

SITOWISE

Kiertotalous ja purkamisen korjausrakentamisessa

Opintokokonaisuus:

Korjausrakentaminen ja kiertotalous.

Kurssi: vastuullisuuden vaatimukset ja hyödyntäminen korjausrakentamisessa (2 op)

HEIKKI ARONEN, 18.11.2024

Esittely

Vastuullisuuden vaatimukset ja hyödyntäminen korjausrakentamisessa – kurssin sisältö ja luennoitsijat.

LUENTO
1

Vastuullisuuden tuomat hyödyt korjausrakentamisessa

Tomi Valkeapää, 11.11.2024

LUENTO
2

Merkittävimmät vastuullisuusnäkökulmat korjausrakentamisessa

Emma Sairanen, 14.11.2024

LUENTO
3

Kiertotalous ja purkaminen korjausrakentamisessa

Heikki Aronen, 18.11.2024



Heikki Aronen

vanhempi asiantuntija

ins. (YAMK), Constr. Architect BSc.

- Korjausrakentaminen
- Rakennesuunnittelu
- Purkusuunnittelu
- Rakennusfysiikka
- Rakennusosien uudelleenkäyttö

Yhteydenotot: etunimi.sukunimi@sitowise.com

Kiertotalous ja purkaminen korjausrakentamisessa



- Esittely
- Alustus
- Termit ja määritelmä
- Rakentamisen kiertotalous
- Vähähiilisyys
- Yhteenveto, tehtävät ja kysymykset

- Miksi puretaan?
- Purkuhankkeen vaiheet
- Jätelaki ja asetukset
- Purkaminen kierrätykseen
- Ehjänä irrottaminen
- Case-esimerkit
- Yhteenveto ja kysymykset

- Jätejakeet työmaalla
- Hyötykäyttöselvitykset
- Case-esimerkki
- Yhteenveto ja kysymykset

- Lähtötiedot
- Käyttöympäristö
- Käyttöikä ja sen arviointi
- Case-esimerkit
- Yhteenveto ja kysymykset

Alustus ja tavoitteet rakentamisen kiertotalouteen



Rakennusalan toimijoiden määritelmä kiertotaloudelle rakennetussa ympäristössä

”Rakennetussa ympäristössä kiertotalous tarkoittaa alalla sisäistettyä toimintamallia ja sitä tukevaa politiikkaa, jotka yhdessä vievät kohti kestävästi rakennettua ympäristöä. Rakennetulla ympäristöllä on kiertotaloudessa olennainen rooli materiaalien ja energian kiertokulkujen optimoimisessa ja resurssien palauttajana ja uudistajana.

Kiertotalouden malli ohjaa suunnittelemaan ympäristöämme niin, että se palvelee käyttäjän muuttuvia tarpeita, taipuu uusiin käyttötarkoituksiin ja toimii jakamistaloudessa. Kiertotalouden mukainen suunnittelu hyödyntää vanhoja ympäristöjä uudistaen niiden elinkaaren ja pidentäen käyttöarvoa. Materiaaleille ja tuotteille etsitään uusia käyttömahdollisuuksia niiden tultua tarpeettomiksi, jotta tuotteisiin ja materiaaleihin sitoutunut rahallinen arvo ja käyttöarvo säilyvät kiertokuluissa. Kiertotaloudessa rakennettu ympäristö osallistuu voimallisesti uusiutuvan energian tuotantoon ja on osa energiajärjestelmää. Kiertotalous uudistaa alan liiketoimintamalleja ja haastaa myös loppukäyttäjien toiveet ja odotukset kuluttajina ja omistajina.”

Lähteet:

- *Green Building Finland (2018): Näin rakennamme kiertotaloutta – 7 tavoitetta kiertotalouden toteutumiseksi KIRA-alalla*
- *Kiertotaloussprintti, Green Building Council ja Sitra*

Kiertotalouden termejä

Uudelleenkäyttö tarkoittaa tuotteen tai sen osan käyttämistä uudelleen samaan tarkoitukseen, kuin mihin se on alun perin suunniteltu.

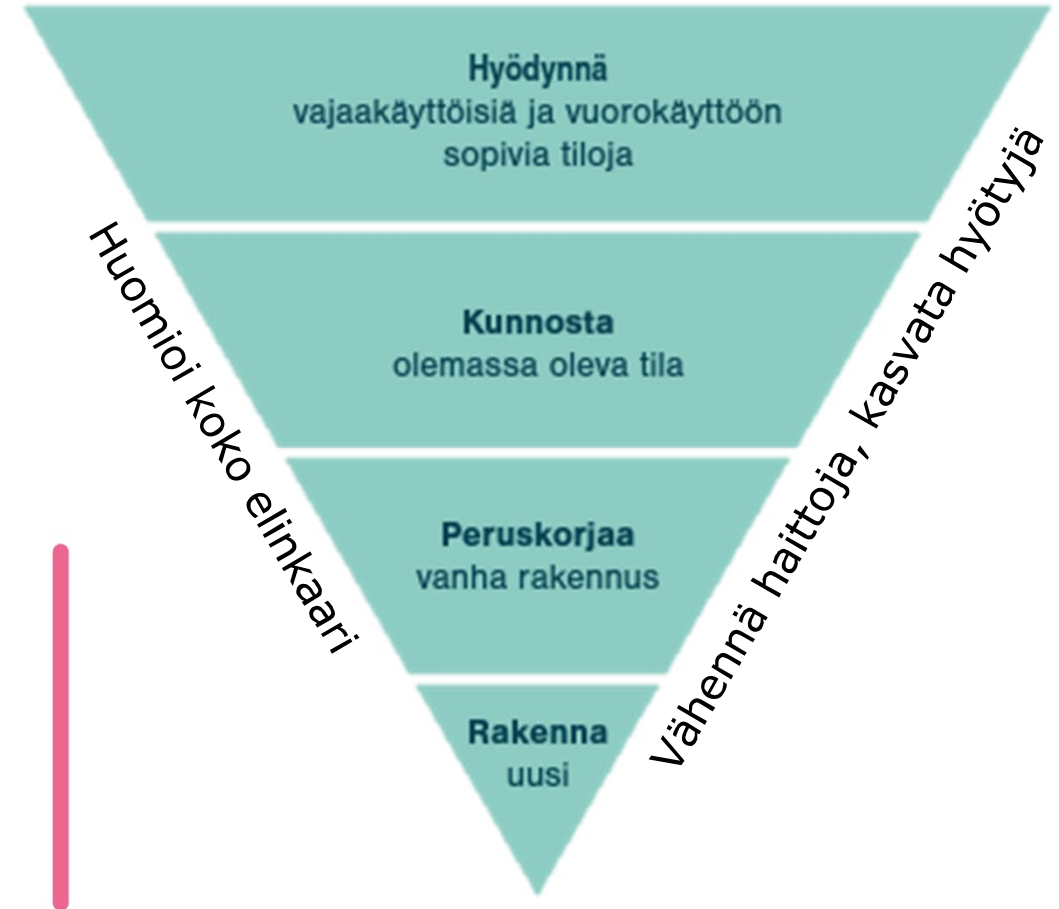
Uudelleenkäytön valmistelu on eri asia kuin uudelleenkäyttö, sillä uudelleenkäytössä tuotteesta ei ole missään vaiheessa tullut jätettä.

Kierrätyksessä jäte hyödynnetään materiaalina jatkojalostettavaksi tai uusien tuotteiden raaka-aineeksi. Esimerkiksi uudelleenkäyttöön kelpaamaton tiili voidaan murskata ja kierrättää materiaalina.

Rakennuspaikkakohtainen hyväksyntä on Suomessa käytettävä menettelytapa rakennustuotteiden kelpoisuuden varmentamiseen. Menettelyä käytetään tapauksissa, joissa tuotteella ei ole CE-merkintää tai muuta kelpoisuuden osoitusta.



Resurssitehokkaan rakentamisen hierarkia

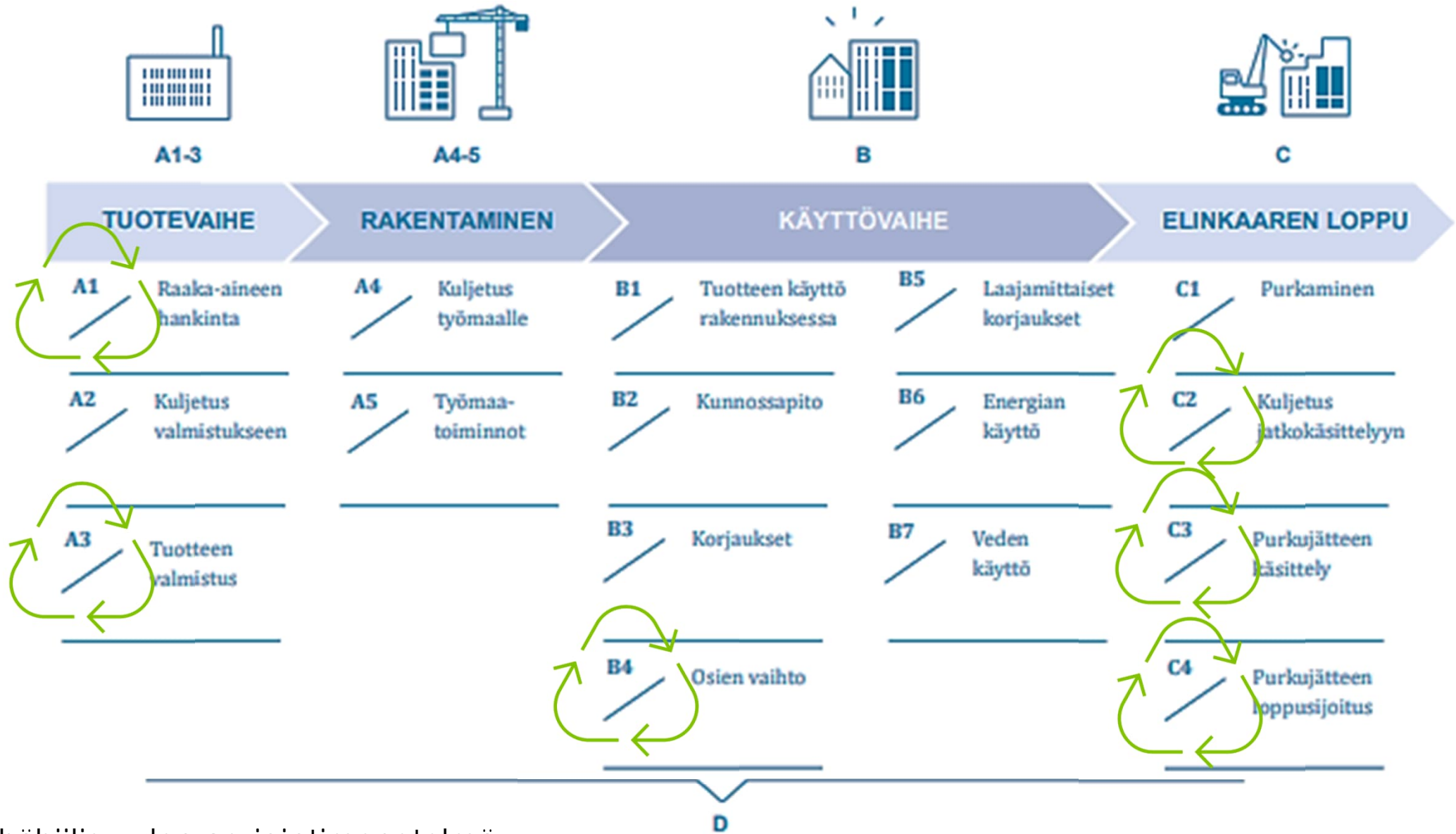


Lähteet:

Alkuperäinen kuvalähde: Suomen kiertotalouden strateginen edistämishjelma

Häkkinen, T. ja Kuittinen, M. (2020): Kohti vähähiillistä rakentamista. Rakennustieto Oy, Helsinki

Rakennuksen elinkaaren vaiheet



LISÄTIEDOT

Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat

Rakennuksen vähähiilisyys arviointimenetelmä.

Ympäristöministeriön julkaisuja 2019: 22.

Alkuperäinen kuva: Caroline Moinel.

Kiertotalous: yhteenvedo

Lähdekirjallisuutta:

- Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22
- Häkkinen, T. ja Kuittinen, M. (2020): Kohti vähähiilistä rakentamista.
- Rakentamisen kiertotalouden sanakirja
- *Green Building Finland (2018): Näin rakennamme kiertotaloutta – 7 tavoitetta kiertotalouden toteutumiseksi KIRA-alalla*

Kysymyksiä?

Purkaminen

VASTUULLISUUDEN VAATIMUKSET
JA HYÖDYNTÄMINEN
KORJAUSRAKENTAMISESSA

Miksi puretaan?



CIRCUIT

1. Rakenne tai rakennus ei vastaa tulevaisuuden käytön vaatimuksia:
 - rakennuksen muunneltavuus on rajallista
 - runkosyvyys soveltuu uuteen käyttötarkoitukseen
 - energiataloudellisuus.
2. Rakenne tai rakennus on vaarallinen ja sitä ei voida käyttää:
 - riskirakenteet
 - rakennuksen ikä
 - vaurioitunut ja korjauskelvoton runko.

Lähdekirjallisuutta ja materiaalia

Purkaa vai korjata: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-221-1>

CIRcuIT -hanke: <https://www.circuit-project.eu/>

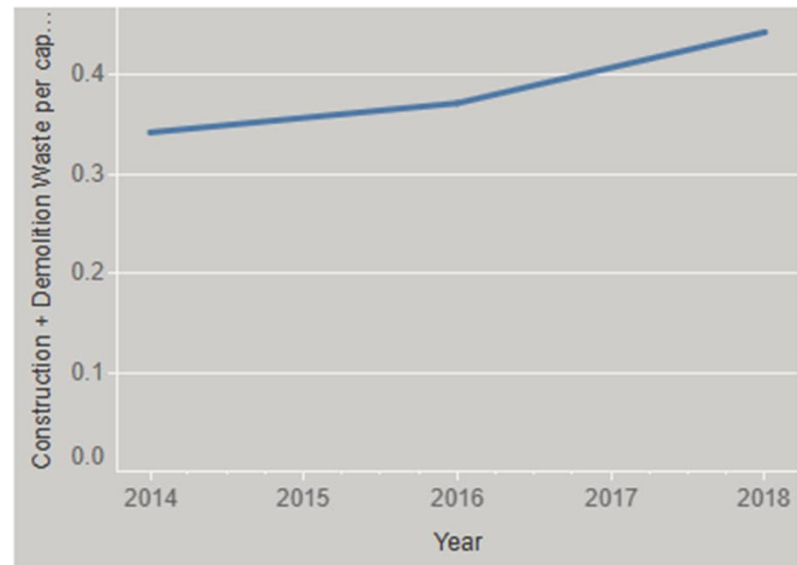
Purkamisen nykytilanne

Helsinki, Espoo, Kauniainen ja Vantaa, 2014–2018

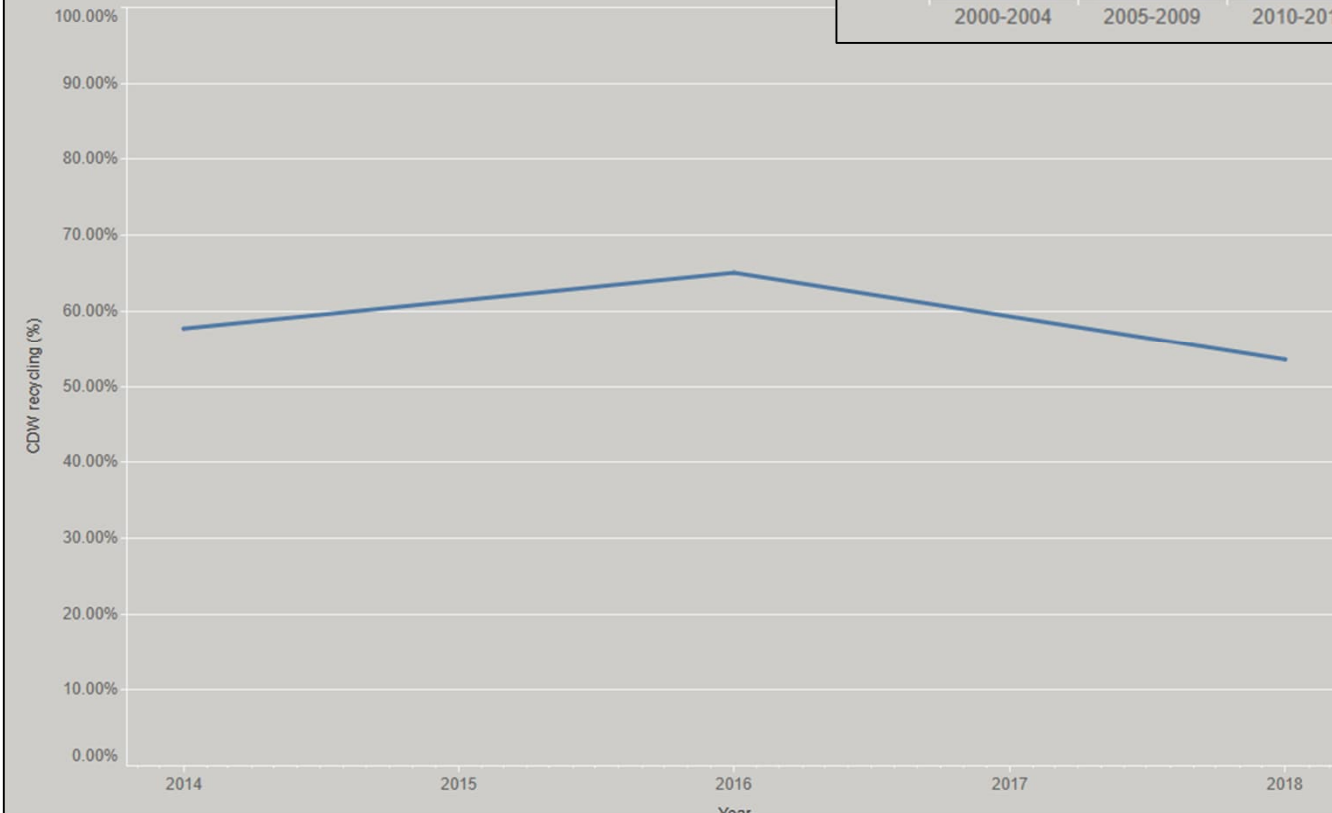
Lähde: <https://www.circuit-project.eu/circularity-dashboard>



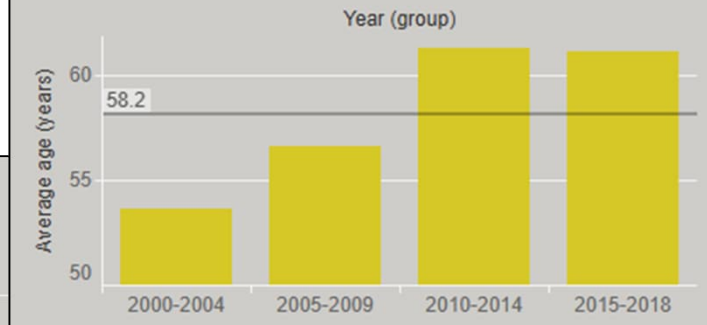
Urban Mining Index
Amount of Construction and Demolition Waste



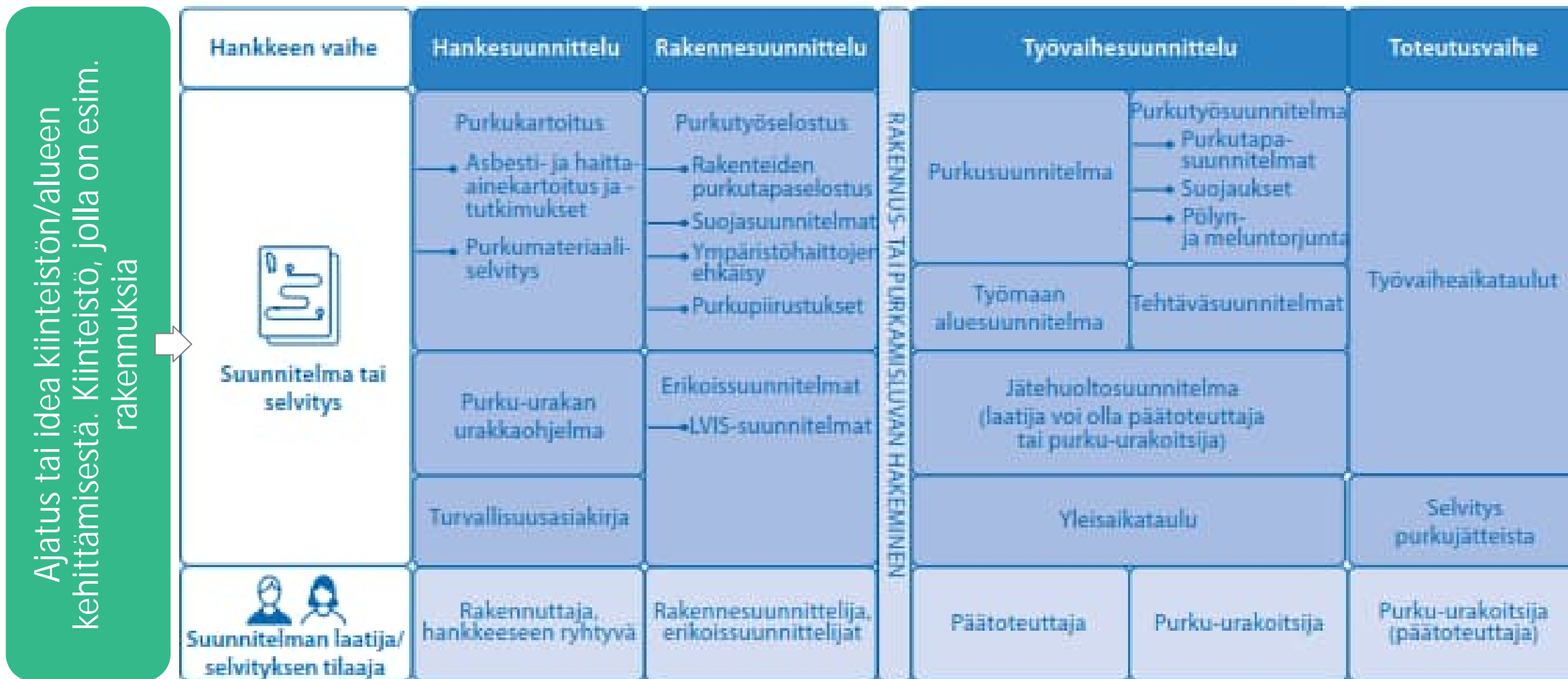
Urban Mining Index
Proportion of Construction and Demolition Waste Recycled
% of overall waste
Helsinki Region



Lifespan Index
Average age of demolished buildings
Per year
Vantaa



Purkuhankkeen vaiheet



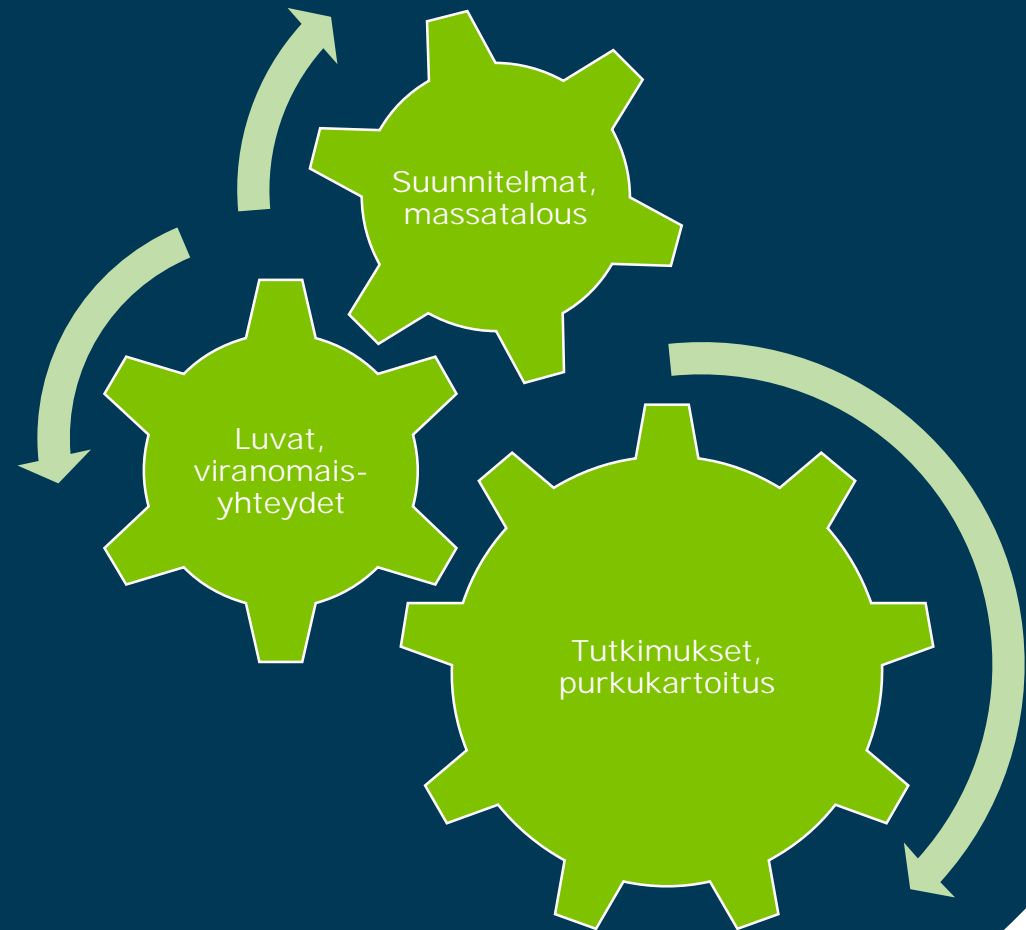
Lähde: Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjille, Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161884/YM_2019_29.pdf

Kiertotalous alkaa purkukartoituksesta

Esitutkimusten tärkeys – tutkimussuunnitelma – Purkukartoitus

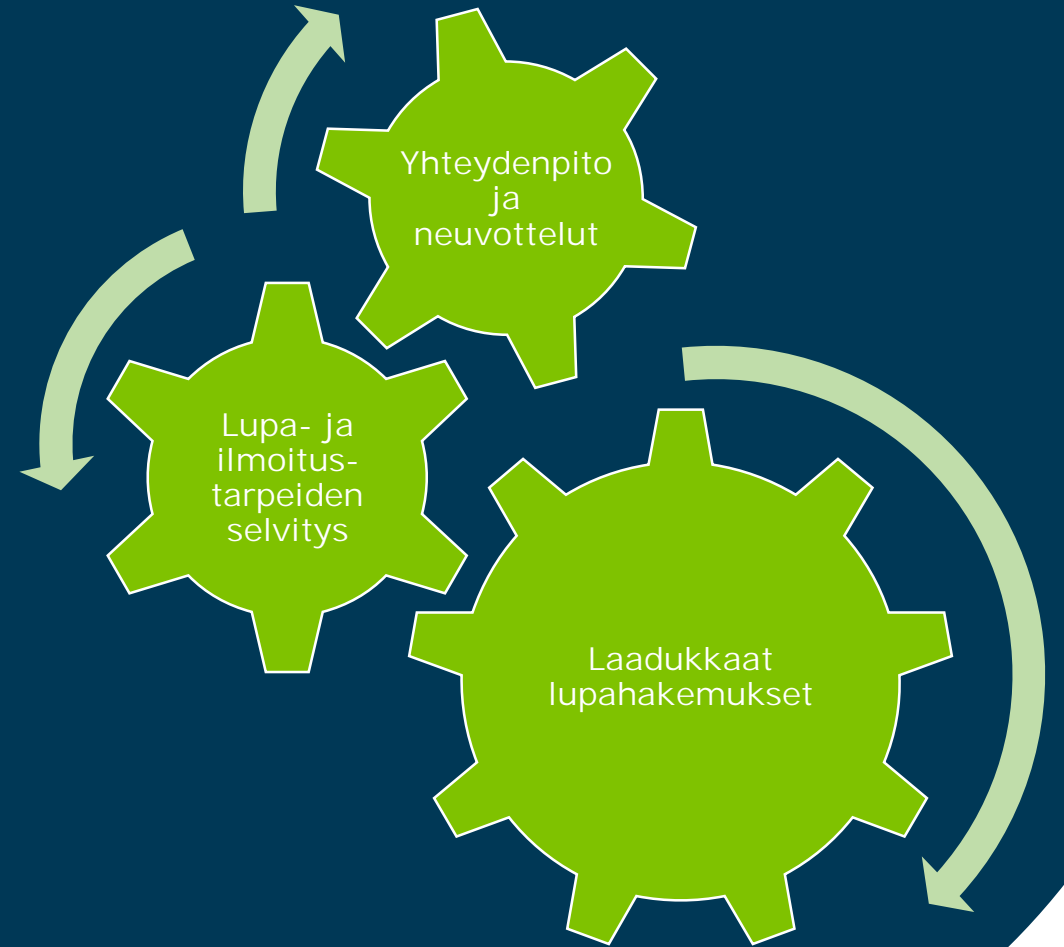
- Jätteen synnyn ennaltaehkäisy – rakennusosien, kalusteiden ja laitteiden uudelleenkäyttö
- Hyötykäyttöön materiaalina ja mahdollisesti muuten esim. energiana hyödynnettävän materiaalin tunnistaminen
- Asbesti- ja haitta-ainepitoisten esim. POP-jätteet materiaalien tunnistaminen
- Purkumateriaalien määrien ja laatujuen tunnistaminen sekä laskenta
- Purkumateriaalien käsittelysuositusten laadinta kiertotalous huomioiden
- Kiinteistön tarkastelu, esim. maaperän pilaantuneisuus, muut purkamisessa huomiotavat asiat ja hyötykäyttömahdollisuudet
- Lisäksi voidaan vertailla esim. eri hyödyntämiskohteita, kustannukset, hiilijalanjälki
- Kustannusarviot koko hankkeelle



Viranomaisyhteistyö

Viranomaisyhteydet ja neuvottelut kannattavat.

- Mitä kunta edellyttää purkamislupahakemukselta
- Tarvitaanko muita lupia, esim. materiaalien hyödyntämiseen
- Onnistuuko murskaus kohteessa tai jos ei onnistu niin missä
- Vaatiiko murskaus tai välivarastointi ympäristöluvan
- Pidetään viranomaiset mukana koko hankkeen ajan



Jätelaki ja asetukset

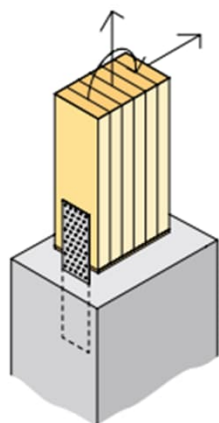
- Jätelain laaja uudistus ja sitä täydentävät jäteasetukset tulivat voimaan vuonna 2021.
- tavoitteena on vähentää jätteen määrää ja lisätä uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Lajiltaan ja laadultaan erilaiset jätteet lajitellaan ja kerätään erikseen kierrätystä varten → ei saa enää viedä kaatopaikalle tai poltettavaksi.



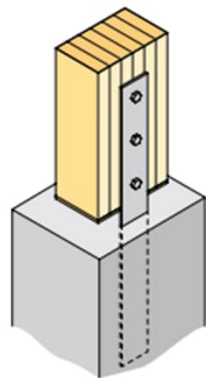
Linkki videoon:

https://www.youtube.com/watch?v=5jroy37O_ME

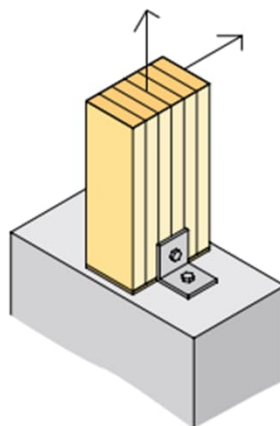
Ehjänä irrottaminen



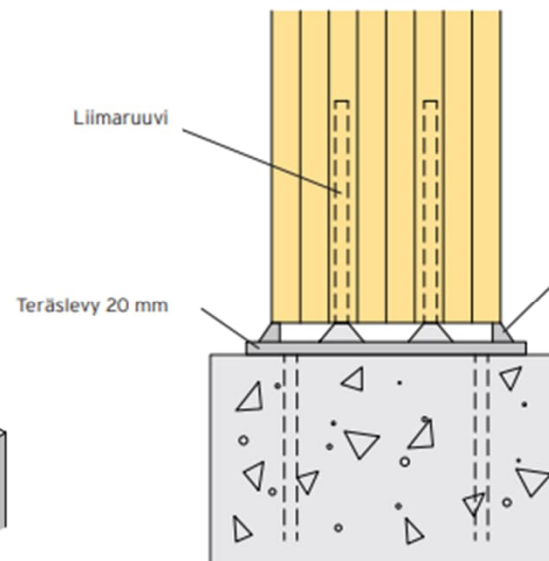
Naulauslevyt molemmin puolin



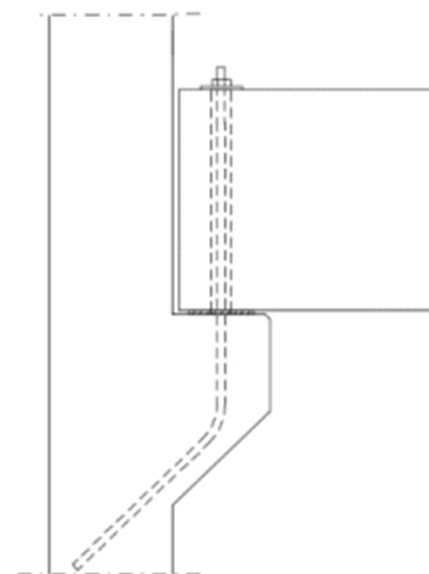
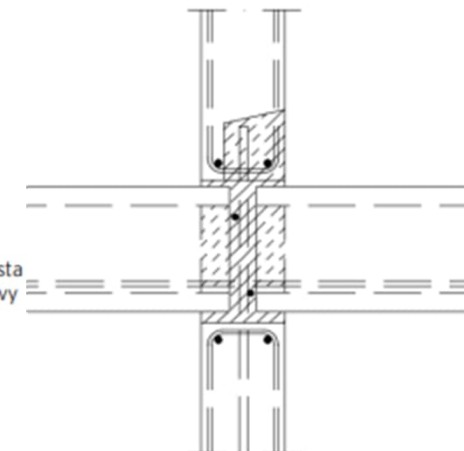
Lattaraudat molemmin puolin



Kulmaraudat molemmin puolin

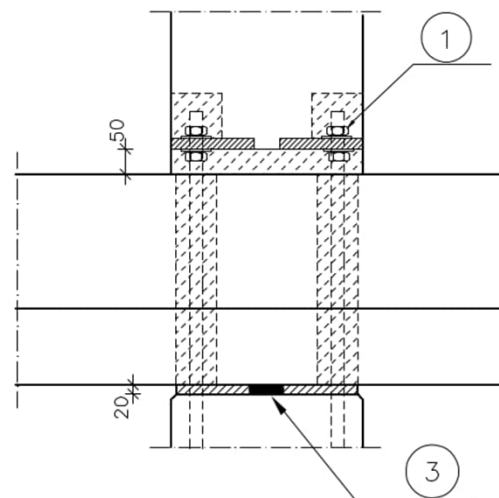


Teräksinen sivusta hitsattu pohjalevy



Ehjänä irrottaminen pitää suunnitella hyvin:

- Työturvallisuus
- Väliaikainen tuenta
- Nostovälineistö joudutaan suunnittelemaan
- Väliaikainen varastointi:
 - Olosuhteet
 - Aika
- Rakennusosan jäteluonne



Kemira, Vaasa

Perustiedot

Tilaja: Kemira, 2020–2021, kesto noin 1,5 vuotta

Tavoite

Purkaa 40 hehtaarin tehdasalueella noin 40 erikokoista rakennusta, joista monessa on käsitelty monia erilaisia haitallisia aineita.

Tehtävä

Tehtävä sisältää projektin johtamisen, purkutyön rakennuttamisen ja valvonnan sekä ympäristöteknisen valvonnan. Purkujätettä kertyi noin 50 000 tonnia, josta yli 40 000 tonnia pystytään hyötykäyttämään.

Lopputulokset

Materiaalien uusiokäyttö vähentää neitseellisten materiaalien käyttöä ja vähentää jätemaksuja. Pilaantuneen maan puhdistaminen mahdollistaa alueen turvallisen jatkokäytön.



Case: ehjänä purkaminen

Tilaaaja: Espoon kaupunki

Hanke: Vanttilan siirtokelpoinen koulu

Ajankohta: 2/2021–12/2022

- Siirtokelpoinen koulu toi 1820 bruttoneliötä lisää tilaa koulun käyttöön. Rakennus on suunniteltu esteettömäksi.
- Siirrettävälle rakennukselle tehtiin uudet teräspaaluperustukset ja piharakenteet
- Hankkeessa käytettiin Espoon kaupungin purettavan Veräjapellon koulun tilaelementtejä koska tilat olivat jääneet tarpeettomiksi (rakennettu).
- Koulurakennus purettiin ja siirrettiin uuteen osoitteeseen
- Puurakenteiset elementit siirrettiin kokonaisina uusille teräsrakenteisille perustuksille.
- Tilaelementit oli suunniteltu jo aikanaan uudelleenkäytettäväksi.



Kuva: Riikka Sippo-Hosio,
Espoon kaupunki

Purkaminen: yhteenvedo

Lähteet:

- Purater-hanke
- CIRculT-hanke

Kysymyksiä?

Materiaalien kierrätys

VASTUULLISUUDEN VAATIMUKSET
JA HYÖDYNTÄMINEN
KORJAUSRAKENTAMISSESSÄ



Jätejakeet työmaalla

Lähde:



Betoni



Tiili



Kivennäislaatat



Keramiikka



Bitumi ja
kattohuopa



Kipsi



Kyllästämätön
puu



Metalli



Lasi



Muovi



Paperi ja
kartonki



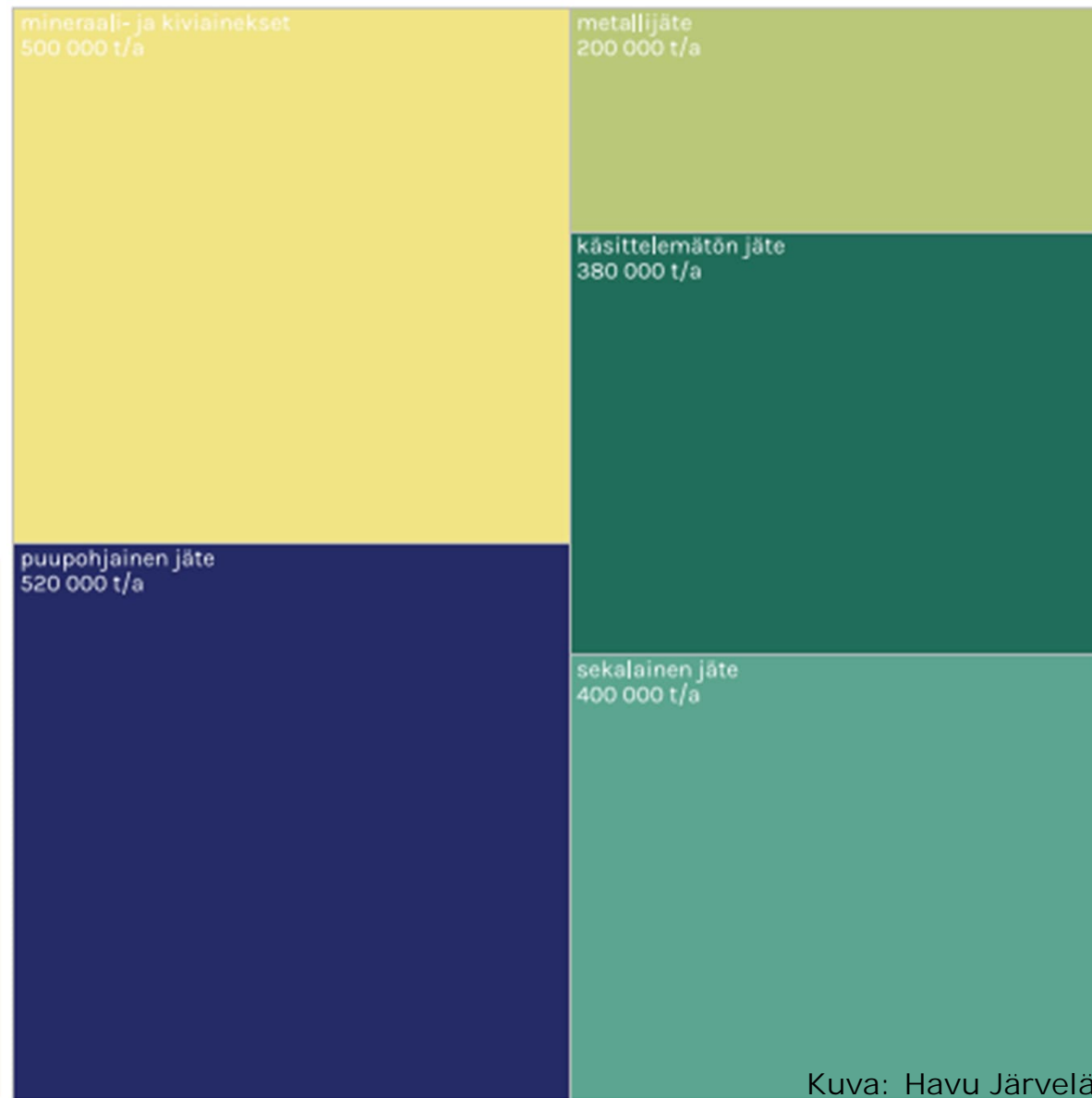
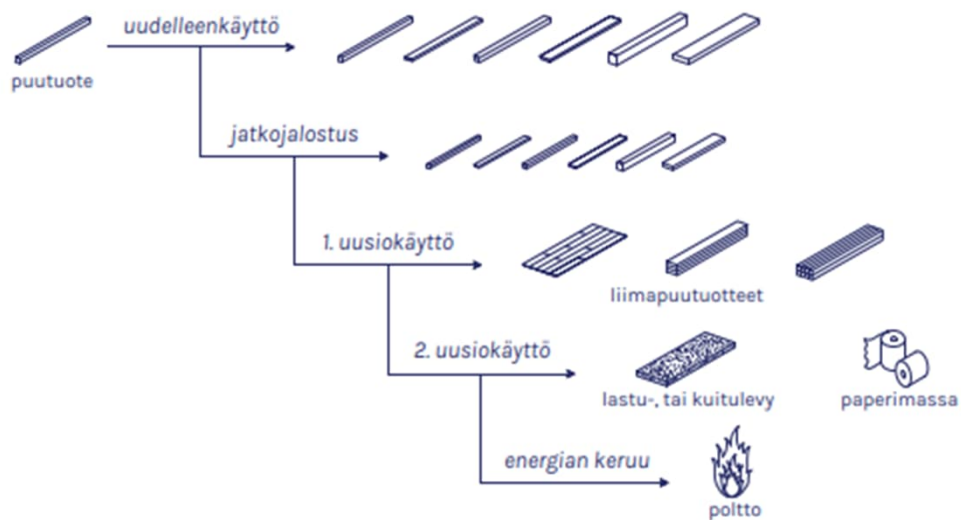
Mineraali-
villaeriste



Asfaltti



Maa- ja
kiviaines



| Jätelaji | Päähyödyntämiskohde |
|----------------------------|---|
| puupohjainen jäte | Energiahyödyntäminen: poltto |
| metallijäte | Materiaalihyödyntäminen: romuteräksen valmistus |
| mineraali- ja kiviainekset | Materiaalihyödyntäminen: maarakentaminen |
| sekalainen jäte | Puu, metallit ja kiviaines kuten yllä. Hienojakoinen osa kaatopaikan rakenteisiin. Polttokelpoinen jäte energiahyödyntämiseen. Loput 10 % kaatopaikalle. |
| käsittelemätön jäte | Ei hyödyntämistä, kaatopaikkasijoitus. |

Kuva: Havu Järvelä

Lähde: Talonrakennusjäte ja sen hyödyntäminen Suomessa (Ruuska ym. 2013).

EEJ-asetus vs. MARA-asetus

EEJ =ei enää jätettä, eli miten betonimurske lakkaa olemasta jätettä

- Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista 466/2022
- Koskee vain betonimursketta
- EEJ-betonimurskeen tuottaminen mahdollista vain ympäristöluvallisella kierrätyslaitoksella → Suoraan purkukohteesta ei ole mahdollista tuottaa EEJ-betonimursketta

MARA= jätteen hyödyntämistä maarakentamisessa ilmoitusmenettelyllä

- Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017
- Koskee betonijätteen lisäksi tiili- ja asfalttimursketta, käsiteltyä jätteen polton kuonaa, valimohiekkaa, kalkkia, kokonaisia renkaita ja rengasrouhetta
- Jätteen hyödyntämistä ja välivarastointia ilmoitusmenettelyllä → Jätteen tuottajalla on oltava laadunhallintajärjestelmä

Yleistä hyödyntämisestä

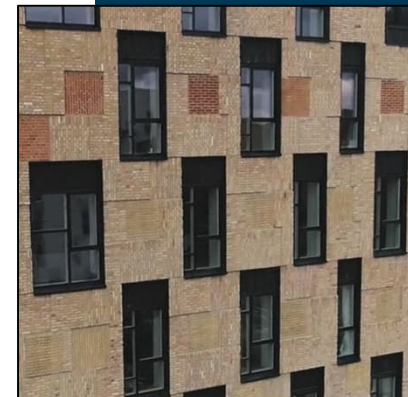
- Hyödyntämisessä ja sen suunnittelussa on huomioitava betonimurskeen korkea pH ja sen vaikutukset, myös EEJ-betonimurskeen käytössä → Esim. Tarvitaanko jotain vesienhallintaa?
- EEJ-betonimurskeen valmistajalla vuosittainen raportointivelvollisuus
- MARA-hyödyntämisessä hyödyntämisen päätteeksi raportoitava toteutunut hyödyntäminen
- EEJ- ja MARA-asetuksesta poikkeavaa hyödyntämistä voidaan suunnitella tehtävän ympäristölupamenettelyllä



Suunnittelu, käyttö ja purkutapa materiaalin ehdoilla, esim. Tiili

Tiili (kahi- tai poltettu tiili):

- Millä tavalla puretaan? Käytetäänkö ns. elementteinä vai erillisinä puhdistettuina tiilinä?
 - Miten vaikuttaa hiilijalanjälkeen (saumojen osuus)
 - Palo-osastointi ja ilmaäärinen eristävyys (saumat elementtiratkaisussa)
- puristuslujuus → sauman lujuus tulisi sovittaa tiiliin varsinkin kantavissa.
- Spolia – Tiilien irrotus ehjänä
 - https://www.helsinkikanava.fi/fi_FI/web/helsinkikanava/player/vod?assetId=280111501



<https://lendager.com/>

Materiaalien kierrätys: yhteenveto

Lähteet:

Spolia – Tiilien irrotus ehjänä

- [EEJ-asetuksen soveltamisohje](#)
- [MARA-asetuksen soveltamisohje](#)
- [Ohjeet MARA-ilmoituksen tekemiseen, MARA-ilmoitus- ja loppuraporttipohja yms](#)
- Standardi SFS 5884: 2022: Betonimurskeen maa- ja viherrakennuskäytön laadunvalvontajärjestelmä

Kysymyksiä?

Rakennusosien uudelleenkäyttö

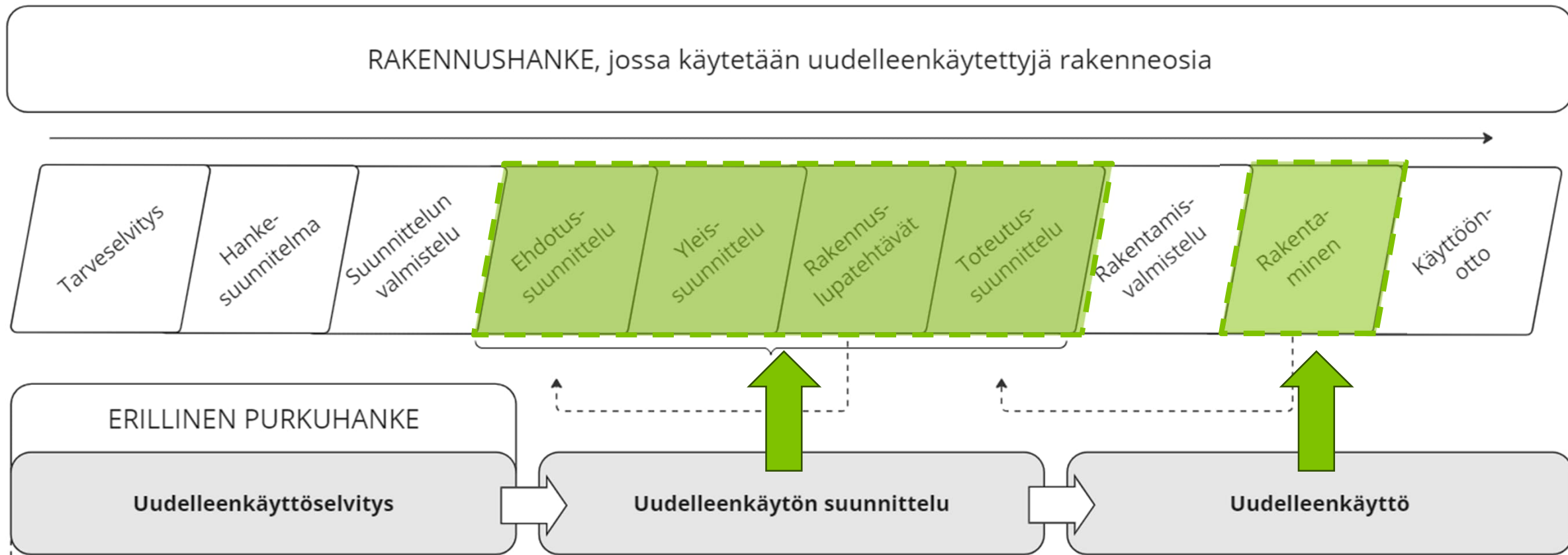
VASTUULLISUUDEN VAATIMUKSET
JA HYÖDYNTÄMINEN
KORJAUSRAKENTAMISSESSÄ



Purettun rakennusosan kulku uuteen rakennukseen



Uudelleenkäytön suunnitteluprosessi: Hankevaiheet, esimerkki



Rakennuspaikkakohtainen hyväksyntä uudelleenkäytön osalta

Tuotekelpoisuusasiantuntijan hyväksyttäminen rakennusvalvontaviranomaisella

Rakennustuotteen potentiaalisten käyttökohteiden selvittäminen

Rakennustuotteen käyttökohtaisten vaatimusten selvittäminen

Olellaisten ominaisuuksien suoritustasojen ja vaatimustasojen vertaileminen

Lopullisen käyttökohteen valitseminen

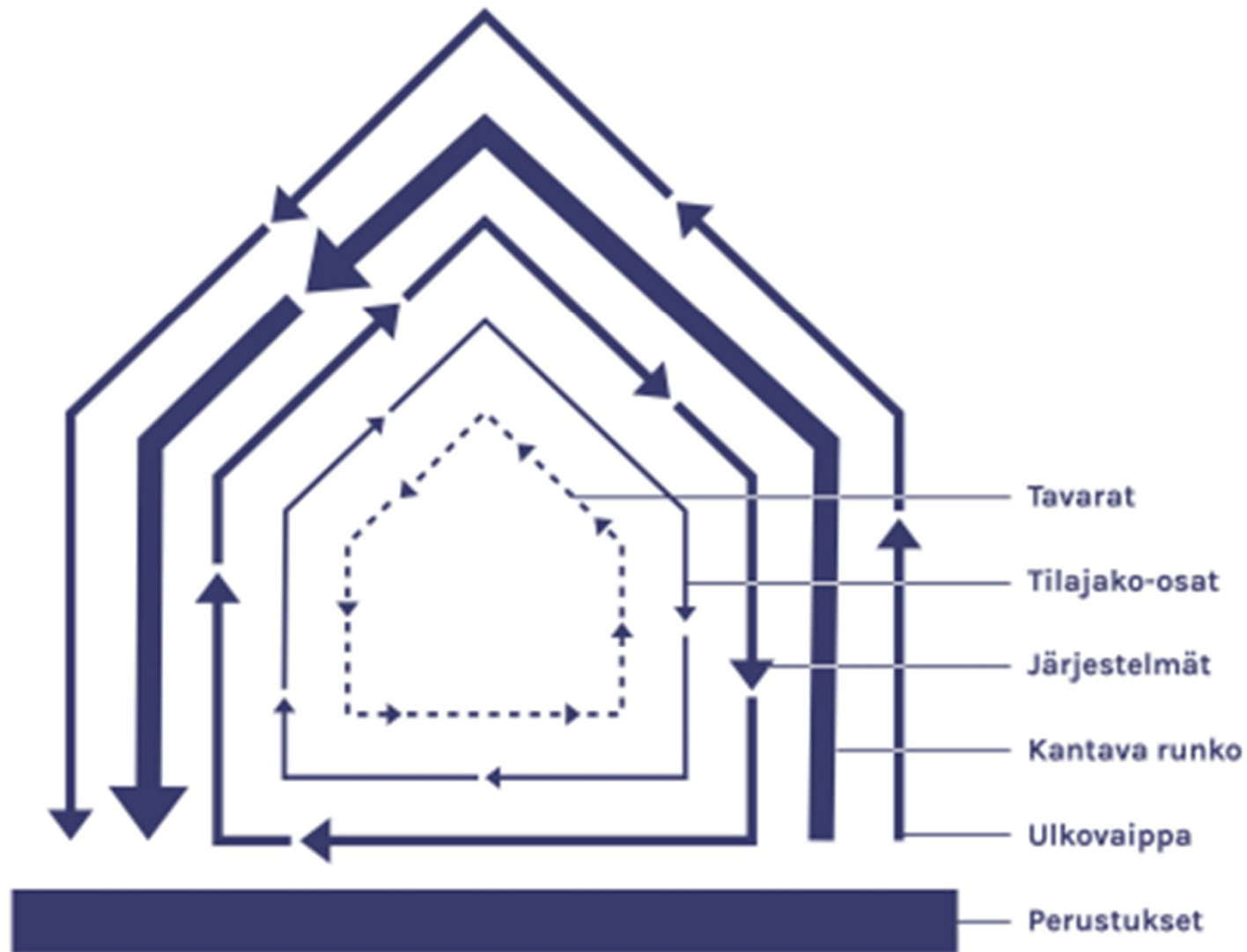
Rakennuspaikka-kohtaisen asiantuntijalausunto

Tuotteen tietojen hyödyntäminen suunnittelussa

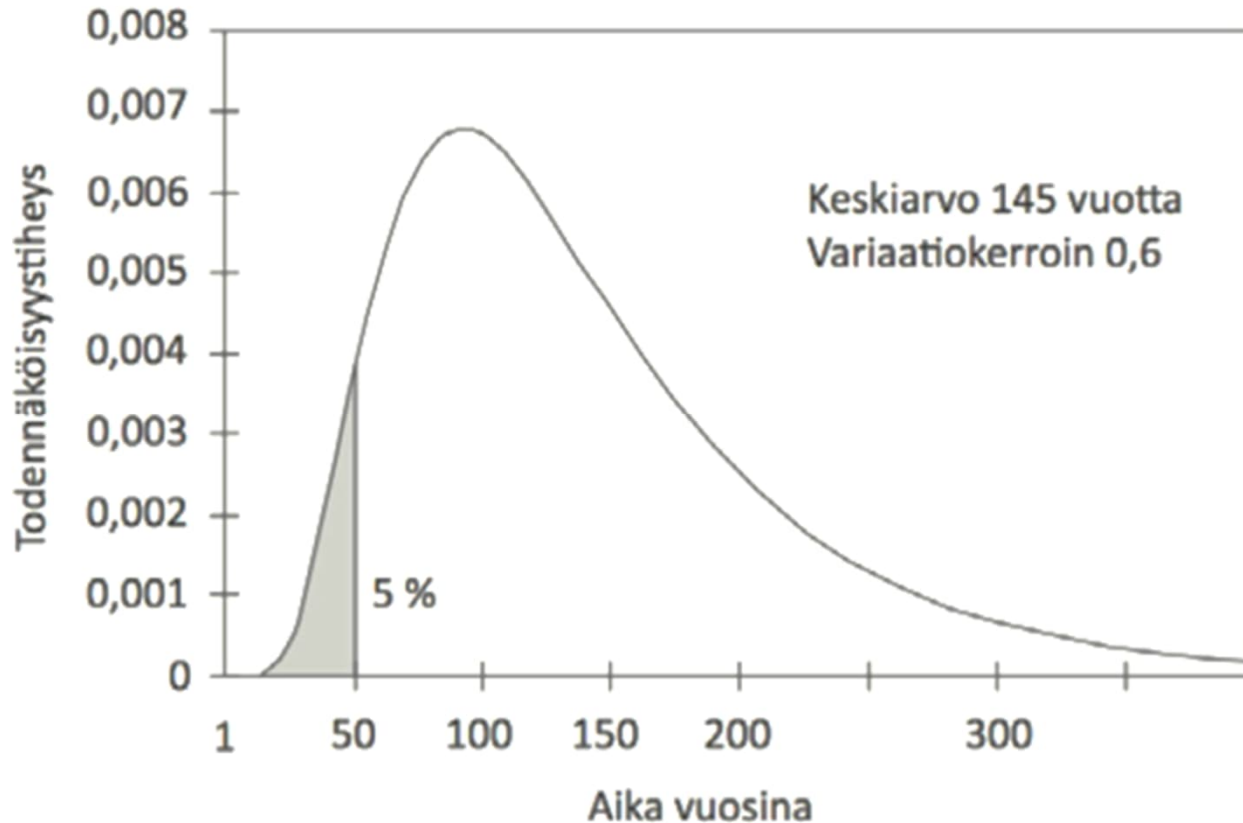
Olellaisten ominaisuuksien suoritustasojen selvittäminen

Asiantuntijalausunnon esittäminen rakennusvalvontaviranomaiselle

Käyttöikäsuunnittelun periaatteet



Uudelleenkäytetyn tuotteen käyttöikä ja sen arviointi

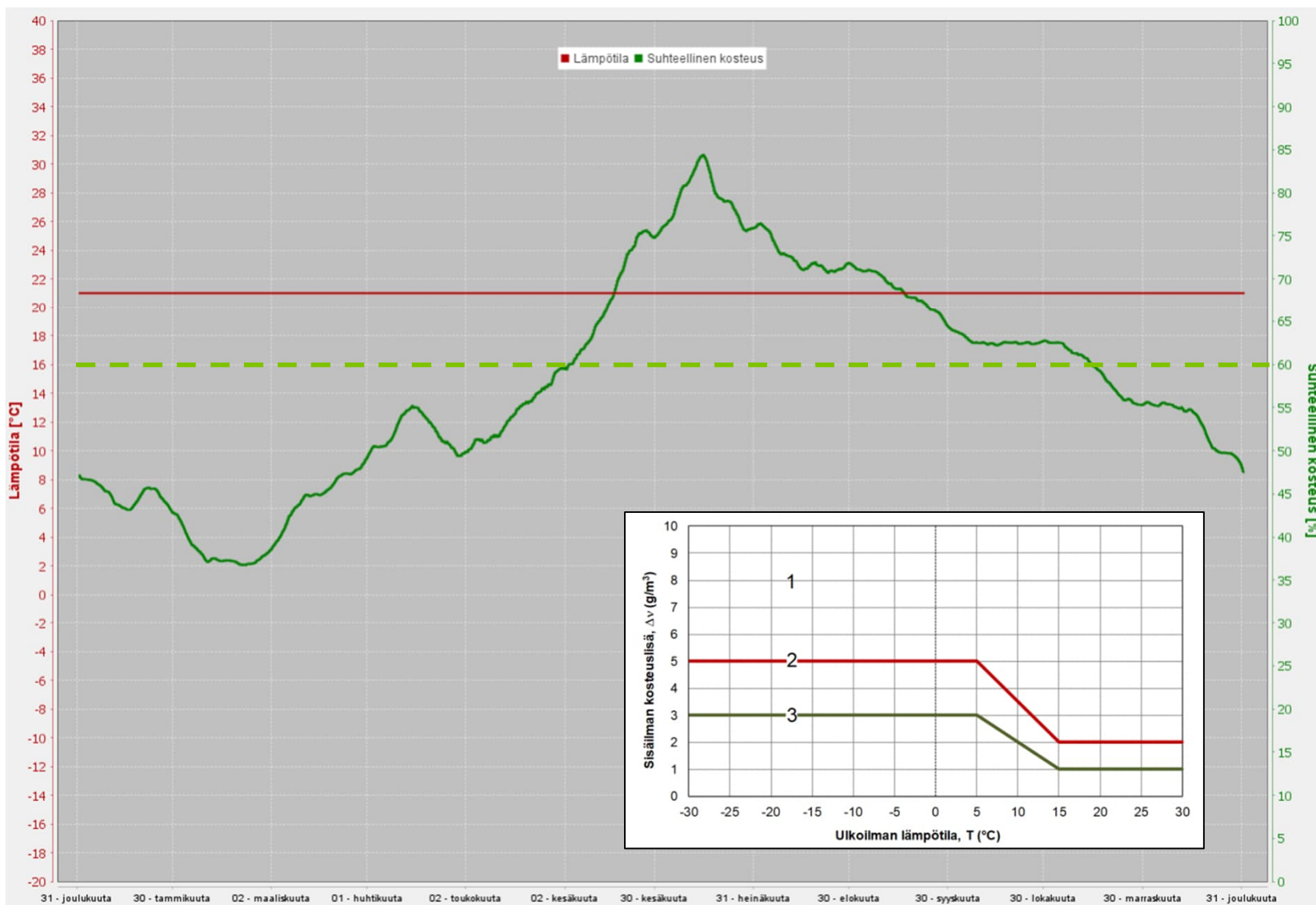


Rakennuksen käyttöiän log-normaalijakauma

Lähde: Punkki, J. (2017). by 68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu: opas suunnittelijoille. BY-Koulutus Oy. Helsinki.

- Betonille löytyy hyvät menetelmät käyttöiän arviointiin ja sen suunnitteluun → oleellimmat ominaisuudet betonin puristuslujuus ja terästen betonipeite
- Käyttöikäsuunnittelussa ei ole järkevää tarkastella vuoden tai edes kymmenen vuoden ajanjaksoa, vaan kannattaa tyytyä tasoihin 50, 100 ja 200 vuotta sekä erityistapauksissa 25 vuotta (Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – Opas suunnittelijoille 2024, by 68)
- Käyttöympäristö vaikuttaa käyttöiän määrittämiseen (vrt. sisä- ja ulkoympäristö)
- Betonin ja tiilen vauriomekanismit saman tyyppisiä
- Puun vanhentumismekanismit
- Teräksen kriittinen suhteellisen kosteuden arvo?

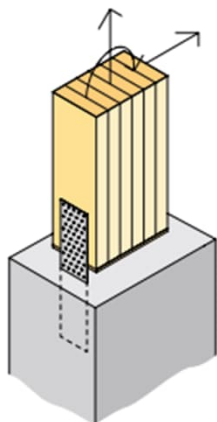
Käyttöikä, esimerkki teräksen korroosiosta



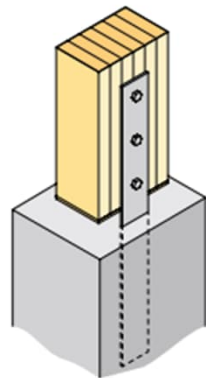
Sisäilman lämpötila ja suhteellinen kosteus

- Sisäilman lämpötila: +21°C
- Sisäilman suhteellinen kosteus:
→ Ulkoilma (testivuosi, Jokioinen 2011) + sisäilman kosteuslisä (kosteusluokka 2, RIL 107-2022)
- Rakennusfysikaalinen mitoitusvuosi (Jokioinen 2011)
- Teräksen kriittinen suhteellisen kosteuden arvo 60 % RH_{KR} (Björkholtz, D., 1997)
→ ~5 ½ kk RH yli 60 %
- Kuiva sisäympäristö – Mitä tulevaisuudessa?
- Liimapuu – liiman tyyppi, delaminoituminen

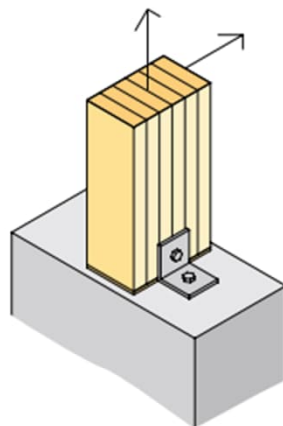
Detaljiikkaa



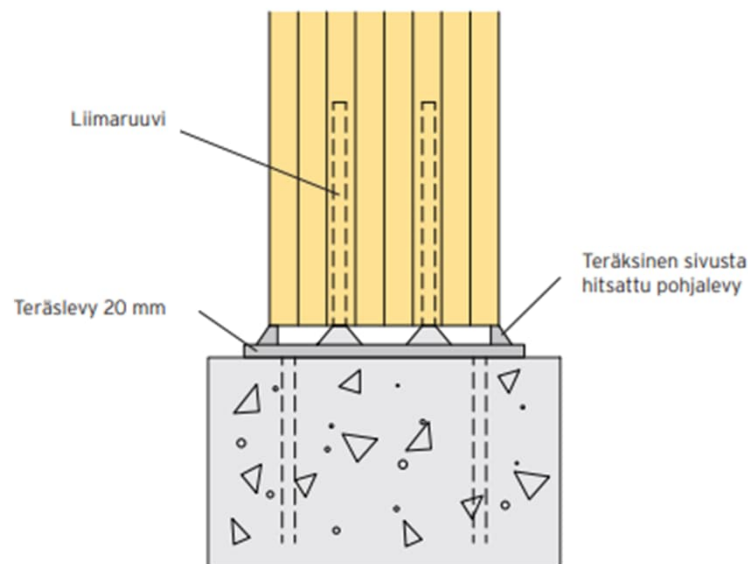
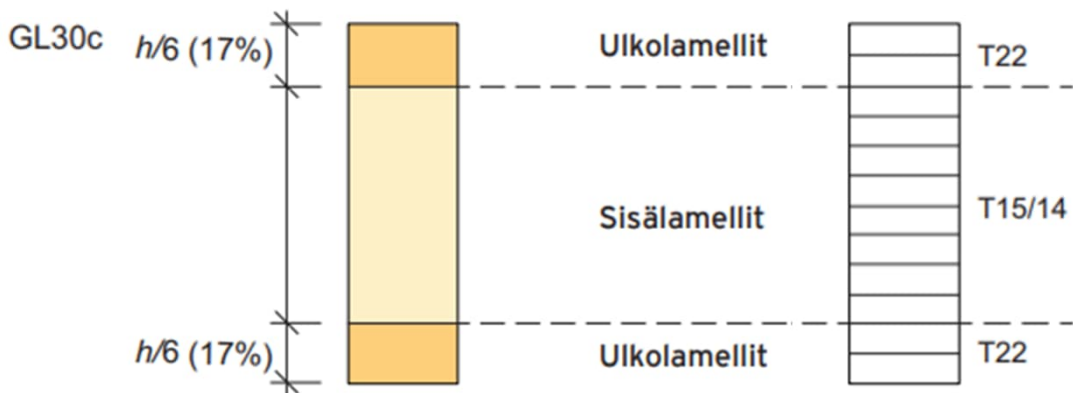
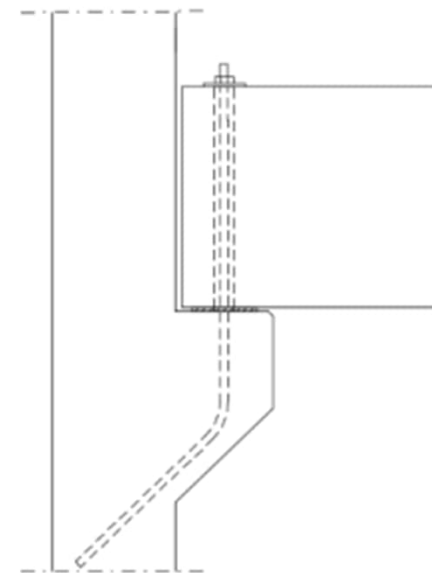
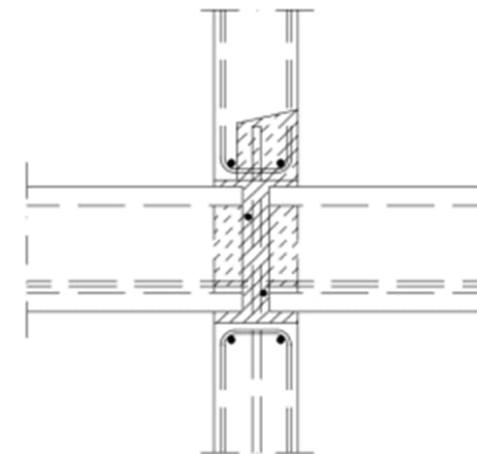
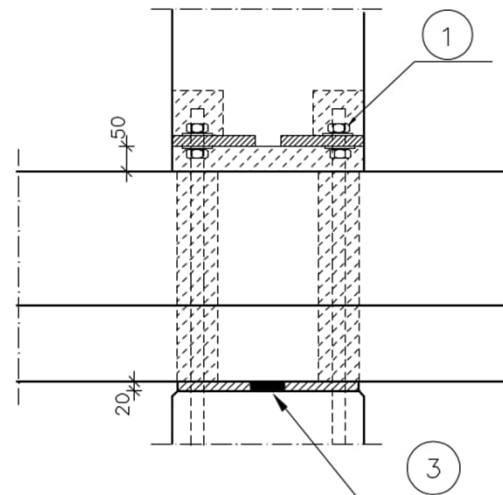
Naulauslevyt molemmin puolin



Lattaraudat molemmin puolin

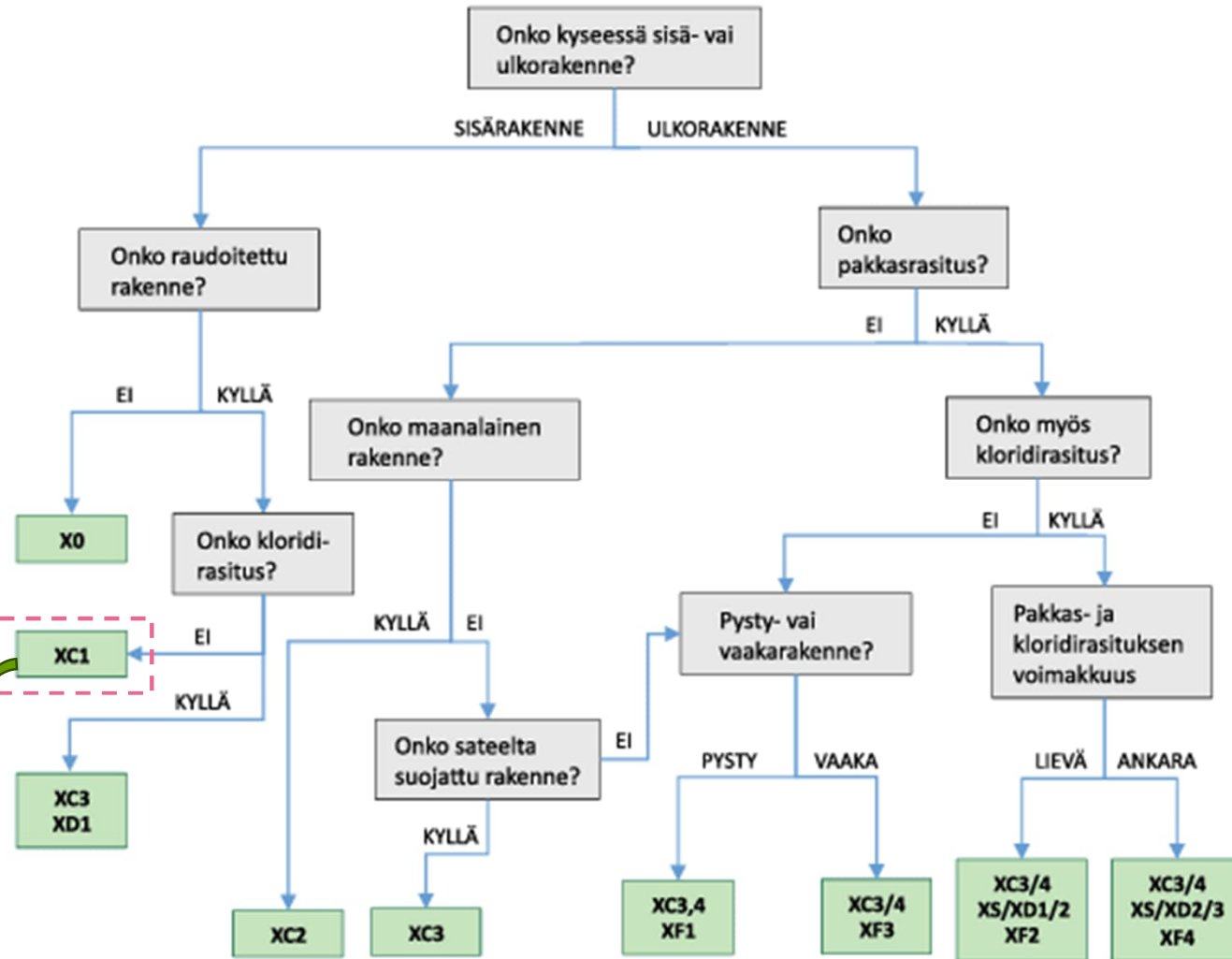


Kulmaraudat molemmin puolin



Miten uudelleenkäytettäviä tuotteita tulisi käyttää hankkeissa?

Suunnittelu käyttöympäristön ehdoilla



Betonipeitevaatimus: 10 mm
Lujuusvaatimus: C20/25

Huomioitava myös palo-
mitoitus betonipeitteen osalta.

Käytetäänkö samassa käyttöympäristössä kuin aiemmin vai tarkastellaanko mahdollisuudet myös muihin ympäristöihin?

Puurakenteet jaetaan käyttöluokkiin:

- Käyttöluokka 1: lämmitetyt sisätilat
- Käyttöluokka 2: Ulkoilma kuiva, katettu ja tuuletettu tila
- Käyttöluokka 3: Ulkona säälle alttiina tai veden välittömän vaikutuksen alaisena

Aiemmin (RakMk B10) kosteusluokka: 1-4

Käyttöluokat vaikuttavat pääasiassa lujuusarvoihin ja määritellyn käyttöympäristön aiheuttamiin muodonmuutoksiin.

Betonituotteiden uudelleenkäytön suunnittelu

- Mitä arvoja uudelleenkäytetyissä tuotteissa tulee käyttää mitoitukseen?
- Betonin lujuusarvot voidaan johtaa betonin puristuslujuuteen.
- Ennen eurokoodia käytetty kuutiolujuutta (merkitty esim. K30) → suunnitteluarvoissa huomioidaan osavarmuuskertoimet
- Betonin kunto määritellään erikseen ja luonnollisesti vaurioituneet osat rankataan pois uudelleenkäytöstä tai korjataan mahdollisuuksien tai käyttökohteen mukaan.
- Miten huomioidaan esim. vanhan rakenteen viruma
- Terästen betonipeitteet (palo- ja käyttöikämitoitus)
- Jännevoima ontelolaatoissa ja esijännitetyissä palkeissa ei ole tiedossa, onko tarvetta selvittää?

| Betonin lujuusluokka | | | | | | | | | | | | | | Analyttinen yhteys/viittaus | |
|-----------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----------------------------|--|
| f_{ck} (MPa) | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 70 | 80 | 90 | |
| $f_{ck, cube}$ (MPa) | 15 | 20 | 25 | 30 | 37 | 45 | 50 | 55 | 60 | 67 | 75 | 85 | 95 | 105 | |
| f_{cm} (MPa) | 20 | 24 | 28 | 33 | 38 | 43 | 48 | 53 | 58 | 63 | 68 | 78 | 88 | 98 | $f_{cm} = f_{ck} + 8(\text{MPa})$ |
| f_{ctm} (MPa) | 1,6 | 1,9 | 2,2 | 2,6 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | 4,2 | 4,4 | 4,6 | 4,8 | 5,0 | $f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$ |
| $f_{ctk, 0,05}$ (MPa) | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,4 | 3,5 | $f_{ctk, 0,05} = 0,7 \times f_{ctm}$ 5 % fraktiili |
| $f_{ctk, 0,95}$ (MPa) | 2,0 | 2,5 | 2,9 | 3,3 | 3,8 | 4,2 | 4,6 | 4,9 | 5,3 | 5,5 | 5,7 | 6,0 | 6,3 | 6,6 | $f_{ctk, 0,95} = 1,3 \times f_{ctm}$ 95 % fraktiili |
| E_{cm} (GPa) | 27 | 29 | 30 | 31 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 41 | 42 | 44 | $E_{cm} = 22[(f_{cm}/10)^{0,3}]$ (f_{cm} MPa) |
| ϵ_{c1} (‰) | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,25 | 2,3 | 2,4 | 2,45 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | ks. kuvaa 3.2 $\epsilon_{c1}(\text{‰}) = 0,7 f_{cm}^{0,31} \leq 2,8$ |
| ϵ_{cu1} (‰) | 3,5 | | | | | | | | | 3,2 | 3,0 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | ks. kuvaa 3.2 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{cu1}(\text{‰}) = 2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$ |
| ϵ_{c2} (‰) | 2,0 | | | | | | | | | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | ks. kuvaa 3.3 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{c2}(\text{‰}) = 2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$ |
| ϵ_{cu2} (‰) | 3,5 | | | | | | | | | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,6 | 2,6 | ks. kuvaa 3.3 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{cu2}(\text{‰}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$ |
| n | 2,0 | | | | | | | | | 1,75 | 1,6 | 1,45 | 1,4 | 1,4 | kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$ |
| ϵ_{c3} (‰) | 1,75 | | | | | | | | | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,2 | 2,3 | ks. kuvaa 3.4 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{c3}(\text{‰}) = 1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$ |
| ϵ_{cu3} (‰) | 3,5 | | | | | | | | | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,6 | 2,6 | ks. kuvaa 3.4 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{cu3}(\text{‰}) = 2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$ |

Lähde: SFS-EN 1992-1-1, Taulukko 3.1 Betonin lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet

Betonin puristuslujuuden vertailu

Näytteiden perusteella määrittävän betonin puristuslujuuden vertailu

Erään kokeen saadut koetulokset (kuutioluujuuksina)
(Contesta, tutkimusselostus, 18.10.2012)

$$x_1 := 33.1 \text{ MPa}$$

$$x_2 := 41.8 \text{ MPa}$$

$$x_3 := 40.2 \text{ MPa}$$

$$x_4 := 42.1 \text{ MPa}$$

$$x_5 := 40.3 \text{ MPa}$$

Näytteiden lukumäärä

$$n := 5$$

Eurokoodin mukainen menettely (SFS-EN 1990, liite D):

$$m_x := \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{n} = 39.5 \text{ MPa}$$

keskiarvo

$$s_x := \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (x_i - m_x)^2}{n-1}} = 3.7 \text{ MPa}$$

otoskeskihajonta

$$V_x := \frac{s_x}{m_x} = 0.1$$

variaatiokerroin

$$\eta_d := 0.85$$

$$\gamma_m := 1.5$$

kansallisen liitteen mukaiset materiaaliparametrit
(muunnoskerroin sekä osavarmuusluku)

$$k_n := 2.33$$

taulukosta D1 (SFS-EN 1990) luettava kerroin

$$X_k := m_x \cdot (1 - k_n \cdot V_x) = 30.9 \text{ MPa}$$

betonin **kuutiopuristuslujuuden ominaisarvo**
näytteiden perusteella

Keskiarvoinen kerroin eurokoodissa lieriö- ja kuutiolujuuden suhteelle:

$$\text{suhde} := 0.8$$

$$X_d := \text{suhde} \cdot \frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot X_k = 14 \text{ MPa}$$

betonin **puristuskestävyyden suunnitteluarvo**
näytteiden perusteella (perustuen mitattuihin
kuutioluujuuksiin)

by 65 BETONINORMIT 2016 mukainen menettely

$$f_{cm} := \frac{m_x}{\text{MPa}} = 39.5$$

$f_k := 7$ taulukon 5.6 arvo riippuen koetulosten lukumäärästä (by 65, s.119)

$$f_{cmin} := \frac{\min(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)}{\text{MPa}} = 33.1 \quad \text{otoksen pienin tulos}$$

$$K_k := \min(f_{cm} - f_k, f_{cmin} + 4) = 32.5 \quad [\text{MPa}] \quad \text{Kuutioluujuus näytteiden perusteella}$$

Vertailulujuuden tulee olla vähintään 80% mitotuslujuudesta 2-luokan rakenteissa, jotta se on hyväksyttävä. 1-luokan rakenteilla vastaava raja on 85%. Lisäksi keskihajonnan ja keskiarvon suhteen tulee olla pienempi kuin 0,15. Jos suhdeluku on yli 0,25 niin vertailulujuuden tulee täyttää asetettu lujuusvaatimus täysimääräisenä. (edellyttäen, että suunnittelussa käytetty nimellislujuus on tiedossa)

Nyt betonin voidaan arvioida kuutiolujuuden perusteella
vastaavan lujuutta C25/30 (K30), jolloin nimellislujuus $f_{ck.cube} := 30 \text{ MPa}$

$$K_k \cdot \text{MPa} = 32.5 \cdot \text{MPa} > 80\% \cdot f_{ck.cube} = 24 \cdot \text{MPa} \quad \text{tulos siis hyväksyttävä!}$$

$$\text{Keskihajonnan ja keskiarvon suhde} \quad V_x = 0.1 < 0.15 \quad \text{OK!}$$

Vertailuarvo laskennalliseen mitoituslujuuteen, lieriölujuus:

$$f_{cd.by65} := \text{suhde} \cdot \frac{\eta_d}{\gamma_m} \cdot K_k \cdot \text{MPa} = 14.7 \cdot \text{MPa} \quad \text{betonin puristuskestävyyden suunnitteluarvo}$$

näytteiden perusteella by 65 mukaan

Tässä vertailussa käytetty aineisto on peräisin 1950-luvun rakennuksesta, jolloin B-betonista valmistetun raudoitettun poikkileikkauksen sallittu jännitys on:

$$\sigma_{b.sall} := 7.5 \text{ MPa}$$

$$\frac{X_d - \sigma_{b.sall}}{\sigma_{b.sall}} = 86.9\% \quad \text{EN1990, liite D:n mukaan betonille voidaan sallia jopa 86,9 \% suurempi puristusjännitys}$$

$$\frac{f_{cd.by65} - \sigma_{b.sall}}{\sigma_{b.sall}} = 96.4\% \quad \text{by 65 mukaan betonille voidaan sallia jopa 96,4 \% suurempi puristusjännitys}$$

$$\text{Menetelmien keskinäinen virhe} \quad \left| \frac{X_d - f_{cd.by65}}{X_d} \right| = 5.1\%$$

by 65:n mukainen sallittava jännitys on noin 5 %:n suurempi EN1990:n liitteen D menetelmään

Lähde: *Yhteen suuntaan kantavien teräsbetonisten taseorakenteiden analysointi- ja vahvistusmahdollisuudet korjaushankkeessa*, Liite 1, Arike, R., 2017.

Lisävarmuus
Uudelleenkäytettäville
rakennosille:

- Seuraamusluokka
- Materiaalien lujuuden rajoittaminen
- Osavarmuuskertoimet

Kertoimen K_{FI} arvot:

seuraamusluokassa CC3 $K_{FI} = 1,1$
seuraamusluokassa CC2 $K_{FI} = 1,0$
seuraamusluokassa CC1 $K_{FI} = 0,9$

Esimerkkejä uudelleenkäytöstä

<https://www.espoo.fi/fi/uutiset/2024/09/puretun-kaupungintalon-kaiteet-saivat-uuden-elaman-puistonpenkkeina>



Olympiastadionin sahattujen penkkien elämä jatkuu eri puolilla Suomea – Lappeenrannassa projekti jo pitkällä

Remonttiin menevältä Helsingin Olympiastadionilta on ostettu yli 4 000 penkkiä, joista noin 3 000 on jo käyty sahaamassa irti.

 **Materialitori**

SITOWISE

CASE 1, uudelleenkäyttö :

Tilaaja/hanke: Vaasan kaupunki, Vamia/ Sampo Kampuksen puuvajan siirto

Ajankohta: 4/2022–3/2023

Hankkeessa siirrettiin olemassa oleva, suojeltu puuvarasto noin sadan metrin matkan verran uusille perustuksille samalla kiinteistötontilla. Rakennus on suojeltu asemakaavassa Sr-5 -merkinnällä. Siirron edessä oli myös suojeltu mänty, joka säilyi elävänä vaikka se olikin siirtoreitillä.

Rakennus siirrettiin kokonaisena ja toimeksiantona oli suunnitella tarvittavat siirtorakenteet ja uudet perustukset rakennukselle. Siirtorakenteet suunniteltiin rakennuksen tapaan puurakenteisina.

Kylmä, puinen puuvarastorakennus on valmistunut v.1955. Sen siirtoon tarvittiin poikkeaminen kaavasta. Rakennuksen uusi käyttö on kiinteistöhoidon varastona ja kylmänä varastotilana.

Kuva: Vamia, siirrettävä rakennus,
Sitowise



CASE 2, uudelleenkäyttö :

Tilaaja/Hanke: Helsingin kaupunki / Closing Loops-kilpailun voittaneen ehdotuksen konseptin jatkojalostaminen

Ajankohta: 10/2023 –

Helsingin kaupunki ja Aalto-yliopiston arkkitehtuurin laitos järjestivät yhteistyössä Closing Loops -kilpailun rakentamisen kiertotaloutta edistävästä uudeltaisesta ulkovarastokonseptista. Kilpailussa etsittiin konseptia helsinkiläisten ulkoliikuntapaikkojen varastorakennukselle, jonka rakentamiseen voitaisiin käyttää kaupungin omista purkukohteista saatavia rakennusosia ja -materiaaleja.



CASE 3, uudelleenkäyttö:

Tilaaja/hanke: Helsingin seurakuntayhtymä/ Lauttasaaren kirkon peruskorjaus

Ajankohta: 4/2017–3/2022

Rakennuksessa uusittiin kellarikerros (ns. krypta), julkisivu uusittiin osittain, sisäpuolelle tehtiin kaksi uutta hissiä ja sisäänkäynnin yhteyteen tehtiin laajennus. Kohteessa toimii suomen- ja ruotsinkieliset seurakunnat, seurakunnan toimistot, lasten päivähoitoyksikkö sekä musiikkiopisto. Alkuperäiset arkkitehdit: Keijo ja Marja Petäjä. Rakennus on suojeltu kirkkolaille ja korjauksessa oli mukana museovirasto.

Hankkeessa käytettiin kohteen vanhan julkisivun julkisivu elementtejä uudelleen laajennuksen julkisivun verhoamiseen. Lauttasaaren kirkko on ollut ensimmäisiä kohteita suomessa, joissa julkisivu on verhottu erillisin betonilaatoin. Julkisivulaattoja jouduttiin vahvistamaan betoniliittovalulla, jotta ne saatiin kiinnitettyä uudelleen. Vanhoja elementtejä käytettiin uudelleen julkisivussa sekä rakennuksen sisällä.

Kuva: Lauttasaaren kirkko, uudellen käytettävät elementit. Sitowise



Kiitos. Kysymyksiä?

Heikki Aronen

ins (YAMK), Constructing Architect BSc.

vanhempi asiantuntija

heikki.aronen@sitowise.com

SITOWISE.COM – THE SMART CITY COMPANY

SITOWISE