoilmoituksen laatii valmistaja.

Rakennustuotteen valmistaja voi hankkia CE-merkinnän myös eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) avulla. ETA-menettelyä käytetään erityisesti uusille ja innovatiivisille tuotteille. Näiden lisäksi Suomessa on mahdollista hyödyntää kansallisia hyväksyntämenettelyitä tuotteille, joissa ei voida käyttää CE-merkintää (eli tuotteet, jotka eivät kuulu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan ja joille ei ole eurooppalaista teknistä arviointia). Rakennustuotteiden kansalliset hyväksyntämenettelyt (tyyppi hyväksyntä, varmennustodistus ja valmistuksen laadunvalvonnan varmentaminen) ovat vapaaehtoisia. (Talja 2014, Rakennustuotteiden tuotehyväksyntälaki 954/2012, Ympäristöministeriö n/d d) Rakennustuotteiden lupatarpeita on tarkemmin käsitelty kappaleessa 0 Lupatarpeet.

Käytetyn rakennustuotteen kelpoisuuden todentamiseen voidaan käyttää rakennuspaikkakohtaista kelpoisuuden osoittamista vain siinä tapauksessa, jos tuotteelle ei ole CE-merkintäpakkoa. Käytännössä kuitenkin esimerkiksi kantavien rakenteiden ja muiden turvallisuuteen ja terveellisyyteen vaikuttavien rakennusosien uudelleenkäyttö ei ole juridisesti mahdollista, ellei juridista vastuuta pystytä määrittämään. Esimerkiksi rakenteilla ja materiaaleilla, joita olisi tarkoitus käyttää uudelleen, tulisi olla kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintasuunnitelmalla tarkoitetaan, että rakenteiden ja rakennusmateriaalien uudelleenkäytön osalta pitäisi pystyä todistamaan, ettei rakenne tai materiaali ole kastunut minkään rakenteen tai materiaalin elinkaaren vaiheen aikana (mm. kuljetus, rakentaminen, käyttö, purkaminen). Tämä tarkoittaisi siis sitä, että esimerkiksi purkaminen tulisi suorittaa säältä suojassa, jolla olisi merkittäviä vaikutuksia esimerkiksi purku-urakan kustannuksiin. Toisin sanoen rakennusosan uudelleenkäyttöä voi siis rajoittaa sen vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen. Vanhoille rakennusosille aikoinaan asetetut vaatimukset (esim. kantavien rakenteiden suunnitteluperusteet) eivät välttämättä ole tiedossa tai vanhat vaatimukset eivät täytä nykyisiä vaatimuksia, jolloin rakennusosan soveltuvuus uudelleenkäyttökohteeseen täytyy pystyä osoittamaan luotettavalla tavalla. (Tingley 2012, Talja 2014)

Yleisesti rakennustuotteiden tulee ominaisuuksiltaan täyttää maankäyttö- ja rakennuslain (MRL 132/5.2.1999, 152 §) asettamat tekniset vaatimukset sekä olla turvallisia ja terveellisiä. Rakennusten suunnittelussa, rakentamisessa sekä muutos-

ja korjaustöissä tulee aina varmistua, että rakennus täyttää sille ennakoitavissa olevat kuormitukset ja tekniset vaatimukset. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (117 §, 117a-117g §) määritellyt olennaisia teknisiä vaatimuksia on koottu alla olevaan taulukkoon 1.

Taulukko 1. Maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL 132/5.2.1999) asetetut tekniset vaatimukset rakenteille ja rakennuksille.

Olennaiset tekniset vaatimukset	
Rakenteiden lujuus ja vakaus (117a §)	Rakenteiden tulee olla lujia ja vakaita, soveltua rakennuspaikan olosuhteisiin sekä kestää rakennuksen suunnitellun käyttöiän.
Paloturvallisuus (117b §)	Rakennus on suunniteltava ja rakennettava käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla paloturvalliseksi.
Terveellisyys (117c §)	Rakennus tulee suunnitella ja rakentaa käyttötarkoituksen ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteiden edellyttämällä tavalla siten, että se on terveellinen ja turvallinen otettaessa huomioon rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto.
Käyttöturvallisuus ja Esteettömyys (117d § & 117e §)	Rakennus tulee suunnitella ja rakentaa siten, että sen käyttö ja huolto on turvallista. Rakennus ja sen piha- ja oleskelualueet suunnitellaan ja rakennetaan niiden käyttötarkoituksen, käyttäjämäärän ja kerrosluvun edellyttämällä tavalla siten, että esteettömyys ja käytettävyyden otetaan huomioon erityisesti lasten, vanhusten ja vammaisten henkilöiden kannalta
Meluntorjunta ja ääniolosuhteet (117f §)	Rakennus ja sen oleskelu- sekä piha-alueet suunnitellaan ja rakennetaan niiden käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla siten, että rakennuksen sekä rakennuspaikan piha- ja oleskelu-alueiden meluallistutus ja ääniolosuhteet eivät vaaranna terveyttä, lepoa tai työntekeä.
Energiatehokkuus (117g §)	Rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla siten, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi.

Rakennusosien ja -materiaalien uudelleenikäytössä tulisi huomioida myös rakennustuotteiden sisältämät haitta-aineet, kuten esimerkiksi asbesti, PAH-yhdisteet ja öljyhiilivety. Lisäksi useat 2000-luvulla valmistetut rakennustuotteet voivat sisältää aineita, jotka nykyään luokitellaan haitallisiksi aineiksi, kuten heksabromisyklododekaani eli HBCDD. HBCDD on lisätty POP-yhdisteiden listalle (muita POP-yhdisteiden listalle kuuluvia aineita on mm. DDT ja PCB). HBCDD on pysyvä orgaaninen yhdiste, ja mikäli sitä havaitaan, tulisi se poistaa kierrosta ja tuhota. HBCDD:n vaaralauseluokat ovat H361 (Epäilläään heikentävän hedelmällisyyttä tai

vaurioittavan sikiötä), H362 (rintaruokinnassa oleville lapsille mahdollisesti haittaa aiheuttava) ja H410 (Pitkäaikainen vaara vesiympäristölle), ja näiden perusteella sen pitoisuusraja on 1 000 mg/kg. HBCDD:tä sisältävät materiaalit kuuluvat jäteluokkaan 17 09 03*. Rakentamisessa HBCDD:tä on käytetty ainakin EPS- ja XPS-tuotteissa viime vuosiin saakka. (Ympäristöministeriö 2019b, Seppälä 2021, Häkkinen 2021, Tapiola & Assmann 2022)

Rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön liittyviä kosteus- ja mikrobivaurioriskejä ei ole erikseen arvioitu lainsäädännössä tai alan yleisissä ohjeistuksissa. Rakentamismääräyksissä sekä muussa uudis- ja korjausrakentamista sekä rakennusten terveellisyyttä ja turvallisuutta käsittelevissä laeissa ja määräyksissä sekä ohjeistuksissa annetaan kuitenkin lukuisia reunaehtoja, jotka koskevat luonnollisesti myös uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita.

Terveydensuojelulain (L 763/1994) perusteella annettu ns. asumisterveysasetus (VNa 545/2015) ja tämän soveltamisohje määrittelevät toimenpiderajoja, joita sovelletaan asuntoihin ja muihin oleskelutiloihin. Näiden perusteella mikrobikasvu rakenteessa ylittää toimenpiderajan, jos sisätiloissa oleskeleva voi sille altistua. Tätä toimenpiderajaa käytetään terveydensuojeluvalvonnassa kynnyksarvona sille, milloin terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa sen poistamiseksi tai rajoittamiseksi on ryhdyttävä toimenpiteisiin. Mikrobikasvu pyritään osoittamaan ensisijaisesti rakennusmateriaalistaotettavilla näytteillä. Mikrobitulosten tulkinta perustuu sekä mikrobien kokonaispitoisuuden että lajiston tarkasteluun. Analyysillä vahvistettua, normaalista poikkeavaa mikrobikasvustoa rakennusmateriaalissa tai pinnalla voidaan pitää toimenpiderajan ylittymisenä ilman aistinvaraista varmistusta tai esimerkiksi kosteusmittausta. (L 763/1994, VNa 545/2015, Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto 2016)

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017) antaa monia reunaehtoja, jotka rakentamisessa tulee huomioida. Asetuksen perusteella sisäisistä tai ulkoisista lähteistä peräisin oleva kosteus ei saa aiheuttaa haittaa rakenteille. Vaatimusta täsmennetään monin tavoin, esimerkiksi siten, että rakennustuotteet ja rakennusosat on suojattava kastumiselta. (782/2017). Näiden vaatimusten täyttymisen todentaminen aiemmin rakennetusta rakennuksesta, jonka osia käytettäisiin uudelleen, lienee mahdotonta. Asetuksessa (782/2017) annetaan myös useita vaatimuksia rakennusten ja rakennustuotteiden ominaisuuksille, jotka eivät välttämättä ole täyttyneet vanhemman rakennuskannan osalta. Asetuksen perusteella esimerkiksi seinärakenteen ulkoverhouksen taakse ei saa joutua vettä tai ulkoverhouksen taakse tunkeutuneen veden ja kosteuden on päästävä poistumaan rakenteita vahingoittamatta, tarvittaessa rakenteen tulee olla tuulettuva (782/2017). Esimerkiksi yhteinäisellä tuuletusraolla varustettuja betonisandwich-elementtejä ei kuitenkaan

ole ollut markkinoilla ennen 1990-luvun loppua (Suomen betoniyhdistys ry 2013). Aiemmat rakenneratkaisut eivät siis useinkaan täytä nykyisiä kosteusteknisiä vaatimuksia.

Rakenteissa ja materiaaleilla voi olla myös mikrobivaurioita. Mikrobeja ja niiden itiöitä on kaikkialla, ja ne ovat osa normaalia elinympäristöä. Mikrobikasvua rakennuksen rakenteissa ei kuitenkaan pidetä hyväksyttävänä. Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen kosteutta, lämpöä ja ravinteita. Todennäköisyyttä mikrobikasvulle rakennusmateriaalissa voidaan arvioida, jos tunnetaan materiaalin homeutumisherkkyys, kosteushistoria ja missä lämpötilassa rakennusmateriaali on ollut. Hyvin mikrobivaurioherkkiä eli herkkiä homehtumaan ovat erilaiset puu- ja paperipohjaiset tuotteet, eläinperäiset materiaalit sekä kartonkipintainen kipsilevy. (Ympäristöministeriö 2016)

Rakenteiden vaurioitumisriskiä voidaan arvioida rakenneratkaisujen pitkäaikaiskestävyydestä ja vaurioitumisesta saadun kokemuksen perusteella sekä rakennusfysikaalisin laskelmin. Myös rakennuksen iän ja korjaushistorian perusteella voidaan arvioida eri materiaalien kuntoa ja mahdollisia ongelmakohtia, jotka ovat tyypillisiä kohteen rakentamisaikakauden rakennuksissa. Käytössä olleissa rakennuksissa ei kuitenkaan tyypillisesti tunneta tarkkaan rakenteiden kosteushistoriaa. Jolloin varmuutta ei ole tietyn rakennusosan altistumisesta kosteudelle niin, että mikrobikasvu olisi mahdollista tai todennäköistä. Tyypillistä on, että esimerkiksi betonin rakennekosteuden (betonin valmistuksessa käytetyn veden tuoma kosteus) johdosta betoniin yhteydessä olevat herkästi vaurioituvat rakennustuotteet voivat vaurioitua, vaikka varsinaista ulkopuolista kosteusrasitusta ei olisikaan. (Ympäristöministeriö 2016)

Niiden rakennusosien osalta, jotka ovat homeutumisherkkyysluokaltaan herkkiä tai kosteusvaurioitumiselle alttiimpia on ennen uudelleenkäyttöä varmistuttava materiaalien kunnosta.

Rakennusosien kunnan tutkimisessa voidaan käyttää kolmen tyyppisiä menetelmiä: rakennetta rikkovia (destructive), rakennetta osittain rikkovia (semi-destructive) sekä rakennetta rikkomattomia (non-destructive) menetelmiä. Yleisiä rakennetta rikkomattomia menetelmiä ovat muun muassa visuaalinen arviointi (väri, näkyvät viat), kemialliset (esim. rakennekoostumus), fysikaaliset (esim. sähköiset ominaisuudet, värähtelyominaisuudet) ja mekaaniset (esim. taivutus, lujuus) testit. (White & Ross 2014, Ross 2015, Jakowska-Lemanska & Sagan 2019) Seuraavassa taulukossa on esitetty Jakowska-Lemanska ja Sagan (2019) sekä Rossin (2015) arvio erilaisten rakennetta rikkomattomien tai rakennetta osittain rikkovien tutkimusmenetelmien soveltuvuus eri rakennusmateriaalien ominaisuuksien tutkimiseen.

Taulukko 2. Rakennetta tuhoamattomien (non-destructive) sekä rakenteita osittain rikkovien (semi-destructive) tutkimusmenetelmien soveltuvuus rakennusjätteiden ja purkumateriaalien kunnan arviointiin. (Kühn 2008, Ross 2015, Jakowska-Lemanska & Sagan, 2019)

Ominaisuus	Menetelmä	Materiaali				
		Teräs	Puu	Betoni	Keramiikka	
Kappaleen mitat ja muoto	Visuaalinen arviointi	+	+	+	+	
	Lasertestaus	+	+	+	+	
Mekaaniset ominaisuudet	Lujuus	Kimmo- vasaratesti (sclerometric test)	+	+/-	+	+/-
		Ultraäänitesti	+	+/-	+	
		Vetolujuustesti	+/-	+/-	+	+/-
		Tärinätesti				
	Kimmo- moduuli	Rasitustesti				
		Akustinen emissio -testi				
		Mekaaninen murtumistesti				
		Vetokoe				
		Koekuormitustesti (test load method)	+	+	+	-
		Ultraäänitesti	+	+	-	-
Fyysiset ominaisuudet	Tiheys	Suorat menetelmät	+/-	+/-	+/-	+/-
		Ultraäänitesti	+/-	+/-	+/-	+/-
		Radiograafiset menetelmät	+/-	+/-	+/-	+/-
		Leikkausvastustesti (trimming resistance method)				
	Väri	Mikroporaustesti				
		Ruuvi ulosvetotesti	-	+	-	-
		Magneettinen hiukkasten tarkastus				
	Kosteus	Pyörrevirtatesti				
		Visuaalinen arviointi	+	+	+	+
		Kemialliset menetelmät	-	-	+	+
Pinnalliset ja sisäiset virheet rakenteessa	Kosteus	Sähköiset menetelmät	-	+	+	+
		Termograafiset menetelmät	-	+	+	+
	Visuaalinen arviointi	Visuaalinen arviointi	+	+	+	+
		Akustiset menetelmät (ultraääni)	+	+	+	+
		Radiograafiset menetelmät	+	+/-	+/-	+/-
Korroosio	Kemiallinen	Leikkausvastustesti (trimming resistance method)	-	+	-	-
		Termograafiset menetelmät	+	+	+	+
Korroosio	Kemiallinen	Visuaalinen- ja mikroskooppinen arviointi	-	+	+/-	+/-
		Visuaalinen arviointi	+	-	+/-	+/-
		Kemialliset ja elektrokemialliset menetelmät	+	-	+	+
		Rikkipitoinen painatus (sulphurous print)				

2.2 Uusiokäytön mahdollisuudet

2.2.1 Betonirakenteet

Uusiokäytettävien kantavien rakenteiden kunto on tutkittava aina erikseen tuleva käyttötarkoitus huomioiden. Betonielementeistä tyypillisesti tutkittavia parametreja ovat pakkasrapautuminen, karbonisoituminen, terästen asema, korroosio, kantokyky ja puristuslujuus esim. kimmovasaralla standardien SFS-EN 12504-2:201324 ja kimmoarvon osalta SFS-EN 13791:2019. Puristuslujuuden arviointi voidaan tehdä julkaisun by 65 Betoninormit mukaan. (Huuhka 2010)

Kantavien rakenneosien uudelleenkäytössä käyttökohteet tulee lähtökohtaisesti suunnitella niin, että rakenteiden päämitat, jännevälit ja kuormitukset ovat joko samaa suuruusluokkaa tai pienempiä kuin se mihin rakennusosat on alkuperin suunniteltu. Vastaavasti myös rakenteen käyttöolosuhteiden tulee vastata aiempaa rasitusluokkaa tai olla rasitukseltaan vähäisempiä verrattuna rakenteen alkuperäiseen rasitusluokkaan. Eli käytännössä betonipilareita, joita on suunniteltu käytettävän rasitusluokassa XC1 (normaalit kuivat sisätilat), ei voida käyttää rasitusluokassa XC4 (pystyrakenteet ulkona, osarakenteesta voi olla sateelta suojattu, osa sateelle altis, esim. julkisivut). Mikäli näin kuitenkin tehdään, on tehtävä rakenteellisia parannuksia, kuten lisättävä suojabetonikerrosta tai pintakäsittelyitä. Rakennusosien uusiokäytön soveltuvuus vaativampiin käyttökohteisiin tulee todentaa erikseen (Taulukko 3). (Punkki 2004, Palolahti 2011)

Betonielementtien osalta niiden kuntoon vaikuttaa erityisesti purkutapa sekä käyttöolosuhteen rasitusluokka (Punkki 2004, Asam 2007). Saksassa tehtyjen tutkimusten perusteella purettavien betonielementtien tekniset ominaisuudet ovat olleet lähes uusia rakenteita vastaavia (Asam 2007).

Teknisten ominaisuuksien lisäksi betonirakenteista tulee selvittää esim. sauma-aineiden sisältämät haitta-aineet, kuten PCB-yhdisteet tai asbesti, sekä mahdollisten elementtien eristeiden mikrobivauriot (mm. sädesieni). Haitta-aineiden osalta on hyvä huomioida rakennuksen aiemmat toiminnot (esim. öljykattilahuoneet, autotallit tai muut öljyjen/kemikaalien säilytystilat). Haitta-aineita ja asbestia sisältävät rakennusosat tunnistetaan AHA-kartoituksen yhteydessä. (Huuhka 2010, Lahdensivu et al. 2015)

Taulukko 3. Betonirakenteiden uudelleenkäyttöpotentiaali (mukaillen Lahdensivu et al. 2015).

	Kosteus- ja mikrobivauriot	Betonin vauriot	Irrotettavuus	Uudelleenkäyttöpotentiaali
Maanvastaiset paikalla valetut betonialapohjat	--	0	0	0
Ontelolaatat	0	0*	+	++
Kuorilaatat	0	0*	0	0
Massiivilaatat	0	0*	+	++
TT-/HTT-laatat	0	0*	++/++	++/+
Pilari – holkkiliitos	0	0*	++	+
Pilari – pulttiliitos	0	0*	++	+
Suorakaidepalkki	0	0*	++	+
Leukapalkki	0	0*	+++*	+
I-/HI-palkki	0	0*	++/++	+/+
Kuorielementit	0	--	+	0
Kantava Sandwich-elementti	-	--	+	+
Ei-kantava Sandwich-elementti	-	--	+	+
Elementtiportaat	0	0	++	+
Väliseinäelementit	0	0	+	++****
Parveke-elementit	0	--	+++*	+
Paikallavalurunko	0	0	0	0

* Voivat vaurioitua irrotettaessa.

** Ontelolaattojen irrottaminen saattaa olla hankalaa, vaatii tukemisen purkamisen ajaksi.

*** Ulokeparvekkeiden purkaminen ei onnistu ehjänä.

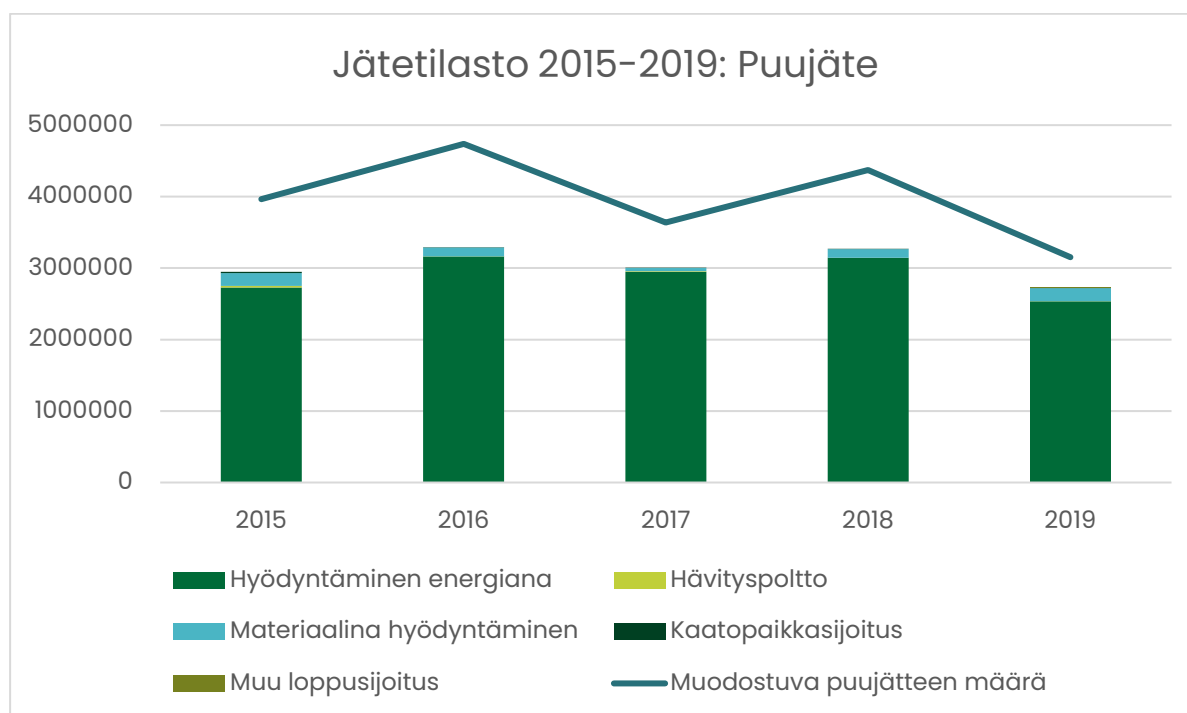
**** Voidaan käyttää esim. lisäeristettyinä ulkoseinäinä, ei voi käyttää säälle alttiissa rakenteissa puutteellisen pakkasenkestävyyden vuoksi.

Taulukossa 2 käytetty luokitus:

Kosteus- ja mikrobivauriot:	Betonin vauriot:
0 = ei vaurioita	0 = vauriot vähäisiä
- = vauriot harvinaisia	- = vaurioita esiintyy, mutta ne eivät vaadi korjausta
-- = paikallisesti vaurioituneita	-- = vauriot vaativat korjausten ennen uudelleenkäyttöä (esim. korroosiosuojaus julkisivuissa)
Irrotettavuus:	Uudelleenkäyttöpotentiaali:
++ = liitokset mahdollistavat helpon irrottamisen	++ = uudelleenkäytettävissä uudessa ja nykyisessä käyttötarkoituksessa
+ = liitokset mahdollistavat irrottamisen	+ = uudelleenkäytettävissä nykyisessä käyttötarkoituksessa
0 = rakenneosaa ei ole irrotettavissa ehjänä	0 = vähäinen uudelleenkäyttöpotentiaali

2.2.2 Puurakenteet

Suomessa nykyinen rakennuskanta koostuu jopa 45 % puumateriaalista, joka tekee siitä määrällisesti yhden merkittävimmistä purkujättejakeista. Nykyiseltään purkamisesta muodostuvaa puumateriaalia hyödynnetään materiaalina tai kokonaisina rakennusosina hyvin vähän ja suurin osa purkupuusta hyödynnetään energiana. (Huuhka, 2018) Kyseinen ilmiö on nähtävissä alla olevassa kuvassa 1 johon on koottu Tilastokeskuksen sivuilta tietoa vuosien 2015–2019 puujätteen käsittely- ja muodostumismäärien osalta (Tilastokeskus 2021).



Kuva 1. Jätetilasto 2015–2019. (Tilastokeskus 2021)

Uusiokäytettävissä puurakenteissa, kuten hirsirakenteissa, vauriot voivat olla joko biologisia (kosteudelle altistuminen ja mikrobivauriot) tai mekaanisia (esim. käytön tai purkamisen yhteydessä). Tavallisesti puun lujuusominaisuudet ovat hyvät (puristus- ja vetovoimia vastaan) ja mahdollistavat uudelleenkäytössä kuormituksen suunnan muuttamisen. Kuitenkin puussa on luonnollisia lujuutta heikentäviä virheitä, jotka pysyvät puussa koko käyttöiän ajan (kuten oksat, vinosyisyys, halkeamat). Tämän vuoksi puurakenteen ominaisuudet on syytä tarkastella erityisesti silloin kun uudelleenkäytettävän puurakenteen kuormituksen suuntaa tai suuruutta on tarkoitus muuttaa. Lisäksi puurakenteissa tulee huomioida muun muassa rakenteiden taipumat, jotka syntyvät usein pitkäaikaisen kuormituksen myötä materiaalin virumisen vaikutuksesta, erityisesti vaakarakenteissa (palkistot). Puurakentamisessa on hyvä ottaa huomioon myös puun kosteuseläminen. Kosteuden vaihdellessa puu kutistuu ja turpoaa, joka johtuu puun sisäisestä

solurakenteesta. Lisäksi puu tulee kuivattaa ennen sen käyttämistä rakentamisessa puun kutistumisen vuoksi. Kaiken kaikkiaan puun tilavuus kutistuu kuivattamisen aikana tavallisesti noin 8–18 %. (Saranpää 1997, Huuhka et al. 2018)

Puurakenteiden pintakäsittely (esim. maalaaminen) on tavanomaista ja siitä syystä suurin osa uudelleen käytettävistä puurakenteista on maalattua tai pintakäsiteltyä. Puurakenteen pintakäsittelyllä voi olla merkittäviä vaikutuksia uudelleenkäyttöön, sillä suuri osa vanhoista (sekä uusista) maaleista luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi. Aikaisemmin käytetyt maalit voivat sisältävää raskasmetalleja, tai ainakin titaanidioksidia (TiO_2), suurina pitoisuuksina, johtaen vaarallisen jätteen luokitukseen. Lisäksi osa vanhemmista maaleista saattaa sisältää myös PCB-yhdisteitä (polyklooratut bifenyylit). Kuitenkin puuosien pintakäsittely on mahdollista uusien tai korjata tarpeen mukaan, mutta se nostaa kustannuksia ja työmäärää. (Huuhka et al. 2018)

Puurakentamisessa ei ole vastaavia rasitusluokkia kuin betonirakentamisessa. (Puuinfo Oy 2018) Puurakentamisessa rakenteet jaotellaan seuraaviin käyttöluokkiin:

- 1) Käyttöluokka 1: Lämmitetty sisätila tai muu vastaava kohde, jossa on vastaavat kosteusolosuhteet.
- 2) Käyttöluokka 2: Ulkoilmassa (kuiva), rakenne on katetussa ja tuuletetussa tilassa, lisäksi rakenne on alta ja sivuilta suojattu kastumiselta.
- 3) Käyttöluokka 3: Altistuu sääolosuhteiden vaihtelulle, on kosteassa tilassa tai veden välittömän vaikutuksen alla.

Käyttöluokkien lisäksi puurakentamisessa hyödynnetään toleransseja, jotka on jaoteltu muun muassa valmistus- ja asennustoleransseihin. Valmistus- ja asennustoleranssit voivat olla vaatimuksiltaan erilaiset. (SFS 5978) Yleisesti toleranssiluokkia on kolme:

- 1) Toleranssiluokka 1: Hallirakennusten ja vastaavien rakennusten rakennusosat, joille voidaan sallia alhaisemmat mittatarkkuus- ja ulkonäkövaatimukset kuin luokassa 2.
- 2) Toleranssiluokka 2: Asuin-, liike- ja toimistorakennusten ja niitä vastaavien rakennusten rakennusosat. Yleisin asennustarkkuusluokka.
- 3) Toleranssiluokka 3: Vaaditaan erityistä mittatarkkuutta ja joilla on erityisen korkeat ulkonäkövaatimukset.

Puurakenteiden uudelleenkäytössä tulisi huomioida valmistuksen toleranssit sekä rakenneosien asentamisessa asennustoleranssit. Puurakenteiden uudelleenkäytön käyttöolosuhteiden tulisi vastata sekä aiempia käyttö- että

toleranssiluokkia tai olla luokkakohtaisesti tiukempia vaatimuksiltaan. Mikäli puurakennetta tai -rakennusosaa on tarkoitus hyödyntää aiempaa käyttöolosuhteesta korkeammassa käyttöluokassa, tulee tehdä rakenteellisia parannuksia (esim. pintakäsittely, huomioida viruma sekä kuorman keston ja kosteuden vaikutuksen muunnoskertoimet). (Puuinfo Oy 2018, SFS 5978)

Hyötykäytön kannalta puurakenteista on tarpeellista selvittää niiden soveltuvuutta uudelleenkäytettäväksi. Huuhka *et al.* (2018) ovat esittäneet kolmipor- taista arviointiasteikkoa puurakenteiden uudelleenkäytön arvioimisessa:

- 1) Soveltuu uudelleenkäytettäväksi sellaisenaan
- 2) Soveltuu uudelleenkäytettäväksi mekaanisesti puhdistettuna
- 3) Ei sovellu uudelleenkäyttöön

Puurakenteiden puhtauden arvioimisessa tulisi huomioida myös uudelleenkäytökohdetta ja sijaintia. Erityisesti kohteissa, jossa puhtauden suhteen on asetettu korkea vaatimustaso tai kohteessa noudatetaan terveen talon toteutuksen kriteerejä (RT 07-10805, RT 07-10832), tulisi uudelleenkäytettävien puurakenteiden laatu ja puhtaus varmistaa riittävän kattavilla laboratorioanalyysillä. Käytöstä poistetun puun luokittelussa voidaan soveltuvilta osin käyttää myös VTT puujätteen luokittelua, jossa jättepuu luokitellaan neljään eri laatuluokkaan. A- ja B luokan puu on suurelta osin puhdasta tai kemiallisesti käsiteltyä soveltuen biopolttoaineeksi. C luokka on pintakäsiteltyä esim. lakattu soveltuen kierrätyspolttoaineeksi ja D- luokassa kyllästettyä eli vaarallista jätettä (VTT 2014)

Mekaanisesta puhdistamisesta, kuten sahauksesta, höyläyksestä tai hionnasta, ei ole vielä riittävästi kokemuksia tai tietoa esimerkiksi kosteus- tai mikrobivaurioituneiden rakenteiden uudelleenkäytössä. Esimerkiksi raja- suus puurakenteen kosteusvaurioituneen osan turvaetäisyyksistä tai puhdistamissyvyydestä vaatii vielä lisätietoa. Seuraavassa taulukossa 4 on esitetty eri puurakenteiden soveltuvuutta eri kriteerien perusteella uudelleenkäyttöön. (Huuhka *et al.* 2018)

Taulukko 4. Arvio erityyppisten puurakenteiden uudelleenkäyttöpotentiaalista (Huuhka et al. 2018)

Rakenne	Soveltuvuus uudelleen-käyttöön	Vauriot, ter-veyshaitat ja haitta-aineet	Purettavuus, nostettavuus, uudelleen-liitettävyys	Materiaalin ja osien koko, ja/tai laatu	Arvo uudelleenkäytet-tynä
Hirsirakenteet	+++		+++	+++	+++
Rankarakenteet	-	(- -)...(0)*	- / 0	- / 0	0
Pien- ja suurelemen-tit, rankarak. tilaele-mentit, elementiksi muokatut rankara-kenteet	0 / +	(-) / 0*	+	+ / ++	+
Puiset vesikatto-rakenteet	+	(-) / 0*	0 / +	+ / ++	+
Naulalevyristikko-rakenteet	++	(-) / 0*	++	++	++
Massiivipuulevy-rakenteet	+	+	++	++	++
Kehä- ja ristikko-rakenteet	++	(--)-(++)	+++	+++	++
Liimapuupalkit ja -pilarit	+++	(--)-(++)	+++	+++	+++
Välipohjapalkit, saha-tavara	0	(-)-(+)*	0	+	0/+
Välipohjapalkit, viilu-puu	++	+	+	++	+++

() Riippuu rakentamisajankohdasta

* Haitta-aineita mahdollisissa liittyvissä rakenteissa

2.2.3 Teräsrakenteet

Uudelleenkäytettävien teräsrakenteiden tulisi olla vaurioitumattomia eikä niissä tulisi olla esimerkiksi merkittäviä pysyviä muodonmuutoksia, kolhuja tai raken-teellisesti merkittävää korroosiota. VäsytySKUORMITETUISSA rakenteissa, jotka altis-tuvat jatkuvalle dynaamiselle rakenteille mm. koneet tulee huomioida oletettu väsymiskestävyys. Jos on oletettavissa, että väsymiskestävyys on alentunut, tulisi heikentävät virheet tekijät poistaa ja varmistaa mitoituksen edellytysten toteutu-minen. Uudelleenkäytettävän teräksen tulee täyttää tietyt laatuvaatimukset, jotta se voidaan uudelleen sertifioida käytettäväksi standardin EN 1993 mukaisesti. Rauta-teräs ja alumiiniromulle on jo olemassa End of Waste- kriteerit ((EU) N:o 333/2011) ja kupariromulle ((EU) N:o 715/2013)

Teräsrakenteiden uudelleenkäytön osalta on otettava huomioon ympäristönrasi-tusluokat (ympäristörasitusluokat on määritelty standardissa SFS-EN ISO 12944-2:2017). Yleisesti uudelleenkäytettävän teräsrakenteen rasitusluokan tulee vas-tata aiempaa rasitusluokkaa tai olla rasitukseltaan vähäisempi, kuten todettiin

myös aiemmin muiden rakenteiden osalta. Mikäli teräsrakennetta on tarkoitus hyödyntää suuremmissa rasti-luokassa, on teräsrakenteelle tehtävä rakenteellisia parannuksia, kuten korroosionesto (mm. teräsrakenteen sinkitys tai maalaus). (BCSA and GA Publication 2005, Fujita & Masuda 2014, Coelho *et al.* 2020) Teräsrakenteiden liiallisesta kuormittumisesta aiheutuvia väsymisvaurioita ovat muun muassa halkeamat/säröt. Mikäli teräsrakennetta on tarkoitus hyödyntää rakenteessa havaitun halkeaman/särön jälkeen, on syytä arvioida vaurion syy, jonka jälkeen rakenne voidaan korjata ja vahvistaa. Väsymismurtoa voi aiheuttaa muun muassa värinä, liitosvirheet ja hitsausviat. Mahdollisia korjaus- ja vahvistustoimenpiteitä näille on esimerkiksi liitosten puluttaaminen, liitännän muokkaaminen ja muodon parantaminen. Korjausmenetelmiä on tarkemmin käsitelty Kühn *et al.* (2008) julkaisemassa raportissa. (Kühn *et al.* 2008)

2.2.4 Yhdistelmä-rakenteet ja -materiaalit

Yhdistelmä-rakenteella tarkoitetaan esimerkiksi sandwich-elementtiä, joka koostuu kahdesta eri materiaalista, esimerkiksi puusta ja betonista tai betonista ja teräksestä (Zenkert 1997). Yhdistelmä-rakenne voi olla esimerkiksi puun ja betonin yhdistelmä, kuten CLT-betoni-liittorakenne. Tavallisesti puu-betoni yhdistelmä-rakenteiden uudelleenkäyttö on haastavaa, erityisesti pysyvien liittorakenteiden vuoksi. Myös materiaalien kierrättämisen kannalta tarkasteltuna materiaalien sekoittuminen on haaste, sillä purkamisen aikana syntyy huomattava määrä kiinteää jätettä, jossa puu ja betoni ovat sekoittuneet. Tästä syystä on tärkeää, että CLT-betoni-liittorakenne on toteutettu siten, että se on myöhemmässä vaiheessa myös helposti purettavissa. Näin on mahdollista edistää yhdistelmä-materiaalien uudelleenkäytettävyyttä. (Van Thai *et al.* 2020)

Käytännön kannalta sekä kaupallisesti tarkasteltuna CLT-betoni-liittorakenteen uudelleenkäyttö on todella haastavaa, eikä sen uudelleenkäytöstä juurikaan ole olemassa käyttökokemuksia. Kuten aiemmin on todettu (2.1 Rakennusmateriaalien ja kokonaisten rakenteiden uudelleenkäyttö ja kunnan todentaminen), lainsäädännön asettamat vaatimukset rakenteiden ja materiaalien kunnan todentamiselle ovat merkittävät ja käytännön kannalta haasteelliset toteuttaa. Esimerkiksi kosteudenhallintasuunnitelman osalta on lähes mahdotonta käytännössä todentaa, ettei rakenteeseen ole missään vaiheessa sen elinkaarta päässyt kosteutta.

Esimerkkinä yhdistelmä-rakenteesta on Metsä Woodin kehittämä hybridiseinäelementti, jossa yhdistyy sekä puu että betoni. Hybridielementin on todettu tarjoavan ympäristöystävällisemmän ratkaisun, ja sitä voidaan hyödyntää helposti tavanomaiden kerrosrakenteiden betoniseinäelementtien (sandwichielementtien) sijaan. Hybridielementin puuosa on valmistettu Metsä Woodin Kerto LVL-materiaalista, joka on kevyttä. Keveyden ansiosta hybridielementtien valmistus sekä

kuljetus ovat aiempaa nopeampia sekä niiden nostaminen on helpompaa. Kerto LVL on valmistettu havupuuviiilusta liimaamalla ja se voi olla joko palkki- tai puulevytuote. (Metsä Wood 2022b, Metsä Wood 2022a)

3 Kehitystyö purkurakenteiden ja - materiaalien uusiokäytön lisää- miseksi

3.1 Merkittävimmät tutkimus- ja kehityshankkeet

Viime vuosien aikana on toteutettu useita tutkimus- ja kehityshankkeita, joiden avulla on pyritty edistämään purkurakenteiden ja -materiaalien uudelleenkäyttöä. Alla olevaan taulukkoon 5 on koottu Suomessa ja Euroopassa toteutettuja merkittäviä tutkimus- ja kehityshankkeita. Hankkeet on tarkemmin esitelty kappaleissa 3.1.1–3.1.7.

Taulukko 5. Merkittävimpiä tutkimus- ja kehityshankkeita.

Merkittävimmät tutkimus- ja kehityshankkeet		
Hankkeen nimi	Toteuttajat	Toteutusvuosi
Purater - Purkumateriaalien kelpoisuus ja terveellisyys	Ramboll (koordinaattori), Työterveyslaitos, Laurea ammattikorkeakoulu ja Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK Tech.	6/2020–12/2021
ReCreate: Reusing precast concrete for a circular economy	Tampereen Korkeakoulusäätiö (FI), Kungliga Tekniska Högskolan (Swe), Technische Universiteit Eindhoven (NE), Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (DE), Liike Oy Arkkitehtitoimisto (FIN), Helsingborgshem AB (SWE), Consolis AB (SWE), IMD Raadgevende Ingenieurs BV (NL), Ecosoil OST GMBH (GER), Dreetz Jochen (GER), Tampereen kaupunki (FIN), Hrvatski Savjet za Zelenu Gradnju (HR), Ramboll Finland Oy (FIN), Umacon Oy (FIN), P. Jahne Ingenieurburo GMBH (GER), Skanska talonrakennus Oy (FIN).	4/2021–3/2025
CIRCWASTE – Kohti kiertotaloutta	Suomen ympäristökeskus (koordinaattori), 19 muuta partneria.	10/2016–11/2023
FCRBE - Facilitating the circulation of reclaimed building elements in North-western Europe	Rotor (koordinaattori), Salvo Ltd, Construction Confederation, Belgian Building Research Institute, Scientific and technical Center for Building, Brussels Environment, University of Brighton, Bellastock, City of Utrecht, Luxembourg Institute of Science and Technology, Delft University of Technology	2018–2023

CIRCUI - Circular Construction in Regenerative Cities	City of Copenhagen (Tanskan klusterin koordinaattori), Hampurg (Saksan klusterin koordinaattori), ReLondon (Englannin klusterin koordinaattori), HSY (Suomen klusterin koordinaattori) sekä 27 muuta partneria	2019–2023
HYPPIY – Rakennusosat ja materiaalit kiertoon – kokeilulla uutta liiketoimintaa	Green Net Finland (koordinaattori), Metropolia ammattikorkeakoulu, Suomen ympäristöopisto SYKLI ja Hämeen ammattikorkeakoulu, Uudenmaan liitto, Hämeen liitto, Helsingin kaupunki, Forssan kaupunki, Työvalmennussäätiö Luotsi.	9/2019–1/2022
WOOL2LOOP	Saint-Gobain Finland Oy (koordinaattori), Oulu University, Ecophon Aktiebolag (Ruotsi), Timegate Instruments Oy (Suomi), Zavod Za Gradbenistvo Slovenije (Slovenia), Termit D.D (Slovenia), Cloverstrategy LDA (Portugali), Cware (Tanska), Recycling Assistance BVBA (Belgia), Technische Universiteit Delft (Alankomaat), XtreeE (Ranska), Zavod 404 (Slovenia), CRH Nederland BV (Alankomaat), Tree Capital SP.Z.O.O. (Puola)	2019–2021

3.1.1 PURATER – Purkumateriaalien kelpoisuus ja terveellisyys

Hankkeen tavoite on kuvattu seuraavasti:

“PURATER-hanke auttaa kehittämään Suomen kansallista kiertotalouden ohjausta niin, että purkumateriaalien hyödyntäminen sekä uudelleenkäytön että kierrätyksen näkökulmasta helpottuu. Samalla tuotetaan pohjatietoa Suomen kantojen muodostamiseksi EU rakennustuoteasetuksen päivitystä varten.”

- Arvioidaan erilaisten tiedossa olevien kemiallisten yhdisteiden esiintymisen rakennusmateriaalien uudelleenkäytössä ja sitä kautta rakennuksessa sekä sisäilmassa ja niiden vaikutuksia tilojen käyttäjille.
- Hanke tuottaa tietoa valtioneuvoston säädösvalmistelun pohjaksi EU rakennustuoteasetuksen jatkovalmistelussa
- Hankkeen kautta syntyy ajantasaista tietoa purkujätteen hyödyntämisen markkinapotentiaalista sekä niistä keinoista, joiden avulla tätä markkinaa voidaan eri ohjauskeinojen avulla tukea ja kasvattaa.

Hankkeen aikataulu: 6/2020–12/2021

Hankkeen osapuolet: Ramboll (koordinaattori), Työterveyslaitos, Laurea ammattikorkeakoulu ja Hämeen ammattikorkeakoulu HAMK Tech.

Hankkeen kotisivu: <https://www.ttl.fi/tutkimus/hankkeet/purkumateriaalien-kelpoisuus-eri-kayttokohteisiin-turvallisuuden-ja-terveellisyyden-nakokulmasta>

3.1.2 ReCreate: Reusing precast concrete for a circular economy

Hankkeessa demonstroidaan betonielementtien purkamista ja uudelleenkäyttöä. Hankkeessa selvitetään minkälaisia muutoksia purkamisen nykyisiin toimintatapoihin ja malleihin tarvitaan, jotta kokonaisten betonielementtien hyödyntämistä voitaisiin laajamittaisemmin edistää. Hankkeessa demonstroidaan neljää pilottikohdetta, joissa huomioidaan eri maiden erot rakennusmateriaaleissa, rakennusalan sääntelyssä ja paikallisessa toimintaympäristössä. Hanke edistää mm. purkuhanketta edeltävien auditointien, nopeiden laadunvarmistus ja standardointimenetelmien, logistiikan, jäljitettävyyden, tietomallien ja digitaalisten markkinoiden integrointia. Lisäksi hankkeessa analysoidaan uudelleenkäytettävien betonielementtien markkinapotentiaalia EU:ssa ja minkälainen merkitys uudelleenkäytöllä on EU:n ilmastotavoitteiden saavuttamisessa.

Hankkeen aikataulu: 4/2021–3/2025

Hankkeen osapuolet: Tampereen Korkeakoulusäätiö (FI), Kungliga Tekniska Hoegskolan (Swe), Technische Universiteit Eindhoven (NE), Brandenburgische Technische Universitat Cottbus–Senftenberg (DE), Liike Oy Arkkitehtitoimisto (FIN), Helsingborgshem AB (SWE), Consolis AB (SWE), IMD Raadgevende Ingenieurs BV (NL), Ecosoil OST GMBH (GER), Dreetz Jochen (GER), Tampereen kaupunki (FIN), Hrvatski Savjet za Zelenu Gradnju (HR), Ramboll Finland Oy (FIN), Umacon Oy (FIN), P. Jahne Ingenieurburo GMBH (GER), Skanska talonrakennus Oy (FIN).

Hankkeen kotisivu: <https://cordis.europa.eu/project/id/958200>

3.1.3 CIRCWASTE – Kohti kiertotaloutta

CIRCWASTE – Kohti kiertotaloutta on seitsenvuotinen hanke, joka edistää materiaalivirtojen tehokasta käyttöä, jätteen synnyn ehkäisyä ja materiaalien kierräystä. Tavoitteena on luotsata Suomea kohti kiertotaloutta ja toteuttaa valtakunnallista jättesuunnitelmaa. CIRCWASTE on 20 kumppanin ja 10 osarahoittajan luomus, jonka koordinaattorina toimii Suomen ympäristökeskus (SYKE). Hanke saa pääosan rahoituksesta Euroopan komission LIFE-ohjelmasta.

Hankkeen kahdessa osaprojektissa (Puhas Oy ja Porin kaupunki) keskitytään rakennus- ja purkujätteen kierrätyksen tehostamiseen. Osahankkeissa haetaan parhaita käytäntöjä pilot-kohteista.

Hankkeen aikataulu: 10/2016–11/2023

Hankkeen kotisivu: <https://www.materiaalitkiertoon.fi/fi-FI>

Rakennusjätteiden hyötykäyttöön liittyvät osahankkeet:

[Puhas Oy & Porin kaupunki](#)

3.1.4 FCRBE – Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe

Hankkeen tavoitteena on lisätä kierrätettyjen rakennuselementtien määrää 50 % Luoteis-Euroopassa vuoteen 2032 mennessä. Hankkeessa kehitetään taloudellisesti kannattavia ja skaalautuvia uudelleenkäyttömuotoja rakennuselementeille. Hankkeen aikana toteutetaan yhteensä 36 erilaista pilottia Ranskan, Belgian ja Englannin alueella, joissa testataan mm. uudelleenkäyttö auditointimenetelmää (reclamation audit method), jonka avulla arvioidaan purkukohteen uudelleenkäyttöpotentiaalia.

Hankkeen aikataulu: 2018–2023

Hankkeen osapuolet: Rotor (koordinaattori), Salvo Ltd, Construction Confederation, Belgian Building Research Institute, Scientific and technical Center for Building, Brussels Environment, University of Brighton, Bellastock, City of Utrecht, Luxembourg Institute of Science and Technology, Delft University of Technology

Hankkeen kotisivu: <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/>

3.1.5 CIRCuIT – Circular Construction in Regenerative Cities

CIRCuIT on EU:n Horisontti 2020 -ohjelman rahoittama kansainvälinen rakentamisen kiertotalouteen keskittyvä hanke. Hankkeen tavoitteena on vauhdittaa rakentamisen kiertotaloutta Euroopassa kolmella osa-alueella: ”

- Rakennusten purkaminen, rakennusosien uudelleenkäyttö, rakennusmateriaalien kierrätys
- Rakennusten elinkaarien pidentäminen kunnostamisen avulla ja rakennusten käyttötarkoitusta muuttamalla
- Rakennusten monikäyttöisyyden ja muunneltavuuden kehittäminen, purettavaksi suunnitellut rakennukset

Hankkeessa on tarkoituksenaan kehittää myös toimintamalleja kaupunkien kiertotalousratkaisujen lisäämiseksi rakennetussa ympäristössä. Toimintamallien kehittämiseksi hankkeeseen osallistuvien kaupunkien käyttöön luodaan ”Circularity Hub” -rakentamisen kiertotaloustiedon alusta sekä CIRCuIT Academy -verkosto, näiden avulla tuetaan kiertotalousratkaisujen käyttöä rakentamisessa ja varmistetaan tiedonkulku.

Hankkeen aikataulu: 2019–2023

Hankkeen osapuolet: City of Copenhagen (Tanskan klusterin koordinaattori), Hampurg (Saksan klusterin koordinaattori), ReLondon (Englannin klusterin koordinaattori), HSY (Suomen klusterin koordinaattori) sekä 27 muuta partneria

Hankkeen kotisivu: <https://www.circuit-project.eu/>

3.1.6 HYPPY – Rakennusosat ja materiaalit kiertoon – kokeilulla uutta liiketoimintaa

Hankkeessa pyritään kehittämään uusia toimintamalleja rakennusosien ja materiaalien hyödyntämiseksi sekä edistetään rakennusosien ja materiaalien uudelleenkäyttöä joko sellaisenaan tai jatkojalostettuna. Hankkeen avulla edistetään valtakunnallisia kiertotalous- ja päästötavoitteita. HYPPY-hankkeessa hyödynnetään aiemman RANTA-hankkeen (päättynyt 2019) tuloksia ja kokemuksia. Hankkeen rahoittajina toimivat Euroopan aluekehitysrahasto EAKR, Helsingin kaupunki, Forssan kaupunki ja Hämeenlinnan Seudun Työvalmennussäätiö Luotsi.

Hankkeen aikataulu: 9/2019–1/2022

Hankkeen osapuolet: Green Net Finland (koordinaattori), Metropolia ammattikorkeakoulu, Suomen ympäristöopisto SYKLI ja Hämeen ammattikorkeakoulu, Uudenmaan liitto, Hämeen liitto, Helsingin kaupunki, Forssan kaupunki, Työvalmennussäätiö Luotsi.

Hankkeen kotisivu: <https://gnf.fi/fi/gnf/hyppy/>

3.1.7 WOOL2LOOP

WOOL2LOOP-hanke tarjoaa uusia älykkäitä purku- ja lajittelutekniikoita yhdistettynä uuteen mineraalivillajätteen analyysimenetelmään, joka mahdollistaa materiaalin erottamisen sen alkaliaktiivisuuden soveltavuuden perusteella. Oulun yliopiston geopolymeeritekniikka mahdollistaa mineraalivillajätteen hyödyntämisen arvokkaana resurssina uusille keraamisille ja betonityyppisille tuotteille.

Hankkeen yleinen tavoite on ohjata mineraalivillajätettä hyötykäyttöön loppusijoittamisen sijaan ja tehostaa mineraalivillajätteen hyödyntämistä uusissa tuotteissa. Hankkeella edistetään rakennusteollisuuden kestävien, vaihtoehtoisten ja ei-tavanomaisten raaka-aineiden saatavuutta myös tulevaisuudessa.

Hankkeen aikataulu: 2019–2021

Hankkeen osapuolet: Saint-Gobain Finland Oy (koordinaattori), Oulu University, Ecophon Aktiebolag (Ruotsi), Timegate Instruments Oy (Suomi), Zavod Za Gradbenistvo Slovenije (Slovenia), Termit D.D (Slovenia), Cloverstrategy LDA (Portugali), Cware (Tanska), Recycling Assistance BVBA (Belgia), Technische

Universiteit Delft (Alankomaat), XtreeE (Ranska), Zavod 404 (Slovenia), CRH Nederland BV (Alankomaat), Tree Capital SP.Z.O.O. (Puola)

Hankkeen kotisivu: <https://www.wool2loop.eu/en/>

3.2 Pilottikohteita Suomessa ja Euroopassa

3.2.1 CASE 1: Kummatti, Suomi



Kuva 2. Kiinteistö Oy Kummatti ennen uudistamista ja uudistamisen jälkeen. Kuvat: Arkkitehtitoimisto Harri Hagan (Huuha 2016) ja Arkkitehdit Kontukoski Oy 2021.

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Vanhan peruskorjaus, osapurkaminen ja purkuosien uudelleenkäyttö ja kierrätys, energiatehokkuuden parantaminen
Kohteen tyyppi	Asuinkerrostalot Raahen Kummatin kaupunginosan alueella
Alkuperäinen valmistumisvuosi	1967–1980
Projektin aikataulu	2007–2015
Kustannukset	Purkaminen 60 €/m ² (purkaminen kerrosneliötä kohti)
Osapuolet	Kiinteistö Oy Kummatti, Arkkitehtitoimisto Harri Hagan (pää- ja arkkitehtisuunnittelu), Rakennusliike Lehto (pääurakoitsija)
Sijainti	Raahe, Suomi

Raahen Kummatin alueelle pääosin 1970-luvulla rakennetun lähiön toiminnallisuutta, energiatehokkuutta ja alueen houkuttelevuutta parannettiin toteuttamalla mittavia muutoksia. Ennen mittavien muutosten toteuttamista rakennusten käyttöaste oli huono ja asuntojen haluttavuus vuokramarkkinoilla oli heikentynyt. (Takala 2008, Hagan 2010, Huuhka 2016)

Kerrostalojen peruskorjaus suunniteltiin toteutettavaksi siten, että tarpeettomaksi käyneet isot asunnot purettiin ja puretut betonielementit hyödynnettiin uusien piharakennusten rakentamisessa. Purkaminen toteutettiin purkamalla 120 asuntoa kerrostalojen ylimmistä kerroksista, jolloin kolmannes alueen asunnoista purettiin. Korjauksen yhteydessä jäljelle jäänyt rakennusten osa lisälämmöneristettiin ja talotekniikkaa päivitettiin lämmöntalteenotolla, aurinkokennoilla ja tuuliturbiineilla. Aurinkokennojen (n. 30 m²/rakennus) ja 3 kW tuuliturbiinien (2 kpl/rakennus) sähköntuotto invertoitiin suoraan talon sähköverkkoon. Lisäksi piha-alueen kunnostamiseen ja kehittämiseen panostettiin mahdollistamalla pienviljely puutarhoilla, viherhuoneilla ja istutuksissa suosittiin erityisesti hyötykasveja. Puutarhan ylläpitämiseksi ja istutusten kastelua varten rakennusten katoilta ja huoltorakennuksen pihalta sadevedet ohjataan säiliöihin, jolloin vesiverkostosta saatavaa käyttövettä ei tarvitse käyttää kasteluun. (Takala 2008, Hagan 2010, Huuhka 2016)

Taulukko 6. Vaikutusten arviointi.

Tarkasteltava osa-alue	Tulokset
Kiertotalousratkaisu	Uusiokäytettiin purkutyöstä saatavia betonielementtejä piharakennusten rakentamisessa. Lisäksi suurin osa muustakin purkumateriaalista kierrätettiin. Piha-alueella viherhuone ja puutarha pienviljelyä varten. Sadevesien keräys kasteluun.
Ilmastovaikutukset	Hankkeen kasvihuonekaasupäästöt vähenevät merkittävästi betonielementtien uusiokäytöllä ja purkumateriaalien kierrättämisellä. Lisäksi rakennuksiin asennetut aurinkokennot ja tuuliturbiinit vähentävät elinkaaren aikaisia päästöjä.
Kustannusvaikutukset	Panos-Tuotosajattelu ohjannut suunnittelua Purkamisen kokonaiskustannukset n. 60 €/m ²
Skaalautuvuus	Pilottikohdetta voidaan hyödyntää myös muualla, jossa on vanhaa huonolla käyttöasteella olevaa rakennuskantaa. Uudistamisella voidaan parantaa esim. muuttotappiokunnan lähiöiden viihtyisyyttä ja asuntojen kilpailukykyä markkinoilla. Samalla voidaan parantaa rakennusten energiatehokkuutta.

3.2.2 CASE 2: Tahkokangas, Suomi



Kuva 3. Oulun Tahkokankaan asemakaavan viitesuunnitelmat, havainnekuva. Kuva: Arkkitehtitoimisto Harris-Kjisik (Oulun kaupunki 2020a).

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Purkamisessa syntyviä materiaaleja on tarkoitus hyödyntää tehokkaasti alueen rakentamisessa.
Pinta-ala	Asemakaava-alueen pinta-ala noin 53 ha, josta korttelialueita noin 14 ha
Kohteen tyyppi	Pientalo- ja kerrostaloasuinalue
Projektin aikataulu	Alueen toteutus 2022–2030
Osapuolet	Oulun kaupunki, Arkkitehtitoimisto Harris-Kjisik Oy, VSU maisema-arkkitehdit Oy, Vahanen, Ramboll Finland Oy, Sitowise Oy, FCG Oy
Sijainti	Oulu (Suomi)

Tahkokangas sijaitsee Oulussa ja on osa Kaukovainion suuraluetta ja Hirosen kaupunginosaa. Suunnitellulla asuinalueella on aiemmin toiminut Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin Tahkokankaan palvelukeskus, jonka toiminnot ovat sittemmin siirtyneet muualle. Nykyään Tahkokankaan alue ja rakennukset ovat Oulun kaupungin hallinnassa. Tahkokankaan uudelle asuinalueelle on suunniteltu pääasiassa pien- ja kerrostaloja. Lähtökohtana Tahkokankaan asuinalueen toteutuksen tavoitteet tukevat kiertotalouden periaatteiden toteutumista, ja esimerkiksi rakentaminen pyritään toteuttamaan ekotehokkaasti sekä huolehditaan alueellisen massatasapainon säilymisestä. Kiertotalous on vahvana osana alueen infrasuunnittelua sekä koko rakentamisen elinkaarta. (Oulun kaupunki n/d)

Tahkokankaan yleissuunnitelmaraportissa kiertotalous ja massatasapaino on nostettu esille. Oulun kaupungin asettamien kiertotaloustavoitteiden avulla pyritään vastaamaan EU:n asettamiin kiertotaloustavoitteisiin. Oulun kaupungin tavoitteissa materiaalitehokkuuden edistäminen on ollut yksi suurimmista päämääristä. Asetettujen kiertotaloustavoitteiden saavuttamiseksi kaupunki on käynnistänyt yhdessä ympäristöministeriön kanssa Kiviaineshuollon kehittämisen kokeiluhankkeen toukokuussa 2018. Hankkeen suurimpana tavoitteena on ollut edistää kiertotalouden periaatteiden mukaista suunnittelua ja rakentamista hankkeen elinkaaren eri vaiheissa. Nykyinen Tahkokankaan suunnitteluala toimii Oulun kaupungin pilottikohteena ja kiertotaloustavoitteiden testauspaikkana. Tahkokangas on ainutlaatuinen kokeiluympäristö ja laajassa mittakaavassa ensimmäinen pilottikohde, sillä aiemmin Oulussa on toteutettu yksittäisiä hankkeita massatasapainotarkasteluja. Lähtökohtaisesti alueella syntyvää purkumateriaalia olisi mahdollista käyttää esimerkiksi katujen alusrakenteissa. Lisäksi alueella muodostuvaa purkumateriaalia ei ole tarkoitus kuljettaa välivarastointiin ja käsiteltäväksi muualle, vaan tarkoituksena olisi käyttää osaa suunnitteluala-teen tonteista tai puistoalueesta. (Oulun kaupunki 2020b)

Oulun kaupungilla on meneillään Tahkokankaan pilotointikohteeseen liittyvä kehityshanke "Tahkokankaalta kiertoon", joka toteutetaan 08/2020–03/2022.

Hankkeen rahoittajina toimivat Euroopan aluekehitysrahasto sekä Oulun kaupunki. Tavoitteena on vähentää neitseellisten materiaalien käyttöä sekä kehittää kiertotalouden huomioimista rakentamisessa sekä maankäytön suunnittelussa. Tässä hankkeessa laaditaan Tahkokankaan kiertotalouskäsikirja, jota on mahdollista hyödyntää myös muissa hankkeissa. (Oulun kaupunki 2020b)

Taulukko 7. Vaikutusten arviointi.

Tarkasteltava osa-alue	Tulokset
Kiertotalousratkaisu	Alueen rakentamisessa hyödynnetään alueen purkamisessa syntyvää jättemateriaalia.
Ilmastovaikutukset	Purkumateriaalien varastointi ja käsittely toteutetaan suunnittelualueella, jolloin kuljetuksesta aiheutuvat päästöt ovat pienemmät.
Kustannusvaikutukset	Purkumateriaalien varastointi ja käsittely toteutetaan suunnittelualueella, jolloin kuljetuskustannukset ovat pienemmät.
Skaalautuvuus	Tahkokankaalta kiertoon -hankkeessa laaditaan Tahkokankaan kiertotalouskäsikirja, jota on mahdollista hyödyntää myös muissa hankkeissa.

3.2.3 CASE 3: Upcycle Studios, Tanska



Kuva 4. Kohteen julkisivuissa on hyödynnetty kierrätysmateriaaleja. Kuva: Rasmus Hjortsjøj, COAST (Koivisto 2020).

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Uudisrakentaminen, kierrätysmateriaalien hyödyntäminen, monikäyttöiset tilat
Pinta-ala	3 909 m ²
Kohteen tyyppi	Rivitalo (20 huoneistoa)
Projektin aikataulu	2015–2018
Osapuolet	Arkkitehtuurstudio Lendager Group (suunnittelija, rakennuttaja), Arkkitektgruppen A/S, MOE A/S Norrecco A/S (suunnittelijat), NREP A/S ja Arkkitektgruppen A/S (tilaajat)
Sijainti	Kööpenhamina (Tanska)

Tanskan Örestadiin sijoittuva rivitalokohde suunniteltiin hyödyntämään rakennusmateriaaleina rakennusjätteitä. Arkkitehtuuritoimisto Lendager Group on tunnettu ja heidän suunnittelemansa kohteet noudattavat kiertotalouden periaatteita. Lähtökohta rivitaloasuntojen rakentamiseen oli hyödyntää materiaaleja, jotka ovat kestäviä/kierrätettyjä, myrkyttömiä ja sertifioituja. Rakentamiseen hyödynnettyjen jättemateriaalien jalostamisesta vastasivat yritykset Lendager ARC ja Lendager Up. Rivitaloasuntojen tilat suunniteltiin muunneltaviksi, jaettaviksi ja monikäyttöisiksi siten, että huoneistoja voi käyttää kodin lisäksi esimerkiksi myös toimistona, työpajatiloina, vuokramajoitukseen tai muihin tarpeisiin eri tilanteiden mukaan. (Koivisto 2020)

Kolmikerroksisen rivitalokohteen ikkunoista 75 % oli käytettyjä, jotka olivat peräisin käytöstä poistuneista julkisista rakennuksista. Lisäksi kohteeseen oli käytetty tanskalaisen puualan yrityksen jäte- ja sivuvirtoja (kuten käytöstä poistettuja lattialautoja) kolmannen kerroksen ulkoverhoiluun, osaan seinien sisäpinnoista sekä osaan latioista. Kohteen rakentamisessa hyödynnettiin paljon myös kierrätettyä betonia, mm. betoniseinien valussa. Kierrätysbetonia toimitettiin Kööpenhaminan metrotyömaalta yhteensä 1 400 tonnia. (Koivisto 2020)

Taulukko 8. Vaikutusten arviointi.

Tarkasteltava osa-alue	Tulokset
Kiertotalousratkaisu	Uudisrakennuksen (rivitalo) rakennusmateriaalina käytettiin enimmäkseen rakennustyömaiden jättemateriaaleja (puretuista ja käytöstä poistetuista rakennuksista). Lisäksi tilat suunniteltiin muuntojoustaviksi ja monikäyttöisiksi.
Ilmastovaikutukset	Rakennuksen hiilijalanjälki vähenee merkittävästi, kun rakennusmateriaalina hyödynnetään jättemateriaaleja (suurin osa hiilijalanjäljestä muodostuu materiaaleista). Lisäksi käyttämällä kierrätysmateriaaleja säästetään neitseellisiä luonnonvaroja.

Kustannusvaikutukset	Jättemateriaalien käyttö vähentää materiaaleista syntyviä kustannuksia. Kuitenkin kustannuksia aiheutuu jättemateriaalien jalostamisesta ja käsittelystä, ja syntyvien kustannusten suuruuteen vaikuttaa erityisesti tarvittavan jalostamisen ja käsittelyn määrä. Lisäksi jättemateriaalien saatavuus voi vaihdella huomattavasti, joten rakennushanketta varten on kartoitettava materiaalien saatavuus sekä riittävyys ja niiden käyttöominaisuudet hyvissä ajoin.
Skaalautuvuus	Pilottikohdetta voidaan hyödyntää esimerkinomaisesti sekä julkisissa että yksityisissä rakennushankkeissa. Hyvällä suunnittelulla on mahdollista saavuttaa sekä kustannus- että ympäristöhyötyjä ja samalla valmistaa asuntoja, joilla on kysyntää. Pilottikohde voisi soveltua hyvin esimerkiksi vanhoille teollisuus- tai vastaaville (ns. Brownfield-alueille), joista esimerkkinä Turun sataman ja Itäharjun alueet.

3.2.4 CASE 4: UN17 Village, Tanska

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Kestävän ekoasuinalueen rakentaminen hyödyntäen jättemateriaaleja.
Pinta-ala	35 000 m ²
Kohteen tyyppi	Ekoasuinalue
Projektin aikataulu	2018–2023
Osapuolet	Arkkitehtitoimistot Lendager Group & Årstiderne, muita osapuolia MOE Consulting Engineers, Arup, NREP
Sijainti	Kööpenhamina (Tanska)

Tanskan Kööpenhaminaan sijoittuvan kestävän ekoasuinalueen "UN17 Village" rakentamisen lähtökohtana on ollut nähdä jättemateriaalit arvokkaina resursseina. Ekoasuinalueen rakentamisessa on hyödynnetty kierrätysmateriaaleja, kuten betonia, puuta ja ikkunalasia. Näiden materiaalien lisäksi Lendager Group on kehittänyt muita kierrätettyjä materiaaleja, jotka on suunniteltu teolliseen käyttöön. Kierrätysmateriaalit kerätään ja jalostetaan lähialueilla, joka luo uusia työpaikkoja ja edistää jättemateriaalien hyötykäyttöä myös tulevaisuudessa. Ekoasuinalueen rakentamisen tavoitteena on ollut paitsi toteuttaa asuinalue kestävästi, myös luoda kestävää elämäntapaa tukevat puitteet. Tässä rakennushankkeessa on lähtökohtaisesti huomioitu rakennusten koko elinkaaren vaikutukset, ei ainoastaan toiminnan aikaisia hiilidioksidipäästöjä. Ekoasuinalueen toteuttamisessa tavoitteena on ollut huomioida kaikki YK:n kestävän kehityksen 17 tavoitetta alatavoitteineen ja muuttaa ne konkreettisiksi ratkaisuiksi, jonka avulla kaikki alan toimijat voivat toteuttaa kestävän kehityksen tavoitteita ja arvioida tuloksia. (Lendager n/d a)

Taulukko 9. Vaikutusten arviointi.

Tarkasteltava osa-alue	Tulokset
Kiertotalousratkaisu	Koko asuinalueen rakentamisessa hyödynnettiin pääasiassa kierrätettyjä jättemateriaaleja neitseellisten materiaalien sijasta.
Ilmastovaikutukset	Huomioitu asuinalueen koko elinkaaren aikaiset ilmastovaikutukset toiminnan aikaisten hiilidioksidipäästöjen lisäksi.

3.2.5 CASE 5: Kristian August gate 13, Norja

Alkuperäinen uudistettu
rakennus

Laajennusosa



Kuva 5. Oslon kohteen yleiskuva. Alkuperäinen kuva: Kyrre Sundal/Mad Arkitekter.

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Rakenteiden uudelleenkäyttö rakennuksen saneerauksessa ja laajennuksessa, monikäyttöiset tilat
Pinta-ala	4300 m ²
Kohteen tyyppi	Kerrostalo
Projektin aikataulu	2015–2018
Osapuolet	Arkkitehtitoimisto MAD Architects (suunnittelija), Entra ASA (rakennuttaja, projektiryhmän johtaja, uudelleenkäytön koordinaattori), useita muita neuvonantajia ja suunnittelijoita
Sijainti	Oslo (Norja)

Oslon Tullinløkan alueella sijaitseva 50-luvulla rakennetun kerrostalon saneerauksessa ja laajennusosan rakentamisessa hyödynnettiin laajasti muista kohteista saatuja materiaaleja ja rakennusosia. Rakennuksen laajennusosan rakenteet tehtiin suurimmaksi osaksi uusiokäyttämällä muista kohteista saatuja

materiaaleja, kuten uusiokäytettyjä ontelolaattoja, teräspalkkeja, julkisivupaneelleja ja ikkunoita (Nordby *et al.* 2021). Uusiokäytetyt rakennusosat on havainnollistettu seuraavassa kuvassa.

Haasteita projektissa on ollut muun muassa rakennusosien dokumentoinnissa, logistiikassa ja kunnan todentamisessa. Hankkeen aikana panostettiin paljon rakennusosien dokumentointiin, varastointiin ja merkitsemiseen. Hankkeen rinnalla kehitettiin erillistä tietokantatyökalua eri rakennusosien hallinnoinnin helpottamiseksi, mutta sen keskeneräisyyden vuoksi sitä ei sovellettu projektiin. Jatkon kannalta tietokantatyökalun kehittäminen ja käyttäminen erityisesti isoissa rakennusprojekteissa nähtiin hyvin tärkeäksi, jotta materiaalivirtoja pystytään hallinnoimaan helpommin. (Nordby *et al.* 2021)

Lainsäädäntö ja määräykset eivät olleet selviä käytettyjen rakennusosien hyödyntämisen osalta, minkä vuoksi asiasta käytiin paljon keskustelua eri asiantuntijoiden ja viranomaisten kanssa. (Nordby *et al.* 2021)

Taulukko 10. Vaikutusten arviointi.

Tarkasteltava osa-alue	Tulokset
Kiertotalousratkaisu	Kerrostalon saneerauksessa ja laajenuksessa hyödynnettiin laajasti useista eri kohteista saatuja uusiokäytettäviä rakennusosia.
Ilmastovaikutukset	Projektille laaditun hiilijalanjälkilaskennan perusteella uudelleenkäytöllä saavutettiin 70% päästövähennys koko rakennukselle (kunnostusosa ja laajennusosa) alueen uudisrakennuksiin verrattuna.
Kustannusvaikutukset	Yksittäisille uusiokäytetyille rakennusosille (ikkunat, kattolaatat, teräsrakenteet, jäähdytyslevyt) on laadittu kustannusvertailua. Käytettyjen rakennusosien kustannus vaihteli oli 63–66 % halvempi vastaavaan uuteen vastaavaan rakennusosaan verrattaessa. Kyseisessä kohteessa kustannuksiin vaikuttavat monet eri tekijät joista korostettuna erityisesti uusiokäytön lisäämän suunnittelutyön ja projektihallinnan työtuntien määrä. Hyödynnettävien materiaalien arkistoinnin ja hallinnan kehittäminen nähtiin työssä keskeiseksi kehityskohteeksi.
Skaalautuvuus	Projektissa saatujen kokemusten perusteella rakennusosien ja rakenteiden uudelleenkäyttö on mahdollista isossa mittakaavassa. Hyödynnettävien materiaalien arkistoinnin, laadunhallinnan ja materiaalivirtojen hallinnan kehittäminen nähtiin työssä keskeiseksi kehityskohteeksi jatkoa ajatellen.

3.2.6 CASE 6: Brummen Town Hall, Alankomaat



Kuva 6. Brummenin kaupungintalo on suunniteltu purettavaksi ja rakentamiseen käytettävät materiaalit voidaan käyttää uudelleen. Kuva: Petra Appelhof.

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Väliaikaiseksi ja purettavaksi suunniteltu rakenne (mekaaniset liitokset liimaamisen sijasta), puurakenteet betonin tai teräksen sijasta, viherkatto, muuntojoustavat sisätilat.
Pinta-ala	3 000 m ²
Kohteen tyyppi	Kaupungintalo
Projektin aikataulu	2011–2013
Osapuolet	Municipality of Brummen, arkkitehtitoimisto RAU, Turntoo, BAM Utiliteitbouw
Sijainti	Brummen (Alankomaat)

Alankomaiden Brummenin kaupungissa oli tarve uudelle kaupungintalolle, mutta kaupunginosien rajojen siirtymisen vuoksi epäiltiin, että rakennus saattaisi muuttua tarpeettomaksi lähitulevaisuudessa. Tämän vuoksi päätettiin ottaa käyttöön rakennus, jonka suunniteltu käyttöikä on 20 vuotta. Rakennuksen rakenne suunniteltiin modulaariseen "Lego"-tyyliin siten, että 90 % materiaaleista voidaan purkaa ja käyttää uudelleen 20 vuoden kuluttua. Suunnitelman toteuttaminen vaati tiivistä yhteistyötä arkkitehdin, kiertotalouden asiantuntijan sekä rakentajan välillä niin suunnittelu- kuin rakennusprosessin aikana. (Ellen MacArthur Foundation n/d & 2016)

Uuden kaupungintalon perustana käytettiin historiallista rakennetta, joka on peräisin 1890-luvulta. Rakennusvaiheen aikana historiallinen rakennuksen ominaisuudet säilytettiin korjaamalla vain tarvittavilta osin ja rakennusten osat liitettiin toisiinsa lasikaton avulla. Kun rakennus 20 vuoden päästä saavuttaa elinkaaren loppunsa ja 90 % rakennuksen materiaaleista käytetään uudelleen, jää jäljelle 1890-luvun rakennus. (Ellen MacArthur Foundation 2016)

Rakennusvaiheessa suosittiin korkealaatuisia uudelleenkäytettäviä materiaaleja, kuten puuelementtejä, ja pyrittiin välttämään vaikeasti kierrätettävän betonin hyödyntämistä. Kyseisten toimenpiteiden avulla kunnianhimoinen suunnitelma saatiin toteutettua. Rakennuksen käyttöön saavuttaessa 20 vuotta, rakennus puretaan ja materiaalit palautetaan valmistajilleen. Esimerkiksi rakentamisessa käytetyt puukomponentit ovat helposti puretavissa ja käytettävissä uudelleen uudessa rakennuksessa. Rakennuskomponenttien valmistajat sitoutuivat asetettuun tavoitteeseen ja pyrkivät komponenttien suunnittelussa tekemään tarvittavat muutokset, jotta komponenttien uudelleenkäytettävyys helpottuisi. Esimerkiksi puutoimittaja toimitti isompaa puutavaraa, sillä se on helpompi käyttää uudelleen 20 vuoden kuluttua. Purkaminen suunniteltiin mahdollisimman helpoksi siten, että maksimoitiin materiaalien, komponenttien ja tuotteiden arvo rakennuksen käyttöön päättyessä 20 vuoden jälkeen. Lisäksi modulaarisen rakenteen ansiosta rakennusprosessin viat saatiin minimoitua ja rakennusaika oli huomattavasti suunniteltua lyhyempi. Brummenin kaupungintalo sai maailman ensimmäisen materiaalipassin, johon on tallennettu rakennuksen materiaaleihin, komponentteihin ja tuotteisiin liittyvät tiedot. (Ellen MacArthur Foundation n/d & 2016)

Taulukko 11. Vaikutusten arviointi.

Tarkasteltava osa-alue	Tulokset
Kiertotalousratkaisu	Suunnitellaan rakennus purettavaksi sekä rakentamiseen käytetyt materiaalit ja osat uudelleen käytettäväksi.
Ilmastovaikutukset	Rakennusten osien ja materiaalien uudelleenkäyttö voisi vähentää tulevan rakennuksen päästöjä 38 %.
Kustannusvaikutukset	Modulaarinen rakennusmenetelmä lyhensi rakentamiseen käytettävää aikaa, joka johti kustannussäästöihin.
Skaalautuvuus	Muissa hankkeissa voidaan hyödyntää tämän kohteen suunnittelussa ja rakentamisessa saatuja tietoja ja tuloksia. Esimerkiksi modulaarinen rakennusmenetelmä on jo käytössä esimerkiksi Lukas Lang Building Technologies -yrityksellä, joka toteuttaa muunneltavia ja modulaarisia rakennuksia (mm. toimistorakennuksia, asuinrakennuksia) (Lukas Lang Building Technologies n/d).

3.2.7 CASE 7: Temporary Market Hall, Ruotsi



Kuva 7. Väliaikaisen kauppahallin julkisivu. Kuva: Felix Gerlach (ArchDaily 2022).

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Modulaarinen rakennus, suunniteltu purettavaksi ja uudelleenkäytettäväksi.
Pinta-ala	1 970 m ²
Kohteen tyyppi	Kauppahalli
Projektin aikataulu	2017
Osapuolet	Tengbom, Loostrom and Gelin
Sijainti	Tukholma (Ruotsi)

Väliaikainen kauppahalli rakennettiin käytössä olevan kauppahallin kunnostamisen ajaksi. Väliaikainen kauppahalli rakennettiin käyttäen kevyitä, kustannustehokkaita ja kestäviä materiaaleja. Rakennuksen julkisivun yläosassa hyödynnettiin modulaarista läpikuultavaa polykarbonaattilevyä, lisäksi julkisivussa hyödynnettiin lasia ja vanerilevyjä, jotka verhoiltiin käsittelemättömillä mäntylistoilla. Lisäksi rakennuksessa käytettiin Metsä Woodin Kerto LVL (laminated veneer lumber) -tuotetta. Rakennus suunniteltiin ja rakennettiin modulaarista teräskannattimien kiinnitysjärjestelmää hyödyntäen, joka mahdollistaa nopean pystytyksen ja purkamisen sekä edistää rakenteiden uudelleenkäyttöä. (Cristescu 2020, ArchDaily 2022, MetsäWood 2022)

3.2.8 CASE 8: The Resource Rows, Tanska

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Kerrostalon julkisivu on toteutettu käyttämättömien rakennusten tiiliseinistä irrotetuilla moduuleilla.
Pinta-ala	9 148 m ²
Kohteen tyyppi	Kerrostalo
Projektin aikataulu	2015–2019
Osapuolet	Lendager Group, NREP A/S, Arkitektgruppen A/S, MOE A/S
Sijainti	Kööpenhamina (Tanska)

Kööpenhaminaan sijoittuvan kerrostalon julkisivu toteutettiin hyödyntämällä muun muassa vanhan olutpanimon, koulun ja teollisuusrakennusten tiiliseinistä irrotettuja moduuleja, jotka kiinnitettiin uuden rakennuksen teräsrunkoon. Resurssitehokkuus ja materiaalien käytön optimointi ovat siis olleet tämän rakennuskohteen avaintekijöitä. Yksittäisiä tiiliä ei ole ollut mahdollista kierrättää enää 1960-luvun jälkeen, sillä sementtipohjaiset muurauslaastit ovat vahvempia kuin varsinainen tiili. Aikaisemmin on käytössä ollut mm. kalkki- tai kalkkisementt-laastia. Muutenkin tiilien uudelleenkäytön haasteena on tiilien puhdistaminen, sillä se on edelleen manuaalista tai mekaanista puhdistusta vaativaa työtä. Kohteessa on hyödynnetty myös Kööpenhaminan metron rakentamisesta peräisin olevaa kierrätettyä puuta, joka käsittelyn jälkeen on hyödynnetty rakennuksen julkisivuissa ja sisustuksessa. (Lendager n/d b, Lahti 2019)

Taulukko 12. Vaikutusten arviointi.

Tarkasteltava osa-alue	Tulokset
Kiertotalousratkaisu	Uuden rakennuksen julkisivu toteutettiin hyödyntämällä vanhojen rakennusten tiiliseinistä leikattuja moduuleja.
Ilmastovaikutukset	Vanhojen rakennusten tiilien uudelleenkäyttö moduuleina vähentää rakennusvaiheen hiilidioksidipäästöjä.

3.2.9 CASE 9: Central Receiving Centre for Honda, Swindon,, Englanti



Kuva 8. Vanhan teräsrakenteen uudelleenkäyttö Hondan varastorakennuksen rakentamisessa. Kuva: Caunto Engineering Limited (Cullen & Drewniok 2016).

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Varastorakennus toteutettiin hyödyntämällä vanhan varastorakennuksen teräsrakenteita. Vanha varastorakennus oli purettu ja teräsrakenteet säilytetty uudelleenkäyttöä varten.
Pinta-ala	Alkuperäisen varastorakennuksen koko 800 m ²
Kohteen tyyppi	Varastorakennus
Projektin aikataulu	2005
Osapuolet	Caunton Engineering, Honda Manufacturing
Sijainti	Swindon (Englanti)

Englannin Swindonin kaupunkiin sijoittuvalla Hondan päätoimipaikassa purettiin vanha teräsrunkoinen varastorakennus 2000-luvun alussa. Ennen purkamista varastorakennus oli ollut käytössä yli kolmen vuoden ajan. Purkamisen yhteydessä varastorakennuksen teräsrakenteet varastoitiin, kunnes vuoden päästä rakenteet asennettiin uudelle paikalle. Kaikki alkuperäisen varastorakennuksen rungon kuumavalssatut teräsrakenteet hyödynnettiin uudelleen. Oletuksena oli, että kylmävalssattuja tuotteita ei olisi voinut käyttää uudelleen, sillä niiden ajateltiin olevan vaurioituneita. Kuitenkin rakenteiden tarkastuksessa ilmeni, että myös nämä rakennusosat olivat uudelleenkäyttökelpoisia. Alkuperäisen varastorakennuksen ulkoeristä ei voitu kuitenkaan enää hyödyntää uuden

varastorakennuksen rakentamisessa, sillä rakennusmääräyksiin oli tullut muutoksia. (NSC 2006, Caunton Engineering n/d)

3.2.10 CASE 10: DELTABEAM® Green -liittopalkki ja Peikko pilotointikohteet



Kuva 9. DELTABEAM® Green on Peikko Group Oy:n ympäristöystävällisempi versio DEALTABEAM® -liittopalkista. Kuva: Peikko Group 2022.

Avaintiedot	
Kiertotalousratkaisu	Ympäristöystävällisempi versio DEALTABEAM® -liittopalkista. Liittopalkin valmistukseen käytettävistä materiaaleista yli 90 % on kierrätetty. Betonielementtirakenteiden uudelleenkäyttö ja kierrätys.
Tyyppi	Liittorakenteet
Osapuolet	Peikko Group Oy
Sijainti	Suomi

DEALTABEAM® Green -liittopalkki vastaa ominaisuuksiltaan Peikko Group Oy:n DELTABEAM® -liittopalkkia, mutta on valmistettu lähes kokonaan (yli 90 %)

kierrätysmateriaaleista. Kierrätysmateriaalien käyttö liittopalkin valmistuksessa vähentää huomattavasti tuotteen ympäristövaikutuksia ja DEALTABEAM® Green -liittopalkin hiilijalanjälki on noin 50 % vähemmän kuin tavanomaisella teräsra-kenteella. DEALTABEAM® Green -liittopalkin ympäristövaikutukset on todennettu verifioidulla ympäristöselosteella (EPD) ja sen perusteella on mahdollista laskea projektikohtaiset hiilidioksidipäästöt. Valmistuksessa käytettävien kierrätysmate-riaalien lisäksi tuotannossa käytetään uusiutuvaa energiaa ja tuotteen kuljetuk-set pyritään järjestämään ympäristöystävällisellä tavalla käyttäen biodieseliä. (Peikko Group Oy 2022)

DEALTABEAM® -liittopalkki (sekä ympäristöystävällisempi vaihtoehto) tarjoavat käytettävyydeltään etuja myös kiertotalouden periaatteiden toteutumiseksi, ku-ten mahdollistamalla avoimet ja muuntojoustavat tilaratkaisut. Muita tunnistet-tuja etuja ovat muun muassa pitkät jänneväliä, helpot ja tilaa säästävät LVIS-asennukset, rakenteellisen palosuojauksen sekä alhaisemmat lämmitys- ja ilmas-tointikustannukset. (Peikko Group Oy 2022)

Peikko yhtiön pilotointikohteessa yhdessä Consolis Parman ja Työteho-seuran (TTS) kanssa osoitettiin, että betonielementtirakenteita on mahdollista purkaa ja uusiokäyttää. Pilotointi suoritettiin ensimmäisen kerran pienimuotoisena 2019 pi-larielementtien osalta ja vuonna 2021 laajemmin deltapalkkien, ontelolaattojen sekä esivalmistettujen betonielementtien osalta. Pilotoinnissa oli tarkastelussa kaksi skenaariota:

1. Rungon uudelleenpystytys käyttäen purettuja rakennusosia käyttäen pu-rettuja liitososia
2. Rungon uudelleenpystytys käyttäen uusia rakennusosia uusilla liitososilla

Pilotoinnin johtopäätöksenä oli se, että vaikka skenario 1 aiheuttaa lisäkustan-nuksia otettaessa irrotus ja uudelleenkäyttö huomioon detaljisuunnittelussa. Kun myös CO₂ päästöjen osalta rakennus- ja purkuvaiheessa, joissa nähtiin syntyvän päästöjä. Tästä huolimatta taloudellisten ja ympäristöhyötyjen voitiin nähdä olevan merkittäviä skenario 2 verrattuna. Kustannussäästöt olivat noin 35 ja hiilidioksidipäästöt noin 50 % pienemmät. (Peikko Group Oy n/d)

Taulukko 13. Vaikutusten arviointi.

Tarkasteltava osa-alue	Tulokset
Kiertotalousratkaisu	Tuotteen valmistuksessa on käytetty pääasiassa kierrätysmateriaaleja.
Ilmastovaikutukset	Kierrätysmateriaalien ja uusiutuvan energian käyttö tuotteen valmistuksessa on vähentänyt tuotteen hiilijalanjälkeä noin 50 % verrattuna tavanomaisiin teräsrakenteisiin.
Kustannusvaikutukset	Kustannustehokas välipohjarakenne, sillä matalaa välipohjarakennetta käyttämällä saadaan enemmän tilaa kasvattamatta rakennuksen korkeutta. Lämmitys- ja ilmastointikustannukset laskevat, kun pohjaratkaisu voidaan toteuttaa pienemmällä lämmitettävällä tilaavuudella.
Skaalautuvuus	Tuote soveltuu useisiin eri kohteisiin ja rakenteisiin. Suorakulmaisten rakenteiden ja suorien palkkilinjojen lisäksi DEALTABEAM® -liittopalkkia voidaan hyödyntää myös vaativissa julkisivumuodoissa, kaarissa ja ulokeissa räätälöityjen valumuottien ansiosta. Kaikki palkit suunnitellaan siis yksilöllisesti jokaiseen kohteeseen rakennesuunnitelmien mukaisesti.

4 Tulevaisuuden näkymät

4.1 Lainsäädännön kehitys Suomessa ja Euroopassa

EU:n lainsäädäntö uudistuu jatkuvasti, jonka seurauksena myös Suomen kansallista lainsäädäntöä uudistetaan. Viime aikoina lainsäädännössä on korostunut erityisesti materiaalitehokkuus ja kiertotalouden periaatteita tukevan toiminnan edistäminen. Rakenteiden ja materiaalien purkamista ja uudelleenkäyttöä ohjataan muun muassa jätelainsäädännössä, kaavoitus- ja rakentamislaisissa sekä EU:n uudessa kiertotalouden toimintasuunnitelmassa sekä Suomen kansallisessa kiertotalouden strategisessa ohjelmassa. Seuraavissa kappaleissa on tarkasteltu sekä kansainvälisen että kansallisen tason ohjauskeinoja.

4.1.1 Kansainvälisen tason ohjauskeinot

EU:n jätedirektiivi (EU 2018/851) on uudistunut vuonna 2018. Uudistetussa jätedirektiivissä on määritelty uusia tavoitteita erityisesti jätehuollon kehittämiseksi, kiertotalouden periaatteiden edistämiseksi sekä resurssien säästämiseksi ja tehokkaalle käytölle. Uudistetun jätedirektiivin ensisijaisena tarkoituksena on vähentää jätteen määrää sekä lisätä uudelleenkäyttöä ja kierrättämistä. Myös rakennus- ja purkujätteen uusiokäytön edistäminen on nostettu jätedirektiivissä esille. Aiemmin rakennus- ja purkujätettä on hyödynnetty pääasiassa energian tuotannossa, nyt uudistetun jätedirektiivin avulla pyritään helpottamaan ja mahdollistamaan myös muitakin vaihtoehtoja jättemateriaalien hyödyntämiselle (esim. materiaalina hyödyntämistä). (EU 2018/851)

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma (Green Deal) on luotu vastaamaan ilmastomuutoksen ja ympäristön pilaantumisen aiheuttamiin haasteisiin. Ohjelman merkittävimpiä tavoitteita on edistää EU:n kehittymistä moderniksi, resurssitehokkaaksi ja kilpailukykyiseksi taloudeksi. Ohjelma sisältää kahdeksan konkreettista tavoitetta, joita esimerkiksi ovat ”Energiatehokkaiksi kunnostetut rakennukset” ja ”Pitkäikäisemmät tuotteet, joita voi kierrättää, korjata ja käyttää uudelleen”. (Euroopan komissio 2019)

Rakentamisen resurssitehokkuuden mittaamiseen Euroopan komissio on laatinut Level(s) -menetelmän. Menetelmä on kehitetty EU:n jäsenmaiden sekä kestävästi rakentamisen ammattilaisten kanssa yhteistyössä. Erityisesti rakennusalan yritykset ja järjestöt on olleet tärkeässä asemassa menetelmää kehitettäessä. Level(s)-menetelmän kuusi pääindikaattoria ovat: Elinkaaren hiilijalanjälki,

resurssitehokas materiaalien käyttö, veden kulutus, terveelliset tilat ja sisäilman laatu, sopeutuminen ilmastonmuutokseen sekä elinkaarikustannukset. Kaikki edellä mainitut päätavoitteet sisältävät useita alatavoitteita (indikaattoreita), joista suurin osa edellyttää olemassa olevien EN-standardien käyttöä. (Ympäristöministeriö n/d f) Arvioinnin toteuttamiseen voidaan käyttää kolmea eri tarkkuustasoa:

1. Yksinkertaistettu arviointi: Yhteinen lähtötaso EU:n rakennusten arviointiin
2. Vertaileva arviointi: Toiminnallisesti samanlaisten rakennusten vertailu
3. Yksityiskohtainen optimointi. Ympäristöindikaattorien laaja käyttö

Level(s)-menetelmän hyödyntämiselle on koostettu käyttöohjeet. Käyttöohjeet on jaettu kolmeen eri osioon, joista viimeinen kattaa indikaattoreiden hyödyntämisen. Resurssitehokkaan materiaalien käytön indikaattorit sisältävät muun muassa rakennusten purettavaksi suunnittelun, uusiokäytön ja kierrättämisen. Käyttöohje sisältää opastuksen, kuinka indikaattoreita voidaan hyödyntää kaikilla kolmella eri tarkkuustasolla. Lisäksi käyttöohjeeseen on koottu yleisellä tasolla purkamisen periaatteita. (Dodd et al. 2021)

EU:n uusi kiertotalouden toimintasuunnitelma ”Puhtaamman ja kilpailukykyisemmän Euroopan puolesta” on julkaistu 11.3.2020. Kiertotalouden toimintasuunnitelma on luotu edistämään Vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiden toteuttamista. Lisäksi toimintasuunnitelma liittyy myös muihin EU:n strategioihin, kuten teollisuus- ja kemikaalistrategioihin sekä Pelloilta pöytään strategiaan. Kiertotalous on merkittävässä roolissa Euroopan ilmastotavoitteiden saavuttamisessa ja luonnonmonimuotoisuuden vahvistamisessa sekä avaintekijänä EU:n teollisen perustan uudistamisessa. Kiertotalouden toimintasuunnitelman tavoitteena on vaikuttaa koko arvoketjuun (mm. tuotesuunnitteluun, korjaamiseen, uudelleenkäyttöön, kierrättämiseen ja jätetuoltoon) ja luoda siitä toimenpiteiden avulla kestävämpi. Arvoketjuun vaikuttavien toimenpiteiden avulla pyritään muun muassa vähentämään merkittävästi syntyvän jätteen määrää ja edistämään materiaalien uudelleenkäyttöä. Kiertotaloustoimenpiteet on kohdistettu erityisesti niille toimialoille, jotka käyttävät toiminnassaan paljon resursseja. Lisäksi näiden toimialojen kiertotalouspotentiaalin on tunnistettu olevan suuri. Rakennettu ympäristö (rakentaminen ja rakennukset) on nostettu kiertotalouden toimintasuunnitelmassa yhdeksi osa-alueeksi. On tunnistettu, että rakentaminen vaatii todella suuria määriä resursseja ja kuluttaakin noin 50 % kaikesta käyttöön otetusta materiaalista. Lisäksi rakennusala tuottaa merkittävän osuuden (yli 35 %) kaikesta EU:ssa muodostuvasta jätteestä. Tästä syystä rakennusala onkin nostettu yhdeksi avaintekijäksi materiaalitehokkuuden parantamisessa. (Euroopan komissio 2020)

4.1.2 Kansallisen tason ohjaukset

Suomen jätelain (L 646/17.6.2011) uudistus perustuu EU:n jätesäädöspakettiin, jossa muutoksia aiheutui muun muassa jätedirektiiviin (EU 2018/851). Suomen jätelain uudistus on tullut voimaan 19.7.2021 ja sen avulla pyritään edistämään kiertotaloutta ja kierrätystä. Jätelain uudistuksessa muutokset kohdistuvat erityisesti jätealan toimijoille, joiden vastuut ja velvollisuudet kasvavat muun muassa erilliskeräyksen ja kierrätyksen osalta. Toiminnanharjoittajia koskevat muutokset kohdistuvat uusiin raportointi-, kirjanpito- ja ilmoitusvelvollisuuksiin. Lisäksi jätelain uudistuksen myötä muutoksia aiheutuu jätevirtojen seurantaan. Jätevirtojen seuranta pyritään uudistuksen avulla tehostamaan ja toimintaa digitalisoimaan. (Valtioneuvosto 2021b, Ympäristöministeriö 2021)

Suomen jätelaissa (L 646/17.6.2011) jäte määritellään aineeksi tai esineeksi, jonka haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä tai on velvoitettu poistamaan käytöstä. Jätelain mukaan voidaan siis todeta, että korjaus- ja purkutöissä irrotetut talotekniset järjestelmät ja niiden osat ovat jätettä. Jotta näitä olisi mahdollista käyttää uudelleen, tulisi niiden luokitus jätteeksi päättyä. Jätelain 5 b § mukaan jätteeksi luokittelun päättyminen edellyttää seuraavaa:

”Jäte, joka on kierrätetty tai hyödynnetty muuten, ei ole enää jätettä, jos:

- 1) sitä on määrä käyttää erityisiin tarkoituksiin,*
- 2) sillä on markkinat tai kysyntää,*
- 3) se täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja on vastaviiin tuotteisiin sovellettavien säännösten ja standardien mukainen; ja*
- 4) sen käyttö ei kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.”*

Yleisen tulkinnan mukaan jätelain 5 b § (L 646/17.6.2011) kolmannen kohdan täyttyminen edellyttää rakennustuotteen kelpoisuuden hyväksyntää. Tyyppihyväksyntää ja varmennustodistusta voi hakea tuotteen valmistaja. Valmistuksen laadunvalvonnan varmentamista voidaan käyttää, mikäli rakennustuotteen kelpoisuutta ei ole mahdollista osoittaa tyyppihyväksynnällä tai varmennustodistuksella. (L 646/17.6.2011)

Suomen jätelain uudistumisen myötä myös uusi jäteasetus (VNa 978/2021) on tullut voimaan 1.12.2021. Uusi jäteasetus tukee jätelain uudistusta, ja asetuksessa korostuu erityisesti jätehuollon erilliskeräysvelvoitteet ja kierrätyksen tehostaminen. Lisäksi asetuksessa on huomioitu rakennus- ja purkujätteen hyödyntämisen tehostaminen. Rakennus- ja purkujätteille, kuten asfaltti-, mineraalivilla-, bitumi- ja kattohuopajätteille on asetettu erilliskeräysvelvoitteet, joiden avulla erilliskeräystä ja hyödyntämistä pyritään edistämään. Lisäksi uusi asetus pyrkii edelleen ohjaamaan rakennus- ja purkujätteen hyödyntämistä muuhun hyötykäyttöön

kuin energian tuotantoon tai polttoainekäyttöön. Tavoitteena on, että rakennus- ja purkujätettä hyödynnetään vähintään 70 paino-% muussa hyötykäyttökohdessa. Tavoite on sama kuin aiemminkin, ja viime vuosina rakennus- ja purkujätettä on hyödynnetty materiaalina noin 55–60 %. Tässä tapauksessa maa- ja kivainekset tai vaaralliset jätteet eivät lukeudu rakennus- ja purkujätteen hyödyntämisen tavoitteeseen. Rakennustyömailla kierrätysasteen nostaminen on merkittävässä roolissa, jotta asetetut tavoitteet on mahdollista saavuttaa. Toiseksi kierrätysaste on ollut kuitenkin vielä tavoitetta merkittävästi alhaisempi, vaikka kehitystä on kuitenkin todettu tapahtuneen. L&T:n (2020) mukaan rakennustyömaiden keskimääräinen kierrätysaste on 30–35 %, ja osa työmaista saattaa päästä 50 % kierrätysasteeseen. (L&T 2020, Ympäristöministeriö 2021a)

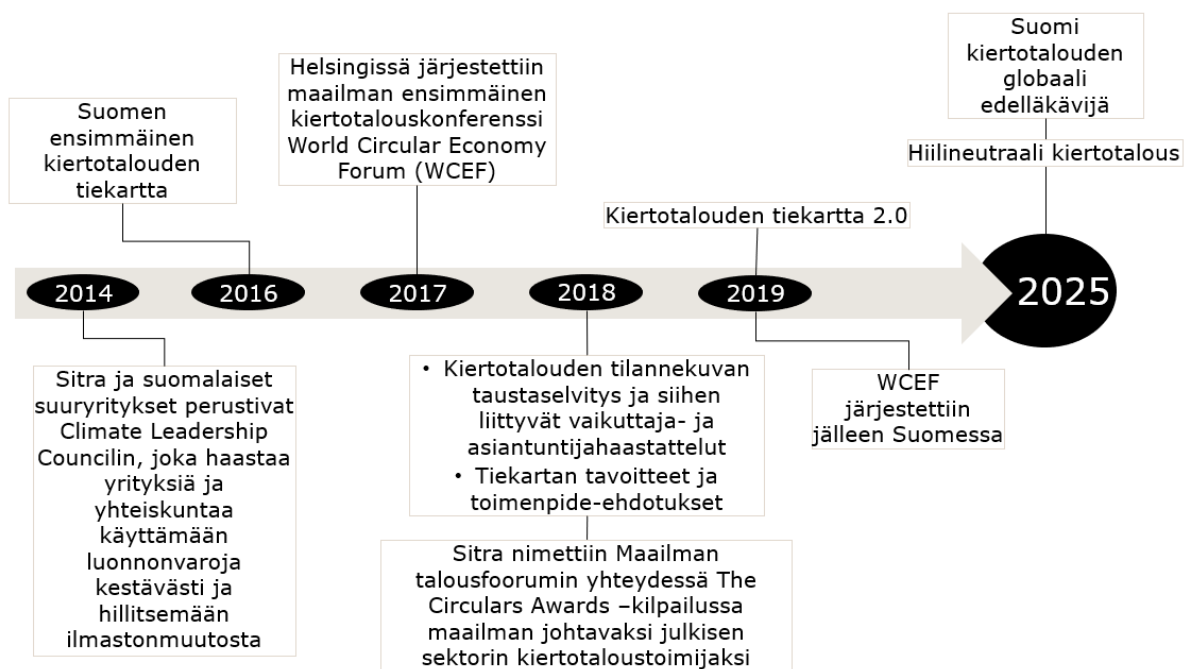
Toiminnanharjoittajaa koskevat muutokset uuden jäteasetuksen myötä mukailevat jätelakia ja merkittävimmät muutokset koskevat raportointia- ja kirjanpitoa. Toiminnanharjoittajan on kirjattava jätteen uudelleenkäytön valmistelut, kierrätys sekä muussa hyödyntämisessä syntyvät jätteet ja materiaalit. Jätteen hyödyntämisen tapa, kuten uudelleenkäytön valmistelu, kierrätys, hyödyntäminen maantäytössä tai muu materiaalina hyödyntäminen, tulee eritellä kirjanpidossa. (Ympäristöministeriö 2021a)

Jätelain (L 646/17.6.2011) uudistuksen ja uuden jäteasetuksen (VNa 978/2021) lisäksi on laadittu valtakunnallinen jätesuunnitelma. Valtakunnallinen jätesuunnitelma on valtioneuvoston hyväksymä strateginen suunnitelma, joka sisältää tavoitteet ja toimenpiteet Suomen jätehuollolle sekä jätteen synnyn ehkäisemiselle vuoteen 2023. Valtakunnallinen jätesuunnitelma on julkaistu vuonna 2018. Jätesuunnitelma sisältää 7 tavoitetta vuodelle 2030, jotka ovat (Ympäristöministeriö 2018):

1. Laadukas jätehuolto on osa kestävästä kiertotaloudesta.
2. Materiaalien tehokas tuotanto ja kulutus säästävät luonnonvaroja sekä hillitsevät ilmaston muutosta.
3. Jätteen määrä on vähentynyt nykyisestä. Uudelleenkäyttö ja kierrätys ovat nousseet uudelle tasolle.
4. Kierrätysmarkkinat toimivat hyvin. Uudelleenkäytön ja kierrätyksen myötä syntyy uusia työpaikkoja.
5. Kierrätysmateriaaleista saadaan talteen myös pieninä pitoisuuksina esiintyviä arvokkaita raaka-aineita.
6. Materiaalikierrot ovat haitattomia ja tuotannossa käytetään yhä vähemmän vaarallisia aineita.
7. Jätealalla on laadukasta tutkimusta ja kokeilutoimintaa sekä jäteosaaminen on korkealla tasolla.

Jättesuunnitelmassa on yhteensä neljä painopistealuetta, jotka ovat rakentamisen jäte, biohajoava jäte, yhdyskuntajäte sekä sähkö- ja elektroniikkaromu. Kaikille painopistealueille on jättesuunnitelmassa asetettu yksityiskohtaiset tavoitteet sekä esitetty toimenpiteet, kuinka tavoitteet voidaan saavuttaa. Purkumateriaalien uusiokäytön kannalta jättesuunnitelman rakentamisen jätteen painopistealue on merkittävä. Sen tavoitteena on mm. vähentää rakentamisessa syntyvää jätemäärää sekä nostaa rakentamisen ja purkujätteen materiaalina hyödyntämisen astetta. Materiaalitehokkuus korostuu erityisesti tavoitetta edistävissä toimenpiteissä. (Ympäristöministeriö 2018)

Suomen edistymistä kiertotalouden kannalta on tuettu laatimalla kiertotalouden tiekartta ”Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016–2025”, joka on julkaistu ensimmäisen kerran vuonna 2016, jonka jälkeen päivitetty versio, kiertotalouden tiekartta 2.0, julkaistiin vuonna 2019.



Kuva 10. Suomen kiertotalouden edistäminen tiekartan avulla. (Sitra 2019b)

Tiekartan päivittämisen myötä saatiin nostettua tavoitteiden ja kunnianhimon tasoa sekä vahvistettua Suomen edelläkävijyyttä ja täydennettyä tiekarttaa uusilla kiertotaloutta edistävillä toimenpiteillä. Kiertotalouden tiekartassa asetetut strategiset tavoitteet ovat yhteiskunnan läpileikkaavia:

1. Kilpailukyvyyn ja elin voiman perusta uusiksi
2. Siirtämään vähähiiliseen energiaan
3. Luonnonvaroihin suhtaudutaan niukkuutena
4. Arjen päätöksistä käyttövoimaa muutokselle.

Lisäksi aiemman tiekartan sektorikohtainen jäsentely muutettiin päivitettyyn versioon vastuutahokohtaiseksi. Tiekartan päivitettyyn versioon lisättiin myös kaupunkien mahdolliset roolit kiertotalouden edistämiseksi. (Sitra 2016 & 2019a)

Kiertotalouden tiekartan lisäksi Suomen kiertotaloutta edistetään myös kiertotalouden strategisen ohjelman avulla, josta valtioneuvosto on antanut periaatepäätöksen 8.4.2021. Kiertotalouden strategisen ohjelman pohjana on toiminut EU:n kiertotalouden toimintasuunnitelma ja strategisen ohjelman avulla pyritään saavuttamaan EU:n määrittämät tavoitteet. Kiertotalouden strategisen ohjelman myötä kiertotaloudesta pyritään luomaan taloudelle uusi perusta vuoteen 2035 mennessä. Ohjelmakokonaisuus on jäsennelty kiinteistö- ja rakennusalaan, kuntiin ja alueisiin, valmistavaan prosessiteollisuuteen sekä nouseviin liiketoimintamalleihin ja teknologioihin. Ohjelma keskittyy erityisesti innovaatioiden, digitaalisten ratkaisujen, sääntelyn sekä vastuullisten sijoittajien, yritysten ja kuluttajien avulla tapahtuvaan kiertotaloussiirtymään. Strategisessa ohjelmassa merkittävimmiksi osa-alueiksi kiertotalouden toteutumisessa on tunnistettu olevan materiaalien kierrätys sekä kestävät arvoketjut ja etenkin arvoketjujen aiemmat vaiheet, kuten tuotesuunnittelu. (Valtioneuvosto 2021a)

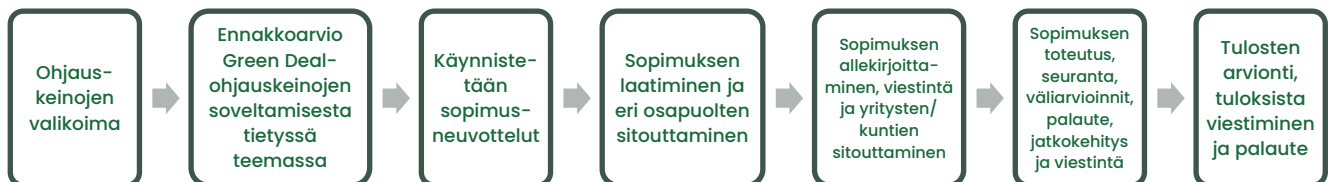
Kiertotalouden strategisen ohjelman (Valtioneuvosto 2021a) visiona on, että vuonna 2035 Suomi on hiilineutraali kiertotalousyhteiskunta, jossa menestyvän talouden perustana:

- Kestävät tuotteet ja palvelut ovat talouden valtavirtaa ja jakamistalous arkipäivää.
- Valintamme ovat tulevaisuuskestäviä ja vahvistavat reilua hyvinvointiyhteiskuntaa.
- Vähemmällä enemmän: luonnonvarojen käyttö on kestävä ja materiaalit pysyvät kierrossa pidempään ja turvallisesti.
- Kiertotalouden läpimurto on tehty innovaatioiden, digitaalisten ratkaisujen, fiksun sääntelyn sekä vastuullisten sijoittajien, yritysten ja kuluttajien avulla.
- Kiertotalous-Suomi on vahva vaikuttaja maailmalla ja kestävien ratkaisujen tarjoaja kansainvälisillä markkinoilla.

Kiertotalouden strategisen ohjelman lisäksi myös pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelmassa ”Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta” (2019) on tuotu vahvasti esille ympäristönäkökulmaa. Hallitusohjelmassa Suomen talouspolitiikasta pyritään muovaamaan yhä kestävämpi niin ekologisesti kuin sosiaalisesti. Ohjelma on jaettu strategisiin kokonaisuuksiin (mm. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi sekä asuntopolitiikka, Kokoaan suurempi

Suomi Euroopassa ja maailmalla), joiden avulla asetetut tavoitteet pyritään saavuttamaan. (Valtioneuvosto 2019)

Ratkaisuja ilmastonmuutoksen ja kiertotalouden edistämiseksi voidaan hakea myös ympäristöministeriön vapaaehtoisten Green Deal sopimusten avulla (Ympäristöministeriö n/d e). Ympäristöministeriön vapaaehtoiset Green Deal sopimukset tehdään valtion ja elinkeinoelämän tai muun julkisen sektorin välillä, jonka tavoite on edistää kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamista. Ympäristöministeriön mukaan ”sopimusosapuolet sitoutuvat kunnianhimoisiin ja seurattaviin tavoitteisiin, joilla tähdätään ympäristön ja yhteiskunnan kannalta merkittäviin vaikutuksiin”. Green Deal -sopimusten valmistelu toteutetaan yhteistyössä eri sopimusosapuolten kanssa, kuten julkishallinnon ja elinkeinoelämää edustavan toimialajärjestön tai kuntaryhmittymän välillä. Sopimus sisältää tavoitteiden määrittelyn sekä asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi vaadittavat toimenpiteet, eri sopimuskumppanien roolit ja saavutettujen tulosten raportointi- ja seurantaprosessit sekä -tavat. Toteutuneita vapaaehtoisia Green Deal -sopimuksia ovat muun muassa Muovikassisopimus Kaupan liiton kanssa (2018), rakentamisen muovit Green Deal sopimus (2020) ja Kestävän purkamisen -sopimus Rakli ry:n kanssa (2020). (Ympäristöministeriö n/d e)



Kuva 11. Vapaaehtoisen Green Deal -sopimuksen laadinta (muokattu Ympäristöministeriö n/d).

Edellä kuvattujen ohjeistusten lisäksi rakennus- ja purkujättemateriaalien hyötykäyttöön vaikuttaa myös kaavoitus- ja rakentamislaki, joka tulee korvaamaan nykyisen maankäyttö- ja rakennuslain (MRL 132/1999). Kaavoitus- ja rakentamislakiehdotus on lausuntokierrosvaiheessa (VN/279/2018). Uuden lain avulla pyritään huomioimaan ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutuminen kaavoituksessa, rakentamisessa ja rakennusten ylläpidossa. Kaavoitus on nostettu suureen rooliin, sillä sen avulla pyritään vahvistamaan yhdyskuntarakenteen eheyttä sekä ohjaamaan rakentamista jo olemassa olevaan infraan ja palveluihin. Kaavoitus- ja rakentamislaisissa vastuujako muuttuu siten, että rakennushankkeesta vastuussa on päävastuullinen toteuttaja ja vastuu aika kestää 5 vuotta. Kaikki

hankkeen osapuolet ovat kuitenkin velvoitettuja yhteistyöhön, jotta voidaan varmistua laadusta. Lisäksi lakiehdotuksessa on nostettu esille, että rakennukset tulisi suunnitella kiertotalouden periaatteiden mukaisesti (pitkäikäisiksi, monikäyttöisiksi, helposti korjattaviksi). Luonnonvarojen säästämiseksi ja materiaalien jälkimarkkinoinnin edistämiseksi on tunnustettu, että rakennus- ja purkumateriaaleja tulisi uudelleen käyttää ja siten pitää materiaalit käytössä mahdollisimman pitkään. (Ympäristöministeriö 2021b)

Lisäksi korjausrakentamisen edistämiseksi on julkaistu 10.6.2021 vuoteen 2030 ulottuva tiekartta ja toimeenpanosuunnitelma ”Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050”, jossa korostuu korjausrakentamisen neuvonta ja koulutus. (Valtioneuvosto 2021 c) Julkaisu sisältää 17 ehdotettua toimenpidettä, joita ovat esimerkiksi:

- Kehitetään rakentamisen ammattilaisten jatkuvaa oppimista korjausrakentamisessa ja energiatehokkuudessa, jotta tekijöitä riittää.
- Korjausrakentamisesta tuotetaan käytännön esimerkkejä tutkimustietoa hyödyntäen.
- Energiatehokkuuden ja korjausrakentamisen rahoitukselle perustetaan tietohubi.
- Uusista tukijärjestelmistä saatava tieto valjastetaan käyttöön ja niiden vaikuttavuutta arvioidaan järjestelmällisesti.

Tiekartta ja toimeenpanosuunnitelma tukevat maaliskuun 2020 julkaisua ”Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050”. Strategian tavoitteena on edistää Suomen rakennuskannan muuttumista energiatehokkaaksi ja vähähiiliseksi vuoteen 2050 mennessä. Strategiaan esille nostettuja toimenpiteitä ovat muun muassa rakennusten tilatehokkuus, energiatehokkuutta kehittävä suunnitelmallinen kiinteistönpito, energiatehokkuusparannukset korjausten yhteydessä ja vähähiilinen lämmitys. Rakennusten hiilidioksidipäästöjä pyritään näiden toimien avulla vähentämään vuodesta 2020 90 % vuoteen 2050 mennessä. (Valtioneuvosto 2021 c)

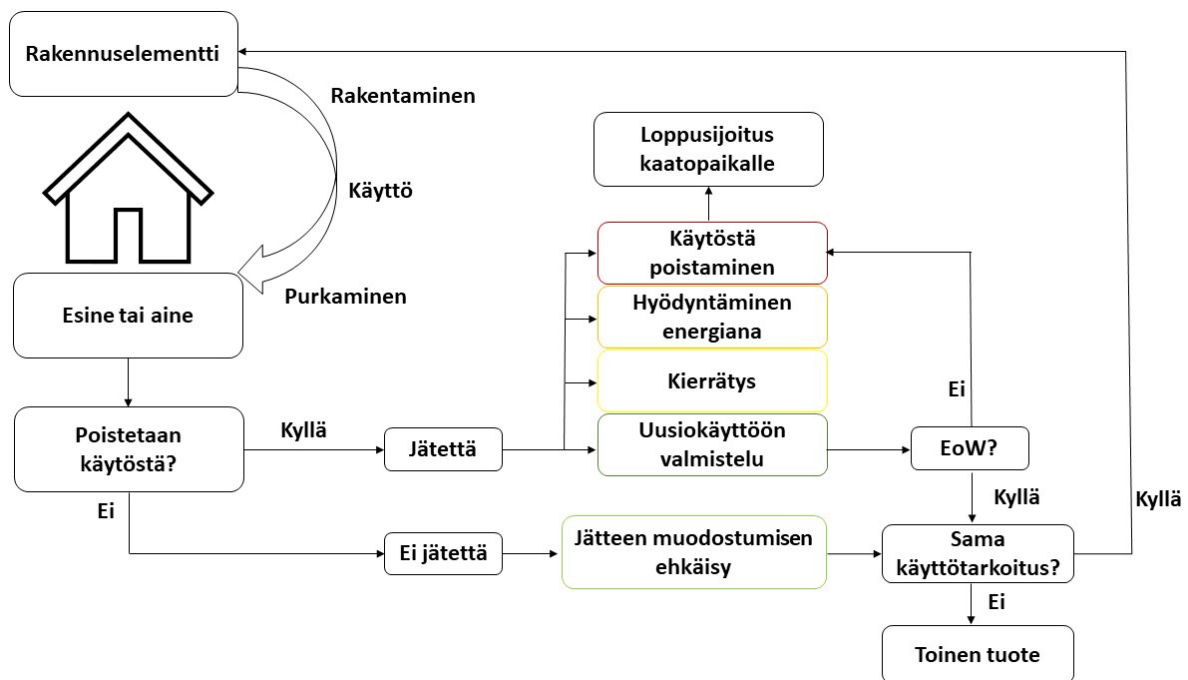
4.2 Lupatarpeet

Uudelleenkäytettävien rakennusosien hyödyntämisessä on huomioitava mahdollisen jätestatuksen tuomat lupavaatimukset. Hyötykäyttö ei vaadi ympäristölupaa, jos rakennusosia hyödynnetään samassa käyttötarkoituksessa ilman, että niitä tarvitsee kunnostaa tai valmistella uudelleenkäyttöä varten (huom. koskee ainoastaan tuotteita, jotka eivät kuulu harmonisoidun tuotestandardin piiriin). Muunlaisessa hyödyntämisessä (kierrätys, uudelleenkäyttöön valmistelu,

hyödyntäminen energiana) tai käytöstä poistamisessa purettavat rakennusosat määritellään jätteeksi ja ne kuuluvat tällöin jätelainsäädännön piiriin alla olevan kuvan mukaisesti. Jätteiden käsittely tulee toteuttaa jätehierarkian määrittelemän etusijajärjestyksen mukaisesti. (Mroueh 2014, Ympäristöministeriö 2019a)

Etusijajärjestys

- Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta.
- Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten.
- Jos uudelleenkäyttö ei ole mahdollista, jäte on kierrätettävä.
- Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana.
- Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä.



Kuva 12. Rakennuselementtien ja materiaalien uudelleenkäyttö jätelainsäädännön mukaan (muokattu Mroueh, 2014).

Jätelainsäädännön mukaisen luvanvaraisuuden lisäksi rakennusmateriaalien kelpoisuutta säätelee rakennustuotteiden yleiset laatuvaatimukset, joista on säädetty "Ympäristöministeriön asetuksessa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013" ja "Rakennustuotteiden tuotehyväksyntälaissa 954/2012". Rakennustuotteen kelpoisuus osoitetaan yleisesti CE-merkinnällä, mikäli rakennustuote kuuluu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan tai sillä on eurooppalainen tekninen arviointi (ETA). Kuitenkin on huomattava, että ainoastaan rakennustuotteiden CE-merkinnällä ei taata tuotteen käytettävyyttä

rakentamisessa, vaan merkillä osoitetaan tuotteen olleen testimenetelmän suoritusasteen mukainen. Tuotteen käytettävyyden tiettyyn käyttökohteeseen tulee osoittaa aina erikseen ja varmistettava, että tuote täyttää paikalliset rakentamismääräykset. (Ympäristöministeriö n/d)

CE-merkinnän avulla valmistaja voi vakuuttaa tuotteen ominaisuuksien olevan eurooppalaisen tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaiset. Rakennustuotteiden valmistajat eivät saa asettaa markkinoille sellaisia rakennustuotteita, joilla ei ole CE-merkintää, mikäli rakennustuotteet kuuluvat tuotestandardin soveltamisalaan. CE-merkintä on siis pakollinen kaikille rakennustuotteille, joille on määritelty harmonisoitu tuotestandardi. Kuitenkin on hyvä huomioida, että tuotteen käytettävyyden (käyttö, paikalliset olosuhteet, rakentamismääräykset) tulee varmistaa ja arvioida erikseen jokaiseen rakennuskohteeseen. CE-merkinnän avulla pyritään helpottamaan rakennustuotteiden ominaisuuksien vertailua (yhtenäiset tavat koko Euroopassa). (Ympäristöministeriö n/d)

d) Kuitenkin tässäkin kohtaa on huomattava, että on olemassa poikkeuksia, sillä on olemassa ainakin yksi CE-merkinnän alle kuuluva tuoteryhmä, jonka sisällä rakennustuotteita on mahdollista käyttää uudelleen. Vanhat tiilet on rajattu hEN standardissa SFS-EN 771-1:2011+A1:2015 soveltamisalan ulkopuolelle. Näille vanhoille puretuille tiilille on EAD (EAD 170005-00-0305) ja niille voidaan saada sitä kautta CE-merkintä.

Jos rakennustuote ei kuulu harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan tai sille ei ole myönnetty eurooppalaista teknistä arviointia (ETA), voidaan rakennustuotteiden hyväksyntälain (954/2012) mukaan rakennustuotteen kelpoisuus osoittaa rakennustuotteiden kansallisilla hyväksyntämenettelyillä (vapaaehtoisilla vaihtoehdoilla): tyyppihyväksynnällä, varmennustodistuksella tai valmistuksen laadunvalvonnan varmentamisella. Mikäli rakennustuotteen kelpoisuutta ei ole voitu osoittaa tyyppihyväksynnällä tai varmennustodistuksella, voidaan kelpoisuus osoittaa valmistuksen laadunvalvonnalla. (954/2012)

Tyyppihyväksynnän avulla valmistaja voi osoittaa tuotteen soveltuvan rakentamiseen, sillä se täyttää lainsäädännön asettamat laatuvaatimukset. Sen avulla rakentaja voi osoittaa tuotteen kelpoisuuden haettaessa rakennuslupaa tai rakennusvalvonnan yhteydessä. Tyyppihyväksyntää käytetään sellaisten rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittamiseen, jotka ovat olennaisia rakennuskohteen teknisten vaatimusten täyttymiselle. (Ympäristöministeriö n/d b)

Varmennustodistuksen avulla voidaan osoittaa tuotteen täyttävän lainsäädännössä asetetut vaatimukset ja on siten käytettävissä rakentamiseen. Varmennustodistus haetaan ympäristöministeriön hyväksymältä toimielimeltä. Esimerkiksi rakennuslupaa haettaessa tai rakennusvalvonnan yhteydessä rakentaja voi varmennustodistuksen avulla todentaa tuotteen kelpoisuuden.

Varmennustodistus on menettelyltään hallinnollisesti kevyempi verrattuna tyyppihyväksyntämenettelyyn. (Talja 2014, Ympäristöministeriö n/d c)

Rakennustuotteen varmentamista rakennuspaikkakohtaisesti voidaan edellyttää rakennusvalvontaviranomaisen toimesta. Yleensä menettelyä käytetään siinä tapauksessa, jos valmistaja ei ole esittänyt rakennustuotteen ominaisuuksia lainkaan ja rakennusvalvontaviranomaisella on syytä epäillä ettei tuote täytä olennaisia teknisiä vaatimuksia. Vuodesta 2013 alkaen rakennuspaikkakohtaista varmentamista on voitu käyttää rakennustuotteiden hyväksyntämenettelynä. Rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen avulla rakennusvalvontaviranomainen voi varmistua siitä, että tuote on turvallinen ja soveltuu käyttökohteeseen. Kuitenkin vastuu rakentamisessa käytettävistä rakennustuotteiden kelpoisuudesta on aina hankkeeseen ryhtyvällä, joka vastaa myös varmentamisesta aiheutuvista kustannuksista. (Talja 2014)

EU:n rakennustuoteasetuksen ja CE-merkintäjärjestelmän uudistaminen on aloitettu viime vuosien aikana ja toistaiseksi uudistustyö on vielä keskeneräinen. Uudistamisella pyritään edistämään rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Tällä hetkellä säännökset ovat kohdistuneet pääasiassa teollisesti valmistetuille ja markkinoille saatettaville rakennustuotteille, jotka jo kuuluvat laadunvalvonnan ja laadunvarmistuksen piiriin. Lisäksi määräykset ovat koskeneet lähtökohtaisesti myös uuden rakennuksen rakentamista, eikä rakennusosan uudelleenkäytölle ole olemassa säännöksiä. Rakennusosan uudelleenkäytön kelpoisuus on siten osoitettu joko varmennustodistuksella tai rakennuspaikkakohtaisella varmentamisella. Varmennustodistus on tuotekohtainen ja sen sisältö vaihtelee tuotteesta ja tuotteen valmistuksessa käytettävistä materiaaleista. (Talja 2014, Rakennusteollisuus RT ry 2020, Leskelä 2021)

4.3 Haasteet ja mahdollisuudet

Uudelleenkäytettävien materiaalien ja rakennusosien hyötykäytön haasteita ja mahdollisuuksia on arvioitu SWOT-analyysin avulla (Taulukko 14).

Taulukko 14. SWOT-analyysi uusiokäytettävien materiaalien ja rakennusosien hyötykäytön haasteista ja mahdollisuuksista.

SWOT-analyysi	
Strengths (VAHVUUDET)	<ul style="list-style-type: none"> Säätelyn ja ohjauskeinojen vaatimukset ohjaavat uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen. Hiilineutraaliustavoitteet tukevat rakentamisen kiertotalouden mahdollisuuksia Kiertotaloustavoitteiden tuominen osaksi rakennus- ja purkukäytäntöjä (mm. purkukatselmuksen yhteydessä) Purkukartoituksen tietojen hyödyntäminen uusiokäytön lisäämiseksi
Weaknesses (HEIKKOUEDET)	<ul style="list-style-type: none"> EU tasolla yhtenäisten ohjeiden puute kierrätysmateriaalien käytöstä rakentamisessa Rakenteiden ja materiaalien uusiokäytölle on asetettu useita tavoitteita, mutta käytännössä toteutus on hidasta ja tavoitteita on haastavaa saavuttaa Irrotettavien elementtien sertifiointi ja laadunvarmistus niin, että täyttävät rakennusmääräykset ja muut rakennustuotteille asetettavat laatuvaatimukset Elementtien ja rakennusosien irrottaminen kokonaisuutena Elementtien ja rakennusosien kunnon todentaminen Haluttomuus uusien toimintamallien käyttöönottoon
Opportunities (MAHDOLLISUUDET)	<ul style="list-style-type: none"> Hankintakriteeristön kehittäminen vanhojen rakennusosien käytön mahdollistamiseksi. Erilaisten/kestävien hankintamallien hyödyntäminen Vanhenevan rakennuskannan saneeraus (paljon skaalautumismahdollisuuksia) Vanhojen rakennusosien kysynnän ja tarjonnan parempi kohtauttaminen esimerkiksi digitaalisen kauppapaikan avulla. Todennäköisesti myös fyysiselle kauppapaikalle tai varastolle on tarvetta. Rakennusosien laadun standardoimisjärjestelmän kehittäminen Erilaisten uusien palvelumallien kehittäminen purkajan ja hankkijan välille
Threats (UHAT)	<ul style="list-style-type: none"> Käytettävissä olevien rakenteiden ja materiaalien saatavuus ja tieto saatavuudesta (purkukohteet yleensä yksittäisiä ja eri tahojen hallinnoimia) Rakenteiden vaurioiden todentaminen ja sallitun tason määrittäminen (esim. korrosio, betonin rapautuminen ja halkeilu) Lainsäädännön rajoitteet (esim. EU:n rakennustuoteasetus ei tällä hetkellä edistä uudelleenkäyttöä)

	<ul style="list-style-type: none"> • Kiertotalouden mukaisen suunnittelun ja purkamisen heikko osaaminen • Uusien materiaalien käyttö voi olla edullisempaa ja helpompaa kuin kierrätysmateriaalien käyttö • Miten saadaan kannattavaa liiketoimintaa (vai saadaanko?)
--	---

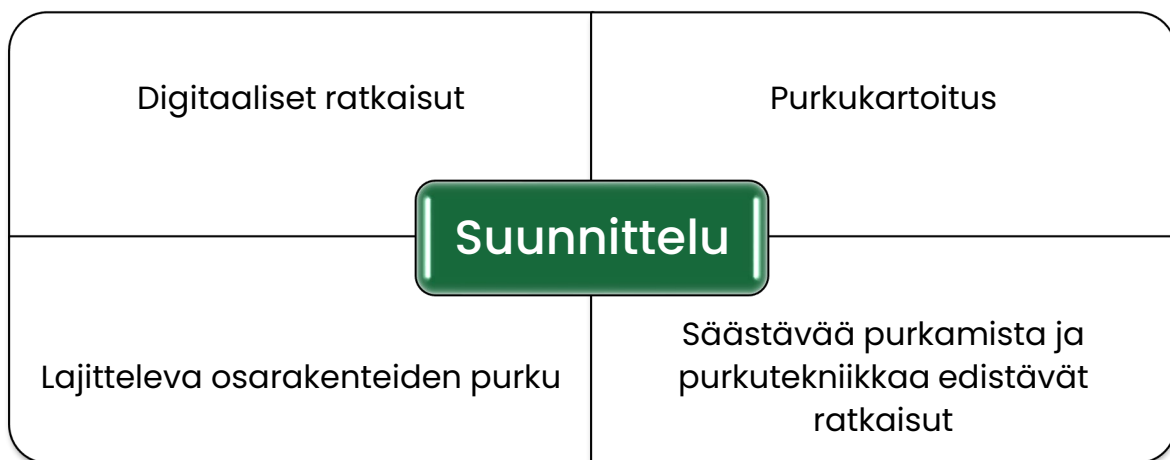
4.4 Parhaat käytännöt

Ehjänä purkamisen ja uudelleenkäytön hyviä käytäntöjä on esitetty alla olevassa kuvassa (ks. Kuva 13). Suunnittelu on sijoitettu kuvassa keskelle, sillä se on yksi merkittävimmistä tekijöistä uudelleenkäytön edistämiseksi. Toimivien suunnitteluratkaisujen avulla voidaan sekä pidentää rakennusten ja niiden materiaalien, tuotteiden ja elementtien elinkaarta että mahdollistaa niiden uudelleenkäyttö ja kierrätys rakennuksen käyttöänsä lopussa. (Green Building Council Finland 2018) Edellä mainittuja parhaita käytäntöjä ehjänä purkamisen ja uudelleenkäytön osalta voidaan tukea ja edistää hyödyntämällä EU Level(s) indikaattoreita, erityisesti indikaattoria 2.4: Purettavaksi suunniteltu. Indikaattoria 2.4 on mahdollista hyödyntää rakennuksen suunnitteluvaiheesta rakennuksen elinkaaren loppuun ja sen avulla pyritään yhtenäistämään toimintatapoja rakennusten kestävyuden edistämiseksi. Indikaattori 2.4 sisältää yleisen tason periaatteita ja ohjeistusta purkamiselle. (Dodd et al. 2021)

Uudelleenkäytön edistämisen mahdollisia suunnittelustrategioita ovat muun muassa seuraavat:

- Korjattavaksi suunnittelu
 - Rakennuksen suunnittelussa varmistetaan (esim. pinta-asennusten ja vapaalla pääsyllä talotekniikkaan), että käytettävät rakennusosat ja tekniikka ovat vaihdettavia ja korjattavia.
 - Etukäteissuunnittelun avulla voidaan varmistaa korjauksen oikea-aikaisuus ja pidentää rakennuksen käyttöikä.
- Purettavaksi suunnittelu
 - Rakennus suunnitellaan purettavaksi esimerkiksi käyttäen modulaarista rakentamista, joka mahdollistaa rakenteiden ehjänä purkamisen ja edistää rakenteiden uudelleenkäyttöä.
- Muuntojoustavaksi suunnittelu
 - Lähtökohtana suunnittelussa on, että rakennuksen käyttötarkoitus on helposti muunneltavissa rakennuksen käyttöänsä aikana.

- Uudelleenkäyttösuunnitelman laatiminen
 - Toteutetaan selvitys rakenteiden purettavuudesta ja tehdään yksityiskohtainen lista rakenneosista, jotka ovat uudelleenkäytettävissä.
- Tilojen suunnitteleminen jaettaviksi
 - Rakennuksen tilat suunnitellaan soveltumaan useisiin eri käyttötarkoituksiin. Tilojen käytön jakamisella voidaan esimerkiksi mahdollistaa vajaassa käytössä olevien resurssien tehokkaampi hyödyntäminen.



Kuva 13. Uudelleenkäytön parhaat käytännöt (mukaillen Green Building Council Finland 2018)

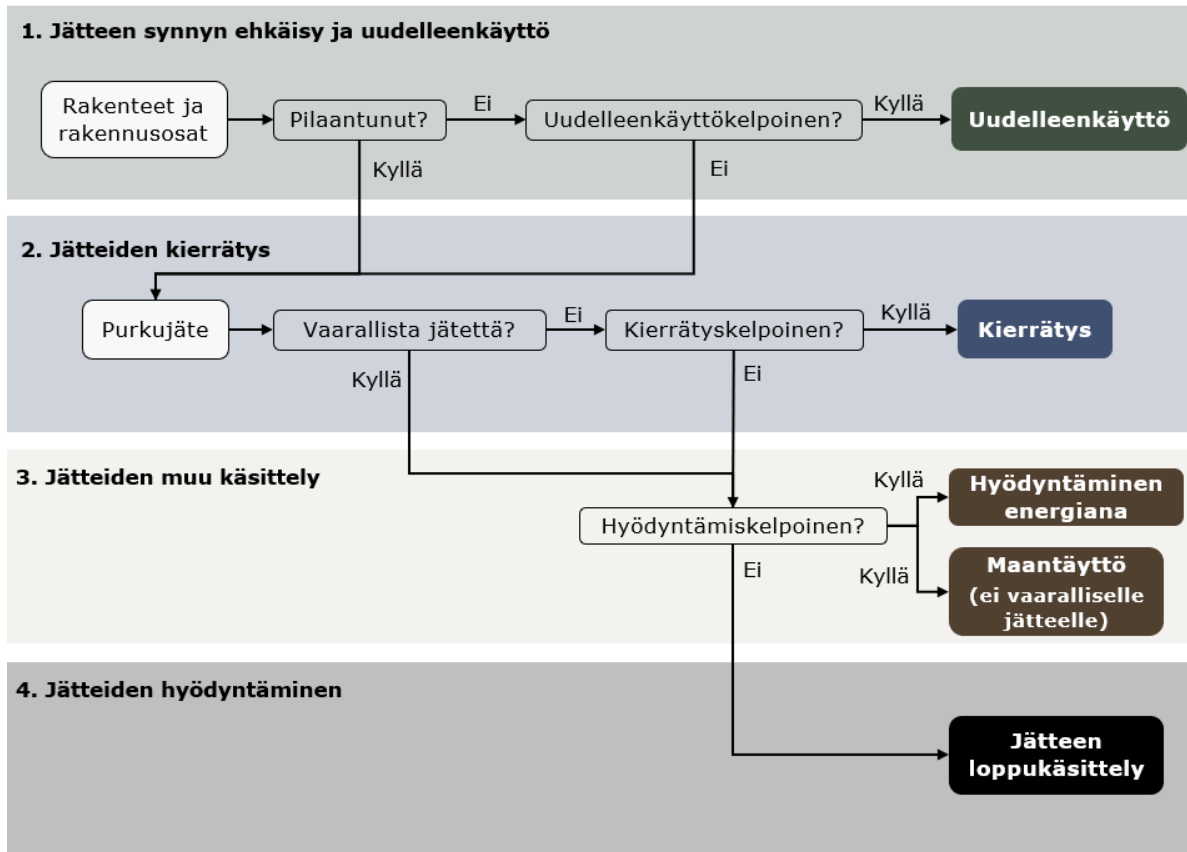
Rakennusosien ja rakenteiden uudelleenkäytön edistämiseksi purettaville rakennuksille olisi syytä tehdä purkukartoitus (Hradil et al. 2019, Lehtonen 2019). Purkukartoituksessa selvitetään ennen rakennuksen purkamista mahdollisuudet rakenteiden ja rakennusosien ehjänä purkamiselle ja uusiokäytölle sekä materiaalien lajittelulle ja hyötykäytölle. Lisäksi purkukartoitus sisältää myös haitta-ainekartoituksen ja -tutkimukset. Haitta-ainekartoituksessa selvitetään purettavan kohteen sisältämät vaaralliset aineet, annetaan suositus käytettävistä purkumenetelmistä sekä suositus vaarallisen jätteen käsittelystä. Purkukartoituksessa annettujen suositusten perusteella voidaan laatia purkusuunnitelma, jossa määritellään, kuinka purkaminen toteutetaan uudelleenkäyttöä edistäen. Suunnitteluvaiheessa määritetyt uudelleenkäyttötavoitteet tulee esittää myös rakennus- ja purku-urakan kilpailutusasiakirjoissa, näin urakoitsijat ovat tietoisia asetetuista tavoitteista ja pystyvät varautumaan uudelleenkäytön edellyttämiin toimenpiteisiin. Olennaista ehjänä purkamisessa on, että rakenteille on tunnistettu jo uudet käyttökohteet ja/tai välivarastointipaikka ennen purkutyön aloittamista. Kustannustehokkuuden kannalta rakenteet olisi kannattavaa selvittää mahdollisuudet

rakenteiden hyödyntämiselle mahdollisimman lähellä tai jopa samalla tontilla, jotta rakenteita ei olisi tarpeellista kuljettaa pitkiä matkoja uuteen käyttökohteeseen. (Green Building Council Finland 2018, Hradil et al. 2019, Lehtonen 2019)

Purkukartoituksen aikana tunnistetaan myös ne rakenteet, joita ei voida hyödyntää uudelleen. Nämä rakenteet puretaan silloin lajittelevana purkuna, jolloin rakenteet puretaan järjestelmällisesti. Tämä mahdollistaa purettujen rakenteiden lajittelun materiaalien perusteella purkukohteessa, jolloin voidaan edistää materiaalien hyötykäyttöä. Purkamisessa tulee aina huomioida jätehierarkian mukainen etusijajärjestys, jolloin ensisijaisesti rakenteet toimitetaan uudelleenkäyttöön. Uudelleenkäyttöä seuraavat vaiheet ovat hyödyntäminen materiaalina ja vasta viime kädessä materiaalit toimitetaan energiahyötykäyttöön. Lajittelevan purkamisen avulla voidaan merkittävästi vaikuttaa myös purkamisesta aiheutuvien kokonaiskustannusten pienentämiseen. On todettu, että suurin osa kustannuksista aiheutuu purkamisessa syntyvistä jätteistä ja niiden käsittelystä. (Green Building Council Finland 2018, Lehtonen 2019)

Lajittelevan purkamisen lisäksi purkamisen kokonaiskustannuksiin voidaan vaikuttaa myös säästävällä purkamisella ja käytetyllä purkutekniikalla. Säästävää purkamista ja purkutekniikkaa on mahdollista edistää esimerkiksi hyödyntämällä modulaarista rakentamista. Modulaaristen ratkaisujen avulla purkaminen voidaan toteuttaa säästäen ja tehokkaasti ilman mittavia purkutöitä. Rakennuksen käyttöään päättyessä rakennus pitäisi pystyä purkamaan mahdollisimman vähäisellä työllä ja materiaalitärkeellä. Lisäksi modulaarisilla ratkaisuilla edistetään myös rakennuksen korjaamista, sillä osien vaihto pitäisi onnistua kohtalaisen vähällä purkutyöllä. (Green Building Council Finland 2018, Lehtonen 2019)

Rakennusosien ja rakenteiden sekä materiaalien uudelleenkäyttöä voidaan edistää muun muassa digitaalisten ratkaisujen avulla. Yksi kasvava esimerkki on materiaalipassin käyttöönotto. Materiaalipassin avulla voidaan edistää rakennetun ympäristön sisältämien raaka-aineiden tiedonhallintaa. Materiaalipassi on dokumentti, johon on kerätty kattavat tiedot rakennuksen materiaaleista. Materiaalipassin tarkoitus on helpottaa materiaalien uudelleen hyödyntämistä esimerkiksi korjaamisen, muutostöiden ja purkamisen yhteydessä, sillä materiaalipassissa olisi jo ennalta tiedossa syntyvän ylijäämän laatu ja määrä. Lisäksi materiaalipassi mahdollistaa rakennuksen materiaalien arvon säilymisen myös siinä tilanteessa, kun rakennus on tullut käyttöikänsä päähän tai jää jostain muusta syystä tarpeettomaksi. (Green Building Council Finland 2018, Vikstedt & Hytti 2018)



Kuva 14. Jätehierarkian etusijajärjestyksen mukainen rakennus- ja purkujätteen huomiointi (mukaillen Lehtonen 2019).

5 Johtopäätökset

Rakenteiden ja materiaalien ehjänä purkamista ja uudelleenkäyttöä on tutkittu ja selvitetty jo useiden vuosien aikana. Lainsäädännön reunaehdot ovat kuitenkin kokeneet muutoksia, jolloin kaikki aikaisempina vuosina saadut käyttökokemukset eivät ole verrattavissa toisiinsa. Rakenteiden ja materiaalien, sekä uusien että uudelleenkäytettävien, tulee täyttää lainsäädännön asettamat vaatimukset. Lisäksi rakenteiden ja materiaalien uudelleenkäytön kannalta on erityisen tärkeää, että tarvittavat tutkimukset toteutetaan kattavasti, luotettavasti sekä tuleva käyttötarkoitus huomioiden.

Vaikka lähivuosina kiertotalous ja kiertotalouden mukaiset toimintatavat ovat nousseet ajankohtaisiksi teemoiksi eri sektoreilla, ei nykyinen lainsäädäntö juuriakaan mahdollista tai edistä rakenteiden ja materiaaleja uudelleenkäyttöä. Lainsäädäntö on kuitenkin vielä tällä hetkellä murrosvaiheessa ja tulevina vuosina useat lait ja asetukset sekä kansainvälisellä että kansallisella tasolla tulevat uudistumaan. Lainsäädännön uudistusten myötä pyritään edistämään kiertotaloutta ja mahdollistamaan kiertotalouden mukaista toimintaa sekä vahvistamaan jätehierarkian toteutumista. Kiertotalouden mukaisella toiminnalla tarkoitetaan esimerkiksi resurssitehokkuutta, eli jo käytössä olevia materiaaleja pyritään pitämään käytössä mahdollisimman pitkään. Kiertotalouden mukaiset toimintatavat osaltaan tukevat myös jätehierarkian toteutumista, eli ensisijaisesti pyritään ehkäisemään jätteen syntymistä ja käyttämään materiaaleja uudelleen. Sekä kiertotalouden että jätehierarkian toteutuminen ovat avainasemassa rakenteiden ja materiaalien uudelleenkäytön edistämisessä.

Käytännön tutkimusta rakenteiden ja materiaalien uudelleenkäytöstä on tehty paljon, joka ilmenee useista meneillään olevista ja viime vuosina tehdyistä tutkimus- ja kehityshankkeista. Lisäksi Suomessa ja Euroopassa on tehty useita pilottointeja, joiden avulla on pyritty kehittämään ja testaamaan sekä rakenteiden että materiaalien uudelleenkäyttöä. Useita onnistuneita pilottikohteita on jo olemassa ja niissä käytettyjä menetelmiä on hyödynnetty myös muissa pilottikohteissa. Kuitenkaan vakiintuneita käytänteitä ja menetelmiä ei toistaiseksi ole olemassa tai integroitu perinteiseen rakentamiseen, sillä niiden muodostuminen vaatii lainsäädännöllistä muutosta.

Rakenteiden ja materiaalien uudelleenkäytöllä on paljon mahdollisuuksia, mutta käytännössä se on vielä tällä hetkellä haastavaa ja vaatii kehitystä. Merkittävä tekijä rakenteiden ja materiaalien uudelleenkäytön edistämisessä on yhtenäiset reunaehdot, joiden avulla uudelleenkäyttö mahdollistetaan. Myös kunnon todentaminen on nykyllä lainsäädännön puitteissa todella haastavaa, ellei täysin

mahdotonta (mm. kosteudenhallintasuunnitelmaan liittyvät todentamiset). Lain-säädännöllisten haasteiden lisäksi myös konkreettiset menetelmät, kuten raken-nusosien irrottaminen kokonaisena, vaativat vielä kehitystä. Esimerkiksi osaa ra-kennuselementeistä ja -osista ei ole suunniteltu purettaviksi, jolloin kokonaisena purkaminen on työlästä sekä kallista.

Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että merkittävin uudelleenkäyttöpotentiaali on sellaisilla rakenteilla, joiden ilmastorasitus on ollut pieni (rakenne ollut sisäti-lassa) ja joiden irrotettavuus/purettavuus on helppoa. Vaikka uudelleenkäyttö-potentiaalia löytyy siis betoni-, puu- ja teräsrakenteilta, tulee niiden kunto joka tapauksessa aina todentaa ennen uudelleenkäyttöä. Yhdistelmärakenteilla uu-delleenkäyttöpotentiaali on heikompi verrattuna rakenteisiin, joka koostuu vain yhdestä materiaalista. Yhdistelmärakenteiden uudelleenkäyttöpotentiaalia hei-kentää erityisesti pysyvät liittorakenteet. Yhdistelmärakenteiden uudelleenkäyt-töpotentiaalia on mahdollista parantaa suunnittelemalla yhdistelmärakenteet purettaviksi. Myös yhdestä materiaalista koostuvien rakenteiden uudelleenkäyttö on haastavampaa, mikäli niissä on käytetty pysyviä liitoksia tai niitä ei ole suun-niteltu purettaviksi (esim. paikalla valettu betoni). Purettavaksi suunnittelemalla voidaan edistää sekä materiaalien että rakenteiden uudelleenkäyttöpotentiaa-lia.

Lähteet

ArchDaily. 2022. Östermalm's Temporary Market Hall / Tengbom. <https://www.archdaily.com/788616/ostermalms-temporary-market-hall-tengbom>. 1.2.2022.

Arkkitehdit Kontukoski Oy. 2021. Portfolio. Kummatti. <https://kontukoski.fi/portfolio/kummatti/>. 8.12.2021.

Asam, C. 2007. Recycling prefabricated concrete components – a contribution to sustainable construction. IEMB info 3/2007. Berlin. Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken an der TU Berlin. <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB11828.pdf>

BCSA and GA Publication. 2005. Galvanizing Structural Steelwork. An approach to the management of liquid metal assisted cracking. https://www.steelconstruction.info/images/1/11/BCSA_40-05.pdf. 8.2.2022.

Caunton Engineering. Central Receiving Centre for Honda, Swindon. <http://www.caunton.co.uk/project.aspx?id=143>. 19.1.2022.

Coelho, A., M., G., Pimentel, R., Ungureanu, R., Hradil, P., Kesti, J. 2020. European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings. https://www.steelconstruct.com/wp-content/uploads/PROGRESS_Design_guide_final-version.pdf

Cristescu, C., Honfi, D., Sandberg, K., Sandin, Y., Shotton, E., Walsh, S.T., Cramer, M., Ridley-Ellis, D., Risse, M., Ivanica, R., Harte, A., Ui Chúláin, X., De Arana-Fernández, M., Llana, D., Íñiguez-González, G., Barbero, M., Nasiri, B., Hughes, M., Krofl, Z. 2020. Design for deconstruction and reuse of timber structures – state of the art review. ForestValue. InFutURe Wood. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1527414/FULLTEXT02.pdf>. 1.2.2022.

Cullen, J. & Drewniok, M. 2016. Structural steel reuse. Steel and the circular economy. The Building Centre, London. University of Cambridge. <https://steel-sci.com/assets/downloads/structural-steel-reuse/161130-bcsa-cullen%20002.pdf>. 19.1.2022.

Dodd, N., Donatello, S. & Cordella, M. 2021. Level(s) indicator 2.4: Design for deconstruction user manual: introductory briefing, instructions and guidance (Publication version 2.0)

Ellen MacArthur Foundation. 2016. Circularity in the built environment: Case studies. A compilation of case studies from the CE100.

Ellen MacArthur Foundation. Päiväämätön. A building that can be reused: Brummen Town Hall. <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/brummen-town-hall>. 12.1.2022.

Enviromate Reuse Ltd. 2020. Marketplace. <https://www.enviromate.co.uk/marketplace>. 28.1.2022.

EU 2018/851. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/851. Jätteistä annetun direktiivin 2008/98/EY muuttaminen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=FI>. 13.12.2021.

EU N:o 305/2011. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011 rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305&from=FI>. 3.2.2022.

Euroopan komissio. 2019. Vihreän kehityksen ohjelma eli Green Deal. Osoitteessa: [20https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fi](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_fi). 13.12.2021.

Euroopan komissio. 2020. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Uusi kiertotalouden toimintasuunnitelma. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>. 14.12.2021.

Fujita, M. & Masuda, T. 2014. Application of Various NDT Methods for the Evaluation of Building Steel Structures for Reuse. *Materials* 2014 (7) 7130-7144. doi:10.3390/ma7107130

GCB. 2020. Zero Avoidable Waste in Construction: What do we mean by it and how best to interpret it. Technical Author: Katherine Adams. Editors: Robert Pearce and Jane Thornback of the Construction Products Association. <https://www.constructionleadershipcouncil.co.uk/wp-content/uploads/2016/05/ZAW-Report-Final-Draft-25-February-2020.pdf>. 28.1.2022.

Green Building Council Finland. 2018. Kiertotalouskriteerit rakennetun ympäristön hankkeille – Ohje. <https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2018/11/Kiertotalouskriteerit-rakennetun-ymp%C3%A4rist%C3%B6n-hankkeille.pdf>. 17.1.2022

Hagan, H. 2010. Pirkanmaan rakentajapäivä. Lähiuudistus. Energiatehokas lähiökorjaaminen ja arkkitehtuuri. <http://www.pira.fi/wp-content/uploads/2015/03/Hagan-04112010.pdf>. 8.12.2021.

Häkkinen, E. 2021. POP-jätteen tunnistusohje. Suomen ympäristökeskus. Sidosryhmätilaisuus 29.11.2021.

Hradil, P., Wahlström, M., Teittinen, T., Lehtonen, K. 2019. Purkukatoitus – opas laatijalle. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:30. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161883>. 17.1.2022.

Hradil, P., Talja, A., Wahlström, M., Huuhka, S., Lahdensivu, J., Pikkuvirta, J. 2014. Re-use of structural elements – Environmentally efficient recovery of building components. VTT Technology 200. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2014/T200.pdf>

Huuhka, S. 2010. Kierrätys arkkitehtuurissa – Betonielementtien ja muiden rakennusosien uudelleenkäyttö uusdisrakentamisessa ja lähiöiden energiatehokkaassa korjaus- ja täydennysrakentamisessa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/6547/huuhka.pdf?sequence=3>. 10.12.2021

Huuhka, S. 2016. Betonipäivät 2016. Betonirakentamisen kiertotalous. Kokemuksia betonisten rakennustuotteiden uudelleenkäytöstä. <https://betoni.com/wp-content/uploads/2016/11/7.-Kokemuksia-betonisten-rakennustuotteiden-uudelleen%C3%A4yt%C3%B6st%C3%A4-Satu-Huuhka-TTY.pdf>. 8.12.2021.

Huuhka, S., Köliö, A., Annila, P., & Poti, A. 2018. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. Muuttuva rakennettu ympäristö; Nro 4, Rakennetekniikka. Tutkimusraportti.; Nro 165. Tampere: Tampere University of Technology. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-4075-2>

Jakowska-Lemanska, J. & Sagan, J. 2019. Non-destructive testing methods as a main tool supporting effective waste management in construction processes. Archives of Civil engineering, Vol LXV, Issue 4. <http://archive.sciendo.com/ACE/ace.2019.65.issue-4/ace-2019-0059/ace-2019-0059.pdf>

Khezri, N. 2021. The Circular building of Oslo: Kristian Augusts gate 13 (KA13). Esitys Helsingin rakentamisen kiertotalouden klusteriohjelman seminaarissa 25.11.2021. <https://testbed.helsinki.fi/app/uploads/2021/11/mad-arkitekter-khezri.pdf>

Koivisto, M. 2020. Lendager Group käytti kierrätysmateriaaleja 20 huoneiston kaupunkirivitalon rakentamisessa Kööpenhaminassa. *Betoni* 3/2020. https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/10/BET2003_26-37.pdf.

Kühn, B., Lukić, M., Nussbaumer, A., Günther, H.-P., Helmerich, R., Herion, S., Kolstein, M.H., Walbridge, S., Androic, B., Dijkstra, O., Bucak, Ö. 2008. Assessment of Existing Steel Structures: Recommendations for Estimation of Remaining Fatigue Life. Background documents in support to the implementation, harmonization and further development of the Eurocodes. Joint Report, Prepared under the JRC – ECCS cooperation agreement for the evolution of Eurocode 3 (programme of CEN / TC 250).

L 646/17.6.2011. Jätelaki.

L&T. 2020. Rakennustyömaan lajittelu yhä keskeisemmässä roolissa jätelain uudistuessa. <https://lassikko.lt.fi/rakennustyomaan-lajittelu-yha-keskeisemmassa-roolissa-jatelain-uudistuessa>. 9.2.2022.

Lahdensivu, J., Huuhka, S., Annala, P., Pikkuvirta, J., Köliö, A., Pakkala, T. 2015. Betonielementtien uudelleenkäyttömahdollisuudet. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 162. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3461-4>. 19.1.2022.

Lahti, J. 2019. Purkumateriaalien jatkokäsittelyvaihtoehdot. Tampere: Ekokumppanit Oy. <https://ekokumppanit.fi/wp-content/uploads/cicrhubs-purkumateriaalien-jatkokasittelyvaihtoehdot.pdf>. 28.1.2022.

Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012. Annettu Helsingissä 21.12.2012. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2012/20120954>

Lehtonen, K. 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjiille. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-036-1>. 17.1.2022.

Lendager. Päiväämätön a. Sustainable Eco-village. <https://lendager.com/arkitektur/un17-village/>. 10.1.2022.

Lendager. Päiväämätön b. The resource rows. <https://lendager.com/nyheder/the-resource-rows-2/#introduction>. 13.1.2022.

Leskelä, J. 2021. Onko uudelleenkäytettävä rakennustuote kelvollinen? <https://www.rakennuslehti.fi/blogit/onko-uudelleenkaytettava-rakennustuote-kelvollinen/>. 14.1.2022.

Lukas Lang Building Technologies. Päiväämätön. Philosophy. <https://www.lukaslang.com/en/philosophy/flexible/>. 31.1.2022.

Materiaalitori. Päiväämätön. Tietoa palvelusta. <https://materiaalitori.fi/tietoa-palvelusta>. 28.1.2022.

Metsä Wood 2022a. Innovative hybrid sandwich wall element. https://www.met-sawood.com/global/news-media/articles/Pages/Innovative-hybrid-sandwich-wall-element.aspx?utm_source=etusivu. 8.2.2022.

Metsä Wood. 2022b. Kerto LVL. https://www.metsawood.com/fi/tuotteet/kerto/Pages/Kerto.aspx?cid=1001&gclid=EAlaIQobChMI8YnJkYPw9QIV_QWiAx104QBnE-AAYASAAEgLyKPD_BwE. 8.2.2022.

MetsäWood. 2022. Östermalm's temporary market hall. <https://www.metsawood.com/global/news-media/references/Pages/The-temporary-wooden-market-hall-earned-its-place-in-Ostermalm.aspx#>. 1.2.2022.

Mroueh, U-M. 2014. Rakennusosien ja materiaalien uudelleenkäytön sääntelyyn liittyviä kysymyksiä. ReUSE seminaarin esitys 26.3.2014.

Nordby, A., S., Lunke, R., Andersen, R. 2021. Erfaringsrapport om bruk – Kristian August gate 13. Entra ASA. Rev. 20.01.2021. <https://insenti.no/wp-content/uploads/2021/01/KA13-Erfaringsrapport-om-bruk-20.01.2021.pdf>

NSC. 2006. Sustainability in Action. <https://www.newsteelconstruction.com/wp/sustainability-in-action/>. 19.1.2022.

Oulun kaupunki. 2020a. 564–2347 Asemakaavan muutos 7.12.2020, Tahkokankaan palvelukeskus ja Tahkokankaanpuisto. Asemakaavan selostus, hyväksytty. <https://www.ouka.fi/documents/64220/1932998/Tahkokangas+selostus/79672e18-3adb-4626-bde9-c5ea0a63e6e1>.

Oulun kaupunki. 2020b. 564–2347 Asemakaava 564–2347, Tahkokankaan palvelukeskus ja Tahkokankaanpuisto yleissuunnitelmaraportti 7.12.2020. <https://www.ouka.fi/documents/64220/14203843/Tahkokangas+yleissuunnitelmaraportti/d93948a5-4ccf-4d25-b018-88c738f39b67>. 11.1.2022.

Oulun kaupunki. Päiväämätön. Kaupunkisuunnittelu, Asemakaavoitus, Projektit, Tahkokangas. <https://www.ouka.fi/oulu/kaupunkisuunnittelu/tahkokangas>. 11.1.2022.

Palolahti T. 2011. Pienrakentajan betoniopas. Betoniteollisuus ry. <https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/Pienrakentajan-betoniopas-netti-1.pdf>. 7.2.2022.

Peikko Group Oy. 2022. DEALTABEAM®. <https://www.peikko.fi/tuotteet/deltabeam/deltabeam-green/>. 11.1.2022.

Peikko Group OY. n/d. <https://www.peikko.com/blog/pilot-project-proves-that-the-dismount-and-reuse-of-concrete-elements-is-realistic-and-economical/>. 23.02.2022

Punkki J. 2004. Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu. Betoni 4. https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/11/BETO404_s36-41.pdf. 7.2.2022.

Puinfo Oy. 2018. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje. Neljäs painos. Eurokoodi 5. Osoitteessa: <https://puinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/Eurokoodi-5-Lyhennetty-suunnitteluohje-31.8.-web.pdf>. Viitattu 14.2.2022.

Rakennusteollisuus RT ry. 2020. EU:n rakennustuoteasetuksen ja CE-merkintäjärjestelmän tilanne 2020. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet/2020/eun-rakennustuoteasetuksen-ja-ce-merkintajarjestelman-tilanne-2020/>. 14.1.2022.

Rakennustuoteteollisuus RTT ry. Päiväamäätön. Kivitaloinfo. Ajankohtaista, "Kiertotalous on huikea mahdollisuus". <https://kivitaloinfo.fi/blog/2020/04/14/kiertotalous-on-huikea-mahdollisuus/>. 13.1.2022.

Ross R.J. 2015. Nondestructive evaluation of wood: second edition. General Technical Report FPL-GTR-238. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 169 p. https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr238.pdf.

RT 07-10805. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet toimitilarakentamiselle.

RT 07-10832. Terveen talon toteutuksen kriteerit. Kriteerit ja ohjeet asuntorakentamiselle.

Saranpää, P. 1997. Puun rakenne, ominaisuudet ja kasvu. Metsätieteen aikakauskirja 1/1997. <https://doi.org/10.14214/ma.6360>. 8.2.2022.

Seppälä, T. 2021. POP-asetuksen uudet jäteraja-arvot. Suomen ympäristökeskus (SYKE). POP-jätteitä koskeva sidosryhmätilaisuus. POP-jätteitä koskeva sidosryhmätilaisuus 29.11.2021.

Sitra. 2016. Kierrolla kärkeen – Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016–2025. Sitran Selvityksiä 117. <https://media.sitra.fi/2017/02/24032626/Selvityksia117-2.pdf>. 15.11.2021.

Sitra. 2019. Kriittinen siirto – Suomen kiertotalouden tiekartta 2.0. <https://www.sitra.fi/hankkeet/kriittinen-siirto-kiertotalouden-tiekartta-2/>. 15.11.2021.

Sitra. 2019b. Maailman ensimmäinen tiekartta loi lähtöruudun Suomen kiertotaloudelle. <https://www.sitra.fi/artikkelit/maailman-ensimmainen-tiekartta-loi-lahtoruudun-suomen-kiertotaloudelle/>. 31.1.2022.

Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto. 2016. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. 545/2015 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150545>

Suomen betoniyhdistys r.y. 2013. by42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013.

Takala, R. 2008. Kiinteistö Oy Kummatti korjataan ennakkoluulottomasti. *Betoni* 4/2008. https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/10/BET0804_s_39-45.pdf. 8.12.2021

Talja, A. 2014. Rakennusten suunnittelu uudelleenkäyttöä ja kierrätystä varten. VTT Tutkimusraportti VTT-R-00736-14. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2014/VTT-R-00736-14.pdf>

Tapiola, M. & Assmann, M. Ylitarkastajat Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes. Sähköposti 16.2.2022.

Terveysturvallisuuslaki 763/1994. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>

Tilastokeskus. 2021. Tilastokeskuksen maksuttomat tietokannat. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ymp__jate/?tablelist=true. 27.1.2022.

Tingley, D.D. 2012. Design for Deconstruction: an appraisal. https://etheses.whiterose.ac.uk/3771/1/Design_for_Deconstruction_an_appraisal_eversion.pdf.

Valtioneuvosto. 2019. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-789-5> 31.1.2022.

Valtioneuvosto. 2021a. Uusi suunta – Ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-658-7> 16.11.2021.

Valtioneuvosto. 2021b. Jätelain laaja uudistus voimaan 19. heinäkuuta. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/jatelain-laaja-uudistus-voimaan-19.-heinakuuta>. 16.12.2021.

Valtioneuvosto. 2021c. Korjausrakentamisen strategian 2020–2050 toimeenpano: Vuoteen 2030 ulottuva tiekartta korostaa korjausrakentamisen neuvontaa ja koulutusta. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/vuoteen-2030-ulottuva-tiekartta-korostaa-korjausrakentamisen-neuvontaa-ja-koulutusta>. 19.1.2022.

Van Thai, M., Ménard, S., Elachachi, S.M., Galimard, P. 2020. Performance of Notched Connectors for CLT-Concrete Composite Floors. Buildings 2020: (10) 122. <https://doi.org/10.3390/buildings10070122>.

VNa 978/2021. Valtioneuvoston asetus jätteistä.

VTT. (2014). Käytöstä poistetun puun luokittelun soveltaminen käytäntöön – VTT-M-01931-14. Tutkimusraportti VTT-M-01931-14. <https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2014/VTT-M-01931-14.pdf>. 23.02.2022

Wahaj, A.F. 2019. Architectural Elements of a building. Journal of Research in Infrastructure Designing: 2 (2). HBRP Publication s. 1-3. <https://zenodo.org/record/3383421/files/Architectural%20Elements%20of%20a%20Building%20-HBRP%20Publication.pdf>.

White, R.H. & Ross, R.J. 2014 Wood and timber condition assessment manual: second edition. General technical Report FPL-GTR-234. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 93 p. https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr234.pdf.

Ympäristöministeriö. 2014. Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämishjelma, Ramate-työryhmän loppuraportti. Ympäristöministeriön raportteja 17/2014, toim. Else Peuranen ja Harri Hakaste.

Ympäristöministeriö. 2016. Ympäristöopas 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>

Ympäristöministeriö. 2018. Kierrätyksestä kiertotalouteen. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4774-6>

Ympäristöministeriö. 2019a. Kiertotalous julkisissa purkuhankkeissa. Hankintaopas. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-038-5>

Ympäristöministeriö. 2019b. Jätteen luokittelu vaaralliseksi jätteeksi – päivitetty opas. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-001-9>

Ympäristöministeriö. 2021a. Uusi jäteasetus velvoittaa nykyistä tehokkaampaan erilliskeräykseen ja kierrätykseen. <https://ym.fi/-/uusi-jateasetus-velvoittaa-nykyista-tehokkaampaan-erilliskeraykseen-ja-kierratykseen>.

Ympäristöministeriö. 2021b. Kaavoitus- ja rakentamislaki lausunnoille. <https://ym.fi/-/kaavoitus-ja-rakentamislaki-lausunnoille>. 16.12.2021.

Ympäristöministeriö. Päiväamätön b. Rakennustuotteiden tyyppihyväksyntä. <https://ym.fi/tyyppihyvakysynta>. 14.1.2022.

Ympäristöministeriö. Päiväamätön c. Varmennustodistus. <https://ym.fi/varmennustodistus>. Viitattu 14.1.2022.

Ympäristöministeriö. Päiväamätön d. CE-merkintä. <https://ym.fi/ce-merkinta>. Viitattu 14.1.2022.

Ympäristöministeriö. Päiväamätön e. Green Deal -sopimukset. <https://ym.fi/green-deal-sopimukset>. 18.1.2022.

Ympäristöministeriö. Päiväamätön f. Level(s) – rakennusten resurssitehokkuuden yhteiset EUMittarit. <https://ym.fi/levels-rakennusten-resurssitehokkuuden-mittarit>. 31.1.2022.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>

Ytekki Oy. Päiväamätön. Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö; kelpoisuuden osoittaminen. Kouvola Innovation. https://puutuoteteollisuus.fi/images/puufaktaa/ymparisto-kiertotalousyms/Raportti_Rakennusmateriaalien%20uudelleenk%C3%A4ytt%C3%B6_REUSE%20Kinno_Ytekki%20Oy.pdf. 4.2.2022.

Zenkert, D. 1997. The handbook of sandwich construction. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1366187/FULLTEXT01.pdf>. 8.2.2022.

Zhang ,C., Hu, M., Yang, X., Miranda-Xicotencatl, B., Sprecher, B., Di Maio, F., Zhong, X., Tukker, A. 2020. Upgrading construction and demolition waste management from downcycling to recycling in the Netherlands. Journal of Cleaner Production: 266. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121718>.