

The background features a photograph of a brick wall and a concrete window frame, partially obscured by large, overlapping geometric shapes in shades of orange, red, and yellow. The shapes are arranged in a way that creates a sense of depth and movement.

Opas uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä suunnitteluun

**Ontelolaatta, betonielementtipalkki- ja pilari,
liimapuupalkki ja -pilari, savi- ja kalkkihiekkatiili**

toim. Katja Tähtinen

Opas uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä suunnitteluun

Ontelolaatta, betonielementtipalkki- ja pilari,
liimapuupalkki ja -pilari, savi- ja kalkkihiekkatiili

Toim. Katja Tähtinen

 rts.fi/julkaisut



Rakennustietosäätiö RTS sr

Malminkatu 16 A
00100 Helsinki
rts@rts.fi
www.rts.fi

Toimitus: Katja Tähtinen
Piirrokset: Heikki Aronen, Maija Kirsi, Katja Lehtonen, Miia
Pitkäranta, Arto Toorikka, Aku Helin ja Evgeny Parshintsev
Taitto: Atte Kalke, Vitale Ay

©2025 Rakennustietosäätiö ja kirjoittajat



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-EiMuutoksia 4.0 Kansainvälinen -käyttöluvalla osoitteessa
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ISBN 978-952-267-503-3 (nid.)
ISBN 978-952-267-504-0 (PDF)
ISBN 978-952-267-505-7 (digikirja)
ISSN 3087-5218

Waasa Graphics Ltd, Vaasa 2025

Oppaan toteutus

Työn koordinointi:

Katja Tähtinen, ins. YAMK, TkT, RTA

Tekstit:

Arto Toorikka, ins. AMK, RTA	Luvut 4, 5, 7 ja 8
Heikki Aronen, ins. YAMK, Constr. Architect BSc.	Luvut 5.3, 5.7, 5.9, 6 ja 7
Katja Tähtinen, ins. YAMK, TkT, RTA	Luvut 1, 2, 3, 5.5.2, 7, 8 ja 9
Laura Virtanen, DI, RTA	Luku 5
Miia Pitkäranta, FT, RTA	Luvut 5.5 ja 5.5.1
Maija Kirsi, FM	Luvut 5.5 ja 5.5.1
Risto Koivusaari, DI	Luvut 4.2.6, 5.3, 5.7.4, 5.9 ja 7
Katja Lehtonen, ins. AMK	Luvut 3.1, 3.1.1 ja 3.1.2
Aku Helin, FM	Luku 5.5.2
Evgeny Parshintsev, FT, dos.	Luku 5.5.2
Jarmo Leskelä, DI, TkL	Luku 3 ja 7
Jarno Komulainen, FM	Luku 5.5.2
Pekka Ronkainen, ins. YAMK	Luvut 6.1 ja 6.3
Tommi Saviluoto, ins. YAMK	Luvut 6.1 ja 6.3
Mahmoud Hosseini, DI	Luku 6.3
Joakim Suvanto, ins. AMK	Luku 4
Paula Romakkaniemi, DI	Luku 5

Oppaan laadunvarmistus: Jyrki Jalli, DI, IdeaStructura Oy

Hankkeen ja oppaan ovat rahoittaneet: Business Helsinki, EU NextGeneration, Oulun kaupunki, Rakennusmestarien Säätiö sr., Rakennusteollisuus ry, RIL ry, Senaatti-kiinteistöt, SKOL ry, Vantaan kaupunki ja ympäristöministeriö sekä hanketta toteuttaneet organisaatiot: Rakennustietosäätiö RST sr, Aalto-yliopisto, AFRY Finland Oy, A-insinöörit Suunnittelu Oy, Eurofins Expert Services Oy, Sitowise Oy ja Työterveyslaitos.



**Euroopan unionin
rahoittama**
NextGenerationEU

Hankeryhmä kiittää kaikkia rahoittajia, hankkeen ohjausryhmän jäseniä ja tahoja, jotka ovat osallistuneet hankkeessa järjestettyyn työpajaan ja oppaan sisältöjen kommentointiin. Kiitämme arvokkaasta ja hedelmällisestä yhteistyöstä sekä tiedonvaihdesta teemaan liittyvien muiden tutkimus- ja kehittämishankkeiden asiantuntijoita.

Hanketta on ohjannut asiantuntijoista koostunut ohjausryhmä:

Ohjausryhmän puheenjohtaja:

Mira Jarkko	Helsingin kaupunki
-------------	--------------------

Ohjausryhmän jäsenet:

Henna Ahlqvist	Vantaan kaupunki
Harri Hakaste	Ympäristöministeriö
Erkki Hassinen	Helsingin kaupunki
Jani Kemppainen	Talonrakennusteollisuus ry
Matti Kiiskinen	SKOL ry
Janne Kivimäki	Pohjola Rakennus
Esko Knuutila	Oulun kaupunki
Juhani Pirinen	Lahden kaupunki
Timo Puhakka	Oulun kaupunki
Mirkka Rekola	Senaatti-kiinteistöt
Tommi Riippa	Oulun kaupunki

Kiitämme hanketta toteuttaneiden organisaatioiden asiantuntijoita oppaan valmistelussa ja sisällön kehittämisessä:

- Aalto-yliopisto: Weiwei Lin, Pramod Acharya, Rui Hao, Jouni Punkki ja Leena Korkiala-Tanttu
- AFRY Finland Oy: Jaakko Länsiluoto, Sami Niemi, Anna-Maria Nieminen, Hannu Pyy ja Hanna Vaani
- IdeaStructura Oy: Tiina Palviainen ja Mikko Korhonen
- Rakennustietosäätiö RTS sr: Pauliina Sievänen ja Marianna Kotilainen
- Sitowise Oy: Hemmo Sumkin
- Työterveyslaitos: Selma Mahiout, Tiina Santonen ja Hanna Hovi

Sisällys

Esipuhe	11
1 Lukijalle.....	13
2 Johdanto	16
3 Rakennustuotteiden uudelleenkäytön edellytykset Suomessa	18
3.1 Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden jäteluonne	21
3.1.1 Uudelleenkäyttö ja uudelleenkäytön valmistelu.....	25
3.1.2 Sama käyttötarkoitus	25
3.1.3 Jatkokäytön varmuus	26
4 Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittäminen.....	28
4.1 Ennen purkamista tehtävät selvitykset.....	30
4.2 Lähtötietojen, ominaisuuksien ja soveltuvuuden selvittäminen	33
4.2.1 Suunnitelmat, suunnitteluohjeet ja rakentamisajankohdan standardit sekä käytännöt.....	38
4.2.2 Rakentamis- ja käyttövaiheen olosuhde-, rasitus- ja historiatiedot	39
4.2.3 Aistinvaraiset tarkastelut olemassa olevassa rakennuksessa	40
4.2.4 Ainetta rikkomattomat tutkimukset.....	41
4.2.5 Ainetta rikkova näytteenotto ja muu tutkimus	42
4.2.6 Kokonaisen rakennustuotteen koestus.....	42
4.2.7 Ehjänä irrotettujen rakennustuotteiden tarkastus elinkaaren ajalla	43

5	Uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien selvittämisen menetelmät ja otanta.....	44
5.1	Mitat ja sijainti.....	47
5.2	Vauriot, käyttöhistoria ja käyttöikä.....	49
5.3	Rakenteelliset ominaisuudet.....	55
5.4	Muoto, pinta ja pintakäsittelyt.....	60
5.5	Epäpuhtaudet ja haitta-aineet	62
5.5.1	Mikrobit ja muut biologiset epäpuhtaudet ja hajut.....	64
5.5.2	Kemialliset haitta-aineet.....	77
5.6	Säteilyturvallisuus	86
5.7	Betonielementtien ominaisuudet.....	88
5.7.1	Betonielementtien muodonmuutokset (taipuma, viruma, puristuma).....	92
5.7.2	Betonin alkalisuus.....	92
5.7.3	Betonielementtien ainetta rikkomaton testaus.....	93
5.7.4	Kokonaisen palkin tai laatan koestus.....	94
5.7.5	Betonin rakenteellisen lujuuden ja turvallisuuden testaus.....	96
5.7.6	Betonielementtien ehjänä irrotettavuus	103
5.8	Tiilten ominaisuudet	104
5.8.1	Poltettujen savitiilien ja kalkkielektiilien rakenteelliset ominaisuudet	107
5.8.2	Poltetun savitiilen ja kalkkielektiilien rakenteellinen lujuus ja turvallisuus	110
5.8.3	Poltettujen savitiilien ja kalkkielektiilien ehjänä irrotettavuus.....	113
5.9	Liimapuun ominaisuudet.....	115
5.9.1	Liimapuun rakenteellisen lujuuden ja turvallisuuden testaus.....	119
5.9.2	Liimapuurakenteiden ehjänä irrotettavuus	125
6	Uudelleenkäytön suunnittelu	126
6.1	Vanhat suunnitteluohjeet, normit ja standardit.....	130
6.1.1	Hyötykuormat.....	131
6.1.2	Lumikuormat.....	133
6.1.3	Tuulikuormat	134
6.1.4	Vanhojen suunnittelumääräysten ja -ohjeiden tulkinta	136
6.1.5	Mitoitusmenetelmät	138
6.1.6	Ääneneristävyyden vaatimusten kehittyminen	138
6.1.7	Palomääräysten kehittyminen	139
6.2	Uudelleenkäytettävien rakennusosien suunnittelu	142
6.2.1	Suunnitteluprosessi yleisesti rakennushankkeessa.....	145
6.2.2	Suunnitteluprosessin eroavaisuudet uudelleenkäytettävien rakenneosien osalta	147

6.3	Uudelleenkäytettävien rakennusosien suunnittelu materiaaliakohtaisesti	153
6.3.1	Betonirakenteiden uudelleenkäytön suunnittelu.....	155
6.3.2	Poltetun savitiilen ja kalkkiahiekkatiilen uudelleenkäytön suunnittelu.....	161
6.3.3	Liimapuupalkkien ja -pilarien uudelleenkäytön suunnittelu ...	163
6.3.4	Liittorakenteiden suunnittelu, kun osana on uudelleen- käytettävä rakenneosa	164
6.3.5	Uudelleenkäytön suunnittelu osastoivissa ja ääntä eristävissä rakenteissa.....	166
6.3.6	Ominaisuuksien testaaminen ja koestus suunnittelun näkökulmasta	168
6.4	Uudelleenkäytön huomioiva purkus suunnittelu	169
6.4.1	Purku- ja rakennushankkeen välinen yhteys	170
6.4.2	Purkumenetelmät ja purun aikainen tuenta	172
7	Rakennustuotekohtaisten ominaisuuksien esittäminen ja tuotekortti...	173
8	Kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen vaiheiden dokumentointi	180
8.1	Uudelleenkäyttöselvityksen dokumentointi	183
8.2	Ehjänä irrottamisen dokumentointi	184
8.3	Kuljetuksen ja varastoinnin dokumentointi	184
8.4	Suunnittelun dokumentointi	185
8.5	Rakentamisen ja käyttövaiheen dokumentointi	186
8.6	Dokumentoinnin tarkkuus	186
9	Kelpoisuuden ja soveltuvuuden esittäminen rakentamislupaprosessissa	187
	Symbolit	188
	Määritelmät ja lyhenteet	189
	Lähteet.....	195
	Liitteet.....	203

Esipuhe

Rakentamisen materiaalikierrat ovat kiertotalouden ydintä ja rakennustuotteiden uudelleenkäyttö materiaalikiertojen parasta luokkaa. Se, miten tehokkaasti ja laadukkaasti ohjaamme purkumateriaaleja uusien rakennusten ja tuotteiden rakennusosiksi, vähentää suoraan luonnonmateriaalien kulutusta, jätteiden määrää sekä kasvihuonekaasupäästöjä. Verrattuna vaikkapa yhdyskuntajätteen hyödyntämiseen purkumateriaalit ja ovat kiertotalouden matalla roikkuva hedelmä.

Uusi rakentamislaki omalta osaltaan helpottaa sadonkorjuuta. Edistämällä hiilijalanjäljen laskennassa kierrätyssisällön kysyntää, edellyttämällä purkumateriaalien raportointia sekä viitoittamalla tietä uudisrakennusten purettavuudelle se luo hyvän raamin rakennustuotteiden uudelleenkäytölle. Toisaalta lain myötä purkamisen kynnys madaltuu, joten materiaalien kiertoja pitää tehostaa yhä enemmän. Rakentamisen sääntelyn keskeisenä tehtävänä on turvata rakennusten käyttäjien hyvinvointi. Uudelleenkäytön osalla tämä tarkoittaa erityisesti uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden turvallisuuden ja terveellisyyden varmistamista uuden rakennuksen osana. PURATER-hankkeessa (Zhu ym. 2022) kartoitettiin lähtökohtia purkumateriaalien uudelleenkäytölle Suomessa ja todettiin ne hyväksi.

Helsingin kaupungin rakentamisen kiertotalouden klusteriohjelmassa huomattiin, että yhtenä suurimmista esteistä rakennustuotteiden uudelleenkäytölle oli tiedon puute niiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisestä. Miten voidaan todentaa, että ehjänä puretut rakennustuotteet ovat edelleen turvallisia ja terveellisiä? Klusteriohjelmassa tehtiin ensimmäinen uudelleenkäyttöä ohjeistavan työkalu, jota on nyt hyödynnetty myös tämän raportin tekemisessä.

Tässä oppaassa pureudutaan muutamaaan keskeiseen uudelleenkäytettävään rakennustuotteeseen, niiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä todentamisen käytäntöihin. Oppaan keskeisenä tavoitteena rakentamisen

ohjauksen näkökulmasta on luoda menetelmät uudelleenkäytettävien tuotteiden hyväksynnälle osana kuntien viranomaisohjausta. On ehkä korostettava, että keskittyessään kantaviin rakenteisiin opas sukeltaa suoraan uudelleenkäytön syvään päätyyn ja vaikuttavimpaan osa-alueeseen. Toisaalta riman pitääkin olla korkealla; jos tässä onnistutaan, monen muun tuotteen osalla sitä on helppo laskea. Ilahduttavasti aihe on esillä myös muissa samanaikaisissa hankkeissa ja pohjoismaisessa ja kansainvälisessä yhteistyössä.

EU:n uusi, vuoden 2025 alussa voimaan tullut rakennustuoteasetus (2024/3110) muokkaa omalta osaltaan toimintaympäristöä uudelleenkäyttöä mahdollistavaksi. Onkin odotettavissa, että asetuksen pohjalta laadittavat rakennustuotekohtaiset tekniset standardit tulevat yhtenäistämään uudelleenkäytön kelpoisuudenosoittamisen käytännöt Euroopan laajuisesti. Tähän tulee kuitenkin kulumaan useita vuosia, ellei vuosikymmeniä, joten tämän oppaan ja muiden edelläkävijöiden luomat kelpoisuudenosoittamisen menetelmät voivat vaikuttaa käytäntöihin vielä pitkään.

Rakennustuotteiden uudelleenkäytölle on Suomessa ja maailmanlaajuisesti pitkät perinteet. Ne ovat kuitenkin lineaaritalouden myötä pitkälti katkenneet, vaikka esimerkiksi hirsirakennusten osalla Suomessakin jatkuneet. Opas omalta osaltaan viitoittaa tietä uudelleenkäytön paluulle luomalla tarvittavan kehikon uudelleenkäytettävien tuotteiden laadun varmistamiselle turvallisuutta ja terveellisyyttä vaarantamatta. Tätä kehikkoa on tarpeellista jatkossa tarkastella laajemmassa kontekstissa erityisesti suhteessa uudistuotteiden valmistukseen niin, että uudelleenkäytön kehittymiselle ja yleistymiselle luodaan myös taloudellisten raamien näkökulmasta hyvät edellytykset.

Kiitämme lämpimästi ympäristöministeriön ja Helsingin kaupungin kiertotalouden klusteriohjelman puolesta laajaa, asiantuntevaa ja uurasta projektiryhmää urauurtavasta työstä sekä erinomaisen selkeästä ja havainnollisesta oppaasta. Työtä on ollut tekemässä ja kommentoimassa laaja joukko asiantuntijoita, koska rakennustuotteiden uudelleenkäyttö vaatii laajaa alan yhteistä näkemystä sekä luottamusta siihen, että aihetta on tarkasteltu perusteellisesti.

Tästä on hyvä jatkaa.

Harri Hakaste
ympäristöministeriö

Mira Jarkko
Helsingin kaupunki

1

Lukijalle

Tämä opas on suunnattu rakennusten kuntotutkijoille, rakennusterveys-asiantuntijoille, haitta-ainetutkijoille, rakenne- ja korjaussuunnittelijoille sekä muille suunnittelijoille, asiantuntijoille, viranomaisille ja rakennushankkeeseen ryhtyville. Opasta voivat hyödyntää kaikki rakennustuotteiden uudelleenkäytöstä kiinnostuneet tahot.

Oppaassa keskitytään uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä uudelleenkäytön suunnitteluun. Uudelleenkäytön toimintamallit kehittyvät kokemuksen ja käytännön myötä. Oppaan tavoitteena on tarjota tämänhetkiseen tietoon perustuvia suuntaviivoja uudelleenkäytön toteuttamiseen talonrakennushankkeissa. Tarkastelemme oppaassa jo aikaisemmissa tutkimuksissa ja selvityksissä uudelleenkäytön kannalta potentiaalisiksi todettuja rakennustuotteita: ontelolaattoja, betonielementtipilareita ja -palkkeja, liimapuupalkkeja ja -pilareita sekä poltettuja savitiiliä ja höyrypaineistuksella kovetettuja kalkkihiekkatiiliä. Rakennustuotteiden uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tuotteen uudelleenkäyttöä siinä tarkoituksessa, johon se on alun perin suunniteltu. Oppaassa keskitytään siihen, miten purettavan rakennuksen sisätiloista (pääsääntöisesti ei suoralle sää- tai maaperärasitukselle alttiita) rakennustuotteita voidaan hyödyntää seuraavan rakennus- ja tai korjauskohteen sisätiloissa ja varmentaa, että käytetyt tuotteet ovat turvallisia, terveellisiä ja täyttävät lain ja asetuksen vaatimukset rakentamisessa. Oppaassa tarkastellaan rajatusti myös säärasitukselle alttiina olleita ja tulevassa käyttökohteessa säärasitukselle mahdollisesti altistuvia tiiliä.

Oppaassa keskitytään rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön talonrakentamisen prosessien näkökulmasta ja tuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden osoittamiseen kansallisen tuotehyväksyntämenettelyn, rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012; Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä

555/2013; Tiedote ympäristöministeriö 21.6.2022) mukaisesti. Oppaan näkökulmana on luvanvarainen talonrakennushanke (korjaus- ja tai uudisrakennushanke), jossa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuus tulee selvittää ja osoittaa rakennushankkeessa kansallisen tuotehyväksynnän mukaisesti sekä soveltuvuus kohteeseen esittää suunnittelijan tekemillä suunnitelmilla (rakenne- ja muut tapauskohtaiset sekä tarvittavat erikoissuunnitelmat).

Rakennuspaikkakohtainen varmentamismenettely on Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden hyväksyntämenettely tilanteissa, joissa tuotteelle ei ole käytettävä CE-merkintää tai tuotteen kelpoisuutta ei ole muutoin osoitettu. Rakennuspaikkakohtaisesta kelpoisuuden osoittamisesta on säädetty laissa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä ja sen nojalla annetussa asetuksessa (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012; Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013).

Oppaan tarkastelujen lähtökohta on tilanne, jossa rakennustuotteelle on jo osoitettu uudelleenkäyttö eikä siitä ole tullut jätelain määrittelyn mukaista jätettä eikä se ole menossa jätelain mukaiseen uudelleenkäytön valmisteluun.

Oppaassa tarkasteltavia rakennustuotteita voidaan uudelleenkäyttää muissakin soveltuvissa käyttötarkoituksissa ja -kohteissa, kuin mitä tässä oppaassa on tarkasteltu (pääsääntöisesti ei sää tai maaperäkosteusrasitukselle alttiita rakennustuotteita). Oppaaseen valittuja rakennustuotteita voidaan uudelleenkäyttää myös rakennustuotteen alkuperäistä matalamman vaatimustason käyttökohteissa ja -tarkoituksessa sekä myös muussa rakentamisessa kuin talonrakentamisessa. Näihin uudelleenkäytön käyttökohteisiin ei pureuduta tässä oppaassa. Lisäksi muissa uudelleenkäyttöön liittyvissä tutkimus- ja kehittämishankkeissa käsitellään yksityiskohtaisemmin tiettyjä uudelleenkäyttöön liittyviä osa-alueita, kuten rakennustuotteiden ehjänä irrottamista, rakennustuotteiden tehdaskunnostusta ja aiheeseen liittyvää tietomallinnusta, joihin tässä hankkeessa ei perehdytä syvällisesti. On myös hyvä ottaa huomioon, että ympäristön ja ilmastomuutoksen kannalta olemassa olevan rakennuskannan käyttö ja säilyttäminen on usein parempi vaihtoehto kuin purkava uudisrakentaminen.

Oppaassa on hyödynnetty laajasti jo olemassa olevaa tutkimustietoa, saatavilla olevia aikaisemmista kehittämishankkeista saatua tietoa, standardeja, kunto- ja haitta-ainetutkimus- ja suunnitteluohjeita sekä otettu huomioon rakennustuotteiden ja rakentamisen sääntely. Hankkeessa on tehty Työterveyslaitoksen laboratorion aineistoihin perustuva analyysi kemiallisista haitta-aineista ja Aalto-yliopiston betonielementtinäytteisiin perustuvia materiaalianalyysseja ja testejä. Analyysi- ja laboratoriotuloksia on hyödynnetty oppaan taustatyössä.

Hankkeen yhteydessä on tuotettu Aalto-yliopistossa, professorien Jouni Punkin ja Weiwei Lin ohjauksessa ja valvonnassa seuraavat julkaisut ja kirjallisuuskatsaukset:

- diplomityö, Paula Romakkaniemi: Condition assessment of reusable structural materials and components
- kirjallisuuskatsaus (julkaisematon), Mahmoud Hosseini: Prediction of remain service life
- kirjallisuuskatsaus (julkaisematon), Pramod Acharya: Reuse potential of building materials and components
- kirjallisuuskatsaus (julkaisematon), Rui Hao: Literature Review on Condition Assessment of Reusable Structural Materials and Components.

Hanketta on ohjannut monialainen ohjausryhmä. Oppaan luonnosversioita on kehitetty työryhmän organisaatioiden sisäisillä työpajoilla, kommentointikierroksilla sekä työryhmän tiiviillä yhteistyöllä. Opasta on kehitetty kolmen eri lausuntokierroksen avulla, joista kaksi lausuntokierrosta suunnattiin rakennusvalvontaviranomaisille. Oppaan viimeinen lausuntokierros on ollut julkinen ja siihen on voinut osallistua kaikki aiheesta kiinnostuneet tahot.

Hankkeen loppuraportti tarjoaa laajan katsauksen aihepiiriin sekä perusteita oppaassa esitettyjen asioiden taustaksi. Loppuraportin voi lukea Rakennustietosäätiön sivuilta rts.fi/uuraket-loppuraportti.

2

Johdanto

Rakennusala on materiaali-intensiivinen ala ja merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen tuottaja. Ala tuotti globaaleista päästöistä noin 37 % vuonna 2021 (United Nations Environmental Programme 2022). Rakennusmateriaalien valmistuksessa käytettävien neitseellisten materiaalien käyttöä ja valmistuksen tuottamia päästöjä voidaan vähentää purku- ja jättemateriaalien tehokkaammalla hyödyntämisellä rakennusosalalla.

Suomessa rakennusala tuotti noin 10 miljoona tonnia rakennus- ja purkujätettä vuonna 2022 (Tilastokeskus Jätetilasto 2022). Tästä rakentamisen jätemäärästä suurin osuus luokiteltiin mineraalijätteisiin ja seuraavaksi eniten jätettä syntyi puujätteistä. Huomion arvoista on, että talonrakentamisalan jätteiden koostumuksesta ei ole olemassa tällä hetkellä tarkkaa tietoa. Tiedetään kuitenkin, että rakennus- ja purkujätteestä syntyy 85 % korjausrakentamisen ja kokonaisten rakennusten purun yhteydessä. Vuonna 2023 purettiin 8 000 rakennusta ja rakennettiin hieman yli 40 000 uutta rakennusta (Tilastokeskus Rakennukset ja mökit 2023; Tilastokeskus Puretut rakennukset 2010–2023).

Tutkimuksen (Huuhka & Lahdensivu 2014) perusteella vuosina 2000–2012 puretuista 50 818 rakennuksesta suurin osa oli muita kuin asuinrakennuksia ja myös kooltaan suurempia sekä purkuhetkellä nuorempia kuin asuinrakennukset, jotka koostuivat pääosin omakotitaloista. Arvion mukaan rakennusten purkamisen volyymi jatkuu suurena ainakin tämän vuosikymmen ajan (Huttunen (toim.) 2021). Tähän vaikuttavat muun muassa kaupunkialueiden tiivistämistarpeet, jossa teollisuus- ja liikerakennuksia puretaan uusien ja tiiviimpien asuinalueiden tieltä (Huuhka & Kolkwitz 2021) sekä väestö- ja aluekehitykselliset syyt (Kurvinen ym. 2021). Talonrakentamisalan purkujätteiden tilastointi tulee tarkentumaan uuden rakentamislain (751/2023) myötä tulevina vuosina.

Rakennusmateriaalien kierrätys ja uudelleenkäyttö ovat olennaisia tavoitteita Euroopan unionin (EU) ja Suomen kansallisessa ohjauksessa. Ohjauksen avulla

tuetaan myös rakennusalan kiertotalouden kehittymistä. Pyrkimyksenä on lisätä rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä, pidentää rakennustuotteiden käyttöikää ja vähentää uusien neitseellisten raaka-aineiden tarvetta. EU:n jätedirektiivi (2018/851) edellyttää muun muassa uudelleenkäytettävien tuotteiden käytön edistämistä ja kierrättämistä.

Rakennustuotteiden, kuten teräksen, puun ja betonin uudelleenkäytön laajentaminen auttaa vähentämään rakennusalan ympäristövaikutuksia ja edistää kiertotalouden tavoitteita. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö ei ole uusi ilmiö ja rakennustuotteita on käytetty korjausrakentamisessa ja restauroinnissa kautta aikojen. Nykyinen rakentaminen on kuitenkin paljon säännellympää kuin aikaisempina vuosikymmeninä, jolloin rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä on voinut tehdä nykyistä vapaammin. Rakennusten korjaaminen ja rakentaminen tehdään nykyisen lainsäädännön ja siihen liittyvien standardien sekä ohjeiden mukaisesti, mikä tarkoittaa myös tarkempia tietoja ja suunnitelmia sekä tuotehyväksyntää rakennustuotteiden uudelleenkäytössä talonrakennus- ja korjaushankkeissa. Nykyisin uudelleenkäytön tavoitteet ovat myös systemaattisempia ja ulottuvat laajemmin ekologiin ja ilmastonmuutoksen hillitsemisen tavoitteisiin. Olemassa oleva rakennuskanta ei ole pääsääntöisesti suunniteltu purettavaksi, mikä tuo haasteita rakennustuotteiden tietojen saatavuuteen sekä ehjänä irrottamiseen ja rakenteiden uudelleen suunnitteluun.

Rakennustuotteiden uudelleenkäytön potentiaali riippuu erityisesti niiden purettavuudesta ja irrotettavuudesta, laadusta, kuten purkamisen ja irrottamisen jälkeisestä kunnosta, teknisistä ominaisuuksista ja rakenteiden suorituskykyvaatimuksista suunnitellussa käyttökohteessa. Uudelleenkäyttöä ovat hidastaneet rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen sekä osoittamisen sekä suunnittelun ohjeistuksen puutteet, markkinoiden rajoitukset sekä rakennuttajan ja kiinteistönomistajan kokema riski rakennustuotteiden kelpoisuudesta käyttökohteessa (Zhu & Tähtinen 2022; Rakhshan ym. 2020).

Rakenteellisten uudelleenkäyttöön tarkoitettujen rakennustuotteiden ominaisuuksien ja soveltuvuuden selvittäminen vastaamaan käyttökohteen vaatimuksiin tulee olla tarpeenmukainen ja perusteellinen, jotta se tarjoaa luotettavan perustan ja tiedot erityisesti rakennesuunnittelulle ja tuotteen kelpoisuudesta ja soveltuvuudesta käyttökohteeseen. Kun rakennustuotteen ominaisuudet ja kelpoisuus sekä soveltuvuus suunniteltuun käyttökohteeseen on selvitetty madaltaa se uudelleenkäyttöön liittyviä mahdollisia koettuja riskejä ja edistää osaltaan kiertotalouden mukaista rakentamista.

3

Rakennustuotteiden uudelleenkäytön edellytykset Suomessa

TIIVISTELMÄ

- Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö tapahtuu kansallisen tuotehyväksyntämenettelyn ja lainsäädännön mukaisesti.
- Rakennuspaikkakohtaisessa kelpoisuuden osoittamisessa rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee selvittää uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden vaatimuksenmukaisuus ja kelpoisuus sekä soveltuvuus tulevassa käyttökohteessa.

Rakennustuotteiden on oltava turvallisia ja terveellisiä sekä ominaisuuksiltaan sellaisia, että rakennus asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää rakentamislainsäädännön (751/2023) säädetty olennaiset tekniset vaatimukset käyttöänsä ajan. Olennaisia teknisiä vaatimuksia ovat rakenteiden lujuus ja vakaus, paloturvallisuus, terveellisyys, käyttöturvallisuus, esteettömyys, meluntorjunta ja ääniolosuhteet, energiatehokkuus, vähähiilisyys ja elinkaariominaisuudet.

Uusi rakennustuoteasetus (2024/3110) pitää sisällään uutena asiana uudelleenkäyttöä koskevat säännökset, mikä mahdollistaa yhdenmukaistettujen tuotestandardien laatimisen uudelleenkäytettäville rakennustuotteille. Tämän työ vie käynnistyessään vuosia, ja sinä aikana rakennustuotteiden uudelleenkäyttö tapahtuu kansallisen tuotehyväksyntämenettelyn ja lainsäädännön mukaisesti.

Rakennuspaikkakohtainen varmentamismenettely on Suomessa käytössä oleva rakennustuotteiden hyväksyntämenettely tilanteissa, joissa tuotteelle ei ole käytettävä CE-merkintää tai tuotteen kelpoisuutta ei ole muutoin osoitettu. Rakennuspaikkakohtaisesta kelpoisuuden osoittamisesta on säännelty laissa eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä ja sen nojalla annetussa asetuksessa (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012; Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013).

Rakennuspaikkakohtaisessa kelpoisuuden ja soveltuvuuden osoittamisessa rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee selvittää uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden vaatimuksenmukaisuus ja kelpoisuus sekä soveltuvuus tulevassa käyttökohteessa. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tulee soveltua rakennuskohteeseen ja soveltua sen olennaisiin teknisiin vaatimuksiin (Ympäristöministeriö 21.6.2022). Rakennusvalvontaviranomainen voi velvoittaa hankkeeseen ryhtyvää osoittamaan, että rakennustuote täyttää sitä koskevat olennaiset tekniset vaatimukset, jos on syytä epäillä, että tuote ei niitä täytä tai tuotteen kelpoisuutta ei ole muutoin osoitettu.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittäminen kuuluu rakentamishankkeeseen ryhtyvälle. Käytännössä uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen tekevät sellaiset tahot, joilla on osaamista, kokemusta ja pätevyys rakennusten kunnon, haitta-aineiden ja rakennusterveyden tutkimiseen sekä rakennus-, korjaus-, rakenne- tai rakennusosasuunnitteluun. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen ei ole laissa tai asetuksessa tällä hetkellä määritelty asiantuntijoiden pätevyyksistä. Siten, rakennusvalvontaviranomainen joutuu arvioimaan rakennushanke- ja tapauskohtaisesti asiantuntijoiden pätevyyttä kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisessä.

Rakennuspaikkakohtaisessa kelpoisuuden osoittamisessa rakennusvalvonnan päteväksi katsoma taho selvittää tuotteen olennaisten ominaisuuksien suoritustasot ja vertaa niitä käyttökohdekohtaisiin vaatimustasoihin. Ominaisuuksien suoritustasot voidaan selvittää testaamalla, laskemalla ja mittaamalla, tai arvioimalla alkuperäisten tuotetietojen (leimojen, suunnitelmien, säädösten, taulukkoarvojen, tms.) pohjalta, joihin pureudutaan tämän oppaan tulevisissa luvuissa. Ominaisuuksien vaatimustasot riippuvat tuotteen käyttökohteesta. Rakennustuotteiden soveltuvuus käyttökohteeseen esitetään rakennesuunnittelijan ja tai muiden suunnittelijoiden laatimien suunnitelmien perusteella.

Rakennusvalvonnan päteväksi katsoma taho on henkilö tai organisaatio, jolla on riittävä pätevyys muun muassa:

- koordinoida kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisprosessia
- huolehtia siitä, että pätevä henkilö tai organisaatio tekee erilaiset tutkimukset, testauksen, laskennan, mittaukset ja arvioinnit
- luoda ja laatia rakennustuotteen tuotekortti ja dokumentaatio rakennuspaikka-kohtaisen kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisestä.

Kansalliset rakennustuotteiden hyväksyntämenettelyt ovat valmistajille vapaaehtoisia menettelyitä tilanteisiin, joissa tuote ei kuulu CE-merkinnän piiriin. Näillä menettelyillä rakennustuotteen valmistaja voi osoittaa tuotteen täyttävän sitä koskevat olennaiset tekniset vaatimukset. Nykylainsäädännössä ei tehdä eroa sen välillä, onko kyseessä uusi vai uudelleenkäytettävä rakennustuote. Näitä molempia koskee sama lähtökohta, missä lain vaatimukset on täytettävä ja kelpoisuus on selvitettävä sekä osoitettava. Sen sijaan itse tuotehyväksyntälain mukaiset menettelyt ja eritoten arviointiperusteet on määritetty uusien rakennustuotteiden näkökulmasta, eikä ne sellaisenaan sovellu kaikkiin uudelleenkäytön tapauksiin ja uudelleenkäytettäville tuotteille.

Jotta kansallisia tuotehyväksyntämenettelyitä voitaisiin soveltaa myös uudelleenkäytettäviin rakennustuotteisiin, tulisi menettelyiden taustalla olevissa arviointiperusteissa laajemmin tarkastella myös uudelleenkäyttöön liittyviä erityiskysymyksiä. Näitä erityiskysymyksiä tarkastellaan tähän oppaaseen valittujen rakennustuotteiden osalta (ontelolaatta, betonielementtipilari ja -palkki, liimapuupalkki ja -pilari, poltettu savitiili ja kalkkihiekkatiili). Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kohdalla on arvioitava myös olemassa olevan rakennuksen rakenteiden lähtötietoja, kuntoa, haitallisia ja vaarallisia aineita, epäpuhtauksia, rakenteiden lujuutta, kantavuutta, jäljellä olevaa käyttöikää, puhdistus- ja korjausmenetelmiä sekä niiden merkitystä uudelleenkäytössä ja tarvittavia suunnittelu-tietoja kokonaisvaltaisesti.

Uudelleenkäyttöön liittyvien näkökulmien ottaminen huomioon korostuu silloin, kun arvioidaan teknisesti vaativampia uudelleenkäytettäviä rakennusosia, kuten esimerkiksi kantavia rakenteita ja sisäympäristöihin kontaktissa olevia rakenteita, sekä silloin, kun tuleva käyttökohde ja rakennustuotteelta vaadittavat suoritustasot sekä kohteeseen soveltuvuuden kriteerit (esimerkiksi rakennusfysikaaliset ominaisuudet, puhtaus, käyttöikä) tiedetään.

3.1 Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden jäteluonne

TIIVISTELMÄ

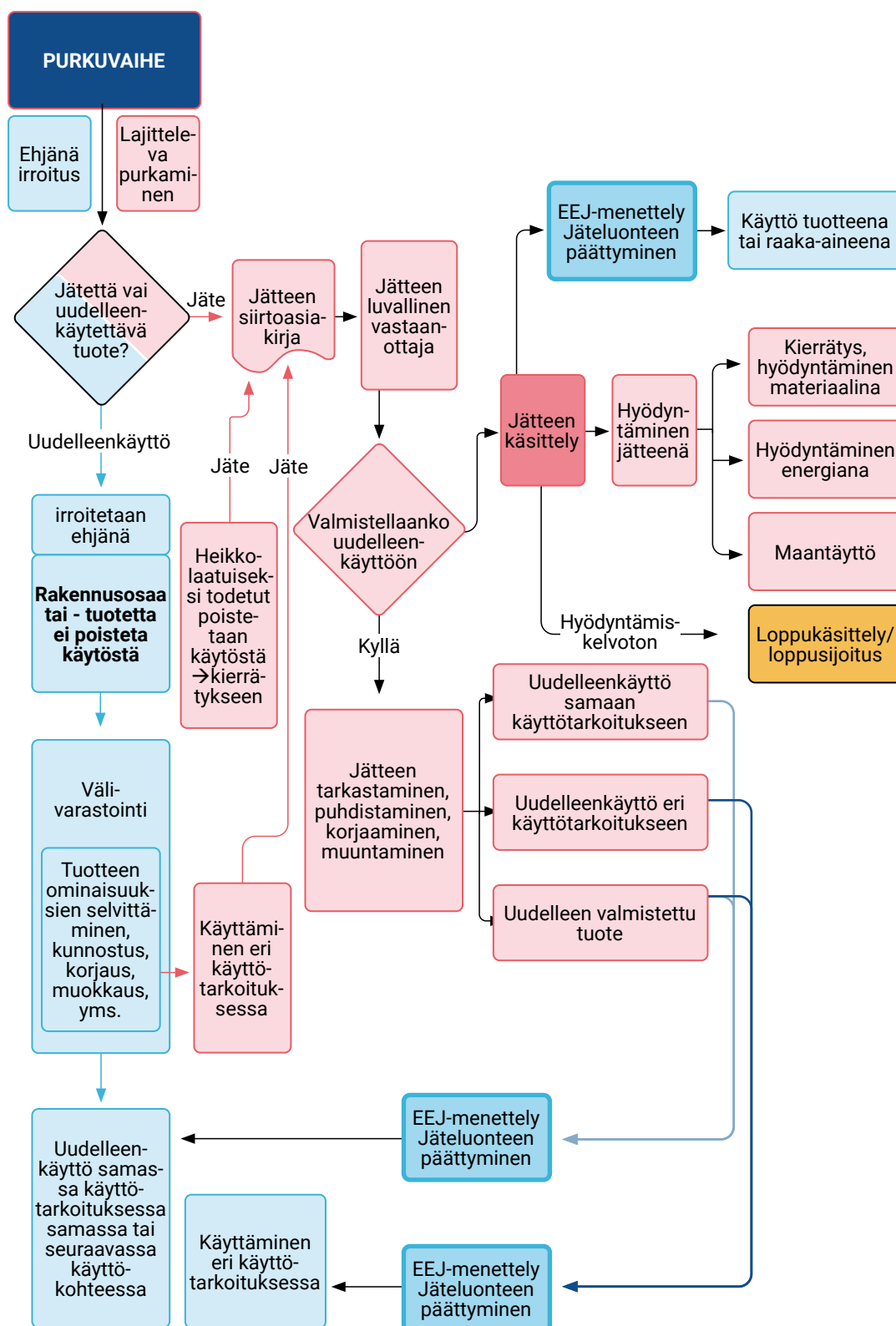
- Tulkinnat jäte- ja ympäristölainsäädännön noudattamisesta tehdään kuntien ympäristönsuojeluviranomaisten toimesta.
- Uudelleenkäyttöön liittyviä määritelmiä on jätelaissa kaksi; uudelleenkäyttö ja uudelleenkäytön valmistelu. Uudelleenkäytössä ei ole kyse jätteestä vaan tuotteesta, josta ei missään vaiheessa ole tullut jätettä, kun taas uudelleenkäytön valmistelu on jätteen käsittelyä.
- Jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä.
- Uudelleenkäytössä on merkityksellistä osoittaa, että tietyt purettavat tuotteet on arvioitu uudelleenkäyttökelpoisiksi ja niiden ehjänä irrottaminen on suunniteltu.
- Päätöksen ehjänä purkamisesta tekee purettavan rakennuksen omistaja, purkuhankkeeseen ryhtyvä tai purku-urakoitsija perustuen esimerkiksi purkukartoitukseen, uudelleenkäyttöselvitykseen ja kyseisten tuotteiden kysyntään.
- Jos uudelleenkäyttöön liittyy terveys- tai ympäristöriski, tuotteen haltijalla on velvollisuus poistaa ne käytöstä. Vastaavasti jos riskiä ei ole, tuotteen haltijalla ei ole velvollisuutta poistaa niitä käytöstä.
- Lainsäädäntö ei sisällä ehdotonta aikarajaa sille, missä ajassa uudelleenkäytettävät tuotteet olisi käytettävä, etteivät ne muuttuisi jätteeksi.

Rakennusten ja rakenteiden purkuvaiheessa ehjänä irrotettujen rakennustuotteiden ja -osien tulkinta jätteeksi on herättänyt epätietoisuutta niin viranomaisten kuin toiminnanharjoittajienkin keskuudessa. Jätelainsäädännön osalta valvontaa ja lupaviranomaisina ja siten myös jätelainsäädännön pohjalta päätöksiä tekevinä viranomaisina ovat yksittäisten rakennus- ja purkukohteiden osalta tyypillisesti kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset. Koska rakennustuotteiden uudelleenkäyttö yksittäisiä rakennusosia laajemmassa mittakaavassa ja sen ympärille

kehittyvä liiketoiminta on vasta muotoutumassa, selkeät tulkintalinjaukset tähän sektoriin liittyen ovat puuttuneet. Erityisesti tulkinta siitä, tuleeko purettavasta rakennustuotteesta jätettä, kun se puretaan alkuperäisestä käyttökohteesta, on johtanut erilaisiin kantoihin eri viranomaisilta kysyttäessä.

Jätelain (646/2011) 8 §:n mukaan kaikessa toiminnassa on noudatettava etusijajärjestystä, jonka mukaisesti aina ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Valtioneuvoston asetuksen jätteistä (978/2021) 25 §:n mukaan *rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta siten, että jätelain 8 §:n mukaisesti otetaan talteen ja käytetään uudelleen käyttökelpoiset rakennusosat ja -materiaalit ja että toiminnassa syntyy mahdollisimman vähän ja mahdollisimman haitatonta rakennus- ja purkujätettä*. Rakennusten purkamisessa jätteen määrää voidaan käytännössä vähentää ainoastaan sillä, että mahdollisimman suuri osa purettavista materiaaleista pystytään ohjaamaan uudelleenkäyttöön, jolloin niistä ei tulisi jätettä. Rakennustuotteiden uudelleenkäytöllä edistetään resurssitehokkuutta ja luonnon monimuotoisuuden säilymistä, kun jo käyttöön otetut luonnonvarat säilytetään kierrossa mahdollisimman pitkään ja sillä vältetään uusien luonnonvarojen käyttöönottoa.

ReCreate-hanke (<https://recreate-project.eu/>) yhdessä Kangasalan kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen kanssa esitti uudelleenkäyttöön irrotettujen rakennustuotteiden jätteeksi tulkintaa koskevan lausuntopyynnön vuoden 2023 lopulla ympäristöministeriölle, jotta hankkeessa puretuista ja rakennuksesta ehjänä irrotettujen betonielementtien jäteluonteen arviointiin saatiin jätelain säädännön asiantuntijoiden näkemys. Ympäristöministeriö antoi asiasta lausunnon (VN_34649_2023-YM-2 Lausunto kokonaisuena irrotettujen rakennusosien uudelleenkäytöstä ja jätteeksi luokittelemisesta) 15.3.2024 (Ympäristöministeriö 2024a). Lausunnossa on käsitelty uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ja -osien jäteluonteen arvioimiseen liittyvät säädökset ja täsmennetty niiden soveltamista lausuntopyynnön kohteena olevien betonielementtien tapauksessa. Vaikka lausunto ottaa kantaa vain lausuntopyynnön kohteena olevaan esimerkkiin, eikä se senkään osalta ole oikeudellisesti sitova, koska päätösvalta asiassa on kunnan ympäristönsuojeluviranomaisella, siinä esitettyjä perusteluita voidaan hyödyntää soveltuvien osin tapauskohtaisessa harkinnassa. Seuraavissa kohdissa on tähän lausuntoon perustuen esitetty yleisiä tulkintalinjauksia tässä oppaassa tarkastelun kohteena oleville uudelleenkäyttökelpoisille rakennustuotteille ja -osille (Kaavio 1).



Kaavio 1. Uudelleenkäyttöön liittyvä jäteluonnekaavio. Kaaviossa vaalean sinisellä kuvatut osiot tarkoittavat, että kyse on uudelleenkäytöstä, jota ei tulkita jätteen käsittelyksi ja punaisella kuvatut tarkoittavat jätteen käsittelyä, jossa on noudatettava jätelainsäädännöstä johtuvia velvoitteita

Tulkinnat jäte- ja ympäristölainsäädännön noudattamisesta tehdään kuntien ympäristönsuojeluviranomaisten toimesta.

Jätettä vai ei?

Jätelain (646/2011) 5 §:n mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä. Jätelain 5 § mukaan aine tai esine luokitellaan jätteeksi, jos yksikin säännöksessä mainituista edellytyksistä täyttyy.

Arvioitaessa, aiotaanko purettava rakennustuote tai -osa poistaa käytöstä, on siis merkityksellistä sen osoittaminen, että tällaista aikomusta ei ole, vaan tietyt purettavat tuotteet on arvioitu uudelleenkäyttökelpoisiksi ja niiden ehjänä irrottaminen on suunniteltu. Käytännössä päätöksen ehjänä purkamisesta tekee siis joko purettavan rakennuksen omistaja, purkuhankkeeseen ryhtyvä tai purkukurakoitsija perustuen esimerkiksi purkukartoitukseen, uudelleenkäyttöselvitykseen ja kyseisten uudelleenkäytettävien tuotteiden kysyntään. Niin ikään ehjänä irrottamisen edellyttämät suunnitelmat laaditaan kohteesta riippuen ja riittävässä laajuudessa sen toimesta, jonka tehtäväksi se on sovittu. Kun purkumenetelmäksi valitaan ehjänä irrottaminen suunnitelmissa määriteltyjen tuotteiden osalta, se osoittaa, että aikomuksena ei ole niiden osalta jätteenä hyödyntäminen, johon käytännössä perinteinen niin sanottu rikkova purkutapa johtaa.

Toisena tärkeänä asiana on osoittaa, että tuotteen haltija ei ole velvollinen poistamaan sitä käytöstä. Jätteen määritelmässä tarkoitetun poistamisvelvollisuuden arviointi kytkeytyy etenkin jätelain ja jätedirektiivin pääasialliseen tarkoitukseen, eli terveyden ja ympäristön suojeluun. Jos uudelleenkäyttöön liittyy terveys- tai ympäristöriski, tuotteen haltijalla on katsottava olevan velvollisuus poistaa ne käytöstä. Ja vastaavasti, jos riskiä ei ole, tuotteen haltijalla ei ole velvollisuutta poistaa niitä käytöstä. Tästä näkökulmasta arviointi on kohdistettava erityisesti siihen, minkälaisia toimia tehdään, jotta varmistutaan, ettei uudelleenkäytöstä aiheudu terveys- tai ympäristöriskiä.

Tältä osin olennaista on, että esimerkiksi asbesti ja muut haitta-aineet poistetaan etukäteen tehdyn kartoituksen perusteella purettavasta rakennuksesta jo ennen uudelleenkäyttöön tarkoitettujen tuotteiden irrotusta tai irrotuksen yhteydessä, jos haitallisten aineiden sijainti on sellainen, että niitä ei voida etukäteen

varmuudella poistaa rakenteiden sisältä. Myös mahdollisten mikrobivaurioituneiden rakenteiden toteaminen ja riskien arviointi uudelleenkäyttökelpoisuuden näkökulmasta on tärkeä osa prosessia. Uudelleenkäyttöön ohjataan vain tuotteet, joiden osalta ei ole terveys- tai ympäristöperusteista pakkoa poistaa niitä käytöstä. Tässä oppaassa esitetty riskien arviointimenettely mahdollistaa tämän toteamisen suunnitelmallisesti (Luku 5.5).

Ympäristöministeriön näkemyksen mukaan uudelleenkäyttöön soveltuvien betonielementtien puhdistaminen ja irrottaminen etukäteen tehdyn suunnitelman mukaan yhdistettynä välivarastointipaikalla tehtävien toimien laatuun viittaavat siihen, että mainitut toimet eivät kohdistu jätteeseen, vaan tuotteeseen.

3.1.1 Uudelleenkäyttö ja uudelleenkäytön valmistelu

Uudelleenkäyttöön liittyviä määritelmiä on jätelaissa kaksi; uudelleenkäyttö ja uudelleenkäytön valmistelu. Näistä uudelleenkäytössä ei ole kyse jätteestä vaan tuotteesta, josta ei missään vaiheessa ole tullut jätettä, kun taas uudelleenkäytön valmistelu on jätteen käsittelyä. Jätelain 6 §:n 1 momentin 20 kohdan mukaan uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tuotteen tai sen osan käyttämistä uudelleen samaan tarkoitukseen kuin mihin se on alun perin suunniteltu. Uudelleenkäytön valmistelulla tarkoitetaan saman pykälän 21 kohdan mukaan *”jätteen tarkistamiseksi, puhdistamiseksi tai korjaamiseksi toteutettavaa toimintaa, jolla käytöstä poistettu tuote tai sen osa valmistellaan siten, että se voidaan käyttää uudelleen ilman muuta esikäsittelyä”*. Uudelleenkäytön valmistelu on siis jätteen ammattimaista tai laitosmaista käsittelyä, joka on ympäristöluvanvaraista toimintaa, ellei luvanvaraisuudesta ole säädetty poikkeusta. Lisäksi jätteiden kuljetuksissa on oltava mukana siirtoasiakirja eikä uudelleenkäyttöön valmisteltujen tuotteiden jäteluonne poistu automaattisesti, vaan siinä on noudatettava, mitä jätelainsäädännössä määrätään jätteen jäteluonteeseen päättymisestä.

3.1.2 Sama käyttötarkoitus

Uudelleenkäytössä on aina oltava kyse tuotteen tai sen osan alkuperäisen käyttötarkoituksen toistamisesta. Saman käyttötarkoituksen määritelmä ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteinen. Samaa käyttötarkoitusta voidaan siten tulkita laajassa merkityksessä, jolloin sillä voitaisiin tarkoittaa käyttöä edelleen rakentamisessa rakennustuotteena, jos huolehditaan, että tuotteen kelpoisuus uudessa käyttökohteessa on selvitetty. Jos sama käyttötarkoitus tulkitaan hyvin suppeasti, se käytännössä tarkoittaisi, että suuri osa täysin käyttökelpoisia ehjänä uudelleen-

käyttöön irrotettuja tuotteita saisi jätestatuksen ja siten niiden uudelleenkäyttö vaikeutuisi merkittävästi.

Saman käyttötarkoituksen määritelmään liittyy myös se, muutetaanko alkuperäisen tuotteen ominaisuuksia tai muotoa merkittävästi vai tehdäänkö sille vain tarpeellisia puhdistus-, kunnostus- ja muokkaustoimenpiteitä, joiden jälkeen sen uudelleenkäyttö on teknisesti ja myös terveys- ja ympäristönäkökohdat huomioiden uuden käyttökohteen suunnitelmien mukaista. Käytännössä uudelleenkäyttöön tarkoitettua rakennustuotetta voidaan siis muokata ja kunnostaa normaalin teollisen käytännön mukaisesti siten, että varmistetaan elementtien käyttökelpoisuus niiden aiottuun käyttötarkoitukseen. Nämä toimet ovat käytännössä samoja, joilla uudistuotannossa valmistettujen tuotteiden laatu varmistetaan, kuten esimerkiksi halkeamien tarkistaminen, pintojen siistiminen, kolhujen paikkaus, lyhentäminen ja tarvittaessa liittimien tai muiden sellaisten liitososien kiinnitys.

3.1.3 Jatkokäytön varmuus

Yksi keskeisiä eroja jätteen ja tuotteen välillä on jatkokäytön varmuus tai jatkokäyttömarkkinan olemassaolo. Jätelain 5 a §:n 1 momentin 1 kohdan mukaan aineen tai esineen sivutuotteeksi luokittelumisen edellytyksenä on, että sen *”jatkokäytöstä on varmuus”*. Jätteen luokittelun päättymisen edellytys on vastaavan kriteerin osalta jätelain 5 b §:ssä kuvattu niin, että hyödyntämistoimen läpikäyneellä jätteellä on oltava *”markkinat tai kysyntää”*. Vaikka edellä mainitut lainkohdat koskevat sivutuotteeksi määrittelyä tai jäteluonteen päättymistä, on jatkokäytön todennäköisyys kuitenkin yksi niistä kriteereistä, jonka perusteella arvioidaan, onko kyse jätteestä vai tuotteesta.

Purkamisessa syntyviin jätteisiin ja siten myös uudelleenkäytön jätetulkintaa liittyy ympäristöviranomaisten näkökulmasta pelko siitä, että purkujätteitä on asiattoman ja laittoman toiminnan seurauksena päätynyt luvattomiin paikkoihin, joissa niistä voi aiheutua maaperän tai pohjaveden pilaantumisen vaaraa tai roskaantumista. Uudelleenkäyttöön ehjänä irrottaminen on purkutekniikkana yleensä merkittävästi rikkovaa purkamista kalliimpaa ja lisäksi ehjänä irrottaminen on aina suunnitelmallista ja riittäviin lähtötietoihin perustuvaa. Siksi on epätodennäköistä, että ehjänä irrotettaisiin purkuvaiheessa tuotteita, joita ei ole aikomuskaan käyttää uudelleen vain siksi, että vältettäisiin jätteen käsittelystä johtuvat velvoitteet. Mikäli tällaista havaitaan, siihen voidaan puuttua ympäristönsuojelulain mukaisesti ja siten tällaiset mahdolliset yksittäistapaukset voidaan hallita valvontakeinoin.

Lainsäädäntö ei sisällä ehdotonta aikarajaa sille, missä ajassa uudelleenkäytettävät tuotteet olisi käytettävä, etteivät ne muuttuisi jätteeksi. Hyvät varastointiolosuhteet ja säännöllinen laaduntarkastaminen voivat pitää tuotteet vuosiakin hyväkuntoisina, jolloin ne täyttävät rakentamislainsäädännössä sekä uusille että uudelleenkäytettäville rakennustuotteille asetettavat vaatimukset. Tällöin myös todennäköisyys tuotteen jatkokäyttöön säilyy, vaikka käyttökohdetta ei heti tai edes lähivuosina olisi tiedossa. Purkumateriaalitietojen digitalisointi ja tietojen ilmoittaminen rakentamislain 16 §:n mukaisessa purkumateriaali- ja rakennusjätteselvityksessä mahdollistaa tulevaisuudessa reaaliaikaisen tiedon välittymisen myös vaihdanta-alustoihin ja edistää siten myös purettavien tuotteiden markkinoiden kehittymistä.

Jos pitkä varastointiaika tai huonot ja tuotteelle soveltumattomat varastointiolosuhteet heikentävät tuotteen kuntoa ja johtaa siihen, että ne eivät ole uudelleenkäyttökelpoisia, ne muuttuvat jätteeksi. Tällöin jätteen haltija on se, jonka hallussa jäte on ja hänen vastuullansa on huolehtia jätteiden asianmukaisesta käsittelystä jätelainsäädännön velvoitteiden ja etusijajärjestyksen mukaisesti.

Kuten aiemmin tässä luvussa on todettu, viime kädessä tulkinnat jäte- ja ympäristölainsäädännön noudattamisesta tehdään kuntien ympäristönsuojeluviranomaisten toimesta. Laajoissa tai kuntarajat ylittävässä toiminnassa toimivaltaisena viranomaisena voivat olla myös ELY-keskukset ja aluehallintovirastot.

4

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittäminen

TIIVISTELMÄ

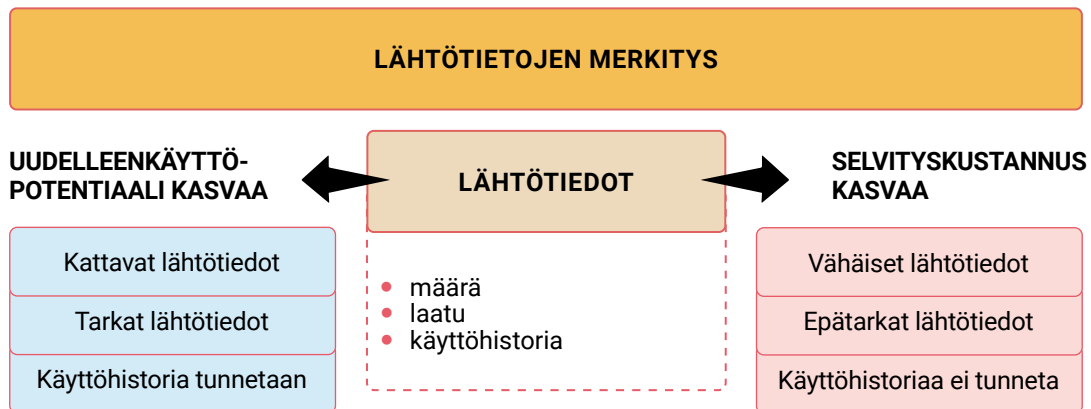
- Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuus ja soveltuvuus uudelleenkäyttöön todennetaan rakennustuotteiden tarpeenmukaisilla selvityksillä. Selvittäminen etenee vaiheittain kevyistä ja yksinkertaisista menetelmistä tarvittaessa yksityiskohtaisiin menetelmiin.
- Selvityksessä hyödynnetään rinnakkain lähtötietoaineistosta saatavia tietoja sekä erilaisia tutkimusmenetelmiä, kuten aistinvaraisia, ainetta rikkomattomia ja ainetta rikkovia menetelmiä.
- Uudelleenkäyttöselvityksellä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka sisältää uudelleenkäyttökartoituksen, tutkimussuunnitelman, tutkimusten tekemisen ja niiden raportoinnin. Selvitys tulee käynnistää hyvissä ajoin ennen rakennuksen purkamista.
- Selvitykset käynnistyvät uudelleenkäyttökartoituksella, joka voidaan tehdä purkukartoituksen yhteydessä, sitä ennen tai sen jälkeen.
- Rakennuksen alkuperäisten suunnitelmien saatavuudella on merkittävä vaikutus ominaisuuksien tutkimus- ja testaamistarpeeseen sekä uudelleenkäyttöpotentiaaliin.
- Uudelleenkäyttökartoituksen jälkeen laaditaan tutkimussuunnitelma, jossa määritetään mitä ominaisuuksia tulee selvittää ja millä menetelmillä näitä selvitetään.



- Tutkimussuunnitelman mukaiset tutkimukset voidaan tehdä ennen rakennuksen purkamista, niitä voidaan täydentää purkuvaiheessa tai tutkimukset voidaan tehdä kokonaan rakennuksen purkamisen jälkeen.
- Kaikki oleelliset selvitettävät tiedot tulee dokumentoida siten, että niitä voidaan hyödyntää purkamisen ja rakentamisen suunnittelun, sekä rakentamisen ja rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa.
- Mitä enemmän lähtötietoja uudelleenkäytettävästä rakennustuotteesta on saatavilla, sitä helpompi sen soveltuvuutta uudelleenkäyttöön on arvioida ja sitä todennäköisempää rakennustuotteen uudelleenkäyttö lähtökohtaisesti on.

Tässä luvussa käsitellään rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön liittyvien ominaisuuksien selvittämisen vaiheita ja niihin liittyviä periaatteita. Yksityiskohtaisemmin ominaisuuksien selvittämismenetelmiä käsitellään luvussa 5.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden selvitettäviä ominaisuuksia ja niiden aiheuttamia vaikuttavuus- sekä riskiyhdistelmiä rakenteiden ja rakennuksen toiminnalle on paljon. Teknisestä näkökulmasta olisi ihanteellista, mikäli kaikki keskeiset ominaisuudet voitaisiin selvittää erikseen jokaisesta rakennustuotteesta. Taloudellisesta ja käytännön näkökulmasta tämä ei ole kuitenkaan mahdollista. On tarkoituksenmukaista aloittaa selvitykset ominaisuuksista, jotka eniten rajoittavat tai estävät uudelleenkäyttöä, ja edetä vähemmän kriittisiin ominaisuuksiin (Ottosen ym. 2024; Coelho ym. 2020). Prosessissa tulee huomioida tiedon hinta ja arvo siten, että kustannuksiltaan merkittävimpiä selvityksiä pyritään välttämään, ellei niiden tiedon arvo ylitä kustannuksiltaan alhaisempia selvityksiä (Kaavio 2). Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden turvallisuus ja terveellisyys on varmistettava kustannustehokkuuden tavoitteista huolimatta (Zhu ym. 2022).



Kaavio 2. Lähtötietojen merkitys rakennusosien uudelleenkäytössä. Kaavio: Heikki Aronen.

Erityyppisiä selvityksiä voidaan tehdä eri vaiheissa uudelleenkäytön prosessia. Kaikki oleelliset selvittävät tiedot tulee dokumentoida siten, että niitä voidaan hyödyntää myöhemmissäkin vaiheissa. Mitä enemmän lähtötietoja uudelleenkäytettävästä rakennustuotteesta on saatavilla, sitä helpompi sen soveltuvuutta uudelleenkäyttöön on arvioida ja sitä todennäköisempää rakennustuotteen uudelleenkäyttö lähtökohtaisesti on. Uudelleenkäytettäväksi tarkoitetun rakennustuotteen kelpoisuus ja soveltuvuus käyttökohteeseen tulee selvittää hyvissä ajoin ennen purku- ja rakennussuunnittelua sekä rakentamista (Rose ym. 2019).

Uudelleenkäyttöä on suositeltava selvittää työryhmällä, joka kootaan selvittävien rakennustuotteiden ja niiden ominaisuuksien asettamien vaatimusten mukaan. Työryhmä voi koostua esimerkiksi rakenne- ja purkusuunnittelijoista, kuntotutkijoista, haitta-aineasiantuntijoista ja rakennusterveysasiantuntijoista. Erityisesti mikäli mahdollinen uudelleenkäyttökohde on tiedossa, on myös käyttökohteen suunnittelijat suositeltavaa osallistaa uudelleenkäytön selvittämisvaiheeseen (Rose ym. 2019).

4.1 Ennen purkamista tehtävät selvitykset

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien ja kunnon selvittäminen ennen rakennuksen purkamista voi edetä vaihtelevilla tavoilla. Selvitykset käynnistyvät uudelleenkäyttökartoituksella, joka on suositeltavaa tehdä purkukartoituksen yhteydessä.

Uudelleenkäyttökartoituksessa kootaan lähtötiedot ja selvitetään kohteessa olevat potentiaalisesti uudelleenkäytettävät rakennustuotteet huomioiden riskit,

rasitukset, ehjänä irrotettavuus ja muut kohdekohtaisesti olennaiset seikat. Kartoitusraportissa esitetään potentiaalisesti uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden määrät ja sijainnit sekä niiden alustava luokittelu uudelleenkäyttöpotentiaalin perusteella. Uudelleenkäyttökartoituksen osana voidaan laatia alustavat ja myöhemmin täydentyvät tuotekortit. Kohteella kartoitusvaiheessa tehtävät selvitykset ovat yleensä aistinvaraisia ja ainetta rikkomattomia (Ottosen ym. 2024).

Uudelleenkäyttökartoituksen jälkeen laaditaan tutkimussuunnitelma, jossa määritetään mitä ominaisuuksia uudelleenkäytettävistä rakennustuotteista tulee selvittää ja millä menetelmillä näitä selvitetään. Tutkimussuunnitelmassa esitetävien tutkimusten sisältö vaihtelee sen mukaan, kuinka kattavia ja luotettavia lähtötiedot ovat ja mikä mahdollinen uudelleenkäyttökohde on. Mikäli uudelleenkäyttökohde ja sen asettamat vaatimukset rakennustuotteille ovat tiedossa, voidaan tutkimukset kohdentaa näiden vaatimusten täyttymisen selvittämiseen. Mikäli uudelleenkäyttökohde ei ole tiedossa, voi olla suotavaa varmentaa soveltuvuus erityyppisiin käyttökohteisiin. Jossain tapauksissa, mikäli uudelleenkäyttöpotentiaalia halutaan varmentaa, voivat tutkimukset keskittyä selvittämään uudelleenkäyttöä yleisesti rajaavia ominaisuuksia. On syytä huomioida, että tutkimuksia voidaan täydentää myöhemmin esimerkiksi mahdollisen käyttökohteen ja sen asettamien vaatimusten täsmentyessä (Suomen Betoniyhdistys ry 2019; Coelho ym. 2020).

Tutkimussuunnitelmaan on suositeltavaa sisällyttää seuraavat osa-alueet:

- tavoitteet ja rajaukset: mitä, miksi ja millä laajuudella tutkimussuunnitelman mukaisilla tutkimuksilla tarkalleen selvitetään
- lähtötietoluettelo: eriteltynä tutkimussuunnitelmaa laadittaessa hyödynnetyt ja muut saatavilla olevat lähtötiedot
- rakennuksen ja tutkittavien rakennusosien kuvaus: yleiskuvaus kohteesta ja rakennusosista
- lähtötiedoista selvitetty tiedot ja niihin liittyvät epävarmuudet: esimerkiksi suunnitteluominaisuudet ja käyttöhistoria
- tunnistetut riskit: muun muassa rakennuksen käyttöhistoria, rakennusosien sijainti, vauriomekanismit
- tutkimusmenetelmien kuvaus: kenttä- laboratoriotutkimukset, käytettävät menetelmät ja hyödynnettävät standardit
- tutkimusotanta: muun muassa määrät, sijainnit, näytekoot ja mahdollinen tutkimusten vaiheistus
- vaatimukset tutkimuksen tekijöille, tutkimusvälineille ja -järjestelyille: kokemus- ja osaamisvaatimukset, muodolliset pätevyys- ja näytteenotto-, analyysi- ja testausmenetelmät

- tulosten hyödyntäminen ja epävarmuustarkastelu: mihin tutkimustuloksia voidaan hyödyntää ja mitä epävarmuuksia tuloksiin ja niiden tulkintaan liittyy.

Tutkimussuunnitelma kohdistuu yleensä yhteen rakennukseen tai sen osaan. Tutkimussuunnitelma voidaan kuitenkin laatia käsittelemään myös useampaa rakennusta tai rakennusryhmää. Tällöin esimerkiksi tutkimusotannassa voidaan huomioida mahdollisesti samaan aikaan vastaavasti rakennettujen rakennusten yhtäläisyydet.

Tutkimussuunnitelma ja tutkimukset kannattaa jäsenellä siten, että erityyppiset rakennusosat käsitellään omina kokonaisuuksinaan. Ryhmittelyn perusteina voivat olla esimerkiksi:

- rakennusosan tyyppi (esimerkiksi ontelolaatta, betonipilari, kalkkiahiekkatiili, liimapuupalkki)
- pintamateriaalit ja/tai muut rakennekerrokset
- teräkset ja punostukset sekä muut vahvikkeet
- rakenteelliset detaljit kuten liitostekniikka, muurauslaastin tyyppi
- kuormitustekijät (käyttöhistoria, sijainti)
- havaittavissa olevat vauriot ja alustavasti arvioitu jäljellä oleva käyttöikä
- asennusvuosi (jos vaihtelua)
- saatavissa olevien lähtötietojen kattavuus ja luotettavuus. (Romakkaniemi 2023.)

Tutkimussuunnitelman mukaiset tutkimukset voidaan tehdä eri vaiheissa purku- ja rakentamishanketta. Vaiheistamalla tutkimuksia siten, että ensin selvitetään uudelleenkäytön poissulkevia ominaisuuksia ja edetään tarkempien suunnitteluominaisuuksien selvittämiseen, voidaan välttyä turhilta kustannuksilta (Coelho ym. 2020). Esimerkiksi ehjänä irrottaminen ja sen jälkeen tehtävät tutkimukset ovat turhia, mikäli ennen rakennuksen purkamista tehtävillä tutkimuksilla todetaan rakennustuotteen olevan uudelleenkäyttöön kelpaamaton.

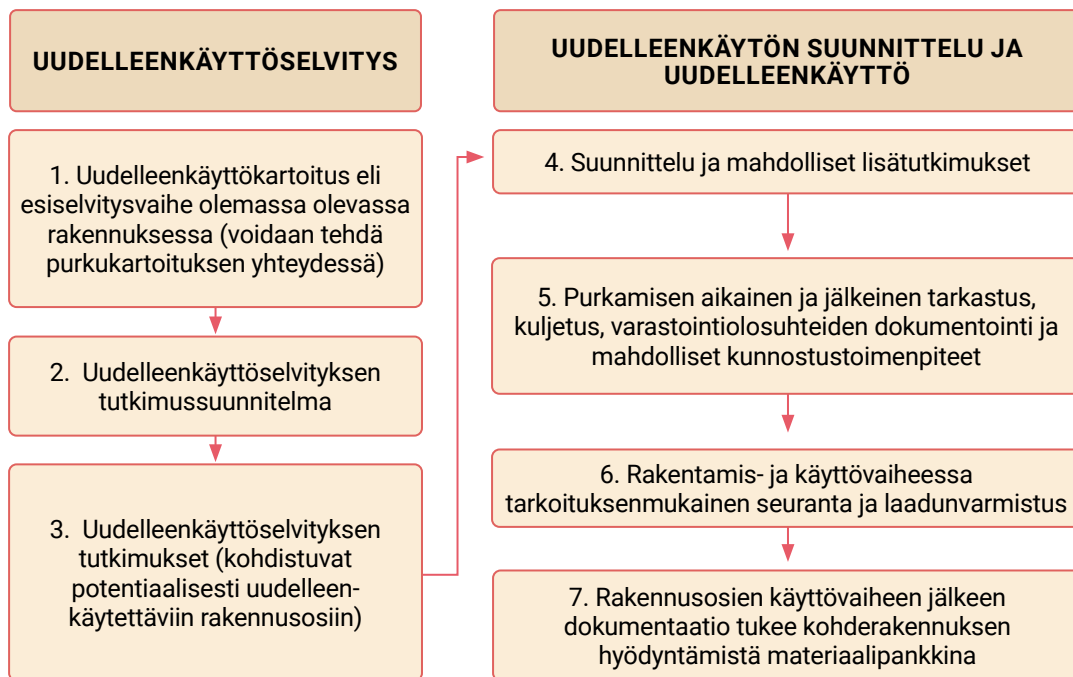
Tutkimussuunnitelman mukaisten tutkimusten pohjalta laaditaan uudelleenkäyttöselvityksen raportti, jossa kuvataan selvityksen yleistietojen ja tutkittujen rakennustuotteiden määrien ja sijaintia lisäksi tehdyt tutkimukset, niiden tulokset ja merkitykset uudelleenkäytön kannalta. Raportin lisäksi tuotekortteihin kootaan tutkimuksista saadut tiedot, sekä esitetään kohteesta inventoidut mahdollisesti uudelleenkäytettävät rakennustuotteet esimerkiksi taulukoissa ja piirustuksissa.

4.2 Lähtötietojen, ominaisuuksien ja soveltuvuuden selvittäminen

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden soveltuvuus ja kelpoisuus uudelleen käyttöön todennetaan rakennustuotteiden tarpeenmukaisilla ja riittävillä selvityksillä. Selvitykset tehdään aina tapauskohtaisesti ja selvityksen sisältö riippuu siitä, millaisesta lähtötilanteesta rakennusosat ovat peräisin ja millaisessa kohteessa niitä aiotaan käyttää tulevaisuudessa. Selvitystyössä hyödynnetään aikaisemmista tutkimuksista ja suunnitelmista saatavia tietoja ja erilaisia tutkimusmenetelmiä, kuten aistinvaraisia, ainetta rikkomattomia ja ainetta rikkovia menetelmiä. Rinnakkaisten menetelmien käyttäminen on tärkeää saadun tiedon luotettavuuden arvioimisen kannalta (Suomen Betoniyhdistys ry 2019).

Käytettyihin rakennustuotteisiin on voinut kohdistua hyvin erilaisia rasituksia eri käytössä ja eri käyttökohteissa. Kustannustehokkainta on määritellä tarpeenmukaiset selvitykset luovuttajarakennuksen ja rakennustuotteiden lähtötietojen sekä uudelleenkäytettävältä rakennustuotteelta vaadittujen ominaisuuksien mukaan. Mikäli tuleva uudelleenkäyttökohde ei ole tiedossa ja osat irrotetaan esimerkiksi varastoitavaksi, voidaan selvityksiä tehdä joko uudelleenkäytön poissulkevien ominaisuuksien tai tarkkojen suunnitteluominaisuuksien selvittämiseksi. (Lahdensivu ym. 2015.)

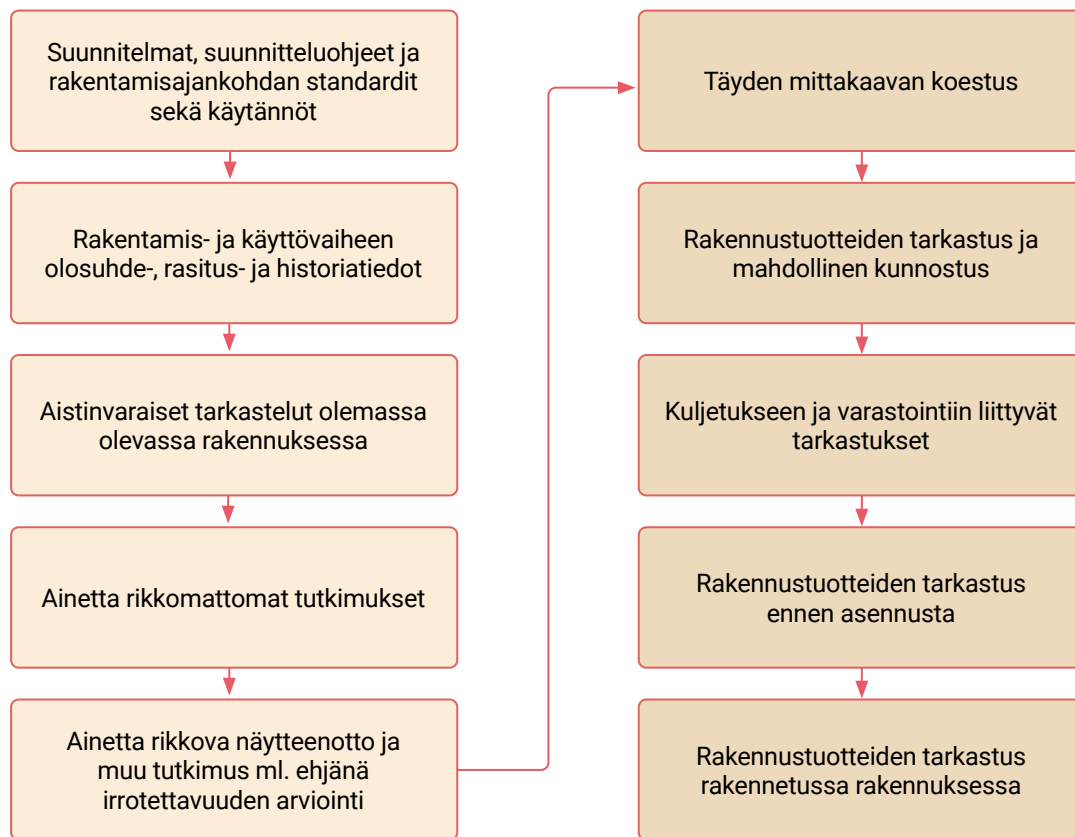
Talonrakennushankkeessa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittäminen on suositeltavaa tehdä vaiheittain. Eniten ominaisuuksiin liittyviä selvityksiä tehdään hankkeen alkuvaiheessa, jolloin tehdään uudelleenkäyttöselvitys. Uudelleenkäyttöselvityksellä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka sisältää uudelleenkäyttökartoituksen, tutkimussuunnitelman sekä tutkimusten tekemisen ja niiden raportoinnin. Tarkentavia, yleensä suunnitteluo-minaisuuksia täsmentäviä, selvityksiä voidaan tehdä tarpeen mukaan suunnitteluvaiheessa. Rakennustuotteille tehdään eri laajuisia tarkastuksia ja selvityksiä myös ehjänä irrottamisen ja rakentamisen yhteydessä, käytön, huollon ja ylläpidon aikana sekä käytön jälkeisissä vaiheissa. Periaatteelliset päävaiheet on kuvattu kaaviossa 3.



Kaavio 3. Rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittäminen jakautuu kahteen päävaiheeseen, ennen purkamista ja purkuvaiheessa tehtävään uudelleenkäyttöselvitykseen sekä uudelleenkäytön suunnitteluun ja uudelleenkäyttöön.

Ominaisuuksien ja soveltuvuuden selvittäminen etenee vaiheittain kevyistä ja yksinkertaisista menetelmistä yksityiskohtaisiin ja kustannuksiltaan korkeampiin menetelmiin (Romakkaniemi 2023). Lisäksi voidaan edetä määrittämällä ensin kriittiset, uudelleenkäytön poissulkevat ominaisuudet ja edetä merkitykseltään vähäisempiin (kaavio 4) ominaisuuksiin (Ottosen ym. 2024). On syytä ottaa huomioon, että ominaisuustietoja voidaan selvittää käytännön rakennushankkeissa eri hankevaiheissa ja tässä esitetty vaiheistus on vain suuntaa antava. Lähtökohtaisesti mitä varhaisemmassa vaiheessa selvitysten suunnittelu ja tekeminen aloitetaan, sitä paremmin selvityksen tulokset ovat hyödynnettävissä purku- ja rakennushankkeen edetessä. Mitä enemmän aikaa rakennustuotteiden uudelleenkäytön suunnittelulle ja markkinoinnille on, sitä todennäköisempää uudelleenkäytön toteutuminen on (Rakhshan ym. 2020).

Ominaisuustietojen selvittämisen menetelmät ja niiden periaatteellinen järjestys



Kaavio 4. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuustietojen selvittämisen menetelmät ja niiden periaatteellinen järjestys.

Lähtötietojen, ominaisuuksien ja soveltuvuuden selvittämisen periaatteelliset vaiheet ja niissä huomioitavat keskeiset seikat noudattavat olemassa olevia yleisiä rakennuksen kuntotutkimusohjeita alkaen lähtötietotarkastelusta, edeten kartoitukseen ja tutkimussuunnitelman laatimiseen sekä tutkimusten tekemiseen (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2019; Ottosen ym. 2024). Rakennustuotteiden uudelleenkäyttöselvitys kuitenkin eroaa merkittävästi esimerkiksi olemassa olevaan rakennukseen tehtävästä kuntotutkimuksesta, koska uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tietosisältöä täydennetään rakennuksen purkamisen ja tuotteiden ehjänä irrottamisen jälkeen sekä uuden kohderakennuksen käyttövaiheessa. Selvityksiä ja tutkimuksia tehdään myös limittäin esimerkiksi purkuvaiheessa, jossa purettavia ja varastoitavia rakennustuotteita saatetaan testata samanaikaisesti, kun kohteessa on vielä irrottamattomia rakennustuotteita. Selvityksen vaiheita suhteessa rakennushankkeeseen on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämisen vaiheet suhteessa rakennushankkeen vaiheisiin.

Rakennus-hankkeen vaihe	Uudelleenkäytön kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen vaihe	Tavoite uudelleenkäytön näkökulmasta
Purkukartoitus	Uudelleenkäyttö-kartoitus (Voidaan tehdä ennen, jälkeen tai saman aikaisesti purkukartoituksen kanssa.)	Kootaan lähtötietoaineisto, arvioidaan rakennusosien ja -tuotteiden uudelleenkäyttöpotentiaalia, riskejä ja rasituksia sekä kartoitetaan niiden alustavat määrät ja sijainti. Arvioidaan alustavasti rakennusosien ja -tuotteiden uudelleenkäyttöön soveltuvuutta, pääosin aistinvaraisin menetelmin Uudelleenkäytön soveltuvuuden alustavassa arvioinnissa on syytä huomioida mm. mahdollinen käytönaikainen pilaantuminen, näkyvät vauriot, ehjänä irrotettavuus; ympäröivien rakenteiden vaikutus purkujärjestykseen ja mahdolliseen vaurioitumiseen, kiinnitystapa, yleiskunto.
Ennen purkua	Uudelleenkäyttöselvityksen tutkimussuunnitelma	Tehdään lähtötietojen ja uudelleenkäyttökartoituksen perusteella tarkka tutkimussuunnitelma (muun muassa tutkimusmenetelmät, näyteotanta, rajaukset, ehjänä irrotettavuuden arvioinnin menetelmät). Tutkimussuunnitelman toimenpiteet kohdistetaan potentiaalisesti uudelleenkäytettäviin rakennusosiin.
Ennen purkua, purku-vaiheessa tai purkamisen jälkeen	Uudelleenkäyttöselvityksen tutkimukset	Tehdään tutkimussuunnitelman mukaiset tutkimukset ja laaditaan raportti (uudelleenkäyttöselvitys sis. tuotekortit ja inventoinnit). Uudelleenkäyttöselvityksen pohjalta potentiaalisesti uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuutta ja soveltuvuutta käyttökohteeseen voidaan arvioida luotettavasti. Uudelleenkäyttöselvitys toimii uudelleenkäytön suunnittelun lähtötietona. Uudelleenkäyttöselvitys koostuu varsinaisen raportin lisäksi tutkimustulosten pohjalta laadituista erillisistä tuotekorteista sekä inventoinnista. Tuotekortit ovat rakennustuotekohtaisia ja niitä päivitetään uudelleenkäytön edetessä tarpeen mukaan.
Viranomais-neuvottelut	Rakentamislupa ja purkamislupa	Varmistetaan ennen ehjänä irrottamista uudelleenkäytön mahdollisuudet ja reunaehdot viranomaisnäkökulmasta.

Rakennus-hankkeen vaihe	Uudelleenkäytön kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen vaihe	Tavoite uudelleenkäytön näkökulmasta
Ennen purkua ja purkusuunnittelun yhteydessä	Ehjänä irrottamisen suunnittelu	Laaditaan kattava suunnitelma, miten potentiaalisesti uudelleenkäytettävät rakennusosat irrotetaan purettavasta rakennuksesta sis. pakkaamisen, kuljetuksen ja varastoinnin suunnittelun.
Purkua ennen, purkamisen aikana ja purkamisen jälkeen	Rakennusosien tarkastaminen	Tarkastetaan ja dokumentoidaan poikkeamat. Poikkeamien pohjalta laaditaan tarvittaessa täydentävä tutkimussuunnitelma.
Purkamisen jälkeen tai ennen uudelleenkäyttöä	Kuljetus- ja varastointi	Tarkistetaan ja dokumentoidaan kuljetus- ja varastointisuunnitelmassa määritettyjen rakennustuotteiden ominaisuuksien ja käyttökohteen mukaisten vaatimusten pysyvyys kuljetuksen- ja varastoinnin aikana.
Purkamisen jälkeen tai ennen uudelleenkäyttöä	Kunnostus	Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden mahdollinen kunnostaminen esim. puhdistus, kiinnitysten korjaus, paikkaus, puhdistus, pinnoittaminen jne.
Suunnittelu-vaihe	Suunnittelu	Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden hyödyntäminen kohderakennuksen suunnittelussa. Riittävien ominaisuustietojen ja dokumentoinnin perusteella suunnittelu voidaan tehdä luotettavasti. Tehdään mahdolliset ominaisuuksien lisätutkimukset muun muassa rakennesuunnittelun tueksi.
Rakennus-vaihe	Olosuhteiden seuranta	Dokumentoidaan rakennusosien ominaisuuksien mukaisten vaatimusten (muun muassa kosteudenhallinta) täyttyminen rakentamisaikana.
Käyttövaihe sisältäen korjaus ja kunnossapito	Olosuhteiden seuranta Laadunvarmistus	Seurataan ja dokumentoidaan rakennusosien (kriittisten) ominaisuuksien pysyvyys rakennuksen käytön aikana.
Purku	Kohderakennuksen tai rakennusosan purku	Kun kohderakennus tai sen osa tulevaisuudessa puretaan, on seuraavaa uudelleenkäyttöä tai muuta kiertotaloustoimenpidettä varten kattava dokumentaatio.

4.2.1 Suunnitelmat, suunnitteluohjeet ja rakentamisajankohdan standardit sekä käytännöt

Uudelleenkäytettävistä rakennustuotteista voidaan alkuvaiheessa koota tietoa saatavilla olevista rakennuksen suunnitelmista. Tämän lisäksi rakentamisajan kohtana voimassa olleet suunnitteluohjeet, käytännöt ja standardit voivat antaa paljon tietoa rakennusosien tyypillisistä ominaisuuksista. Alkuperäisten suunnitelmien saatavuudella on merkittävä vaikutus ominaisuuksien testaamistarpeeseen ja uudelleenkäyttöpotentiaaliin (Romakkaniemi 2023).

Aluksi *uudelleenkäyttökartoituksessa* tutustutaan olemassa olevan rakennuksen lähtötietoihin, kuten suunnitteluaineistoon. Ajantasaisten suunnitelmien ohella alkuperäiset sekä muutossuunnitelmat ovat kaikki tärkeitä lähtötietoja. Saatavilla oleva dokumentaatio kerätään myös seuraavia vaiheita varten. Rakennuskohteella tehtävän kartoituksen suunnittelussa hyödynnetään rakennuksesta saatavilla olevaa suunnitelma-aineistoa.

Suunnitelma-aineisto käsittää kaiken rakennuksen suunnittelemiseksi tuotetun materiaalin. Pääpiirustukset, rakenne- ja arkkitehtipiirustukset sekä työselostukset ovat usein tärkeimmät lähtötiedot. Erilaiset kaaviot ja luettelot ovat arvokkaita määrien arvioimiseksi. LVI-suunnitelmat voivat olla hyödyllisiä esimerkiksi mahdollisten putkistovuotojen aiheuttamien riskien arvioimiseksi.

Suunnitelma-aineistoa on tyypillisesti saatavilla rakennuksen omistajalta ja tai muulta kunnossapidosta vastaavalta taholta. Rakennusvalvonnan arkistosta on yleensä saatavilla rakennuslupasuunnitelmat ja kuntien muista arkistoista voi löytyä vanhemman rakennuskannan suunnitelma-asiakirjoja ja muita tietoja. Kulttuurihistoriallisesti arvokkaista ja vanhemmista rakennuksista voi löytää tietoa Museoviraston ylläpitämästä kulttuuriympäristön palveluikkunasta. Kohteilla on usein vanhoja suunnitelmia varastoituna esimerkiksi lämmönjakohuoneessa tai muussa teknisessä tilassa.

Rakentamisajankohtana, huomioiden mahdolliset peruskorjaukset, laajennukset ja muut muutokset, voimassa olleiden määräysten, käytänteiden ja standardien tuntemus on keskeistä. Tietoja on saatavilla lukuisista kirjallisista julkaisuista kuten Rakennustiedon RT-kortistosta, Kerrostalot 1880–2000-kirjasarjasta ja vanhoista rakentamismääräyksistä. Kirjallisten lähteiden ohella on suositeltavaa tarpeen mukaan haastatella kokeneita rakentajia, suunnittelijoita ja muita tahoja, joilla on kokemusta aikakauden rakentamisesta huomioiden mahdolliset paikalliset käytänteet. Tuoteryhmäkohtaista historiatietoa käsitellään luvussa 5.

➤ **Uudelleenkäytettäväksi tarkoitettun rakennustuotteen kelpoisuus ja soveltuvuus käyttökohteeseen tulee selvittää hyvissä ajoin ennen rakennussuunnittelua ja rakentamista.**

4.2.2 Rakentamis- ja käyttövaiheen olosuhde-, rasitus- ja historiatiedot

Rakennusosat ovat rakennuksen käytön aikana altistuneet erilaisille rasituksille, millä voi olla merkittävä vaikutus niiden uudelleenkäytettävyyteen. Rakentamis- ja käyttövaiheen olosuhde-, rasitus ja historiatietoja ei useinkaan ole suoraan katettavasti saatavilla, vaan tietoa on tarpeen koota erityyppisistä lähteistä. Tämä tieto on tärkeää koko uudelleenkäyttöprosessin näkökulmasta, erityisesti riskienhallinnan kannalta. Tämä vaihe on päällekkäinen muiden lähtötietojen selvittämisen kanssa.

Pohjapiirustuksista (ajantasaisista ja vanhemmista) ja rakennesuunnitelmista voidaan havainnoida tilojen ja rakenteiden aiempia käyttötarkoituksia ja rakenteissa käytettyjä rakenneratkaisuja sekä materiaaleja. Tiedon avulla voidaan usein tehdä johtopäätöksiä siitä, millaisille mahdollisesti poikkeaville rasituksille rakennusosat ovat altistuneet ja arvioida uudelleenkäyttöä ja sen reunaehdot. Rakennukseen tehdyt kuntotutkimukset, selvitykset, arviot ja muut vastaavat tiedot on tärkeää koota ja käydä osaltaan läpi.

Myös rakentamis- ja korjaushankkeiden työmaapäiväkirjat, tarkastuspöytäkirjat, kokousmuistiot ja muut vastaavat asiakirjat voivat olla hyödyllisiä tietolähteitä ja niiden kokoaminen mahdollisuuksien mukaan on suositeltavaa. Käyttövaiheen huoltokirjasta saattaa selvitä oleellisia seikkoja huoltoon ja ylläpitoon sekä korjauksiin liittyen. Tämän tyyppisen tiedon saatavuus ja laatu vaihtelee eikä näiden, ainakaan seikkaperäinen, läpikäynti ole tyypillisesti tarpeellista tai mahdollista.

Rakennuksen käyttäjien, huoltohenkilöstön ja esimerkiksi nykyisen ja aiempien kiinteistöpäälliköiden ja korjaushankkeista vastanneiden haastattelut ovat usein hyödyllisiä. Mikäli kirjallista historiatietoa on saatavilla vajavaisesti, voidaan tietoa rakennuksen elinkaaren käyttö-, korjaus- ja muutoshistoriasta saada haastatteluin. Anekdoottiseen tietoon tulee suhtautua varauksella ja sen paikkansapitävyyttä arvioida suhteessa muista lähteistä saatuihin tietoihin.

Rakennuksen aiempaan käyttöön liittyviä riskejä arvioitaessa haitta-aineiden ja kemian sekä materiaalitekniikan tuntemus on oleellista erityisesti, jos rakennus tai sen osa on ollut muussa kuin asuin-, toimisto tai vastaavassa käytössä. Esimerkiksi teolliset ympäristöt, muuntamo- ja sähkötilat, autotallit ja vastaavat, laite- ja konetilat voivat sisältää erityisiä riskejä materiaalien ja rakenteiden pilaantumisesta haitallisilla tai vaarallisilla aineilla, jotka ovat peräisin tilojen käytöstä tai niihin liittyvistä prosesseista. On tärkeää huomata, että tilojen mahdolliset aiemmat käyttötarkoitukset eivät useinkaan ole suoraan tiedossa ja nämä selvitetään edellä kuvatuilla tavoilla.

Rakennusfysiikan, erityisesti rakennusten ja rakennusmateriaalien kosteusteknisen toiminnan tuntemus on oleellista erilaisten rakennuksen rakenteisiin ja niiden toimintaan liittyvien riskien arvioinnin näkökulmasta. Rakennusratkaisujen vikasietoisuutta ja niihin kohdistuneita kosteuskuormia (esimerkiksi rakennusvaipan vuodot, kosteuden tiivistyminen ja putkistovuodot) tulee arvioida ennen kartoitusta ja tarkempia tutkimuksia.

Rakenteiden kuormat ovat voineet aiheuttaa rakenteisiin erityyppisiä vaurioita, erityisesti silloin kun rakenteen kuormituskestävyys on ylittynyt. Vauriot eivät välttämättä ole aistinvaraisesti havaittavissa rakennuksessa. Kokenut rakenne-suunnittelija voi arvioida riskejä ja tutkimustarvetta esimerkiksi suunnitelmien ja tilojen käyttötarkoitusten perusteella.

Kosteus- ja sisäilmateknisiä kuntotutkimuksia, mukaan lukien rakenteiden kosteustekniset vauriomekanismit, käsitellään laajasti ympäristöministeriön julkaisemassa oppaassa kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (Pitkäranta (toim.) 2016). Riskirakenteita käsitellään myös esimerkiksi FISE Oy:n rakennusvirhetietopankissa ja Terveet Tilat 2028 -ohjelman tuottamissa oppaissa ja selvityksissä.

4.2.3 Aistinvaraiset tarkastelut olemassa olevassa rakennuksessa

Rakennuksen ja rakennusosien aistinvaraisella katselmoinnilla voidaan saada paljon hyödyllistä tietoa rakennusosien uudelleenkäytettävyydestä.

Uudelleenkäyttökartoitusvaiheessa, ennen rakennuksen purkamista ja/tai rakennuksen ollessa käytössä, tilat ja rakenneosat voidaan katselmoida kattavasti tai pistokoeluontoisesti. Katselmointi perustuu lähtötietojen perusteella laadittuun arvioon. On otettava huomioon, että rakenteet ja esimerkiksi niiden mahdolliset vauriot ovat usein laajalti pintarakenteiden ja muiden rakenneosien sekä irtaimiston peittämiä. Runkorakenteiden osalta aistinvaraiset tarkastelut tulee lähtökohtaisesti tehdä, kun pintarakenteet on poistettu, ja rakennusosat ovat paremmin havainnoitavissa. Rakenneavauksilla ja esimerkiksi alakattorakenteita sekä peitelevyjä avaamalla tietoa voidaan saada jo aiemminkin.

Aistinvaraisesti voidaan yleensä havaita viitteitä merkittävistä riskeistä, kuten tavanomaisesta poikkeavasta halkeilusta, murtumista ja kosteusvaurioista. Esimerkiksi halkeamien merkittävyyttä uudelleenkäyttöpotentiaalin kannalta määrittävät rakennusosan ominaisuudet ja halkeaman koko, suunta sekä muut tekijät. Lisäksi esimerkiksi julkisivu- ja vesikattorakenteiden kunto ja mahdollisten vuotojen aiheuttamat riskit sisätilojen uudelleenkäytettäville rakennustuotteille

on oleellista huomioida riskien arvioinnissa.

Erytisesti poikkeavat hajut on syytä huomioida ja hajun lähde pyrkiä selvittämään. Hajut voivat usein viitata materiaaliemissioihin, jotka voivat aiheutua kosteusvauriosta tai esimerkiksi öljyn aiheuttamasta pilaantumisesta. Hajut voivat aiheutua myös lukuisista muista tekijöistä, kuten tupakoinnista, viemärikaasuista tai ilmavuotojen mukana maaperästä sisätiloihin kulkeutuvista epäpuhtauksista. Ilmanvaihdon toiminta vaikuttaa paljon hajuihin. Kokenut sisäilma-asioihin perehtynyt kuntotutkija, esimerkiksi rakennusterveysasiantuntija, osaa yleensä arvioida hajun alkuperää ja sen merkitystä uudelleenkäytön kannalta.

4.2.4 Ainetta rikkomattomat tutkimukset

Ainetta rikkomattomilla tutkimuksilla tarkoitetaan kaikkia tutkimusmenetelmiä, joilla ei aiheuteta pysyviä vaurioita rakenteelle tai rakennusmateriaalille. Näillä menetelmillä voidaan hankkia verrattain edullisesti tietoa esimerkiksi raudoitteiden peitepaksuuksista, halkeamien leveyksistä ja rakenteiden mitoista sekä muuta, usein suuntaa antavaa tietoa uudelleenkäyttöä varten. (Al-Neshawy ym. 2021.)

Ainetta rikkomattomia tutkimuksia ovat muun muassa aistinvarainen värimuutosten, pinnoitevaurioiden, poikkeavien hajujen, halkeamien, rapauman, rakoilun, korroosiovaurioiden havainnointi, liittyvien rakenteiden ja kuormitusten arviointi, käsityökaluin tehtävät tarkastelut kuten vasarakoputtelu ja erilaiset mittaukset sekä laitteilla tehtävät tarkastelut kuten pintakosteuskartoitus, lämpökamerakuvaus, ultraääni- ja tutka-aaltomittaus.

➤ **Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden soveltuvuus ja kelpoisuus uudelleenkäyttöön todennetaan rakennusosien ja -tuotteiden tarpeenmukaisilla selvityksillä. Selvittäminen etenee vaiheittain kevyistä ja yksinkertaisista menetelmistä tarvittaessa yksityiskohtaisiin menetelmiin.**

4.2.5 Ainetta rikkova näytteenotto ja muu tutkimus

Ainetta rikkovilla tutkimuksilla voidaan yleensä saada hyvin luotettavaa tietoa tutkimuskohdan ominaisuuksista. Tyypillisesti ainetta rikkovien tutkimusten ja materiaalinäytteiden oton sekä laboratorioanalyysien kustannus on kohtalaisen korkea, jolloin tutkimuksia voidaan tehdä rajallinen määrä. Ainetta rikkovia tutkimuksia ja näytteenottoa suunniteltaessa keskeistä on arvioida tutkimuskohtien edustavuus ja tulosten hyödynnettävyys ja luotettavuus osana uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien selvittämisen kokonaisuutta (Suomen Betoniyhdistys ry 2019).

Kaikki tarkastuskohdat ja näytteet tulee yksilöidä ja dokumentoida huolellisesti. On suositeltavaa, että esimerkiksi timanttiporaukset toteuttaa uudelleenkäyttöön perehtynyt asiantuntija, jolloin näytteenotossa voidaan luotettavasti huomioida sen edellyttämät yksityiskohtaiset vaatimukset (esimerkiksi näytteiden käsittely), ja näytteenoton yhteydessä voidaan tehdä havainnointia.

4.2.6 Kokonaisen rakennustuotteen koestus

Uudelleenkäytettävän rakennustuotteen olennaisten rakenteellisten ominaisuuksien selvittämisessä voidaan hyödyntää tarpeen mukaan rakennustuotteen koestamista kokonaisena. Kokonaisen rakennustuotteen koestamista voidaan hyödyntää muun muassa silloin, kun tulevan suunniteltavan käyttökohteen rakennesuunnittelussa käytetään kokeellista mitoitustapaa tai on tarpeen varmentaa suunnitteluratkaisuihin käytettyjä laskenta-arvoja tai rakennustuotteesta havaitaan muissa tutkimuksissa kantavuuteen tai kestävyysliittyviä puutteita. Koestus tehdään lähtökohtaisesti koestuslaitoksella kohteesta irrotetulle rakennustuotteelle. Rakennustuotteiden alkuperäisessä tehdasvalmistuksessa rakennustuotteiden rakenteelliset ominaisuudet määritetään ja niiden suoritustasoa tuotannossa varmistetaan tavallisesti valmistuksen eri vaiheissa osakomponenttien kautta.

Uudelleenkäytettävien olemassa olevien kokonaisten rakennustuotteiden rakenteellisten ominaisuuksien määrittäminen samankaltaisesti osakomponenttien kautta ei ole samassa mittakaavassa tarkoituksenmukaista, koska tarvittavien näytteiden ottaminen edellyttää rakennustuotteen laajaa rikkomista ja näytteiden valmistus kokonaisesta rakennustuotteesta takaisin osakomponenteiksi vaatii paljon resursseja. Näin ollen, uudelleenkäytössä rakennustuotteiden olennaisten rakenteellisten ominaisuuksien selvityksessä tulee ensisijaisesti keskittyä ainetta rikkomattomiin menetelmiin muiden vähemmän rakennetta rikkomattomien tutkimusten kanssa ja tarpeen mukaisesti hyödyntää kokonaisen rakennus-

tuotteen koestusta. Kokonaisen rakennustuotteen koestamisen kautta voidaan selvittää tietyt rakenteellisten ominaisuuksien suoritustasot, ja tuloksia voidaan hyödyntää rakennesuunnittelussa määritettäessä muiden ominaisuuksien suoritustasoja taulukkoarvoista.

Kokonaisen rakennustuotteen kuormituksella rakenteellisten ominaisuuksien selvittämiseksi edellytetään muun muassa käyttökohteesta riippuen joko rakennustuotteen kuormittamista murtoon asti eikä rakennustuotetta koestuksen jälkeen voida enää käyttää rakenteellisessa tarkoituksessa tai kuormittamista erikseen määritettyyn turvalliseen jännitystasoon asti, jolloin koekuormitettu rakennustuote voidaan edelleen hyödyntää uudelleenkäyttökohteessa. Rakennustuotteen tarkoituksenmukaisessa koestuksessa erityisesti siirtymämittauksen järjestely ja mittausjärjestely on sellainen, että kokonaisen rakennustuotteen koestuksen mittausjärjestelyn aikaansaamiseksi kentällä tehtävänä testinä on hyvin harvoin edellytyksiä.

4.2.7 Ehjänä irrotettujen rakennustuotteiden tarkastus elinkaaren ajalla

Ehjänä irrottamisen jälkeen uudelleenkäytettävät rakennustuotteet voidaan siirtää suoraan uuteen käyttökohteeseen tai välivarastoon. Ehjänä irrottamisen suunnitelman sekä kuljetus- ja varastointisuunnitelman mukaiset laadunvarmistustoimenpiteet tehdään purkutyön yhteydessä, tarvittaessa varastoinnin aikana ja ennen asentamista uuteen käyttökohteeseen.

Ehjänä irrottamisen jälkeen tai sen yhteydessä uudelleenkäytettäville rakennustuotteille mahdollisesti tehtäviä kunnostustoimenpiteitä ei käsitellä tässä oppaassa. Kunnostusta on käsitelty esimerkiksi betonielementtien osalta ReCreate-hankkeessa.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuudet voivat poiketa uusista rakennustuotteista, joten uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksia voi olla tarpeen seurata kohderakennuksen valmistumisen jälkeen. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden käyttöikä voi poiketa uusien rakennustuotteiden käyttöiästä ja käyttöiän jatkaminen voi edellyttää erityisiä toimenpiteitä rakennusosan elinkaaren aikana.

Korjattaessa ja ylläpidettäessä uudelleenkäytettyjä rakennustuotteita tulee huomioida niiden mahdolliset tavanomaisesta poikkeavat ominaisuudet. Lähtökohtaisesti nämä on selvitetty ja dokumentoitu jo uudelleenkäyttöselvityksessä ja ne tulee tuoda osaksi kohderakennuksen käyttö- ja huolto-ohjetta.

5

Uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien selvittämisen menetelmät ja otanta

TIIVISTELMÄ

- Tutkimustarpeet ja niiden laajuus määräytyvät aina tapauskohtaisesti sen mukaan, mitkä ovat rakennuksen ja uudelleenkäytettävien rakennusosien lähtötiedot kokonaisuudessaan ja sen perusteella, mikä on uudelleenkäytettävän rakennusosan tuleva käyttökohde ja -tarkoitus sekä mitkä ovat rakennusosalta ja -tuotteelta vaaditut ominaisuudet.
- Tarkkoja yleispäteviä ohjeita riittäville ja soveltuville ominaisuuksien selvittämisen menetelmille ja otannalle ei voida esittää, sillä tutkimustarpeet riippuvat monista tapauskohtaisista tekijöistä.
- Selvittämällä ensin kriittiset ominaisuudet ja sen jälkeen tarkat käyttökohteen edellyttämät ominaisuudet voidaan välttää tarpeetonta tutkimista ja testaamista.
- Suurin osa tässä oppaassa esitetyistä tutkimus- ja testausmenetelmistä on yleisesti hyväksyttyjä ja käytössä olevia menetelmiä, jotka on kuvattu niihin liittyvissä standardeissa, ohjeissa ja oppaissa.

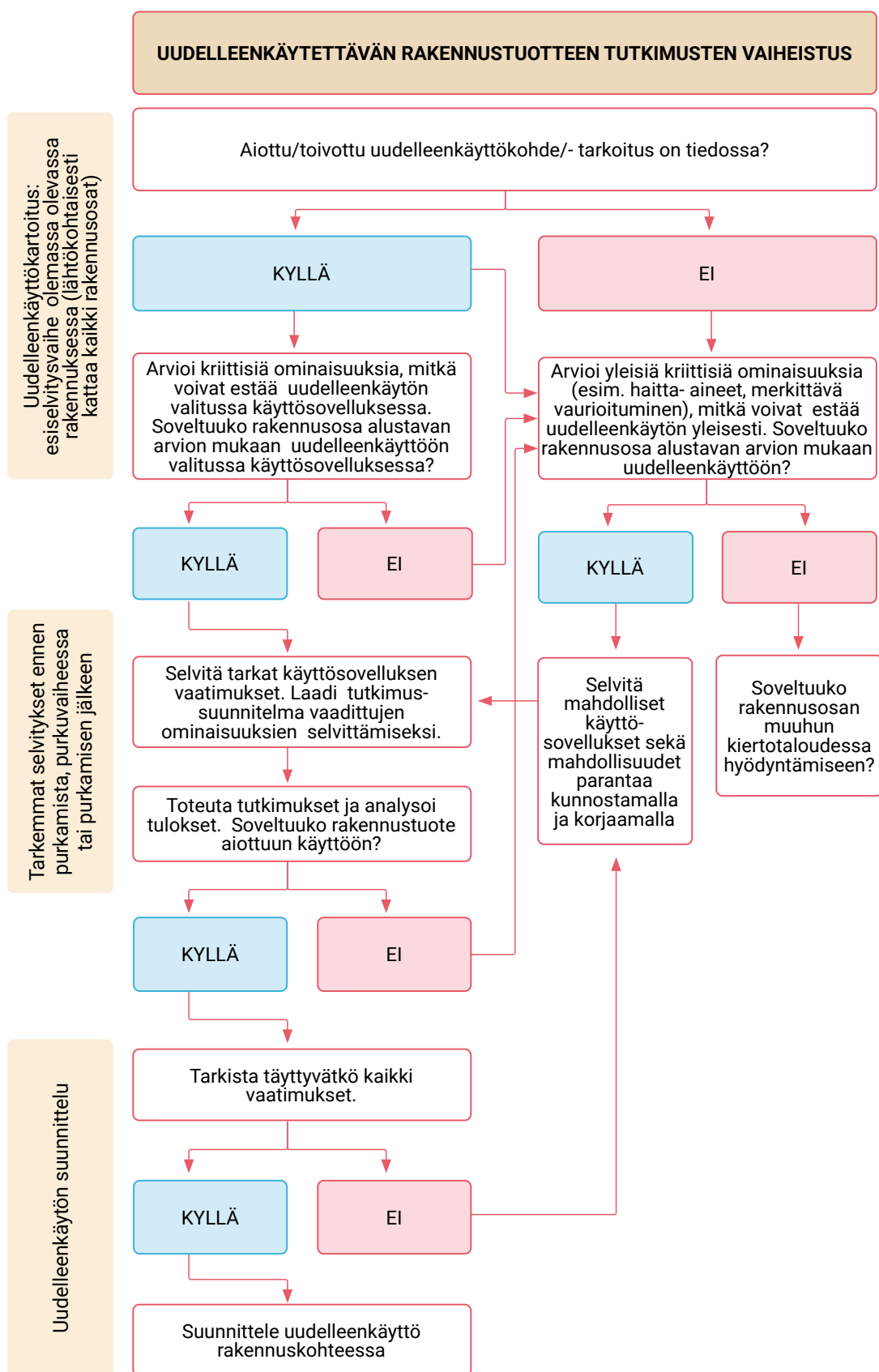
Tässä luvussa käsitellään rakennusosien ominaisuuksien selvitysmenetelmiä niiden hyödyllisyyden, sovellettavuuden, luotettavuuden, kustannusten ja saatavuuden näkökulmista. Uudelleenkäytettävien rakennusosien tutkimustarpeet ja niiden laajuus määräytyvät aina tapauskohtaisesti sen mukaan, mitkä ovat rakennuksen ja uudelleenkäytettävien rakennusosien lähtötiedot kokonaisuudessaan ja sen perusteella, mikä on uudelleenkäytettävän rakennusosan tuleva käyttökohde ja tarkoitus sekä mitkä ovat rakennusosalta ja -tuotteelta vaaditut ominaisuudet.

Tässä luvussa käsitellään ominaisuuksien selvittämisen menetelmiä ja arvioidaan tutkimus- ja testaustarpeen otantaa ja sen kohdistamista. Ominaisuuksille asetettavia vaatimuksia käsitellään yleisellä tasolla ja erityisesti selvittämisen näkökulmasta.

On syytä ottaa huomioon, että tarkkoja yleispäteviä ohjeita riittäville ja soveltuville ominaisuuksien selvittämisen menetelmille ja otannalle ei voida esittää, sillä tutkimustarpeet riippuvat lähtötiedoista, rakenteesta, siihen kohdistuneista rasituksista ja vaurioalttiudesta, uudelleenkäyttökohteesta ja muista tapauskohtaisista tekijöistä (Romakkaniemi 2023). Lähtökohtana tässä oppaassa esitettyjen menetelmien hyödyntämiseen on, että tapauskohtaiset tutkimusmenetelmät sekä niiden kohdistaminen ja otanta määritetään huolellisesti laadittavassa tutkimussuunnitelmassa.

Suurin osa tässä oppaassa esitetyistä tutkimus- ja testausmenetelmistä on yleisesti hyväksyttyjä ja käytössä olevia menetelmiä, jotka on kuvattu niihin liittyvissä standardeissa, ohjeissa ja oppaissa, kuten esimerkiksi betoni- ja tiilirakenteiden kuntotutkimusohjeet (Suomen betoniyhdistys ry:n julkaisut by 42; by75), kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (Pitkäranta (toim.) 2016), haitta-ainetutkimus (RT 103500 ja RT 103501), asumisterveysasetuksen soveltamisohje (Valvira 2019) ja standardit.

Selvittämällä ensin kriittiset ominaisuudet ja sen jälkeen tarkat käyttökohteen edellyttämät ominaisuudet voidaan välttää tarpeetonta tutkimista ja testaamista. Tämä periaate esitetään kaaviossa 5.



Kaavio 5. Suositeltava etenemisjärjestys rakennusosien ominaisuuksien selvittämisessä.

5.1 Mitat ja sijainti

TIIVISTELMÄ

- Suunnitelmien mukaiset mitat ja niiden vastaavuus olemassa oleviin rakennusosiin selvitetään osana uudelleenkäytöselvitystä.
- Uudelleenkäytettävien rakennusosien mitta- ja sijaintitiedot tulee selvittää aina, jotta niiden ehjänä irrottamista ja uudelleenkäyttöä voidaan suunnitella. Uudelleenkäytön suunnitteluvaiheessa mittatietojen tulee olla paikkansapitäviä. Mittatiedot käsittävät kaikki kappaleen geometriset mitat. Rakennusosista esitettäviiin mittatietoihin tulee sisällyttää tieto arvioidusta mittapoikkeamasta.
- Mahdollisten aukkojen ja reikien sijainti ja niiden dimensiot rakennusosassa voivat vaikuttaa merkittävästi sen uudelleenkäyttöpotentiaaliin ja suunnitteluratkaisuihin. Reikävaraukset palkeissa voivat myös olla merkittävä hyöty uudelleenkäytön näkökulmasta.
- Mittaus voidaan tehdä esimerkiksi mittanauhalla, laseretäisyysmittarilla, laserkeilaamalla tai -skannaamalla.

Mitat olemassa olevassa rakennuksessa

Ennen rakennuksen purkamista tehtävässä ja purkamista valmistelevassa selvityksessä ei välttämättä saada tarkkaa tietoa siitä, millainen rakennustuotteen geometria on ehjänä irrottamisen jälkeen. Ennen purkamista selvitetään suunnitelmien mukaiset mitat ja niiden vastaavuus olemassa oleviin rakennusosiin. Mikäli elementti- tai osakohtaisia suunnitelmia ei ole saatavissa, verrataan vastaavuutta tyypillisiin rakennusosien mittoihin. Eri tuoteryhmien rakennusosien tyypillisiä mittoja (ja muita ominaisuustietoja) eri aikakausina valmistetuissa tuotteissa käsitellään luvuissa 5.7–5.9.

Aukotukset ja reiät

Mahdollisten aukkojen ja reikien sijainti ja niiden dimensiot rakennusosassa voivat vaikuttaa merkittävästi sen uudelleenkäyttöpotentiaaliin ja suunnitteluratkaisuihin. Mikäli saman tuoteryhmän rakennusosien variaatio on suurta, on sillä usein uudelleenkäyttöpotentiaalia heikentävä vaikutus, koska uudelleenkäyttö edellyttäisi

enemmän suunnittelutyötä. Esimerkiksi reikävaraukset palkeissa voivat myös olla merkittävä hyöty uudelleenkäytön näkökulmasta. Kaikki reikävaraukset tulee kuitenkin tarkastella rakennesuunnittelijan toimesta ennen uudelleenkäyttöä.

Mitat purettuna ja rakentamisvaiheessa

Rakennuksen purkutyön ja uudelleenkäytettävien rakennusosien ehjänä irrottamisen yhteydessä rakennusosat voivat vaurioitua ja niiden kokoa voidaan purkuteknisistä tai muista syistä muuttaa. Mitat voidaan muutoinkin tarkastaa paremmin rakennusosien ollessa irrallaan. Samoin mahdollisessa irrottamisen jälkeisessä kunnostusvaiheessa mittoihin voi tulla muutoksia. Uudelleenkäytön suunnitteluvaiheessa mittatietojen tulee olla paikkansapitäviä.

Sijainti

Rakennuksen sijainti vaikuttaa esimerkiksi uudelleenkäytön kuljetusmatkoihin ja taloudellisiin reunaehtoihin. Rakennusosan sijainnilla rakennuksessa voi olla keskeistä merkitystä esimerkiksi rakennusosaan kohdistuneiden rasitusten arvioimisessa. Purkusuunnittelun (muun muassa purkujärjestys ja ehjänä irrottamisen menetelmät) näkökulmasta rakennusosien sijainnilla rakennuksessa on usein merkittävä vaikutus.

Rakennusosiin kytkettävästä tiedosta tulee selvittää vähintään missä osassa rakennusta ne sijaitsevat ja missä itse rakennus sijaitsee. Ehjänä irrottamisen ja purkusuunnittelun näkökulmasta on suositeltavaa ilmoittaa rakennusosien tarkka sijainti esimerkiksi rakennuksen tietomallissa.

Mittausmenetelmät

Mittaus voidaan tehdä esimerkiksi mittanauhalla, laseretäisyysmittarilla tai laserkeilaamalla. Muiden kuin suorakulmaisten rakenneosien (esimerkiksi kaarevat palkit) mittaaminen voi edellyttää 3-ulotteista mittausta esimerkiksi laserskannauksella. Rakennusosien ollessa paikallaan rakennuksessa rakenneavausten avulla voidaan tarvittaessa tarkastaa esimerkiksi materiaalipaksuuksia. Jokaisen rakennusosan mitat tulee esittää soveltuvalla tavalla. Tulokset voidaan esittää koontina tai osakohtaisesti esimerkiksi tietomallissa.

Rakennustuotteen ehjänä irrottamisen jälkeen tulee tarvittaessa tarkastaa mittojen vastaavuus ennen purkamista arvioituihin mittoihin. Rakennusosista esitettäviin mittatietoihin tulee sisällyttää tieto arvioidusta mittapoikkeamasta.

5.2 Vauriot, käyttöhistoria ja käyttöikä

TIIVISTELMÄ

- Suunnitelmien mukaiset mitat ja niiden vastaavuus olemassa oleviin rakennusosiin selvitetään osana uudelleenkäyttöselvitystä. Mittatiedot käsittävät kaikki kappaleen geometriset mitat.
- Uudelleenkäytettävien rakennusosien mitta- ja sijaintitiedot tulee selvittää, jotta niiden ehjänä irrottamista ja uudelleenkäyttöä voidaan suunnitella. Uudelleenkäytön suunnitteluvaiheessa mittatietojen tulee olla paikkansapitäviä.
- Rakennusosista esitettäviin mittatietoihin tulee sisällyttää tieto arvioidusta mittapoikkeamasta.
- Mahdollisten aukkojen ja reikien sijainti ja niiden dimensiot rakennusosassa voivat vaikuttaa merkittävästi sen uudelleenkäyttöpotentiaaliin ja suunnitteluratkaisuihin.
- Reikävaraukset palkeissa voivat myös olla merkittävä hyöty uudelleenkäytön näkökulmasta.

Arvioitaessa vaurioiden todennäköisyyttä ja merkittävyyttä sekä niiden vaikutusta uudelleenkäyttöön on tärkeää ymmärtää mekanismit, jotka aiheuttavat vaurioita. Tässä luvussa kuvataan keskeisiä rakenteellisia vauriomekanismeja, joille oppaassa käsitellyt rakennusosat voivat altistua, sekä niiden vaikutusta uudelleenkäyttöön.

Muodonmuutokset (taipuma, viruma, puristuma)

Rakennusosan aistinvaraisesti havaittavat muodonmuutokset edellyttävät aina arviota niiden vaikutuksesta uudelleenkäytettävyyteen.

Kuormituksesta aiheutuvat muodonmuutokset riippuvat rakenteen materiaaliominaisuuksista (lujuusominaisuudet, kimmokerroin), kuormituksesta (suuruudesta, kestosta, ajankohdasta), rakenteen dimensioista, tuesta ja muiden rakenteiden jäykistävästä vaikutuksista, rakenteen halkeilusta ja kutistumasta sekä ympäristöolosuhteista. Korkeassa rakennuksessa rakenteisiin kohdistuvat kuormitukset voivat olla erilaiset rakennuksen ylä- ja alaosissa.

Puristuma (kokoonpuristuma) kuvaa kappaleen muodonmuutosta, kun kappaleeseen kohdistuu aksiaalista kuormaa. Puristettuja rakenteita ovat tyypillisesti

pilarit ja seinät. Taipuma kuvaa kappaleen muodonmuutosta, kun kappaleeseen kohdistuu pituusakselia kohtisuoraan oleva voima. Taivutettuja rakenteita ovat vaakarakenteet, kuten tyypillisesti palkit ja välipohjalaatat. Viruma on pitkäaikaisessa kuormituksessa tapahtuvaa kappaleen muodonmuutoksen kasvua. Osa virumamuodonmuutoksesta palautuu, kun jännitys poistetaan, mutta virumamuodonmuutos ei kuitenkaan palaudu kokonaan.

Vauriot (halkeilu, lohkeilu, korroosio)

Tässä kappaleessa on esitetty lyhyesti tyypillisimpiä betoni-, tiili- ja puumateriaalien vauriomekanismeja ja kuvattu sitä, miten ne näkyvät rakenteissa. Kaikki aistinvaraisestikaan havaittavat vauriot, kuten halkeilu tai lohkeilu, eivät kuitenkaan välttämättä vaikuta heikentävästi uudelleenkäytettävyyteen, etenkin sisätiloista sisätiloihin suunnitellussa uudelleenkäytössä.

Betonirakenteeseen voi syntyä halkeamia monista eri syistä ja eri aikoihin, ja halkeilun aiheuttajaa voidaan arvioida silmämääräisesti ja ainetta rikkomattomilla menetelmillä, havainnoimalla esimerkiksi halkeilun sijaintia, säännöllisyyttä, suuntautumista, leveyttä, syvyyttä ja halkeilukuviota. Halkeilu on betonimateriaalille tyypillistä, eivätkä kaikki halkeamat ole rakenteen toiminnan kannalta haitallisia. Halkeilu kuitenkin heikentää rakenteen kestävyysominaisuuksia, sillä teräsbetonille haitallisten aineiden, kuten kloridien ja hiilidioksidin, kulkeutuminen betoniin helpottuu halkeamien kautta. Kestävyyttä heikentävät rasitustekijät eivät ole erityisen merkittäviä riskejä kuivissa sisätiloissa. Kosteusrasitettujen rakenteiden pitkäaikaiskestävyyden kannalta erityisen haitallisia ovat halkeamaleveydeltään $>0,2$ mm, raudoitustankojen suuntaisesti sijaitsevat halkeamat. Betonirakenteen sallittu halkeamaleveys on yleensä rajoitettu $0,1\text{--}0,3$ mm, riippuen olosuhteista. (Leonhardt 1977; Haara 2018; Suomen Betoniyhdistys ry 2019.) Betonin halkeilua voidaan rajoittaa rakennesuunnittelun keinoin, betonin koostumuksella, valutyön huolellisella suorituksella ja jälkihoidolla sekä kuormitusten ja ympäristörasitusten hallitsemisella.

Jo ennen betonin sitoutumista betoniin voi syntyä plastisen kutistuman tai plastisen painuman aiheuttamia halkeamia ja tai säröjä. Kovettuvassa ja nuorena betonissa halkeilua aiheuttaa tyypillisesti betonin kuivumiskutistuma. Kovettuneessa betonissa, kuivissa olosuhteissa, halkeamia aiheutuu tyypillisesti muun muassa kuivumiskutistuman ja lämpötilaerojen aiheuttamien muodonmuutosten seurauksena. Mikäli rakenne on kosteus- ja/tai säärasitettu, halkeilua aiheuttaa tyypillisesti teräskorroosio ja toistuva jäätyminen-sulaminen. Halkeilua tai rapautumaa voi aiheuttaa myös huono betonityönaikainen työnsuoritus, betonin varhais-

jäätyminen, rakenteen kantokyvyn ylittävät kuormat, tulipalot tai muut onnettomuudet, poikkeava kemiallinen rasitus tai betonimateriaalin sisäinen alkali-kiviainesreaktio.

Jo ennen betonin sitoutumista tapahtuvat plastisen tilan muodonmuutokset aiheuttavat tyypillisesti halkeamia betonirakenteen pintaosaan. Plastisen tilan halkeilu voi olla verkkomaista ja laajaa (plastinen kutistuma) tai suoralinjaista ja leveää (plastinen painuma).

Kovettuneessa betonissa syntyneet halkeamat (esimerkiksi pakkovoimien tai rakenteen kantokyvyn ylittävien kuormitusten aiheuttamat) ovat tyypillisesti suora- ja leikkaavalinjaisia. Vauriodiagnostiikassa kannattaa käyttää apuna halkeamien sijainti-, orientaatio- ja suuntautumistietoja.

Teräskorroosion aiheuttamat halkeamat betonissa ovat suuntautuneita ja suoralinjaisia, ja ne sijaitsevat betonissa ruostuneen teräksen suuntaisesti. Teräskorroosion edetessä betonin halkeilu jatkuu ja betonikappale saattaa lohjeta irti. Teräskorroosio edellyttää aina kosteusrasitusta. Sisätiloissa teräskorroosiota voi esiintyä esimerkiksi vesivuodoista johtuen tai ulkovaipparakenteisiin liittyvissä rakenteissa. Kloridirasitus kiihdyttää teräskorroosiota, ja nopeuttaa vaurioiden etenemistä.

Tulipalojen yhteydessä halkeilua ja lohkeilua aiheuttavat monet tekijät, muun muassa materiaalien ja rakenteiden muodonmuutokset, kiinnitysten ja liitosten rikkoutuminen sekä sammutustöiden vaikutus (muun muassa sammutusvesien aiheuttama lämpöshokki ja kastuneiden rakenteiden suojaamattomuus ja jäätymisrasitus).

Raskaasti kosteusrasitetuissa, säärasitetuissa ja tai kemiallisesti rasitetuissa rakenteissa voi lisäksi esiintyä vaurioitumista, mitä kuivien sisätilojen rakenteissa ei esiinny. Tällaisia ovat esimerkiksi toistuvien jäätymis-sulamis-syklien aiheuttama pakkasrapauma, alkali-kiviainesreaktio, myöhäinen ettringiitti-reaktio ja kemiallisten yhdisteiden (esimerkiksi sulfaatit, hapot) aiheuttama rapauma.

 **Rakennusosien aiemmassa käytössä niihin kohdistuneet rasitukset sekä rakennusosien vikasietoisuus rasitusten suhteen ovat keskeisiä uudelleenkäyttöön soveltumista arvioitaessa.**

Muuratuilla rakenteilla märän rakenteen toistuva jäätymis-sulamisrasitus aiheuttaa pinnansuuntaista halkeilua, tiilipinnan lohkeilua ja rapaumaa. Tiilen polttoasteesta riippuva laatu vaikuttaa voimakkaasti vaurioherkkyyteen. Kosteusrasitetuissa muuratuissa rakenteissa tiilisiteet voivat ruostua, ja heikentää muurauksen sidontaa, mutta itse tiiliin siteiden ruostumisesta ei tyypillisesti aiheudu vaurioita. Muurattu rakenne on epäjatkua (tiilet – muuraussaumät) ja monesti muuraukset liittyvät betonirakenteisiin, esimerkiksi aukonylityspalkkeihin. Eri materiaalien erilaisten muodonmuutosominaisuuksien aiheuttamat jännitykset (esimerkiksi kosteus- tai lämpötilamuutosten seurauksena) voivat aiheuttaa muurattuihin rakenteisiin halkeamalinjoja, tyypillisesti vinosti suuntautuneita. Kantavan (betoni)rungon kuormituksesta aiheutuvat muodonmuutokset (puristuma ja taipuma) voivat aiheuttaa halkeamia muuratussa väliseinässä.

Puurakenteilla tyypilliset vauriot voidaan jakaa biologisiin ja mekaanisiin (tai ei-biologisiin). Biologiset vauriot ovat yleensä seurausta korkeasta kosteusrasituksesta ja ilmenevät mikrobikasvuna, pahimmillaan lahovaurioina ja hyönteisten aiheuttamina vaurioina. Biologiset vauriot eivät ole epätyypillisiä sisätilojenkaan rakenteissa. Mekaaniset vauriot voivat syntyä liian korkeasta ja pitkään jatkuneesta kuormituksesta tai esimerkiksi myös kosteudesta. (Huuhka ym. 2018; Ranttila 2024; Hosseini julkaisematon.)

Käyttöhistoria

Lähtötietojen ja rakenteen sekä siihen liittyvien tilojen käyttötarkoituksen perusteella on mahdollista arvioida rakenteille kohdistuneita normaalitilan rasituksia (kuormitukset, kosteus, lämpötila, kemikaalit).

Rakenteiden käytönaikaisten kuormitusten selvittäminen on oleellista. Rakennuksen vauriohistorian selvittäminen on oleellista, jotta pystytään arvioimaan rakenteiden normaalitilanteesta poikkeavia rasituksia, kuormituksia ja epäpuhtauslähteitä. Rakennusosan sijainti esimerkiksi märkätilan yhteydessä, kellarikerroksessa tai teknisten tilojen yhteydessä voi viitata kohonneeseen vaurioriskiin.

Pitkäaikaiskestävyys ja käyttöikä

Kun tarkastellaan rakennuksen sisätiloissa olleita rakennusosia, joita käytetään uudelleen sisätiloissa, eikä niihin ole kohdistunut tai ole odotettavissa poikkeavia (edellä kuvattuja) rasituksia, ei niiden jäljellä oleva käyttöikä useinkaan ole

käytännössä rajoittava tekijä uudelleenkäytön näkökulmasta. Rakennusosan jäljellä olevan käyttöiän tulee kuitenkin vastata sille rakentamisessa asetettavaa vaatimusta ja se suositellaan aina määrittämään.

Käyttöiällä tarkoitetaan tässä oppaassa uudelleenkäytettävän rakennustuotteen uudessa käyttökohteessa jäljellä olevaa suunnittelu- eli tavoitekäyttöikää. Käyttöiän määrää joko vaurioituminen tai vanhanaikaistuminen (RIL 216–2013). Vaurioitumisen näkökulmasta käyttöikää kuvaa pitkäaikaiskestävyys. Uudelleenkäytettävän rakennustuotteen käyttöiän määrittää suunnittelija, joka ottaa huomioon rakennustuotteesta saatavilla olevat tiedot kokonaisuutena. Tällaisia tietoja ovat alkuperäiset suunnittelutiedot, rakenteen historiatiedot, tutkimustulokset rakenteesta sekä rakenteen tuleva käyttökohde ja -tarkoitus. Materiaalien ja rakenteiden pitkäaikaiskestävyyteen vaikutetaan rakennus- ja suunnitteluvaiheessa, mutta myös rakennuksen käyttövaiheen ympäristöolosuhteet vaikuttavat rakenteiden pitkäaikaiskestävyyteen merkittävästi. Rakennustuotteita voidaan esimerkiksi vahvistaa, jolloin käyttöikä voi pidentyä.

Ympäristöolosuhteet huomioidaan betonirakenteiden suunnitteluvaiheessa rakenteen rasitusluokkien avulla. Rasitusluokat kuvaavat ympäristöolosuhteita, joihin rakenne käyttöikänsä aikana joutuu. Suunnittelukäyttöikä kattaa ajanjakson, jossa betonirakenne säilyttää suunnitelman mukaiset ominaisuudet asianmukaiset huoltotoimenpiteet huomioiden. Suunnittelukäyttöiän vaatimusten täyttyminen todetaan epäsuorasti betonin laatua koskevien parametrien, rakennemittojen ja muiden käyttöikään vaikuttavien tekijöiden avulla. Suunnittelukäyttöiän päätyttyä rakenteen käyttöikää voidaan usein jatkaa korjaustoimenpitein.

Lämpimissä sisätiloissa betonin ympäristörasitukset ovat vähäiset ja betonin käyttöikä on liki rajaton. Teoreettisesti selkeästi merkittävin betonin käyttöikää määrittävä tekijä on karbonatisoituminen: betonin käyttöikä on päättynyt, kun karbonatisoitumisvyöhyke on saavuttanut betoniteräkset. (Hosseini julkaisematon; Romakkaniemi 2023.) Karbonatisoitumisesta ei kuitenkaan ole haittaa, mikäli teräsbetoni ei altistu sellaiselle kosteusrasitukselle, että vaurioitumista aiheuttavaa teräskorroosiota tapahtuisi.

Tiili ei ole altis materiaalin lujuutta heikentävälle biologiselle tai kemialliselle vaurioitumiselle ja kestää hyvin lämpötila- ja kosteusvaihteluita. Mikäli tiili on jäätymis-sulamiskestävyydeltään heikko, voi se kuitenkin vaurioitua säärasituksessa. Tiilet ovat tyypillisesti hyvin pitkäikäisiä, ellei niihin kohdistu vaurioitumiseen johtavia rasituksia.

Muurauslaastin mikrobivaurioherkkyys on tiiltä suurempi. Mikäli laastissa on mikrobivaurioita, tiiltä huokoiset pinnat voivat olla mikrobikasvuston peitossa.

Jatkuvan, pitkäaikaisen ja voimakkaan kosteusrasituksen tapauksissa myös tiiltä sisällä on todettu mikrobikasvustoja.

Uudelleenkäytettävien liimapuurakenteiden osalta on otettava huomioon liimapuun viruma sekä halkeamat. Liimapuurakenteeseen voi viruman seurauksena muodostua sellaisia pysyviä muodonmuutoksia, jotka vaikuttavat uudelleenkäytettävyyteen. Suurempien halkeamien vaikutus rakenteen kestävyys voi olla merkittävää etenkin taivutetuissa liimapuurakenteissa. Puurakenteiden osalta rakenteiden käyttöikää arvioidaan sen mukaan, miten ne kestävät kuormia, rasitusta ja vioittumista ajan suhteen ja määritellyissä olosuhteissa. Säältä suojatun puurakenteen kestoiän kannalta tärkeimmät tekijät ovat hyvä suunnittelu, rakentaminen ja huolto. Puun osalta korostuu myös purkamisen, kuljetuksen ja varastoinnin kosteudenhallinnan merkitys. (Hosseini julkaisematon.)

 **Uudelleenkäytettävän rakennusosan käyttöiän määrittää suunnittelija, joka ottaa huomioon rakennusosasta olevat ja saatavat tiedot kokonaisuutena.**

5.3 Rakenteelliset ominaisuudet

TIIVISTELMÄ

- Rakennusmateriaaleilla on runsaasti erilaisia materiaali- ja laatuominaisuuksia, jotka ovat oleellisia tunnistaa uudelleenkäytössä.
- Betonille on ominaista sen hyvä puristuslujuus. Poltettujen savitiilien puristuslujuus riippuu oleellisesti tiilen polttolämpötilasta ja -ajasta. Liimapuiset rakenneosat ovat keskimäärin lujempia sekä jäykempiä kuin samankokoiset tavalliset sahatavarakappaleet.
- Tietoa materiaalin tiheydestä tarvitaan rakennusosan painon, ääni- ja paloteknisten ominaisuuksien määrittämiseen.
- Rakennusosien koostumustiedot voivat olla oleellisia rakennusosien uudelleenkäytössä niiden kemiallisen ja fysikaalisen kestävyys- sekä niiden mahdollisesti sisältämien haitallisten ja vaarallisten aineiden arvioimiseksi.
- Betonin ja tiilen uudelleenkäytettävyyttä eivät yleensä rajoita niiden palonkestävyysominaisuudet.
- Puun uudelleenkäyttämisessä tulee huomioida palotekniset rajoitukset tavanomaisen rakennussuunnittelun tavoin.
- Uudelleenkäytettävien rakenneosien palonkestävyys selvitetään yleensä alkuperäisten suunnitelmien tai alkuperäisten elementtisuunnitelmien tiedoista.
- Ääneneristävyyksivaatimukset ovat kehittyneet merkittävästi viime vuosikymmeninä.
- Lämmöneristävyysominaisuudet ja -vaatimukset ovat kehittyneet merkittävästi erityisesti 1970-luvulta alkaen. Lämmönjohtavuus voidaan määrittää taulukkoarvoilla tai testata.
- Betoni, tiili ja puu ovat hygroskooppisia materiaaleja, mikä vaikuttaa rakenteiden kosteusteknisen toiminnan arvioimiseen ja -suunnitteluun. Vesihöyrynvastus ja kapillaarisuus määritetään taulukkoarvoilla tai mittaamalla laboratoriossa.

Rakennusmateriaaleilla on runsaasti erilaisia materiaali- ja laatuominaisuuksia, joiden tunnistaminen on oleellista uudelleenkäytössä. Nämä ominaisuudet voivat

olla keskeisiä esimerkiksi rakenteiden turvallisuuden sekä elinkaarikestävyyden ja käyttöiän näkökulmasta. Tässä luvussa käsitellään rakenteellisia ominaisuuksia yleisellä tasolla, tarkoituksena tarjota lukijalle perustietoa näistä. Tarpeenmukaiset tutkimukset määritellään tutkimussuunnitelmassa.

Puristus-, veto- ja leikkauslujuus

Puristuslujuus tarkoittaa kappaleen kykyä vastustaa voimaa, joka puristaa kappaletta kasaan pystysuunnassa pyrkien saamaan kappaleen antamaan periksi. Betonin ja tiilen puristuslujuudet voivat vaihdella suurestikin riippuen raaka-aineista, seossuhteista ja valmistusprosessista. Puun puristuslujuuden vaihtelu on voimakasta kuormitus suunnasta riippuen.

Betonille on ominaista sen hyvä puristuslujuus, minkä takia rakenteissa betoni vastaanottaa niihin aiheutuvat puristusjännitykset. Vetojännitykset ohjataan betoniteräksille. Betonin laatuun vaikuttaa betonin raaka-aineiden laatu ja betonin suhteuttaminen: betonin puristuslujuus korreloi selvästi betonin vesi-sideainesuhteen ja betonin ilmamäärän sekä näiden seurauksena myös betonin tiheyden kanssa. Betonin ilmamäärään voi vaikuttaa myös mahdollinen betonin huokostus, millä yleensä tavoitellaan parempaa betonin pakkasenkestävyyttä. Betonin puristuslujuudessa voi olla myös paikallista vaihtelua esimerkiksi puutteellisen tiivistymisen seurauksena. Talonrakentamisessa käytetyn betonin puristuslujuus (kuutiolujuus) on yleensä 25...60 N/mm².

Poltettujen savitiilien puristuslujuus riippuu oleellisesti tiilen polttolämpötilasta ja -ajasta: korkeammassa lämpötilassa poltettujen tiilien lujuus on parempi kuin matalammassa lämpötilassa poltettujen tiilien. Reikätiilien poltto ja poltonaikainen kuivuminen tapahtuu tasaisemmin kuin täystiilillä, minkä seurauksen reikätiilien lujuusominaisuudet kehittyvät polton aikana täystiiliä paremmaksi. Poltettujen savitiilien puristuslujuus (kuutiolujuus) on yleensä noin 15...45 N/mm².

Liimapuun ominaislujuudet perustuvat sahatavaran ominaislujuuksiin, mutta liimapuun lujuusominaisuuksien hajonta on pienempää. Sahatavaralla lujuuden määrää heikoin poikkileikkaus eli tyypillisesti oksa, syyhäiriö tai muu poikkeama, jolloin sahatavaran lujuuden hajonta on suurempaa. Liimapuun lujuusominaisuuksien pienempi hajonta selittyy pelkistetyksi sillä, että liimapuu koostuu useista sahatavaralamelleista ja on hyvin epätodennäköistä, että lamellin heikoin poikkileikkaus olisi liimapuun saman poikkileikkauksen kaikissa lamelleissa samassa kohdassa. Liimapuiselle rakennusosalle onkin ominaista, että sille voidaan käyttää suurempaa ominaislujuutta kuin niille yksittäisille lamelleille, mistä se on tehty.

Tiheys

Tietoa materiaalin tiheydestä (kg/m^3) tarvitaan rakennusosan painon, ääni- ja paloteknisten ominaisuuksien määrittämiseen. Tiheyden määrittämisessä huomioidaan materiaalin kosteus. Bruttokuivatiheys kertoo tiheyden kuivattuna ilmassa, mutta ei täysin kuivana. Nettokuivatiheys on materiaalin tiheys, kun se on täysin kuiva. Rakennusmateriaalien tiheydet ovat tyypillisesti:

- betonilla 2 000...2 600 kg/m^3 , uunikuivana (Betonisanasto)
- poltetuilla savitiilillä (reikä- ja täystiilet) 1 200...2 000 kg/m^3 (Tiili-info)
- kalkkihiekkatiilillä (reikä- ja täystiilet) 1 100...2 000 kg/m^3
- liimapuulla 370...490 kg/m^3 (Liimapuukäsikirja 2014).

Koostumus ja raaka-aineet

Rakennusosien koostumustiedot voivat olla oleellisia rakennusosien uudelleen käytössä esimerkiksi niiden kemiallisen ja fysikaalisen kestävyys- ja niiden mahdollisesti sisältämien haitallisten ja vaarallisten aineiden arvioimiseksi.

Palonkestävyys ja palokäyttäytyminen

Rakennusosat jaetaan paloluokkiin palonkesto-ominaisuuksien perusteella. Luokkiin jakoa arvioidaan kantavuuden ja osastoivuuden perusteella. Kantavien rakenteiden palonkestävyys määritellään aikayksikköinä palon syttymisestä materiaalin kantavuuden menettämiseen.

Osastoivien rakennusosien palonkesto arvioidaan ajalla, jona ne kykenevät pitämään palon, palokaasut, tai kriittisen lämpötilan osastoivan rakennusosan toisella puolella. Yleisesti palonkestävyys ilmaistaan minuutteina jollakin seuraavista luvuista: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240. Palonkestävyydessä huomioidaan rakenteiden kantavuuden (R), tiiviyn (E) ja eristävyyden (I) säilyttäminen palotilanteessa. Tunnusta voidaan täydentää kirjaimella (M), joka ilmaisee iskunkestävyyttä palotilanteessa. Kirjain- tai kirjainyhdistelmätunnus ja minuuttilukema muodostavat lopulta yhdessä rakennusosalle paloluokan.

Rakenteiden sisäpinnoille ja materiaaleille on suunnittelustandardeissa ja rakentamismääräyksissä esitetty pintaluokkavaatimukset, joihin vaikuttavat muun muassa rakennuksen paloluokka, rakennuksen käyttötarkoitus ja sijainti rakennuksessa, sekä palo-osaston pinta-ala.

Seinien, sisäkattojen ja lattioiden paloteknisiä ominaisuuksia arvioitaessa huomioidaan kuinka paljon tarvikkeet osallistuvat paloon, lieskahduksen alkamiseen kuluva aika, lämmön vapautuminen ja savun sekä palavien pisaroiden

muodostuminen. Sisäpintamateriaalien luokkavaatimustunnus muodostuu kolmesta osasta, joissa edelliset tekijät ilmaistaan.

Esimerkiksi uloskäytävän pintaluokkavaatimuksessa A2-s1, d0:

- A2=paloon osallistuminen on erittäin rajoitettua,
- s1=savun tuotto on erittäin vähäistä,
- d0=palavia pisaroita ei esiinny.

Ulkoseinien yleiset pintakerrosvaatimukset määritellään ulkoseinän ulkopinnan, tuuletusvälin ulkopinnan ja tuuletusvälin sisäpinnan osalta. Pintakerrosvaatimukseen vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen paloluokka, rakennuksen korkeus ja rakennuksen käyttötarkoitus. Pintakerrosten paloluokkatunnukset merkitään pääasiassa samalla tavoin kuin sisäpinnatkin.

Sisä- ja ulkopintojen vaatimuksiin voidaan vaikuttaa myös paloteknisellä suojaustasolla esimerkiksi automaattisella sammutuslaitteistolla.

Betonirakenteilla betoniterästen peitepaksuudella on vaikutusta rakenneosan palonkestävyyteen. Betonilla terästen, paitsi betonirakenteilla betoniterästen peitepaksuus. Puun uudelleenkäyttämisessä tulee huomioida palotekniset rajoitukset tavanomaisen rakennussuunnittelun tavoin. Liimapuun liimalla voi olla vaikutusta palonkestävyyteen (Liimapuukäsikirja, 2014).

Aiemman käyttöhistorian aikana tapahtuneet tulipalot aiheuttavat tarpeen rakenteiden uudelleenarviointiin. Esimerkiksi katettujen rakenteiden alla tai rakennusten sisällä tapahtuneet palot edellyttävät monesti rakennevaurioiden tarkempaa tutkimista.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden palonkestävyydestä voidaan hyödyntää rakennustuotteiden käytettävyyden arvioinnissa ja mahdollisten peittävien rakennusmateriaalien ja pintamateriaalien valinnassa. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden palonkestävyys arvioidaan yleensä alkuperäisten suunnitelmien tiedoista ja betoniterästen peitepaksuuksien osalta mittauksin. ja voidaan varmentaa esim. betonirakenteiden osalta mittaamalla betoniterästen betonipeitteen suuruus.

Akustiset ja ääneneristävyysominaisuudet

Rakennukselle ja rakennuksen tiloja jakaville rakennusosille asetetut ääneneristävyysvaatimukset ovat kehittyneet merkittävästi viime vuosikymmeninä. Tarkempi kuvaus rakenteiden ääneneristävyydestä, niiden tavoitearvoista, mittaus-tavoista sekä tavoitearvojen kehittymisestä on esitetty oppaan luvussa 6. Myös pinnan kovuus ja materiaalin huokoisuus vaikuttavat rakennustuotteen akustisiin ominaisuuksiin.

Lämmönjohtavuus

Lämmöneristävyysominaisuudet ja -vaatimukset ovat kehittyneet merkittävästi erityisesti 1970-luvulta alkaen. Tässä oppaassa käsiteltyjen rakennustuoteryhmien uudelleenkäytön suhteen lämmönjohtavuus ei ole yleensä kriittinen seikka. Lämmönjohtavuuden ohella rakennusvaipan lämpötekniseen toimintaan voi vaikuttaa merkittävästi rakenneliitosten ilmatiiveys, ja tässä on hyvä huomioida rakennusosien mitta- ja muoto poikkeamat.

Rakennusvaipassa käytettäviltä uudelleenkäytettäviltä rakennusosilta (tiili, betoni, puu) toivotaan tyypillisesti alhaista lämmönjohtavuutta, jotta rakennuksen vaipan yli aiheutuva lämpöhäviö olisi mahdollisimman alhainen. Lämmönjohtavuus voidaan määrittää taulukkoarvoilla tai testata (suuntaa antavasti) kenttäolosuhteissa tai laboratoriossa.

Terminen massa ja lämpökapasiteetti

Terminen massa kuvaa rakennusmateriaalin kykyä varastoida lämpöenergiaa ja sitä kautta tasoittaa rakennuksen, materiaalien ja sisäilman lämpötilan vaihteluita. Betoni- ja tiilirakenteilla on suuri lämpökapasiteetti, mikä on oleellista huomioida näitä uudelleen käytettäessä.

Vesihöyrynvastus, hygroskooppisuus ja kapillaarisuus

Betoni, tiili ja puu ovat hygroskooppisia materiaaleja, eli ne pystyvät sitomaan ja luovuttamaan kosteutta, ja niiden kosteuspitoisuudet tasapainottuvat ajan kuluessa ympäristön ominaisuuksien mukaan. Tähän liittyvät suureet ovat oleellisia erityisesti rakenteiden kosteusteknisen toiminnan arvioimisen ja -suunnittelun näkökulmasta.

Vesihöyrynvastus ja kapillaarisuus määritetään taulukkoarvoilla tai mittaamalla laboratoriossa.

Jäätymis-sulamiskestävyys

Betonin ja tiilen pakkasrapautuminen on seurausta kosteusrasitetun rakenteen toistuvista jäätymis-sulamissyklistä, ja yksinkertaistettuna vauriomekanismi on materiaaleilla samankaltainen. Kuiva betoni/tiili ei vaurioidu jäätyessään, vaurioituminen edellyttää aina kosteusrasitusta. Märässä rakenteessa jäätyvän – sulavan veden tilavuus muuttuu, mikä voi aiheuttaa mikrosäröilyä betonin/tiilen sisäisessä rakenteessa. Rakenteeseen voi tämän jälkeen imeytyä enemmän vettä,

mikä jäätyessään aiheuttaa halkeilua. Jossain vaiheessa toistuvat jäätymiset ja sulamiset aiheuttavat lujuuden alenemista ja näkyvää rapautumista, mikä tulee huomioda materiaalin uudelleenkäytössä. Tyypillisesti pakkasvaurioituminen etenee kosteusrasitetun ulkorakenteen ulkopinnalta.

5.4 Muoto, pinta ja pintakäsittelyt

TIIVISTELMÄ

- Pinnan muodolla ja pintakäsittelyillä voi olla vaikutuksia uudelleenkäytettävän rakennusosan asennettavuuteen ja liitettävyyteen, akustisiin ominaisuuksiin, pinnoitettavuuteen sekä ulkonäköön.
- Lähtökohtaisesti pintamateriaalien ja pintakäsittelyiden ominaisuudet tulee selvittää (kaikilta pinnoilta) riittävän kattavasti, jotta niiden poistamisen tai poistamatta jättämisen vaikutuksia rakenteen toiminnalle, sisäilman laadulle ja uusien pinnoitteiden asentamiselle voidaan arvioida luotettavasti.
- Vanhojen pintamateriaalien säilyttämistä voidaan harkita, mikäli voidaan varmistua, ettei säilytettävistä materiaaleista ei aiheudu myöhemmin haittaa. Pintakäsittelyt, joita ei saada poistettua tai poisteta rakennusosan pinnasta vaikuttavat uusien pintakäsittelyiden valintaan.

Pinnan muodolla ja pintakäsittelyillä on useita erityyppisiä vaikutuksia esimerkiksi uudelleenkäytettävän rakennusosan asennettavuuteen ja liitettävyyteen, akustisiin ominaisuuksiin, pinnoitettavuuteen sekä ulkonäköön. Pintamateriaalit (sekä niiden mahdolliset kiinnitysliimat tai muut vastaavat) ja pintakäsittelyt voivat sisältää myös haitallisia ja vaarallisia sekä kiellettyjä aineita.

Pinnan muoto

Pinnan muoto vaikuttaa uusien pintakäsittelyiden tai pintarakenteiden valintaan. Rakennusosan pinnan muodossa on huomioitavaa pinnan tasaisuus (epätasaisuus, sileys, karheus) huokoisuus ja pinnan suoruus.

Pintakäsittelyt ja päällysteet

Lähtökohtaisesti pintamateriaalien ja pintakäsittelyiden ominaisuudet tulee selvittää (kaikilta pinnoilta) riittävän kattavasti, jotta niiden poistamisen tai poistamatta jättämisen vaikutuksia rakenteen toiminnalle, sisäilman laadulle ja materiaalin uusien pinnoitteiden asentamiselle voidaan arvioida luotettavasti. Silloin kun uudelleenkäytettävästä rakennusosasta täytyy poistaa pinnoitteet kokonaan, käytännön haasteeksi saattaa muodostua se, että pintakäsittelyaineita ja liimoja saattaa olla mahdotonta poistaa täysin. Betonissa, tiilessä ja puussa aineita on voinut imeytyä huokoiseen materiaaliin, jolloin kaiken pinnoitteen poistaminen epätasaiselta pinnalta vaatisi materiaalikerrokseen asti ulottuvaa pinnan poistamista (esimerkiksi jyrsiminen). Mikäli pinnoitteita ja pintamateriaaleja ei poisteta, tulee ne dokumentoida ja huomioida niiden vaikutukset tulevaan rakennuksen käyttöön, korjaamiseen ja purkamiseen (esimerkiksi ainetta rikkovien toimenpiteiden näkökulmasta työturvallisuutta vaarantavat aineet, mahdollinen tuleva jätteenkäsittely elinkaaren muissa vaiheissa).

Vanhojen pintamateriaalien säilyttämistä voidaan yleensä harkita, mikäli rakennusosa jää uusien pintamateriaalien, kuten levytysten, alle piiloon ja säilyttävistä materiaaleista ei aiheudu myöhemmin haittaa. Joissain tapauksissa vanhoja pintamateriaaleja halutaan myös säilyttää visuaalisista syistä.

Vanhojen pintamateriaalien poistaminen saattaa olla helpointa toteuttaa alkuperäisessä rakennuksessa ennen rakennustuotteen irrottamista. Pintamateriaalien poistamisen suunnittelussa on huomioitava pintarakenteiden poistettavuus ja niiden sisältämät haitta-aineet esimerkiksi poistomenetelmien valitsemiseksi.

Pintakäsittelyt, joita ei saada poistettua tai poisteta rakennusosan pinnasta vaikuttavat uusien pintakäsittelyiden valintaan. Uusien pintakäsittelyiden tulee olla yhteensopivia niiden alle jäävän pinnoitteiden kanssa. Vanhat pintakäsittelyt voivat ikääntyessään alkaa hajoamaan kemiallisesti. Lisäksi vanhat pintakäsittelyt voivat sisältää haitta-aineita. Rakennusosaan jäävästä pintakäsittelystä/tasoitteesta/rappauksesta tulisi selvittää käytetyt tuotteet ja niiden materiaalitiedot (koostumus, sideaineet) sekä tarvittaessa niiden tartuntalujuus.

Mikäli pintakäsittelyitä jätetään ja uudessa käyttökohteessa ne tulevat näkyville, on suositeltavaa kartoittaa niiden keskeiset visuaaliset ominaisuudet, kuten värisävy ja poikkeamat.

Muut liittyvät materiaalit (muurauslaastit ja saumaussmassat)

Rakennustuotteiden uudelleenkäytössä yleensä poistetaan muut rakennusosaan liittyvät materiaalit. Näiden poistaminen kokonaisuudessaan voi olla kuitenkin haastavaa ja niiden jäämät voivat vaikuttaa rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön.

Muurauslaastityypillä voi olla vaikutusta muurauksen purettavuuteen ja tiilien uudelleenkäytettävyyteen. Laastit luokitellaan käytetyn sideaineen perusteella (kalkkilaastit, kalkkisementtilaastit, sementtilaastit ja muuraussementtilaastit). Vanhimmat laastit ovat puhtaita kalkkilaasteja. Sementtilaasteilla sideaineena käytetään sementtiä, ja se kovettuu samoin kuin betoni veden kanssa reagoidessaan ja parantaa laastin lujuutta ja säänkestoa.

Elastiset saumaussmassat (liikuntasauomoissa ja liittymissä) voivat olla hankalasti poistettavissa ja vaikuttaa esimerkiksi pintamateriaalien valintaan. Saumaussmassat voivat sisältää haitta-aineita ja haitta-aineita on voinut imeytyä saumaussmassasta myös liittyviin rakennusosiin.

5.5 Epäpuhtaudet ja haitta-aineet

Uudelleenkäytettävissä rakennusosissa voi olla niihin kuulumattomia, vaurioitumisesta tai käytönaikaisesta kontaminoitumisesta aiheutuneita epäpuhtauksia, jotka voivat kohderakennuksissa liiallisina määrinä esiintyessään aiheuttaa terveys- tai viihtyvyyshaittaa niille altistuville ihmisille. Tällaisia voivat olla esimerkiksi:

- mikrobit (home- ja lahottajasienet sekä bakteerit),
- orgaaniset pölyt,
- jotkin kemialliset yhdisteet (esimerkiksi vaurioituneista muovimatoista tai tupakansavusta rakennusosiin imeytyneet yhdisteet).

Myös haitta-aineet tulee huomioida uudelleenkäytössä. Termiä *haitta-aine* ei ole määritetty voimassa olevassa lainsäädännössä. Yleisesti haitta-aineiksi kutsutaan rakentamisessa ja rakennusten korjaamisessa aikojen saatossa käytettyjä aineita, jotka on myöhemmin todettu ihmisten terveydelle tai ympäristölle haitallisiksi. Tällaisia ovat esimerkiksi kuitumaiset silikaattimineraalit (muun muassa eri asbestilaadut), PAH-yhdistepitoiset materiaalit, PCB-pitoiset materiaalit, useat metallit ja tietyt muovipehmittimet. Haitta-aineina voidaan pitää myös eräitä rakennusmateriaaliin rakennuksen käytön aikana kulkeutuneita, terveys- tai viihtyvyyshaittaa aiheuttavia aineita (esimerkiksi öljyhiilivedyt). Osa haitta-aineista voi myös siirtyä alkuperäisestä lähteestään ympäröiviin tai liittyviin rakennneosiin.

Haitan ja riskin aiheutumisen periaatteet

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden epäpuhtaudet ja haitalliset aineet voivat aiheuttaa riskejä seuraavista näkökulmista:

- haihtuvien yhdisteiden ja hiukkasten kulkeutuminen sisäilmaan ja altistuminen esimerkiksi hengityksen kautta
- altistuminen esimerkiksi suoran ihokosketuksen kautta
- kulkeutuminen maaperään ja vesistöön.
- rakennusosien purkaminen ja tuotteiden kunnostaminen:
- materiaaleja rikkoessa ja käsiteltäessä tapahtuva altistuminen
- purkamisen yhteydessä tapahtuva ympäristön pilaantuminen
- jätteenkäsittely.

Haitallinen altistuminen voi olla mahdollista myös purkamisessa ja tai rakennustuotteiden kunnostamisessa tuotetun jätteen käsittelyssä, kuljetuksessa ja sijoittamisessa.

5.5.1 Mikrobit ja muut biologiset epäpuhtaudet ja hajut

TIIVISTELMÄ

- Luvussa esitetään suosituksia, joiden tarkoituksena on varmistaa valmiin rakennuksen terveellisyys tilankäyttäjille mikrobien ja muiden biologisten epäpuhtauksien osalta.
- Sisäilmayhteyteen tai kosteusrasitettuun rakenteeseen tarkoitettu materiaali ei saa olla mikrobikasvustoksi katsottavia mikrobipitoisuuksia tai merkittäviä määriä allergisoivia orgaanisia pölyjä. Kantavissa puurakenteissa ei saa olla lahoa.
- Uudelleenkäytettävissä rakennusosissa voi olla niihin kuulumattomia haitta-aineita tai sisäilman laatuun heikentävästi vaikuttavia tekijöitä, jotka voivat rakennuksissa liiallisina määrinä esiintyessään aiheuttaa terveys- tai viihtyvyyshaittaa niille altistuville ihmisille.
- Mikrobivaurioituneeksi luokiteltuja tai orgaanisella pölyllä kontaminoituneita materiaaleja voidaan uudelleenkäyttää talonrakentamisessa vain, mikäli niiden sisäilman laadulle aiheuttama riski on poistettavissa ja tai hallittavissa luotettavasti.
- Vähäisiä ja kohtalaisia riskejä voidaan hallita esimerkiksi puhdistamalla materiaalien pinnat mekaanisesti tai käyttämällä tällaisia materiaaleja vain rakenteissa, jotka eivät ole sisäilmayhteydessä.
- Riskiarvion tavoitteena on tunnistaa mahdollisimman varhain uudelleenkäyttöprosessissa matalariskiset osat, joiden uudelleenkäyttö on turvallista, sekä korkean riskin osat, joiden uudelleenkäyttöä kannattaa rajoittaa tai estää.
- Riskiluokituksen ja mahdollisten näyteanalyysien tulosten perusteella rakennusosille määritetään kuntoluokka epäpuhtausmäärien mukaan: luokka 1, puhdas materiaali, luokka 2, kontaminoitunut tai vaurioitunut materiaali, luokka 3, voimakkaasti vaurioitunut materiaali.
- Tässä esitetystä riskiarviomenetelmästä poikkeaminen edellyttää uudelleenkäyttöön perehtyneen rakennusterveysasiantuntijan kokonaisvaltaista arviota riskeistä.

Rakentamislain 4. luvun pykälän 33 c Terveellisyys mukaisesti: *“Rakentamishankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteiden edellyttämällä tavalla siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn eikä rakennuksen osien tai rakenteiden kosteuden vuoksi.*

Rakentamisessa on käytettävä tuotteita, joista ei niiden suunnitellun käyttöiän aikana aiheudu sisäilmaan, talousveiteen eikä ympäristöön sellaisia päästöjä, joita ei voida pitää hyväksyttävänä. Rakennuksen järjestelmien ja laitteistojen on sovellettava tarkoitukseensa ja niiden on ylläpidettävä terveellisiä olosuhteita”. (Rakentamislaki 751/2023.)

Tiukimmat ja tarkimmin määritellyt juridiset terveellisyysvaatimukset kohdistuvat rakennuksiin, joiden terveydellisten olosuhteiden valvonnassa sovelletaan terveydensuojelulain (TSL 763/1994) nojalla säädettyä sosiaali- ja terveysministeriön asetusta asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista (STMa 545/2015 eli niin sanotusti asumisterveysasetus). Näitä rakennuksia ovat asunnot, koulut, päiväkodit, palveluasunnot tai muut vastaavat tilat, jotka on tarkoitettu muiden kuin pelkästään työntekijöiden oleskeluun. Asumisterveysasetuksessa on esitetty toimenpiderajat sisäympäristön fysikaalisille, kemiallisille ja biologisille tekijöille. Mikrobin osalta *”toimenpiderajan ylityksenä pidetään korjaamatonta kosteus- tai lahovauriota, aistinvaraisesti todettua ja tarvittaessa analyysillä varmistettua mikrobikasvua rakennuksen sisäpinnalla, sisäpuolisessa rakenteessa tai lämmöneristeessä silloin, kun lämmöneriste ei ole kosketuksissa ulkoilman tai maaperän kanssa, taikka mikrobikasvua muussa rakenteessa tai tilassa, jos sisätiloissa oleva voi sille altistua”.* *”Toimenpiderajan ylittyessä sen, kenen vastuulla haitta on, tulee ryhtyä terveydensuojelulain 27 §:n tai 51 §:n mukaisiin toimenpiteisiin terveyshaitan selvittämiseksi ja tarvittaessa sen poistamiseksi tai rajoittamiseksi”.*

Työpaikkarakennusten osalta Työturvallisuuslainsäädännössä esitetään yleinen vaatimus työpaikan terveellisyydestä ja turvallisuudesta, mutta rakennuksen ominaisuuksiin ei oteta tarkemmin kantaa. Tarkimmin työpaikkarakennuksiin liittyvien sisäympäristöolosuhteiden vaatimuksia on tarkasteltu Työterveyslaitoksen olosuhdearviointiohjeessa (Isokääntä ym. 2023). Ohje painottaa toimivan ilmanvaihdon, rakenteiden kosteusteknisten riskien ja sisäilmayhteydessä olevien kosteus- ja mikrobivaurioiden sekä mahdollisten muiden epäpuhtauksien roolia sisäilmaolosuhteiden muodostumisessa. Käytännössä haittatekijöiden tarkastelu

on hyvin samantyyppinen kuin asuintilojen osalta, mutta toimenpiderajan käsitettä ei käytetä.

Asumisterveysasetusta tai muuta kokonaisten tilojen olosuhteiden terveellisyydestä säättävää lainsäädäntöä ei sovelleta rakennusmateriaaleille, ei uusille eikä uudelleenkäyttävälle. Kuitenkin, jotta rakennuksen terveellisyyden ja turvallisuuden juridiset vaatimukset täyttyisivät, ei uudelleenkäytettävä rakennustuote yleensä voi olla esimerkiksi selvästi mikrobivaurioitunutta, mikäli tuotetta käytetään sellaisessa osassa rakennetta, että siitä voi kulkeutua epäpuhtauksia sisäilmaan tilassa, jossa tilankäyttäjät voivat niille altistua. Myös laho- tai hyönteisvaurioitunutta materiaalia sisältävän rakennustuotteen uudelleenkäyttö saattaa johtaa valmiin rakennuksen terveydellisten olojen vaarantumiseen.

Edellä mainituin perustein tässä luvussa on esitetty suosituksia, joiden tarkoituksena on varmistaa valmiin rakennuksen terveellisyys tilankäyttäjille mikrobien ja muiden biologisten epäpuhtauksien osalta.

Mikrobi- ja lahovaurioiden riski on olemassa kosteudelle altistuneissa rakennusmateriaaleissa. Elinkaarensa päässä olevien rakennusten rakenteissa on tavanomaisesti vähintään paikallisia kosteusvaurioita, mistä syystä mikrobi-epäpuhtauksien riski pitää huomioida lähtökohtaisesti kaikissa uudelleenkäyttö-hankkeissa. Tyypillisiä esimerkkejä mahdollisesti liialliselle kosteudelle altistuneista materiaaleista ovat rakennuksen ulkovaipassa ja märkätilojen rakenteissa käytetyt materiaalit. Kosteus- ja mikrobivaurioita voi olla myös muissa rakennuksen osissa, mikäli näihin on kohdistunut pitkäaikaista kosteusrasitusta, tyypillisesti esimerkiksi putki- tai kondenssivuodoista, siivousvesistä tai rakentamistavaiheen aikaisesta kosteudesta. Lisäksi maaperäkontaktissa olleet materiaalit voivat olla niin voimakkaasti mikrobikontaminoituneita (eli likaantuneita), että ne eivät sovellu uudelleenkäytettäväksi.

Rakennuksissa, joissa on valmistettu tai käsitelty pölyäviä elintarvikkeita tai muita hienojakoisia orgaanisia aineita, rakennepinnat ja esimerkiksi ontelolaattojen ontelot saattavat olla merkittävässä määrin kontaminoituneita orgaanisella pölyllä, joka voi sisältää materiaalista peräisin olevia allergeeneja, varastopunkki-allergeenia tai muita biologisia epäpuhtauksia. Orgaaninen pöly voi myös hermistää materiaalipinnat uusille mikrobivaurioille, mikäli uudelleenkäyttävään rakennustuotteeseen kohdistuu kosteusrasitusta.

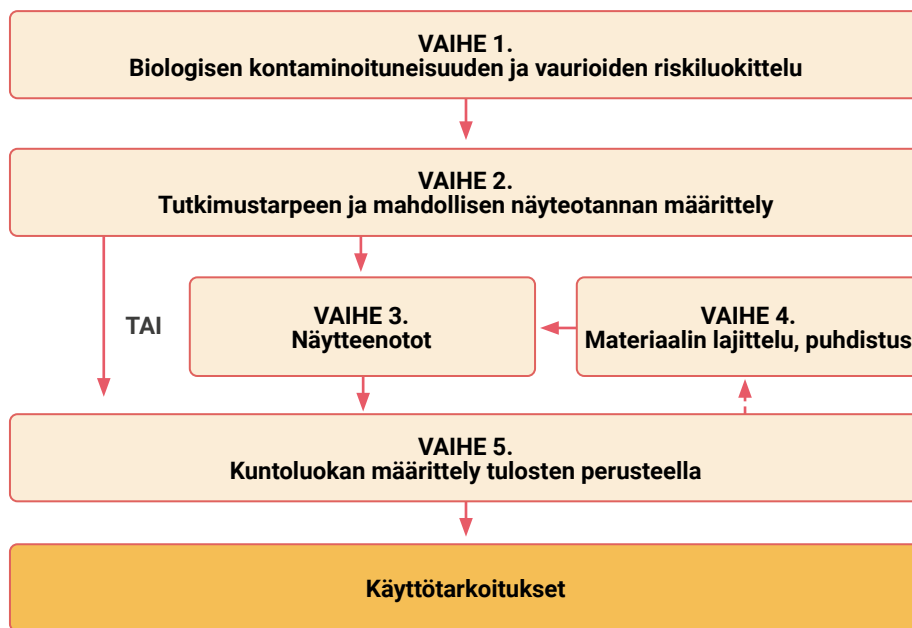
Mikrobivaurioituneeksi luokiteltuja tai orgaanisella pölyllä voimakkaasti kontaminoituneita rakennustuotteita voidaan uudelleenkäyttää talonrakentamisessa vain, mikäli niiden sisäilman laadulle aiheuttama riski on poistettavissa ja/tai hallittavissa luotettavasti. Vähäisiä ja kohtalaisia riskejä voidaan hallita esimerkiksi puhdistamalla materiaalipinnat mekaanisesti tai käyttämällä tällaisia materiaaleja

vain rakenteissa, jotka eivät ole sisäilmayhteydessä. Pintaa syvemmältä vaurioituneita epäorgaanisia materiaaleja voidaan joissain tapauksissa puhdistaa kuumentamalla. Esimerkiksi tiilien uudelleenpolttoa on käytetty historiallisesti arvokkaiden mikrobivaurioituneiden tiilien puhdistuksessa.

Tässä esitetään menetelmä rakennusosien mikrobi-, hyönteis- ja lahovaurioihin ja orgaanisiin pölyihin liittyvien riskien arviointiin, sekä niistä riippuvaan rakennustuotteiden käyttökelpoisuuden arviointiin. Menetelmästä poikkeaminen edellyttää uudelleenkäyttöön perehtyneen rakennusterveysasiantuntijan kokonaisvaltaista arviota riskeistä. Menetelmä on tarkoitettu sovellettavaksi oppaan muun sisällön tavoin vain seuraaville rakennusosille: ontelolaatta, betonipilari- ja palkki (elementti), liimapuupalkki, poltettu savitiili ja kalkkihiekkatiili. Menetelmää ei tule soveltaa sellaisenaan muille materiaaleille. Esimerkiksi vanhoissa rakennuksissa yleisesti käytetyissä luonnonmateriaaleissa ja niihin kontaktissa olleissa muissa materiaaleissa saattaa olla nyky menetelmin tutkittuna mikrobikasvustoksi tulkittavia mikrobipitoisuuksia, jotka eivät kuitenkaan ja useinkaan johdu materiaalin kosteusvaurioitumisesta, vaan ovat materiaalin ominaisuus.

Uudelleenkäytettävän rakennustuotteen mikrobivaurioituneisuuden arvioinnissa hyödynnetään rakennuksen elinkaaren loppuvaiheessa mahdollisesti tehtyjä kosteus- ja sisäilmateknisiä kuntotutkimuksia, purkukartoituksen havaintoja ja uudelleenkäyttökartoituksen ja -selvityksen tuloksia. Lisäksi tehdään tarpeenmukaisia lisänäytteenottoja. Prosessi on esitetty kaaviossa 6 ja kuvattu tarkemmin siihen liittyvässä tekstissä.

Mikrobivaurioituneeksi luokiteltuja tai orgaanisella pölyllä kontaminoituneita materiaaleja voidaan uudelleenkäyttää talonrakentamisessa vain, mikäli niiden sisäilman laadulle aiheuttama riski on poistettavissa ja tai hallittavissa luotettavasti.



Kaavio 6. Mikrobivaurioiden ja biologisten epäpuhtauksien arviointiprosessin vaiheet.

VAIHE 1. Riskiluokittelu

Uudelleenkäytettävän rakennusosan ja -tuotteen mahdollisten kosteus- ja mikrobivaurioiden riskin arviointi on suositeltavaa tehdä ennen rakennusosien ja -tuotteiden irrotusta.

Arviointi perustuu lähtötietoihin, kohteessa tehtäviin aistinvaraisiin tutkimuksiin ja tarvittaessa näitä täydentäviin tutkimuksiin. Soveltuvia tutkimustapoja on kuvattu ympäristöministeriön julkaisussa Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (Pitkäranta (toim.) 2016). Oppaassa esitetyistä menetelmistä sovelletaan tarpeen mukaan muun muassa rakennusosakohtaista kosteusvaurioriskin arviointia, aistinvaraista katselmointia, rakenneavauksia, rakennekosteusmittauksia, materiaalinäytteiden mikrobianalyysijä ja materiaalinpinnoilta kerätyn pölyn analysointia.

Riskiarvion tavoitteena on tunnistaa mahdollisimman varhain uudelleenkäyttöprosessissa matalariskiset osat, joiden uudelleenkäyttö on turvallista, sekä korkean riskin osat, joiden uudelleenkäyttöä kannattaa rajoittaa tai estää.

Riskiluokittelu määrittää, riittääkö vaurioituneisuuden toteamiseksi pelkkä aistinvarainen arviointi, vai tarvitaanko näytteenottoja, ja millaisella otannalla.

Mikäli osassa rakennusta ja tai mahdollisia uudelleenkäytettäviä rakennusosia on toisistaan poikkeavia mikrobi-, hyönteis- ja lahovaurioriskejä, kannattaa rakennusosille määrittää riskiluokat ennakoarviointiin pohjautuvilla rajauksilla ja tarpeen mukaisesti.

Arvioinnissa tulee huomioida seuraavat tekijät:

- materiaalin mikrobivaurioherkkyys (homehtumisherkkyyssluokka HHL tai vastaava tieto)
- materiaalin sijainti purettavassa rakennuksessa
- luovuttajarakennuksen rakennuksen käyttötapa (kosteusrasitus ja pintojen mahdollinen kontaminaatio orgaanisella pölyllä)
- tiedot rakennuksen ja rakenteen vauriohistoriasta (mahdollisten kuntotutkimusten, purku- ja uudelleenkäyttökartoituksen perusteella, tietoja muun muassa rakenteeseen kohdistunut kosteusrasitus, todetut mikrobi- ja lahovauriot, rakennuksessa etäämmälläkin todettu lattiasienen (*Serpula lacrymans*) kasvusto, voimakkaat hyönteis- ja jyrsijävahingot)
- havainnot kohteen katselmukselta: kosteus- ja mikrobivauriojäljet, hajut, kosteus ja muut havainnot.

Rakennusosat luokitellaan riskiluokkiin A matala riski, B kohtalainen riski ja C suuri riski taulukon 2. mukaisesti.

Taulukko 2. Rakennusosien riskiluokkien A, B ja C perusteet.

Riski-luokka	Kuvaus
A Matala riski	Uudelleenkäytettävät rakennusosat täyttävät seuraavat ehdot: Rakennusosat ovat kuivista tiloista tai märkätiloista, joissa ei varmuudella ole kosteusvaurioita (käyttö- ja vauriohistoria tulee tuntea luotettavasti). Rakennusosat eivät ole kontaktissa ulkovaipan eristeisiin eivätkä orgaanisiin eristeisiin, tai kontaktipinnat ovat vähäisiä ja puhdistettu/puhdistetaan mekaanisesti. Uudelleenkäytettävien rakennusosien purkualueella ei ole lahovaurioituneita tai hyönteis- tai jyrsijävaurioituneita materiaaleja. Rakennuksen käyttötapa ei aiheuta uudelleenkäytettäville rakennusosille merkittävää riskiä orgaanisen pölyn kontaminaatiolle, tai riski on olemassa, mutta pinnat on puhdistettu/puhdistetaan pölyttömiksi. Rakennuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole todettu lattiasientä. Rakennusosasta on poistettu/poistetaan kaikki riskialttiit pinnoitteet, päällysteet ja muut liittyvät materiaalit kokonaisuudessaan puhtaalle materiaalapinnalle (ei jäämiä).

Riski-luokka	Kuvaus
B Kohtalainen riski	Uudelleenkäytettävät rakennusosat täyttävät yhden tai useamman seuraavista ehdoista: Rakennusosat ovat märkätiloista, joissa ei ole tiedossa laajoja kosteusvaurioita, mutta vähäisempiä kosteusvaurioita ei voida luotettavasti sulkea pois saatavilla olevien tietojen perusteella. Rakennusosat ovat kuivista tiloista ja purkualueella on vähäistä kosteusvauriohistoriaa (pienialaiset pintamateriaalien vauriot). Rakennusosat ovat laajasti kontaktissa ulkovaipan (alapohjan, ulkoseinien tai yläpohjan) eristeisiin tai orgaanisiin eristeisiin, mutta vaipparakenteissa ei ole tiedossa kosteusvaurioita. Rakennusosista ei pystytä poistamaan kaikkia vaurioituneita tai selvästi riskialttiita tasoitteita, pinnoitteita, laasteja ja muita materiaaleja (materiaaliin jää jäämiä puhdistuksen jälkeenkin).
C suuri riski	Rakennusosa on laajasti kontaktissa ulkovaipan (alapohjan, ulkoseinien tai yläpohjan) eristeisiin tai orgaanisiin eristeisiin, joissa tiedetään tai voidaan olettaa olevan kosteus- ja mikrobivaurioita, eikä kontaktipintojen puhdistus ole kustannustehokkaasti mahdollista. Uudelleenkäytettävien materiaalien purkualueella tiedossa laajoja vesivahinkoja/kosteusvaurioita tai laho-, hyönteis- ja/tai jyräjävaurioita. Rakennuksen käyttötapaan liittyy voimakasta kosteusrasitusta (uimahallit, teolliset ympäristöt, joissa jatkuva korkea ilmankosteus), joka on voinut vaikuttaa uudelleenkäytettäviin rakennusosiin. Rakennuksen käyttötapaan liittyy orgaanisen pölyn/lian kontaminaation riski (jauhöpöly: leipomo, jauhovarasto, mylly yms.; puupöly: saha, hiomo, puuverstas, yms.; tekstiilipöly: kutomo, tekstiilivarasto yms.; pitkäaikaiset elintarvikevarastot) ja pölyä on voinut merkittävästi kulkeutua uudelleenkäytettäviin osiin, eivätkä likaantuneet materiaalapinnat ole kustannustehokkaasti puhdistettavissa. Rakennuksen käyttötapaan liittyy merkittävä rasva- ym. kontaminaation riski: ravintola- ja laitoskeittiöt) ja rasvalika on voinut merkittävästi kulkeutua uudelleenkäytettäviin osiin, eivätkä likaantuneet materiaalapinnat ole kustannustehokkaasti puhdistettavissa. Rakennuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä on havaittu lattiasienikasvustoa. Rakennusosasta ei ole poistettu/poisteta liittyviä vaurioituneita tai selvästi riskialttiita tasoitteita, pinnoitteita, laasteja ja muita materiaaleja.

VAIHE 2. Tutkimustarpeen ja mahdollisen näyteotannan määrittely

Tarkempi tutkimustarve määritetty edellä esitetyn riskiluokituksen ja aistinvarais-
ten tarkastelujen perusteella rakennusosien irrotuksen jälkeen seuraavasti:

Riskiluokka A (matala):

Luokkaan A luokitellut rakennusosat **eivät edellytä näytteenottoon perustuvaa testausta**. Niiden vaurio- ja kontaminaatoriski on niin vähäinen, että näytteenotoilla ei saavuteta lisäarvoa. Kaikki rakennusosat kuitenkin tarkastetaan huolellisesti aistinvaraisesti näkyvien vaurioiden ja tai kontaminaation varalta osien irrotuksen jälkeen (ulkonäkö, hajut). Mikäli viitteitä vaurioitumiseen tai kontaminaatioon ei todeta, näytteenottoa ja tarkempia tutkimuksia ei edellytetä. Mikäli todetaan viitteitä vaurioitumiseen tai kontaminaatioon, materiaali luokitellaan luokkaan B, tai jos vauriot tai kontaminaatio ovat selviä, luokkaan C.

Riskiluokka B (kohtalainen):

Kaikki luokkaan B luokitellut rakennusosat tarkastetaan irrottamisen jälkeen kattavasti aistinvaraisesti näkyviä mikrobi- tai lahovaurioita/kosteusjälkiä/hyönteistuoja/organisia pölyjä/eläinten jätöksiä sisältävien osien poissulke-miseksi. Aistinvaraisessa arvioinnissa selvästi vaurioitumattomat siirretään luokkaan A ja selvästi vaurioituneiksi tai kontaminoituneiksi todetut osat siirretään luokkaan C. Mahdollisesti jäljelle jäävät **rakennusosat testataan otannalla** tarkemmin näytteenotoin ja analyysein. Tutkittavat näytemäärät (otanta) on esitetty taulukossa 3.

Riskiluokka C (suuri):

Luokan C rakennusosat ovat suurella varmuudella vaurioituneita tai kontaminoituneita, eikä testauksella voida kohtuukustannuksin luotettavasti poissulkea tai rajata mikrobivaurioita tai orgaanisen pölyn esiintymistä. Näiden testausta ei edellytetä. Rakennusosat tutkitaan kuitenkin tarpeen mukaan huolellisesti aistinvaraisesti lattiasienen ja voimakkaiden vaurioiden varalta. Lattiasieniepäily varmistetaan tarvittaessa lahonäytteistä.

➤ **Riskiluokittelu määrittää, riittääkö vaurioituneisuuden toteamiseksi pelkkä aistinvarainen arviointi, vai tarvitaanko näytteenottoja, ja millaisella otannalla.**

Taulukko 3. Analyysien vähimmäisnäyttemäärät rakennustuotekohtaisesti.

Riskiluokka	Ontelolaatat, pilarit, palkit	Tiilet	Liimapuupalkit
A Matala riski	ei näytteitä	ei näytteitä	ei näytteitä
B Kohtalainen riski	Mikrobit: 1 mittapiste per 5 elementtiä, vähintään 10 mittapistettä per rakennus; 50 elementtiä ylittävältä osuudelta 1 mittapiste per 20 elementtiä	Mikrobit: 1 mittapiste per 50 tiiltä, kuitenkin vähintään 10 mittapistettä; 1000 tiiltä ylittävältä osuudelta 1 mittapiste per 200 tiiltä.	Mikrobit: 2 mittapistettä per 5 osaa (palkkia), kuitenkin vähintään 10 mittapistettä; 20 osaa ylittävältä osuudelta 1 mittapiste per 10 osaa
C suuri riski	ei näytteitä	ei näytteitä	tarvittaessa lahottajasien lajintunnistus (lattiasienepäilyt)
Näytteenotossa huomioitavaa	Ontelolaattojen näytteistä 30 % onteloiden sisäpinnoilta	Näytteitä tiilien eri pinnoilta	Näytteenotto painottuen palkkien/pilareiden päihin

VAIHE 3. Näytteenotto ja laboratorioanalyysimenetelmät

Riskiluokkaan B luokitellut materiaalit tutkitaan tarvittaessa näytteenotolla mikrobivaurioiden tai lahon osalta sen mukaan, mitä riskejä luovuttarakennuksessa on todettu tapauskohtaisesti kuntotutkimusten, purkukartoituksen, uudelleenkäytökartoituksen ja -selvityksen perusteella. Näytteenotto tehdään irrotetuista rakennusosista sen jälkeen, kun ne on tarkastettu aistinvaraisesti. Ennen näytteenottoa yleensä poistetaan pinnoitteet (tiilistä laastit) ja puhdistetaan materiaalin pinta vähintään pölyttömäksi (imurointi tai harjaus). Puhdistus tehdään tavalla, joka voidaan ja aiotaan suorittaa koko uudelleenkäytettäväksi aiottavalle rakennusosaerälle.

Näytteenottokohdat tulee valita siten, että ne edustavat eri paikoissa rakennusta/tarkasteltavaa aluetta sijainneita rakennusosia ja eri kohtia uudelleenkäytettävissä rakennusosissa. Mikäli joitakin kohtia rakennusosissa voidaan pitää vaurioitumisen suhteen muita kohtia riskialttiimpina, myös näistä kohdista otetaan näytteitä.

Tutkittavat osat numeroidaan ja tutkimuskohdat merkitään rakennusosaan esimerkiksi tussilla. Näytteenotosta dokumentoidaan tutkittu osa ja kohta ja aistinvaraiset havainnot (ulkonäkö, haju) ja tutkittu kohta valokuvataan.

Mikrobianalyysit: Mikrobianalyysit tehdään ensisijaisesti materiaalinäytteistä. Jos uudelleenkäytettäviä rakennusosia tullaan käyttämään asumisterveys-

asetuksen (STMa 545/2015) soveltamisalaan kuuluvassa rakennuksessa, materiaalin mikrobivaurioituneisuuden arvioinnissa käytetään asumisterveysasetuksessa ja sen soveltamisohjeessa (Valvira 2016) esitettyjä menetelmiä: asetuksessa mainittuja viljelypohjaisia menetelmiä tai muita, asetuksen mukaisesti validoituja menetelmiä. Lähtökohtaisesti näitä menetelmiä on suositeltavaa käyttää myös muissa kohteissa ja poikkeaminen edellyttää menetelmiin perhe-tyneen rakennusterveysasiantuntijan arviota vaihtoehtoisten menetelmien sovel- tuvuudesta. Kaikissa tapauksissa näytteenottajan tulee tuntee asumisterveys- asetuksen ja sen soveltamisohjeen mukaiset näytteenottomenetelmät ja näytteen- ottoon liittyvät toimintatavat.

Ontelolaatoista ja tiilistä materiaalinäytteenotto voidaan tehdä irrottamalla kappaleen ulkopinnasta materiaalia taltalla ja vasaralla tai iskuporakoneen taltta- päällä. Puupalkeista näyte otetaan vuolemalla puun pinnasta.

Ontelolaatoista tutkitaan myös ontelot. Näistä kerätään materiaali- tai sive- lynäytteitä, joiden määrä on 30 % kokonaisnäytemäärästä.

Puupalkkien osalta materiaalinäytteenotto keskitetään palkkien päihin ja muihin mahdollisesti riskialttiisiin kohtiin.

Lahottajasienen lajintunnistus (lattiasieniepäilyt):

Lahottajasienen lajintunnistus tehdään materiaalinäytteistä. Menetelmänä voidaan käyttää tunnistusta ulkomuodon perusteella (sienen makroskooppiset ja mikros- kooppiset ominaisuudet) pätevä mykologin toimesta. Tunnistuksessa voidaan käyttää myös DNA-pohjaista qPCR-menetelmää, mikäli laboratorio on validoinut analyysin.

Näyteanalyysien tulkinta:

Riskiluokan B materiaaleille tehtyjen analyysien tulkinta:

- Näytteissä ei mikrobikasvustoa tai orgaanisia pölyjä → kuntoluokka 1
- Näytteistä enintään 30 %:ssa mikrobikasvustoa → kuntoluokka 2 TAI lajittelu, puhdistus + uudelleentestaus (katso vaihe 4)
- Näytteistä > 30 %:ssa mikrobikasvustoa → kuntoluokka 2.
- Ontelolaattojen onteloissa mikrobikasvustoa → kuntoluokka 2.

Mikäli riskiluokan B rakennusosien näytteenotossa todetaan poikkeamia korkein- taan 30 % näytteistä, materiaali voidaan tarkastaa, lajitella ja tai puhdistaa sekä testata uudelleen. Mikäli poikkeamia on > 30 %:ssa näytteistä, ei puhdistus ole

suositeltavaa, koska materiaalissa voidaan katsoa olevan säännönmukaista vaurioituneisuutta/kontaminaatiota, jonka riittävä eliminointi kustannustehokkaasti on epävarmaa. Mikäli käytettävän puhdistusmenetelmän erinomainen teho voidaan kuitenkin osoittaa luotettavasti esimerkiksi koepuhdistuksella, voidaan 30 % raja-arvosta poiketa.

Riskiluokan C materiaaleille tehtyjen analyysien tulkinta:

- Materiaalissa todettu lahottaja tunnistettu lattiasieneksi → kuntoluokka 3.
- Materiaalissa todettu lahottaja muu kuin lattiasieni → kuntoluokka 2.

VAIHE 4. Rakennusosien lajittelu ja tai puhdistus

Rakennusosien lajittelu voi perustua esimerkiksi tietoon osien sijainnista luovuttajarakennuksessa tai aistinvaraiseen arviointiin. Puhdistus voi käsittää esimerkiksi tiili- ja betonimateriaalien pinnan teräsharjauksen, hionnan, hiekka- tai kuivajääpuhalluksen, puupalkkien päiden katkaisun, puupalkkien pinnan höyläyksen tai muita vastaavia mekaanisia puhdistustoimenpiteitä. Myös kuumennuskäsittely voi olla soveltuva toimenpide tiili- ja betonirakenteille, mutta soveltuva käsittelymenetelmä, mukaan lukien lämpötila ja vaikutusaika tulee arvioida tapauskohtaisesti. Puhdistuksen mahdollinen vaikutus materiaalin mekaaniseen kestävyYTEEN tulee huomioida. Biosidikäsitteilyt eivät sovellu vaurioituneen tai kontaminoituneen uudelleenkäytettävän materiaalin puhdistukseen. Puhdistustapa ja analyysitulokset ennen ja jälkeen puhdistuksen tulee dokumentoida.

Puhdistetut osat testataan uudelleen kuten kuvattu kohdassa *Vaihe 3*.

VAIHE 5. Kuntoluokan ja käyttötapojen määrittäminen

Riskiluokituksen ja mahdollisten näyteanalyysien tulosten perusteella (vaiheet 2 ja 3) rakennusosille määritetään kuntoluokka epäpuhtausmäärien mukaan:

- kuntoluokka 1, puhdas materiaali
- kuntoluokka 2, kontaminoitunut tai vaurioitunut materiaali
- kuntoluokka 3, voimakkaasti vaurioitunut materiaali.

Luokituksen perusteet ja luokitusta vastaavat uudelleenkäytettävien rakennusosien mahdolliset käyttökohteet on esitetty Taulukossa 4.

Taulukko 4. Uudelleenkäytettävän rakennusosien ja -tuotteiden kuntoluokat, niiden perusteet sekä mahdolliset käyttötavat.

Kuntoluokka 1. Puhdas materiaali
Riskiluokan A materiaalit
Riskiluokan B materiaalit, joissa ei ole näytteenoton perusteella todettu mikrobikasvustoja TAI poikkeamat on saatu eliminotua lajittelulla ja tai puhdistuksella.
Käyttö: Kuntoluokan 1 rakennusosia voidaan käyttää kaikissa käyttökohteissa ja -tarkoituksissa, myös sisäilmayhteydessä olevissa rakenteissa ja kosteusrasitetuissa rakenteissa.
Kuntoluokka 2. Kontaminoitunut tai vaurioitunut materiaali
Riskiluokan C materiaalit yleensä
Riskiluokan B materiaalit, joissa todettu mikrobikasvustoja, joita ei ole saatu eliminotua lajittelulla/puhdistuksella.
Käyttö: Kuntoluokan 2 rakennusosia voidaan käyttää ulkovaipparakenteissa lämmön-eristekerroksen ulkopuolella. Rakennusosia ei käytetä sisäilmayhteydessä olevissa rakenteissa. Mikäli puupalkeissa on todettu lahoa, niitä ei käytetä kantavissa rakenteissa.
Kuntoluokka 3. Voimakkaasti vaurioitunut materiaali
Riskiluokan C materiaalit, joiden luovuttajarakennuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä on todettu lattiasientä.
Riskiluokan C materiaalit, jotka ovat olleet pitkäaikaisen kosteusrasituksen alaisina, tyypillisesti maanvastaisissa rakenteissa, ja ovat aistinvaraisesti arvioituna voimakkaasti vaurioituneita. Näissä on tyypillisesti myös materiaalin lujuuteen vaikuttavia vaurioita (merkittävää lahoa, raudoitusten korroosiovaurioita ja tiilen/betonin rapautumista).
Käyttö: Kuntoluokan 3 rakennusosia ei uudelleenkäytetä rakennuksissa.

Edellä esitetyistä luokitteluohjeista voidaan poiketa harkinnanvaraisesti vähäisessä määrin, kun poikkeaminen ei kokonaisuus huomioiden heikennä vastaanottajarakennuksen rakenteiden toiminnan ja käyttäjien turvallisuutta tai sisäilman laatua. Poikkeamisen perusteet tulee kirjata rakennushankkeen suunnitelma-asiakirjoihin.

Rakennustuotteiden säilytys ja varastointi

Mikäli kuntoluokka on määritetty ennen purkamista ja uudelleenrakentamista sekä mahdollisia kuljetusta ja välivarastointia, tulee kiinnittää erityistä huomiota kosteusturvallisten olosuhteiden pysyvyyteen koko uudelleenkäytön prosessin ajan. Uudelleenkäytettävät rakennustuotteet eivät saa kastua. Puupalkit tulee varastoida hyvin tuuletetussa, vähintään peruslämmöllä olevassa tilassa, jonka suhteellisen ilmankosteuden tulee pysyä alle 70 RH%. Ontelolaattojen ja tiilien varastointi tulee tehdä sääsuojassa. Mikäli näiden varastointi kestää kosteana vuodenaikana yli 3 kk, tulee varaston olosuhteita parantaa pitämällä yllä peruslämpöä, tai rakennustuotteet tulee tutkia uudelleen ennen niiden käyttöä kohdassa "Näytteenotto, vaihe 3" kuvatun mukaisesti.

Hajut

Mikäli uudelleenkäytettävässä rakennustuotteessa todetaan kyseiselle materiaalille epätyypillistä hajua, tulee hajun aiheuttaja selvittää mahdollisuuksien mukaan. Hajuja voivat aiheuttaa esimerkiksi:

- mikrobivauriot (homeen, kellarin tai mullan haju)
- kloorianisolipäästöt samasta tai lähellä olevasta materiaalista (mummonmökin haju)
- viereisistä materiaaleista tai pinnoitteista imeytyneet aineet (katso kohta Kemialliset epäpuhtaudet)
- tilan käyttöön liittyneet tekijät (tupakan haju, ruuan/rasvan haju, liuottimien haju).

Haisevaa materiaalia ei lähtökohtaisesti tule käyttää sisäilmayhteydessä olevissa rakenteissa.

5.5.2 Kemialliset haitta-aineet

TIIVISTELMÄ

- Rakennusosissa voi esiintyä erilaisia terveydelle tai ympäristölle haitallisia aineita, jotka ovat nyky-lainsäädännöllä kiellettyjä tai joiden käyttöä on rajoitettu.
- Haitta-aineelle altistuminen voi aiheuttaa terveyshaittaa ihmiselle ja tai se voi olla haitallista ympäristölle.
- Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kohdalla on syytä arvioida mitä ja missä pitoisuuksissa haitta-aineita esiintyy sekä millaisessa muodossa, käyttökohteessa ja olosuhteissa uudelleenkäytettävä rakennustuote tulee olemaan.
- Rakennustuotteiden päästöille sisäilmaan ei ole nykyisellään olemassa suoranaisia lainsäädöllisiä velvoitteita tai esitetty sitovia raja-arvoja.
- Nykytiedon valossa on suhteellisen epätodennäköistä, että betoni-, tiili- tai liimapuutuotteet sisältäisivät haitta-aineita niissä määrin, että POP- tai REACH-asetusten pitoisuusrajoitteet muodostaisivat esteen uudelleenkäytölle.
- Uudelleenkäyttöselvityksen yhteydessä tehtävän haitta-ainetutkimuksen perusteella tunnistetaan haitallisia aineita sisältävät rakennusmateriaalit sekä potentiaaliset uudelleenkäytettävät rakennusosat.
- Uudelleenkäyttöön tarkoitettujen rakennustuotteiden kohdalla on suositeltavaa poistaa pinnoitteet (maalit, pintakäsittelyt, lattiapäällysteet), mikäli ne sisältävät haitta-aineita merkittävässä määrin tai aineen käyttö on kielletty (kuten asbesti).
- Sisäympäristön viihtyisyyden ja sisäilman laadun kannalta on huomioitava erikseen tarkoituksenmukaisesti ja tapauskohtaisesti mahdolliset viihtyisyyshaittaa aiheuttavat kemialliset tekijät.

Eri vuosikymmeninä käytetyissä rakennustuotteissa voi esiintyä erilaisia terveydelle tai ympäristölle haitallisia aineita rakennustuotteiden valmistus- ja raaka-aineissa, materiaalien pinnoitteissa sekä rakennusmateriaaleihin muuten liittyvissä aineissa, jotka ovat nyky-lainsäädännöllä kiellettyjä tai joiden käyttöä on

rajoitettu. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä arvioitaessa on tunnistettava haitta-aineiden eri lähteet kokonaisuutena.

Haitta-aineelle altistuminen voi aiheuttaa terveyshaittaa ihmiselle ja tai se voi olla haitallinen ympäristölle (RT 103500; RT 103501; Zhu ym. 2022). Sisäympäristön näkökulmasta uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden sisältämien haitta-aineiden mahdollisesti aiheuttamiin terveysriskeihin vaikuttavat useat tekijät, kuten aineiden ominaisuudet, pitoisuudet materiaalissa, altistumisreitit ja -tasot (Zhu ym. 2022). Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kohdalla on syytä terveellisyys- ja turvallisuuskäytännöstä arvioida mitä ja missä pitoisuuksissa haitta-aineita esiintyy sekä millaisessa muodossa, käyttökohteessa ja olosuhteissa uudelleenkäytettävä rakennustuote tulee olemaan (Zhu ym. 2022). Periaatetasolla, mikäli haitta-aineelle ei voida altistua sisäympäristössä, ei myöskään terveysriskiä tilojen käyttäjille ole (Zhu ym. 2022). Samanaikaisesti on huomioitava, että haitta-aineet voivat olla myös ympäristömyrkkyjä, ja ne halutaan poistaa materiaalikierrosta ympäristönäkökulman takia.

Tässä oppaassa ja luvussa tarkastellaan uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita talonrakentamisen prosessien näkökulmasta ja niiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden osoittamisen näkökulmasta kansallisen tuotehyväksyntämenettelyn, rakennuspaikkakohtaisen varmentamisen (954/2012 § 17; YM 21.6.2022; Zhu & Tähtinen 2022), mukaisesti.

Tämän oppaan tarkastelussa on tilanne, jossa rakennustuotteelle on jo osoitettu uudelleenkäyttö eikä siitä ole tullut jätelain määrittelyn mukaista jätettä eikä se ole menossa jätelain mukaiseen uudelleenkäytön valmisteluun. Tässä luvussa käsitellään vain rakennuksen sisätiloista (ei sää- tai maaperärasitukselle alttiita) irrotettuja rakennustuotteita, joiden uusi käyttökohde on seuraavan rakennuksen sisätiloissa (ei sää- tai maaperärasitusta). Uudelleenkäytettävän rakennustuotteen käyttötarkoitus säilyy lähtökohtaisesti alkuperäisenä.

Uusien rakennustuotteiden kohdalla säädellään nykyisellä lainsäädännöllä rakennusmateriaalien koostumusta ja rakennuskohteiden sisäympäristöjen sallittuja olosuhteita. Rakentamislain (751/2023) mukaisesti rakennuksesta ei saa aiheutua terveyshaittaa muun muassa sisäilman epäpuhtauksien vuoksi eikä rakentamisessa saa käyttää tuotteita, joista aiheutuu sellaisia päästöjä sisäilmaan tai ympäristöön, joita ei voida pitää hyväksyttävänä. Nykylainsäädännössä ei tehdä eroa sen välillä, onko kyseessä uusi vai uudelleenkäytettävä rakennustuote. Näitä molempia koskee sama lähtökohta, missä lain vaatimukset on täytettävä ja kelpoisuus on selvitettävä sekä osoitettava (katso Luku 3).

Rakennustuotteiden päästöille sisäilmaan ei ole nykyisellään olemassa suoranaisia lainsäädöllisiä velvoiteta eikä esitetty sitovia raja-arvoja. Rakentamislain

mukainen rakennustuotteiden sisäilmapäästöjen hyväksyttävyys on tältä osin tulkinnanvarainen parametri. Uusille rakennuskäyttöön tarkoitetuille puulevyille on EU:n velvoittama CE-merkintään sidottu vaatimus koskien formaldehydien päästöjä ja 6.8.2026 alkaen REACH-asetuksessa formaldehydin päästöjä esineissä laajemmin (Komission asetus (EU) 2023/1464). Kansallisesti uusien rakennusmateriaalien päästöille on olemassa vapaaehtoisuuteen perustuva Rakennustietosäätö RTS:n omistama ja Rakennustieto Oy:n operoima M1-luokitusjärjestelmä, jonka perusteella voidaan osoittaa rakennusmateriaalin vähäpäästöisyys ja hajun hyväksyttävyys sisäilman laadun kannalta (<https://ymparisto.rakennustieto.fi/rakennusmateriaalien-paastoluokitus>). Uudelleenkäytettäville rakennustuotteille ei ole olemassa vastaavaa sertifiointia.

Periaatetasolla rakennustuotteiden terveellistä ja turvallista käyttöä sisäympäristöissä ohjataan ja valvotaan välillisesti. Esimerkiksi terveydensuojelulain (763/1994) nojalla säädetyssä asumisterveysasetuksessa (STMa 545/2015) ja siihen liitettyssä Valviran asumisterveysasetuksen soveltamisohjeessa ei esitetä raja-arvoja rakennusmateriaalien sisältämille kemiallisille haitta-aineille ja tai näiden päästöille sisäilmaan vaan asetuksessa esitetään toimenpiderajat vain suoraan huoneilmasta mitattaville kemiallisille altisteille. Huoneilmassa esiintyvien altisteiden pitoisuuksiin vaikuttaa rakennuskokonaisuus (kuten esimerkiksi käytetyt rakennus- ja sisustusmateriaalit, rakenneratkaisut, käyttökohde, olosuhteet, ilmanvaihto, tilojen käyttäjät ja toiminnot sekä ulkoiset tekijät, kuten liikenne).

Rakennustuotteiden valmistuksessa käytettäviä aineita ja seoksia sellaisenaan koskevat kiellot ja rajoitukset on esitetty esimerkiksi EU:n REACH-asetuksessa (EY N:o 1907/ 2006) ja POP-asetuksessa (EU N:o 2019/1021). REACH- ja POP-asetuksissa on esitetty myös aineiden esiintymistä esineissä koskevia kieltoja ja rajoituksia. Tämän hankkeen tarkastelun piirissä olevat uudelleenkäytettävät rakennustuotteet ovat kategorisesti tulkittavissa esineiksi, sillä niiden kohdalla muoto, pinta tai rakenne määrittää esineen käyttötarkoitusta enemmän kuin kemiallinen koostumus.

POP- ja REACH-asetukset voidaan tulkita velvoittavaksi lainsäädännöksi uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kohdalla, mikäli rakennustuotteet saatetaan markkinoille. POP- ja REACH-asetuksissa 'markkinoille saattamisella' tarkoitetaan

 **Uudelleenkäytettävissä rakennustuotteissa voi esiintyä erilaisia terveydelle tai ympäristölle haitallisia aineita, jotka ovat nykylainsäädännöllä kiellettyjä tai joiden käyttöä on rajoitettu.**

toimittamista tai tarjoamista kolmannelle osapuolelle joko maksua vastaan tai maksutta. Mikäli uudelleenkäytettävä rakennustuote välitetään esimerkiksi materiaalitori.fi kaltaisella verkkosivustolla, on myyjän vastuulla varmistaa, että uudelleenkäytettävä rakennustuote täyttää nykyiset kemikaalilainsäädännön vaatimukset.

Kemikaalilainsäädännön tulkinta rakennustuotteiden uudelleenkäytössä

Ympäristöministeriön julkaisemassa POP-jätteen käsittelyoppaassa on nostettu esiin POP-yhdisteitä sisältävien tuotteiden uudelleenkäyttö (Ympäristöministeriö 2024b). POP-asetuksen mukaisesti sellaisen POP-yhdistettä sisältävän esineen käytön jatkaminen on sallittua, mikäli esine on ollut käytössä jo silloin, kun POP-asetuksen yhdistettä koskeva käyttökielto tai -rajoitus on tullut voimaan. Ympäristöministeriön POP-jätteen käsittelyoppaan mukaan tällaisen esineen uudelleenkäyttö alkuperäiseen tarkoitukseensa on sallittua, jos esinettä ei välillä luokitella jätteeksi (Ympäristöministeriö 2024b). Jos POP-yhdisteitä sisältäviä esineitä halutaan uudelleenkäyttää, on pidettävä mielessä alkuperäisestä käytöstä mahdollisesti poikkeava altistumisriski uudessa käyttökohteessa (Ympäristöministeriö 2024b).

Toisin sanoen, uudelleenkäytettävä rakennustuote voi sisältää POP-yhdisteitä pitoisuudesta riippumatta, mikäli rakennustuote on ollut käytössä ennen kuin POP-yhdisteen käyttökielto tai -rajoitus on tullut voimaan ja uudelleenkäytettävää rakennustuotetta käytetään edelleen rakentamisessa samassa käyttötarkoituksessa. Tällöin ympäristöministeriön POP-jätteen käsittelyoppaan (Ympäristöministeriö 2024b) mukaista mahdollisesti poikkeavaa altistumisriskiä ei tarvitse tältä osin huomioida. POP-asetuksen yhdisteitä koskevat käyttökielto ja -rajoitusten voimaantulot ovat yhdistekohtaisia ja nämä tulee varmistaa POP-asetuksesta. Pääosin yhdistekohtaiset voimaantulot sijoittuvat 2000–2010-luvulle. Tässä oppaassa oletetaan, että uudelleenkäyttöön suunnitellut rakennustuotteet ovat olleet käytössä pääsääntöisesti ennen tätä ajanjaksoa.

Mikäli uudelleenkäytettävät rakennustuotteet sisältävät POP-yhdisteitä, on suositeltavaa antaa seuraavalle käyttäjälle tiedot näistä yhdisteistä. Tämä auttaa varmistamaan, että jo kerran tunnistetut POP-yhdisteitä sisältävät esineet siirtyvät tiedon kera seuraaville käyttäjille ja lopulta jätehuoltoon. (Ympäristöministeriö 2024b.)

REACH-asetuksen osalta vastaavanlainen tulkinta uudelleenkäytön osalta ei tule kyseeseen vaan samat vaatimukset ja rajoitustoimenpiteet koskevat niin uusia kuin uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita. Uudelleenkäytettävien rakennus-

tuotteiden kohdalla voidaan katsoa olennaiseksi esineiden tuottajia koskevat REACH-asetuksen velvoitteet, ja näistä erityisesti tiedonantovelvoitteet liittyen erityistä huolta aiheuttaviin aineisiin (SVHC-aineet) (ECHA 2017). Mikäli uudelleenkäytettävä rakennustuote sisältää SVHC-aineita yli 0,1 painoprosenttia (1000 mg/kg), on tuottajalla velvollisuus tiedottaa asiasta tuotteen vastaanottajalle ja tehtävä ilmoitus ECHA:n ylläpitämään SCIP-tietokantaan. Annettujen tietojen tulee kattaa olennaisin osin tuotteen turvallisen käytön sen koko elinkaaren osalta.

Lisäksi uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden osalta tulee huomioida REACH-asetuksen liitteen XVII mukaiset aineiden käyttöä koskevat rajoitukset ja kiellot. Nämä rajoitukset ja kiellot voivat koskea useita tekijöitä, kuten esimerkiksi aineiden pitoisuuksia esineissä tai niiden käyttöä tietyissä sovelluksissa. Liitteen XVII perusteella voidaan rajoittaa esimerkiksi arseeniyhdisteisiin liittyvin rajoitusmenetelmin kupari-kromi-arseeniyhdisteiden liuoksella (CCA-liuos) käsitellyn puun käyttöä ja markkinoille saattamista tai esimerkiksi sellaisten esineiden, joihin on lisätty asbestikuituja tarkoituksella, saattaminen markkinoille on lähtökohtaisesti kielletty.

Nykylainsäädännöllä kiellettyjä tai rajoitettuja aineita voi olla uudelleenkäytetävissä rakennustuotteessa esimerkiksi rakennustuotteen raaka-aineissa sellaisenaan, pinnoitteissa, rakennustuotteeseen imeytyneenä liitännäisistä rakennusmateriaaleista tai käytönaikaisten toimintojen seurauksena (Zhu ym. 2022). Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kohdalla ollaan haasteellisessa lähtötilanteessa, sillä rakennustuotteen alkuperäistä dokumentaatiota ei todennäköisesti ole saatavilla eivätkä käytetyt raaka-aineet ole välttämättä tiedossa. Tehdasvalmisteiset rakennustuotteet voivat olla rakennuskohteessa jälkikäteen käsiteltyjä tai rakennusosaan voi olla imeytyneenä ulkoisten tekijöiden takia (esimerkiksi öljyvahingot) aineita, jotka eivät kuulu siihen, jolloin niistä ei ole tietoa esimerkiksi rakennustuotteen alkuperäisessä dokumentaatiossa. Aineiden todentaminen on mahdollista vain esimerkiksi soveltuvien osien uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimuksen koostumus- ja pitoisuusanalyysien perusteella (Lehtonen 2019; RT 103500; RT 103501; Wahlström ym. 2019).

Nykymuotoisen haitta-ainekartoituksen ja -tutkimuksen näytteenotot ja otannat ovat kohdennettuja (RT 103500; RT 103501) ja haitta-aineiden imeytymistä rakennusosaan saatetaan tutkia pienimuotoisella otannalla, jossa esimerkiksi vain rakennusosan pintakerrokseen imeytyneet haitta-aineet tutkitaan. Tutkimustulokset eivät ole edustavia koko rakennusosaan suhteutettuna vaan kuvaavat tyypillisesti enemmän haitta-aineiden pitoisuutta pintakerroksessa.

Mikäli haitta-aineiden pitoisuus painoprosentteina suhteutettuna koko rakennustuotteeseen haluttaisiin arvioida kokonaisvaltaisesti ja luotettavasti, tarvittaisiin tähän tarkat tiedot esimerkiksi rakennustuotteen mitoista, tiheydestä, liitän-

näisten pinnoitteiden kerrospaksuuksista ja tiheyksistä sekä haitta-aineiden pitoisuuksista ja jakaumasta. Tällaiseen arviointiprosessiin ei ole nykyisellään suoranaista ohjeistusta ja analyysikohtaiset kustannukset voivat muodostua kustannus- ja hyötysuhteen kannalta uudelleenkäyttöä rajoittavaksi tekijäksi.

Haitta-aineiden pitoisuudet painoprosenteina suhteutettuna koko rakennustuotteeseen tulisi arvioida, jotta voitaisiin tulkita, täyttääkö rakennusosa POP- tai REACH-asetusten velvoitteet (esimerkiksi sisältääkö rakennustuote SVHC-aineita yli 0,1 painoprosenttia). Mikäli nykyisiä haitta-ainetutkimuksen pitoisuustuloksia hyödynnetään sellaisenaan rakennustuotteen sisältävien aineiden pitoisuuden arvioinnissa, ovat tutkimustulokset todennäköisesti yliarvioituja suhteutettuna koko rakennustuotteen haitta-ainepitoisuuteen.

Nykytiedon valossa on suhteellisen epätodennäköistä, että betonielementit (ontelolaatta, pilari ja -palkki), poltettu savitiili, kalkkiahiekkatiili tai liimapuu (palkki ja pilari) sisältäisivät haitta-aineita niissä määrin, että POP- tai REACH-asetusten pitoisuusrajoitteet muodostaisivat esteen uudelleenkäytölle. Tähän vaikuttaa kuitenkin kyseisten asetusten tulkinta ja erityisesti aineita esineissä koskevat yksityiskohdat (ECHA 2017). Kuten edellä mainittiin, POP-asetuksen osalta rakennustuotteita voidaan uudelleenkäyttää tietyin reunaehdoin POP-yhdisteen pitoisuudesta riippumatta (Ympäristöministeriö 2024b). On huomionarvoista, että vaikka uudelleenkäytettävä rakennustuote sisältäisi haitallisia aineita, ei pitoisuus- ja koostumusanalyysien perusteella voida tehdä kvantitatiivisia johtopäätöksiä näiden päästöistä sisäilmaan tai haitallisuudesta terveydelle.

Betonielementtien (ontelolaatta, pilari- ja palkki), liimapuupalkkien ja -pilarien sekä poltetun tiilen ja kalkkiahiekkatiilen uudelleenkäyttö

PURATER-hankkeessa selvitettiin ja koottiin laajasti tietoa muun muassa betonin, liimapuun ja tiilien raaka-aineiden, valmistusprosessien ja pintamateriaalien sekä muiden rakennusosiin liittyvien materiaalien haitta-aineiden esiintymisestä ja mahdollisesta vaikutuksesta sisäympäristöissä ja sitä kautta ihmisen terveyteen (Zhu ym. 2022). Tarkasteltujen materiaalien (betoni, liimapuu, tiili) raaka-aineiden ja valmistusprosessien osalta selvityksessä päädyttiin siihen, että olemassa olevan tiedon perusteella kyseiset materiaalit sellaisenaan eivät sisällä erityisen ongelmallisia aineita sisäympäristöjen terveellisyyden tai turvallisuuden näkökulmasta (Zhu ym. 2022).

PURATER-hankkeen loppuraportissa on esitetty kattavasti tietoa eri rakennusmateriaalien sisältämistä haitta-aineista ja epäpuhtauksista, mukaan lukien kohdennetusti betoni-, tiili- ja liimapuuhun liittyvät aineet (Zhu ym. 2022). Lisäksi

haitta-ainetutkimuksen ohjekorteissa (RT 103500; RT 103501) ja ympäristöministeriön oppaissa (esimerkiksi Lehtonen 2019; Ympäristöministeriö 2023; Pitkäranta (toim.) 2016; Wahlström ym. 2019) on listattu eri rakennusmateriaalien sisältämiä haitta-aineita ja näiden tunnistus- ja analyysimenetelmiä.

Betoni-, liimapuu- ja tiilirakennustuotteiden uudelleenkäytön arvioimiseen kemiallisten haitta-aineiden osalta ehdotetaan seuraavaa lähestymistapaa. Purkukartoituksen (uudelleenkäyttöselvityksen) yhteydessä tehtävän haitta-ainetutkimuksen perusteella tunnistetaan haitallisia aineita sisältävät rakennusmateriaalit ja rakennusosat sekä potentiaaliset uudelleenkäytettävät rakennustuotteet (Lehtonen 2019; RT 103500; RT 103501; Wahlström ym. 2019). Haitta-ainetutkimuksen perusteella tunnistetut vaarallisen jätteen pitoisuusrajan ylittävät rakennusmateriaalit poistetaan kohdennetusti ja hallitusti. Asbestia sisältävät rakennusmateriaalit poistetaan eikä asbestia sisältäviä rakennustuotteita tule uudelleenkäyttää (798/2015). Toiminta noudattaa tältä osin nykyistä purkukartoitusta (Lehtonen 2019; Wahlström ym. 2019). Purkutyöt suoritetaan siten, etteivät uudelleenkäyttöön suunnitellut rakennustuotteet kontaminoidu haitallisilla aineilla ja tai niissä määrin kuin se teknisesti ottaen on mahdollista estää. Näiden reunaehtojen täyttyessä, voidaan uudelleenkäyttöön suunnitellut rakennustuotteet uudelleenkäyttää ilman erillisiä rakennustuotteista teetettäviä kemiallisten haitta-aineiden mittauksia, sillä ne eivät sellaisenaan sisällä nykytiedon valossa haitallisia aineita terveydelle merkityksellisissä olevin määrin (Zhu ym. 2022).

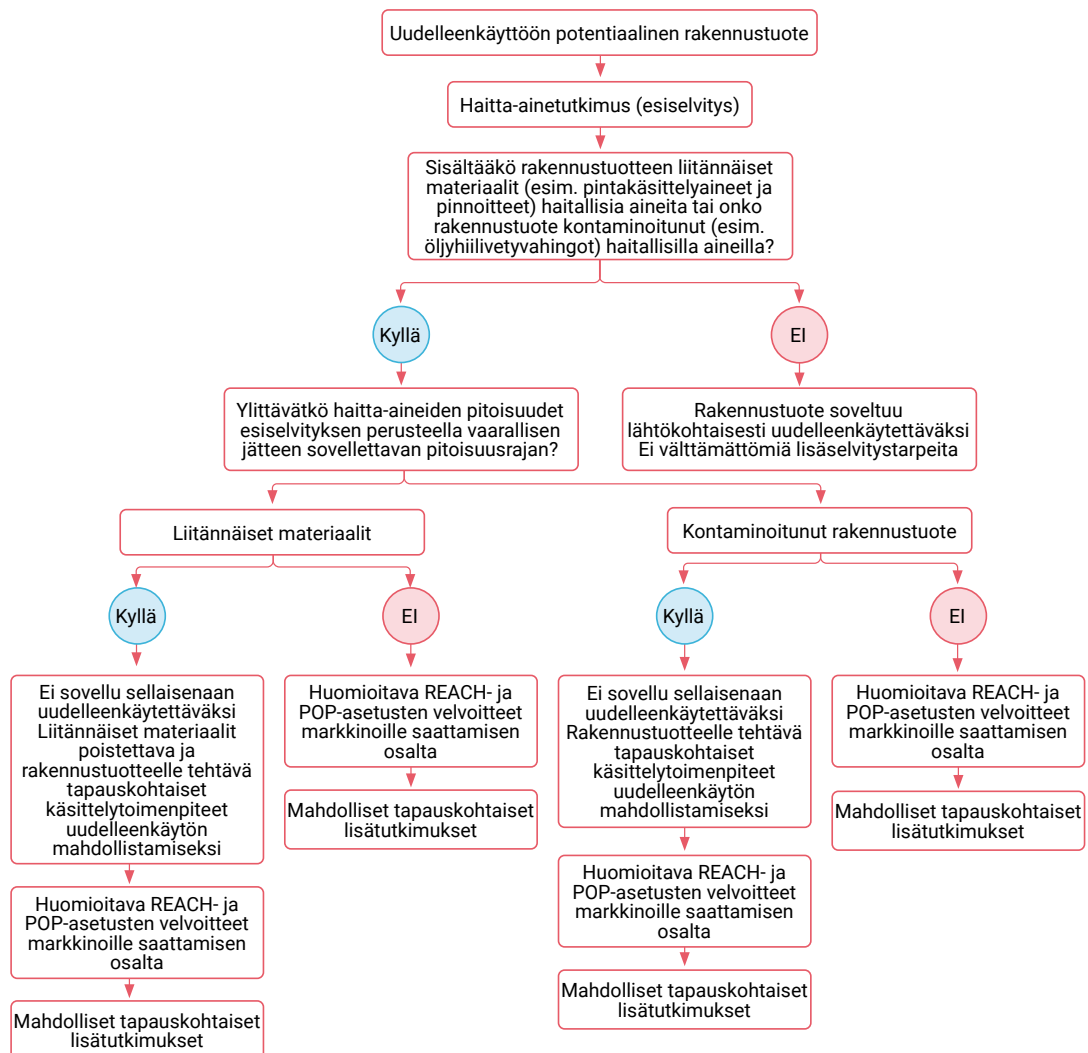
Haitta-ainetutkimuksessa on syytä kiinnittää huomiota uudelleenkäyttöön suunniteltujen rakennustuotteiden liitännäisiin materiaaleihin ja ulkoisista tekijöistä peräisin oleviin kontaminaatioihin. Uudelleenkäyttöön harkittavien rakennustuotteiden kohdalla on suositeltavaa poistaa pinnoitteet (maalit, pintakäsittelyt, lattiapäällysteet) ja muut liittyvät materiaalit. Mekaaniset käsittelytoimenpiteet voivat olla esimerkiksi teräsharjaus, hionta, höyläys tai hiekka- tai kuivajääpuhallus. Vaihtoehtoisesti voidaan tapauskohtaisesti arvioida, onko pinnoitemateriaalien poistaminen välttämätöntä tai tarkoituksenmukaista. Tähän vaikuttaa moni käytännön tekijä (esimerkiksi esteettisyys ja uudelleenpinnoitettavuus) ja materiaalien haitta-ainepitoisuudet. Mikäli pinnoitemateriaalit tai pintakäsittelyt sisältävät SVHC-aineita, ovat mahdolliset REACH-asetuksen velvoitteet huomiotava tiedonantovelvoitteiden osalta ja huomiotava tapauskohtaisesti liitteen XVII rajoitukset ja kiellot.

Sisäympäristön viihtyisyyden ja sisäilman laadun kannalta on huomiotava erikseen tarkoituksenmukaisesti ja tapauskohtaisesti mahdolliset viihtyisyyshaitat. Haihtuvat yhdisteet voivat aiheuttaa viihtyisyyshaittaa esimerkiksi aistinvaraisesti, mutta yleisesti ottaen haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC-yhdisteet)

pitoisuudet tavanomaisissa sisäympäristöissä Suomessa ovat alhaisia eikä niistä aiheudu tavanomaisesti havaittavissa pitoisuuksissa terveyshaittaa (Juntunen ym. 2022; Wallenius ym. 2021; Wallenius ym. 2023).

Erityistä huomioita rakennusosien haitta-aineiden osalta on kiinnitettävä muun muassa teollisuuskäytössä olleiden rakennusten uudelleenkäytettävien rakennusosien puhtauteen. Kyseessä olevien rakennusosien riski kontaminoitumiselle kemiallisilla haitta-aineilla voi olla usein suurempi rakennuksen käytön takia (esimerkiksi teolliset prosessit) kuin muissa rakennustyypeissä.

Kaaviossa 7 on esitetty esimerkinomainen yhteenveto kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvityksestä kemiallisten altisteiden osalta sisäympäristöissä.



Kaavio 7. Esimerkinomainen kaavio uudelleenkäytettävän rakennustuotteen (betoni-, tiili- tai liimapuutuote) kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvityksestä kemiallisten altisteiden osalta sisäympäristöissä.

Betoni-, tiili- ja liimapuurakennusosissa esiintyvät mahdolliset kemialliset haitta-aineet

Tässä kappaleessa luetellaan esimerkinomaisesti muutamia mahdollisia haitta-aineita, joita voi esiintyä uudelleenkäytettävien betonielementtien (ontelolaatta, pila-ri ja palkki), poltettujen savi- ja kalkkiahiekkatiilien sekä liimapuiden (palkki ja pilari) ja niiden liitännäisten materiaalien kohdalla (RT 103500; RT 103501; Zhu ym. 2022).

Pysyvät orgaaniset yhdisteet eli POP-yhdisteet ovat kaukokulkeutuvia, myrkyllisiä, hitaasti hajoavia ja eliöihin ravintoketjussa kertyviä yhdisteitä. POP-yhdisteiden käyttöä on kielletty/rajoitettu YK:n alaisella Tukholman yleissopimuksella ja EU:n POP-asetuksella. Listaukseen kuuluvia yhdisteitä tai yhdisteluokkia on nykyisellään noin 30 kappaletta, esimerkiksi PCB-yhdisteet ja SCCP-yhdisteet. Osa POP-yhdisteistä kuuluu myös REACH-asetuksen mukaisiin SVHC-aineisiin, luvanvaraisiin (liite XIV) tai rajoitettuihin (liite XVII) aineisiin. POP-yhdisteiden esiintyminen rakennusmateriaaleissa on yhdistekohtaista.

REACH-asetuksen mukaiset **erityistä huolta aiheuttavat aineet eli SVHC-aineet** ovat aineita, joilla saattaa olla vakavia ja usein peruuttamattomia vaikutuksia ihmisten terveyteen ja ympäristöön. SVHC-aineet voivat olla esimerkiksi syöpää aiheuttavia, perimää vaurioittavia, lisääntymismyrkyllisiä, pysyviä, biokertyviä ja myrkyllisiä. SVHC-aineiden käyttöä säädellään EU:n REACH-asetuksella. Nykyisin luettelossa on satoja aineita, kuten esimerkiksi SCCP-yhdisteet, osa PAH-yhdisteistä ja useat muovinpehmittiminä käytetyt ftalaatit. Näiden esiintyminen rakennusmateriaaleissa on ainekohtaista.

Polyklooratut bifenyylit (PCB) ovat kloorausasteeltaan vaihtelevia aromaattisia POP-yhdisteitä. PCB-yhdisteet ovat olleet laajassa käytössä vuosien n. 1930–1985 (1970-luvulta alkaen käyttö väheni) aikana rakennusmateriaaleissa, muun muassa elementtien ja rakenteiden sauma- ja tiivistysaineissa, maaleissa, laakoissa, liimoissa ja laasteissa (RT 103501; Zhu ym. 2022). Betonielementeissä voi olla myös PCB-yhdisteitä peräisin sementtivalimoilla 1950–1970-luvuilla käytetyistä muottiöljyistä (Pyy ja Lyly 1998).

Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä eli PAH-yhdisteet on runsaasti erilaisia (esimerkiksi naftaleeni, bentso(a)pyreeni ja fenantreeni), mutta näistä tyypillisemmin rakennusmateriaaleissa tarkastellaan EPA:n (Yhdysvaltain ympäristösuojeluviraston) priorisoimia 16 PAH-yhdistettä ja näiden kokonaissummapitoisuutta. Rakennustuotteissa PAH-yhdisteitä sisältäviä aineita on käytetty melko laajasti noin 1990-luvulle asti muun muassa puutuotteiden kyllästeaineena ja kivihiilitervapohjaisissa tuotteissa. Puunsuoja-aineena laajasti käytetty kreosootti sisältää runsaasti PAH-yhdisteitä. PAH-yhdisteitä sisältäviä tuotteita on käytetty Suomessa aikanaan rakentamisessa laajasti vedeneristeissä ja höyrynsuluissa ja tiivistystuotteina. Osa PAH-yhdisteistä

kuuluu SVHC-aineisiin ja niiden käyttöä voi olla rajoitettu. Esimerkiksi REACH-asetuksen liitteen XVII mukaisesti kreosootilla käsitellyn puun saattaminen markkinoille on kiellettyä rakennusten sisällä mihinkään tarkoitukseen.

Metalleja ja metalliyhdisteitä on yleisesti käytetty ja käytetään maalien pigmentteinä, korroosionestoon, biosideina ja kuivikkeina. Haitta-ainetutkimuksen ohjekortissa rakennusmateriaaleista suositellaan mitattavaksi esimerkiksi arseeni (As), kadmium (Cd), koboltti (Co), kromi (Cr), kupari (Cu), elohopea (Hg), nikkeli (Ni), lyijy (Pb), antimoni (Sb), titaani (Ti), vanadiini (V) ja sinkki (Zn) (RT 103501). Osa metalliyhdisteistä kuuluu SVHC-aineisiin. Lisäksi REACH-asetuksen liitteen XVII mukaisesti on rajoitettu esimerkiksi arseeniyhdisteiden kohdalla kupari-kromi-arseeniyhdisteiden liuoksella (CCA-liuos) käsitellyn puun käyttöä.

Lyhytketjuiset klooratut parafiinit (SCCP) ovat polykloorattuja alkaaneita, joissa hiiliketjun pituus on C10–C13 ja klooripitoisuus 40–70 massaprosenttia. SCCP-yhdisteitä on käytetty noin 1970-luvulta alkaen muun muassa rakennuselementtien saumausaineissa, liimoissa, maaleissa ja pinnoitteissa (Zhu ym. 2022; RT 103501). SCCP-yhdisteitä käytettiin aikanaan korvaamaan PCB-yhdisteiden käyttöä. SCCP-yhdisteet kuuluvat sekä POP-yhdisteisiin että REACH-asetuksen SVHC-aineisiin.

Ftalaatit ovat ftalihapon estereitä ja niitä on käytetty pehmittiminä muoveissa, erityisesti PVC-muovimatoissa. Esimerkkeinä ftalaateista mainittakoon di(2-etyyliheksyyli) ftalaatti (DEHP), joka on luvanvarainen ja jonka käyttöä on rajoitettu liitteen XVII mukaisesti pehmitetyissä materiaaleissa.

Raakaöljystä peräisin oleviin **öljyhiilivetyihin** kuuluu useita alifaattisia ja aro-maattisia yhdisteitä, jotka jaotellaan niiden hiililukumäärän mukaisesti tyypillisesti kolmeen jakeeseen, joita ovat bensiinijakeet C5–C10, keskitisle C10–C21 ja raskaat jakeet C22–C40. Lisäksi mineraaliöljyiksi kutsutaan öljyhiilivetyjakeita C10–C40, joiden summapitoisuus on tyypillinen parametri kaatopaikkakelpoisuuksien raja-arvotarkasteluissa. Rakennusmateriaaleissa öljyhiilivedyt ovat tyypillisemmin peräisin öljyvahingoista tai -vuodoista tai teollisuuskäytöstä, mutta niitä esiintyy myös valuasfalttirakenteissa.

5.6 Säteilyturvallisuus

Säteilyturvakeskus velvoittaa toiminnasta vastaavaa selvittämään rakennustuotteen aiheuttaman säteilyaltistuksen, jos se voi aiheuttaa väestölle viitearvoa suuremman säteilyaltistuksen (Säteilylaki 859/2018 153 §). Viitearvo talonrakennuksessa käytetyille rakennustuotteille on 1 mSv vuodessa, muissa käyttötarkoituksissa

0,1 mSv vuodessa (STMa ionisoivasta säteilystä 1044/2018, 24 §). Tässä op-
paassa käsitellyistä rakennustuotteista tämä liittyy erityisesti ennen vuotta 1993
valmistettuihin betoni- ja tiilituotteisiin.

On hyvä huomata, että vaikka viitearvon ylittyminen onkin mahdollista, efek-
tiivisen kokonaissäteilyannoksen merkittävä kasvu uudelleenkäytettävien raken-
nustuotteiden johdosta on epätodennäköistä.

Riskinarvio ja rakennustuotteiden säteilyaltistuksen selvittäminen

Säteilyturvakeskus on valvonut rakennustuotteiden radioaktiivisuutta vuodesta
1992 alkaen aiemman säteilylain 592/1991 ja sen nojalla annetun ohjeen ST 12.2
mukaisesti. Nykyinen Säteilylaki (859/2018) sisältää käytännössä samat vaati-
mukset kuin edeltävä laki, joten merkittäviä muutoksia valvonnassa ei ole tapah-
tunut (Turtiainen ym. 2024, Turtiainen 2025).

Onkin epätodennäköistä, että vuodesta 1993 alkaen valmistetut rakennustuot-
teet aiheuttaisivat merkittävää säteilyaltistusta. Tästä syystä voidaan olettaa, että
näihin ei kohdistu merkittävää riskiä liiallisesta säteilyaltistuksesta. Riskinarvio
ja sen perusteella tehtävät mahdolliset tarkemmat selvitykset ehdotetaan siis
käsittävän vain ennen vuotta 1993 rakennettujen rakennusten rakennusosia.

Lisäksi, jos esimerkiksi poltettuja savitiiliä käytetään uudelleen julkisivuverhouk-
sena ja ulkoseinän sisäkuorena on betonielementti, ei tiilien säteilyriskiä tarvitse
huomioida tässä tapauksessa betonin vaimentaessa säteilyä merkittävästi. On
kuitenkin syytä huomioida, että tiedon tiilien säteilyriskin selvittämättömyydestä
tulee seurata tiiliä niiden tulevan käyttökohteen dokumentaatiossa.

Rakennustuotteista aiheutuvaa säteilyriskiä tulee arvioida. Jos arvioinnissa ei
nouse esiin erityistä huolta, ei lisäselvityksille ole tarvetta.

Riskiä voidaan arvioida esimerkiksi seuraavin tavoin:

- Jos on tiedossa mistä rakennustuotteiden kiviaines on peräisin (käytettyjen
rakennustuotteiden valmistukseen käytetyn tuotantolaitoksen sijainti), selvi-
tetään, liittyykö kiviaineeseen kohonnutta säteilyriskiä. Seuraavilla kiviainek-
silla edellytetään lisäselvityksiä: graniitit sekä muut granitoidit, kuten grano-
dioriitti, tonaliitti tai gneissi.
- Jos rakennustuotteiden kiviaineksen alkuperä ei ole tiedossa eikä ole syytä
olettaa, että tuotteita olisi kuljetettu kauempaa, selvitetään, onko 100 kilometrin
säteellä rakennuksen sijaintipaikasta kohonnut säteilyriski. Tämä voi liittyä
graniitteihin, muihin granitoideihin tai uraani- tai toriumesiintymiin.

Rakennusmateriaaleissa käytetyn kiviaineksen säteilyriskiä voidaan arvioida esimerkiksi Geologian tutkimuskeskus GTK:n kartta-aineistoa hyödyntäen. Kartta-aineistossa on saatavilla tietoja kallioperän kiviaineksesta (<https://gtkdata.gtk.fi/maankamara/> / karttatase kallioperä) sekä uraani- ja toriumesiintymistä (<https://gtkdata.gtk.fi/mdae/index.html>).

Mikäli on syytä epäillä, että rakennustuotteista saattaisi aiheutua säteilyaltistuksen viitearvon ylitys tulee niiden säteilyaltistus selvittää ennen uudelleenkäyttöä. Selvitys voidaan tehdä esimerkiksi keräämällä rakennusosista tai rakennuksesta irrotetuista rakennustuotteista poraamalla jauhomainen kokoomanäyte (vastaavaa näytteenottomenettelyä käytetään betonirakennetutkimusten kloridinäytteenotossa), joille tehdään laboratoriossa materiaalin radioaktiivisuusmittaus.

Tämä rakennustuotteiden säteilyturvallisuutta käsittelevä ohjeistus on laadittu yhdessä Säteilyturvakeskuksen ylitarkastaja Tuukka Turtiaisen kanssa. Lisätietoa ja ohjeistusta säteilyturvallisuuden huomioimisesta rakennustuotteiden uudelleenkäytössä sekä radioaktiivisuusmittauksista voi tiedustella Säteilyturvakeskus STUK:sta.

5.7 Betonielementtien ominaisuudet

TIIVISTELMÄ

- Betonielementtien ehjänä irrotettavuuteen vaikuttaa eniten käytetty liitostekniikka.
- Betonielementeistä ontelolaatat ovat yleensä ominaisuuksiltaan vakioituja, mikä helpottaa niiden uudelleenkäyttöä.
- Betonielementtipilarit ja -palkit ovat usein kohdekohtaisten vaatimusten mukaan suunniteltuja.
- Lähtötietojen perusteella voidaan arvioida uudelleenkäyttöä varten selvittävät ominaisuudet ja ne esitetään tutkimussuunnitelmassa.
- Yleisesti betonin puristuslujuus ja raudoitukset ovat tärkeimpiä uudelleenkäytössä selvitettäviä ominaisuuksia, koska niitä tarvitaan kuormituskapasiteetin arvioimiseen.
- Betonissa käytetyillä raaka-aineilla voi olla vaikutusta uudelleenkäyttöön erityisesti vauriomekanismien näkökulmasta.

- **Betoniterästen tyyppi, dimensiot ja sijainnit ovat keskeisiä teräsbetonin lujuusominaisuuksien ja vauriomekanismien sekä rakennusosan palonkestävyyden kannalta.**
- **Betonielementtien muodonmuutokset eivät tyypillisesti ole esteenä uudelleenkäytölle.**
- **Uudelleenkäytön näkökulmasta betonin ainetta rikkomattomilla tutkimusmenetelmillä voidaan yleensä saada runsaasti tietoa rakenteen ominaisuuksista.**
- **Betonisten palkkien ja laattojen kuormituskestävyyttä ja muodonmuutoksia kuormituksessa voidaan tarpeen mukaan arvioida kokonaisen rakenneosan kuormituskokeella.**
- **Ontelolaattojen kokonaisen laatan kuormituskokeen tarkoituksena on erityisesti ontelolaatan leikkauskestävyyden määrittäminen kokeellisesti.**
- **Uudelleen käytettävien ontelolaattojen kuormituskokeiden tarpeenmukaisuus ja koestettava laattanäytemäärä määritellään kohdekohtaisesti.**
- **Rakenneosien testaamisen otanta ja otannan kohdistaminen määritetään kohdekohtaisessa tutkimussuunnitelmassa.**

Betonielementeistä ontelolaatat ovat yleensä ominaisuuksiltaan vakioituja (pois lukien punostus), mikä helpottaa niiden uudelleenkäyttöä. Betonielementtipilarit ja -palkit taas ovat enemmän kohdekohtaisten vaatimusten mukaan suunniteltuja. Lähtötietojen perusteella voidaan arvioida uudelleenkäyttöä varten selvittävät ominaisuudet, jotka esitetään tutkimussuunnitelmassa. Yleisesti betonin puristuslujuus ja raudoitukset ovat tärkeimpiä uudelleenkäytössä selvitettäviä ominaisuuksia, koska niitä tarvitaan kuormituskapasiteetin arvioimiseen (Räsänen ym. 2024).

Ontelolaattojen kehitys ja käyttö yleistyi voimakkaasti 1970-luvulla avoimen BES-järjestelmän käyttöönoton myötä. BES-järjestelmässä standardisoitiin betonielementit ja niiden liitosdetaljit siten, että valmisosia samaan rakennukseen oli mahdollista hankkia useilta toimijoilta. Aluksi ontelolaattojen paksuus oli 265 mm, ja myöhemmin profiilia kasvatettiin aina 500 mm saakka. Yleisin laattaleveys on 1 200 mm, ja 1980-luvulla sen rinnalla kokeiltiin myös 2,4 m leveitä laattoja. Ontelolaatan tyyppi ja punosmäärä valitaan rakenteen mittojen ja kuormitusten

mukaan, ja vuosien varrella on kehitetty useita erikoislaattoja eri käyttötarkoituksiin. (SBK-Säätiö 2009.)

Betonipilarien ja -palkkien mitat riippuvat rakenteiden kuormituksista. Pilari-elementit ovat yksi- tai monikerroksisia teräsbetonirakenteita. Elementtipalkit ovat joko teräsbetonisia tai jännitettyjä. 1980-luvulla kehitettiin runkoratkaisu, jossa pilarit ovat yksikerroksisia ja palkit voivat olla osittain jatkuvia. 1980-luvulla käynnistyi myös niin sanottu matalapalkkien kehitys sekä teräspiilokonsolilitosten käyttö pilari-palkkiluotoksena. (SBK-säätiö 2009.) Korkealujuusbetonin yleistyessä pilarit ja palkit on voitu toteuttaa hoikempina, ja palkkien jännevälit ovat kasvaneet.

Betonin koostumus ja ominaisuudet

Betonissa käytetyillä raaka-aineilla voi olla vaikutusta uudelleenkäyttöön erityisesti vauriomekanismien näkökulmasta. Betoni koostuu yksinkertaisimmillaan runkoaineksesta (tavallisimmin kiviaines), sideaineesta (tavallisesti sementti, mahdollisesti seosaineet) sekä vedestä. Näiden kolmen raaka-aineen seossuhteita vaihtelemalla voidaan vaikuttaa lopputuotteen (betonirakenteen) ominaisuuksiin, joita on mahdollista muokata myös erilaisilla kemiallisilla lisäaineilla. Määrällisesti eniten betonissa on runkoainesta (kiviainesta), ja mikäli käytetty runkoaines on huonolaatuista (esimerkiksi rapautunutta) tai reaktiivista (alkali-kiviainesreaktio), tällä voi olla heikentävä vaikutus myös betonin laatuun. Pääasiassa Suomessa käytetty kiviaines on hyvälaatuista.

Merkittävin betonin laatuun vaikuttava tekijä on betonin valmistukseen käytetyn veden ja sideaineen suhde (v/s-suhde: vesi-sideainesuhde tai vesi-sementti-suhde). Yleistäen, pienellä v/s-suhteella valmistetun kovettuneen betonin ominaisuudet (tiiveys, lujuus) ovat paremmat kuin betonin, jonka v/s-suhde on suuri. Sementtiä korvaavina seosaineina on yleisimmin käytetty masuunikuonaa ja lentotuhkaa. Seosaineiden lujuudenkehitys on sementtiä hitaampaa, mikä voi aiheuttaa haasteita jälkihoidolle erityisesti kylmissä olosuhteissa, minkä seurauksena betonin ominaisuudet voivat heiketä. Toisaalta vanhojen seosbetoneilla tehtyjen betonirakenteiden lujuus on voinut kehittyä myös suureksi.

Lisäaineiden avulla vaikutetaan pääasiassa tuoreen betonin ominaisuuksiin. Kovettuneiden betonirakenteiden osalta merkittävin lisäaine on huokostin, minkä avulla parannetaan betonin pakkasenkestävyyttä. Huokostuksella betoniin aikaansaadaan pieniä, betonin pakkasenkestävyyttä parantavia ilmahuokosia, ja huokostuksen avulla betonin ilmamäärä nostetaan tavanomaisesta 2...3 % tasolta tasolle 4...6 %. Huokostetun betonin ilmamäärä voi nousta tavoitetasoa kor-

keammalle esimerkiksi tuoreen betonin kuljetuksen ja pumppauksen vaikutuksesta (Punkki & Al-Neshawy 2017). Suuri ilmamäärä alentaa betonin tiheyttä ja myös lujuutta: ilmamäärän kasvu yhdellä %-yksiköllä aiheuttaa noin 5 % lujuudenmenetyksen betonirakenteeseen. Huokostuksella voidaan vaikuttaa myös tuoreen betonin ominaisuuksiin, ja huokostettua betonia on voitu käyttää muun muassa lattiavalujen yhteydessä.

Betonirakenteen kestävyysominaisuuksiin heikentävästi vaikuttava lisäaine on aiemmin esimerkiksi kylmissä olosuhteissa tapahtuvissa betonivaluissa kiihdyttimenä käytetty kalsiumkloridi. Kalsiumkloridin käyttö voi nostaa betonin kloridipitoisuuden raudoitteiden korroosiota aiheuttavalle tasolle. Betonin kloridipitoisuuden annettiin ensimmäiset rajoitukset vuoden 1965 betoninormeissa (RIL 46), ja nykyään raaka-aineiden mukana betoniin tulevien kloridien määrä on tarkkaan rajattu.

Olemassa olevien rakenteiden osalta tiettyjä yleistasoisia betonin reseptiikkaan liittyviä tietoja on mahdollista löytää rakennesuunnitelmista tai johtaa rakentamisaikana voimassa olleista määräyksistä ja normeista. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi betonin lujuusluokka, maksimi v/s-suhde, ilmamäärä tai vähimmäisementtimäärä. Betonin raaka-aineista ja koostumuksesta on mahdollista saada tietoa betonin ohuthietutkimuksella. Kovettuneen betonin kloridipitoisuus voidaan selvittää kemiallisella titrausmenetelmällä.

Betoniteräket ja punokset

Betoniterästen (raudoitteet ja punokset) tyyppi, dimensiot ja sijainnit ovat keskeisiä teräsbetonin lujuusominaisuuksien ja vauriomekanismien kannalta (korroosio, palonkestävyys). Betoniterästen dimensiot ja sijainnit voidaan selvittää rakennesuunnitelmista (mikäli saatavilla) ja rakennusajankohdan käytänteistä sekä määräyksistä. Punossuunnitelmia ei yleensä ole saatavilla.

Terästen merkintätavat ja niitä koskevat standardit ovat kehittyneet vuosikymmenten saatossa. Rakennesuunnittelija voi arvioida vanhempien merkintöjen vastaavuutta nykyisiin.

Betoniterästen dimensiot ja sijainnit tulee yleensä varmentaa tutkimuksilla (peitepaksuusmittari ja/tai maatulka, rakenneavaukset, aistinvaraiset havainnot rakennusosan purun jälkeen).

Terästen tyyppi voidaan selvittää rakennesuunnitelmista (mikäli saatavilla) ja rakennusajankohdan käytänteistä sekä määräyksistä. Rakennesuunnittelija voi tarvittaessa arvioida terästen lujuusluokan esimerkiksi rakentamisajankohdan heikoimmalla arvolla. Betoniteräksen tyyppin (lujuusluokan) selvittäminen testaamal-

la edellyttää yleensä näyteterästen irrottamista ehjänä betonirakenteen sisältä ja näytteillä tulee olla riittävä pituus. Teräsrakenteiden uudelleenkäyttöön on laadittu opas (Teräsrakenneyhdistys 2023), minkä esittämiä menetelmiä voidaan soveltaa myös betoniterästen testaamiseen.

Raudoitusterästen ja etenkin jänneterästen korroosiolla on merkittävä vaikutus rakenneosan pitkäaikaiskestävyyteen. Raudoitusterästen ja jänneterästen kuntoa voi tarkastella rakenneavausten kautta sekä rakennusosan purun jälkeen.

5.7.1 Betonielementtien muodonmuutokset (taipuma, viruma, puristuma)

Betonielementtien muodonmuutokset eivät tyypillisesti ole esteenä uudelleenkäytölle. Muodonmuutosten suuruuden laskennalliseen arviointiin liittyy monia vaikeasti arvioitavia tekijöitä, ja laskentaan sisältyy aina virhettä. Käytännössä betonirakenteen muodonmuutokset ovat sitä pienempiä, mitä korkealujuusisempaa käytetty betoni on. Hoikan rakenteen kuormituksesta muodonmuutokset ovat suuremmat kuin massiivisen rakenteen muodonmuutokset. Merkittäviä muodonmuutoksia voidaan havaita aistinvaraisesti ja esimerkiksi laserkeilauksella. Vähäisempiä muodonmuutoksia on haastavaa tarkastella olemassa olevassa rakennuksessa.

Aiemmin betonirakenteiden kuormituksesta aiheutuvat muodonmuutokset ovat yleisesti olleet pienempiä, koska jännevälit olivat melko lyhyitä ja rakenteiden poikkeileikkaukset korkeita. Teknologian kehittymisen, käytännön kokemusten ja vaatimusten kasvamisen myötä on siirrytty matalampiin ja taipuisampiin rakenteisiin.

5.7.2 Betonin alkalisuus

Uudelleenkäytettävien betonielementtien (sisätilojen ontelolaatat, pilarit ja palkit) kohdalla voi olla syytä tarkastella tapaus- ja tarvekohtaisesti betonin karbonatisoitumista ja sen mahdollistamaa raudoitteiden korroosiota. Betonin korkea alkalinen kosteus voi aiheuttaa vesihöyrytiiviiden lattiapäällysteiden, liimojen ja tasoitteiden vaurioitumista. Materiaalien hajoamisessa syntyviä VOC-yhdisteitä (haihtuvat orgaaniset yhdisteet) voi imeytyä myös betonirakenteeseen.

Betoni on alkalinen (emäksinen), sillä betonin kovettumisvaiheen hydrataatioreaktioissa syntyy hydroksidi-ioneja, mitkä nostavat betonin pH:n vahvasti emäksiselle tasolle 13–14. Ilman hiilidioksidin reagoidessa betonin emäksisyystä aiheuttavien hydroksidi-ionien kanssa betonin emäksisyys pienenee ja pH laskee tasolle <9. Tätä kutsutaan betonin karbonatisoitumiseksi.

Betonin alkalisuus suojaa betoniteräksiä kosteuden vaikutuksesta tapahtuvalta korroosiolta (ei suojaa kloridien aiheuttamalta korroosiolta). Karbonatisoituneessa betonissa raudoitusteräksillä ei ole betonin alkalisuuden tarjoamaa kemiallista suojaa. Teräskorroosio edellyttää myös kosteusrasitusta, joten karbonatisoituminen on tavallisesti merkityksellistä vain kosteusrasitetuilla rakenteilla (tyypillisesti ulkorakenteilla). Karbonatisoitumisen etenemistä voidaan selvittää pH-indikaattorilla, jolla voidaan erottaa karbonatisoitunut ja karbonatisoitumaton betoni (Suomen Betoniyhdistys ry 2019).

Lattiapinnoitteiden materiaalien hajoamisesta syntyvät VOC-yhdisteet tulee ottaa huomioon silloin, kun uudelleenkäyttävän rakennusosan pintamateriaalina on ollut liimattavia päällysteitä ja rakennusosa on voinut altistua rakennusaikaiselle tai myöhemmällä kosteusrasitukselle. Itse elementtiin kohdistuvaan riskiin vaikuttaa merkittävästi esimerkiksi mahdollisen pintavalun paksuus (usein vaurio vaikuttaa merkittävämmiin heti pintamateriaaliin yhteydessä oleviin rakennekerroksiin). Vauriomekanismeja ja tutkimusmenetelmiä käsitellään esimerkiksi ympäristöministeriön julkaisemassa oppaassa Kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus (Pitkäranta (toim.) 2016).

5.7.3 Betonielementtien ainetta rikkomaton testaus

Uudelleenkäytön näkökulmasta betonin ainetta rikkomattomilla tutkimusmenetelmillä voidaan yleensä saada runsaasti tietoa rakenteen ominaisuuksista. Ainetta rikkomattomilla tutkimusmenetelmillä (NDT, Non-Destructive Testing) on mahdollista saada tietoa betonin lujuudesta ja tiheydestä, betonin tasalaatuisuudesta, betonin raudoituksesta (raudoituksen sijainti, raudoitetankojen halkaisija ja lukumäärä, betonipeitepaksuus, korroosiovaurioiden laajuus) sekä betonimateriaalin sisäisistä vaurioista ja virheistä (esimerkiksi tyhjätilat ja ilmataskut, harvavalut ja muut tiivistyspuutteet, halkeamat, vedenerottuminen, vierasesineet). NDT-menetelmiä on lukuisia, mutta eri menetelmillä saatavien tulosten luotettavuus ja käytettävyys vaihtelevat suuresti.

Betonirakenteiden NDT-testaaminen vaatii erityisosaamista niin testauksen kuin tulosten analysoinnin ja johtopäätösten osalta. Koska useiden NDT-menetelmien luotettavuus on verrattain matala ja kustannus verrattain korkea, on suositeltavaa harkita tapauskohtaisesti niiden hyödyntämistä (Romakkaniemi 2023). Esimerkiksi peitepaksuusmittaus on yleisesti käytetty, edullinen ja tarkoitukseensa luotettava menetelmä.

Mikään NDT-menetelmä ei mittaa suoraan ja luotettavasti esimerkiksi puristuslujuutta, vaan antaa empiirisen korrelaation mukaan viitteitä sen suuruudesta

(Romakkaniemi 2023). NDT-menetelmistä kimmovasaramenetelmä ja ultraäänen etenemisnopeuden mittaaminen on huomioitu betonin puristuslujuuden arviointia käsittelevässä standardissa SFS-EN 13791 ja sen kansallisessa soveltamisstandardissa SFS 7508:2024. Kimmovasaratestaaminen on pitkään ja laajasti käytetty, varsin kustannustehokas menetelmä, minkä avulla on mahdollista arvioida betonirakenteen pintaosan lujuutta. Kimmovasarakuvat muutetaan lujuustuloksiksi korrelaatiokäyriä käyttäen, kimmovasaroinnilla ei siis saada lujuustulosta suoraan. ReCreate-hankkeen pilottiprojektien tulosten perusteella betonin puristuslujuus on yleisesti korkeampi, kuin mistä kimmovasaratestaaminen antaa viitteitä (Räsänen ym. 2024).

Myös ultraäänen etenemisnopeuden mittaaminen on pitkään käytössä ollut menetelmä, ja lujuusominaisuuksien arvioinnin lisäksi menetelmällä voidaan arvioida betonin tasalaatuisuutta. Betonirakenteen tiheä raudoitus voi aiheuttaa virhettä ultraäänen etenemisnopeuden mittaustuloksiin.

Betonipeitepaksuusmittarilla voidaan selvittää raudoitetta suojaavan betonipeitteen paksuus. Menetelmän käytössä lähtötietona tarvitaan raudoitteiden halkaisija. Betonipeitepaksuuden mittaaminen perustuu elektromagneettiseen induktioon, joten sen avulla voidaan yleensä tunnistaa ainoastaan tavanomaisia raudoitteita, ei esimerkiksi austeniittisestä ruostumattomasta teräksestä valmistettuja raudoitteita. Maatutkan (GPR, Ground penetrating radar) käyttäminen on suositeltavampaa, mikäli raudoitteiden sijaintia on tarve selvittää, raudoitteita on paljon, useassa kerroksessa tai ne sijaitsevat syvällä rakenteessa. Peitepaksuusmittausten suoritus on ohjeistettu by42, betonijulkisivun kuntotutkimus -oppaassa (Suomen Betoniyhdistys ry 2019).

Impact-echo-jännitysaaltomittaus perustuu mekaanisen iskun aikaansaamien matalataajuuksisten aaltojen (niin sanottu P-aalto) etenemiseen ja heijastumiseen rakenteessa. Menetelmän avulla on mahdollista saada tietoa rakennepaksuudesta sekä paikantaa mahdollisia vikoja (muun muassa halkeamia, harvavalukohtia, tyhjätiloja).

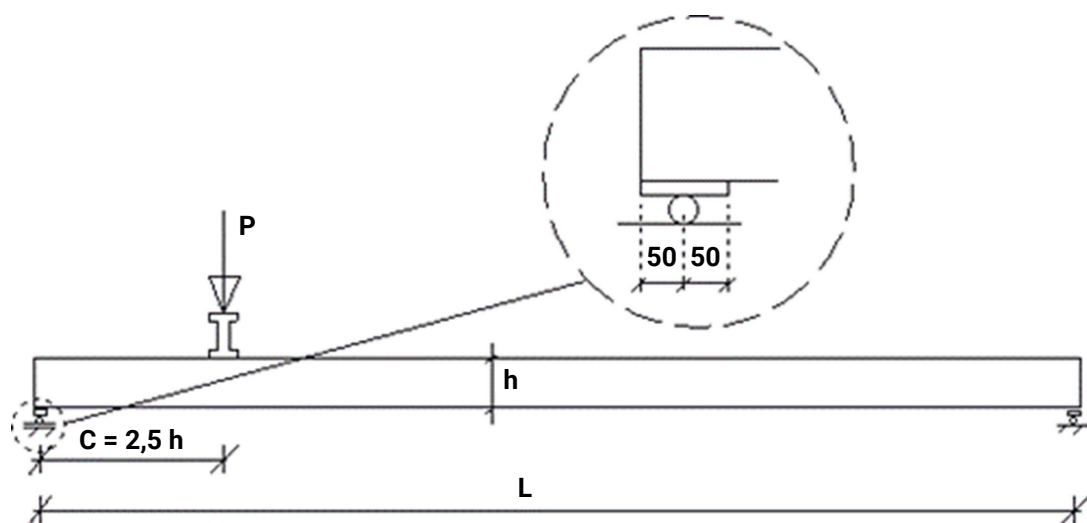
Matalataajuuksisen ultraäänitomografiatutkimuksen (MIRA) avulla on mahdollista paikallistaa betonirakenteen vikoja, raudoituksia ja jännitettyjen rakenteiden jännekaapeleita sekä saada tietoa jänneteräksiä suojaavan injektoinnin kunnosta.

5.7.4 Kokonaisen palkin tai laatan koestus

Uudelleenkäytettävien betonisten palkkien ja laattojen kuormituskestävyyttä ja muodonmuutoksia kuormituksessa voidaan tarpeen mukaan arvioida kokonaisen

rakennustuotteen kuormituskokeella koestuslaitoksessa ja joissain erityistapauksissa kentälläkin erillisen koestussuunnitelman mukaisesti. Kokonaisen rakennustuotteen koestamista voidaan hyödyntää muun muassa silloin, kun tulevan suunniteltavan käyttökohteen rakennesuunnittelussa käytetään kokeellista mitoitustapaa tai on tarpeen varmentaa suunnitteluratkaisuihin käytettyjä laskenta-arvoja tai rakennustuotteessa havaitaan muissa tutkimuksissa kantavuuteen tai kestävyysliittymiä puutteita.

Ontelolaattojen osalta kokonaisen laatan koekuormituksella tarkoitetaan SFS-EN 1168 liitteen J mukaista täyden mittakaavan testiä. Kuormituskokeen tarkoituksena on erityisesti ontelolaatan leikkauskestävyyden määrittäminen kokeellisesti (laatan rakennelaskelmien vahvistaminen). Kuormituskokeen yhteydessä määritetään betonin lujuuden vertailuarvot poratuista koekappaleista (EN 13369, suora rakennelujuus). Kuormituskokeessa testattava laatanäyte on täysilevyinen ontelolaatta, jonka jännemitta on suurempi seuraavista: 4 metriä tai 12 kertaa ontelolaatan korkeus. Laatanäyte asetetaan laatan päissä olevien tukien päälle, ja kuormituskohtaa lähinnä oleva tuki on rullalaakeri. Laatanäytteen ja tukien sekä kuormituspalkin välimateriaali valitaan ja asennetaan niin, että kuormitus jakautuu tasaisesti laatan leveydelle. Laatanäyte kuormitetaan yhdellä tai kahdella viivakuormalla (Kuvio 1) ja voima mittaustarkkuusvaatimusten (EN 12390-4) mukaisesti. Kuormitus tehdään kaksijaksoisena toistuvana kuormituksena kuormitusnopeusohjattuna. Toisen kuormitusjakson lopuksi laatanäyte kuormitetaan murtoon asti. Uusien ontelolaattojen liitteen J mukaisten testien taipumat keskellä laattaa (O40, O50) ennen leikkausvetomurtoa ovat tyypillisesti olleet hyvin pieniä ($< 10 \text{ mm}$).



Kuvio 1. Periaatekuva kuormitusjärjestelystä yhdellä viivakuormalla.

Uudelleen käytettävien ontelolaattojen kuormituskokeiden tarpeenmukaisuus ja koestettava laattanäytemäärä määritellään kohdekohtaisesti rakennesuunnittelijan toimesta. Myös muut kuin SFS-EN 1168 liitteen J mukaiset erityiset koekuormitukset ovat mahdollisia rakenneasiantuntijan laatiman erillisen koekuormitus-suunnitelman mukaan.

Laattanäytemäärää määritettäessä voidaan hyödyntää alkuperäisessä SFS-EN 1168 mukaisessa tuotannossa edellytetyn alkutestauksen laattanäytemäärien periaatteita:

- Jokaista poikkileikkausta kohden kolme identtistä laattanäytettä.
- Laattanäyte edustaa poikkileikkausta tai edustaa samaa tuoteperhettä. Samalla tuoteperheellä tarkoitetaan laattoja, joissa on sama betonin lujuus ja samantyyppinen onteloiden muoto, nimellispaksuus pysyy 50 mm vaihteluvälillä sekä uuman kokonaisleveys pysyy 50 mm vaihteluvälillä laatan leveys-metriä kohden.

Kohdekohtaista testaustiheyttä määritettäessä eräänä taustatietona voidaan pitää norjalaisen standardin NS 3682:2022 mukaista 1/50-testaustiheyttä (vähintään 3 kpl).

5.7.5 Betonin rakenteellisen lujuuden ja turvallisuuden testaus

Taulukossa 5 esitetään arviointi- ja testausmenetelmien ehdotettu minimiotanta betonielementtejä uudelleenkäytettäessä. Otanta ja otannan kohdistaminen määritetään kohdekohtaisessa tutkimussuunnitelmassa. Ehdotettua minimiotantaa pienempi tai suurempi otanta voi olla perusteltua rakenneasiantuntijan lähtötietojen luotettavuus ja kattavuus sekä käyttökohteen asettamat vaatimukset huomioivan arvioinnin perusteella. Ehdotetun otannan perusteena on käytetty Norjan kansallista standardia uudelleenkäytettävien ontelolaattojen testauksesta (NS 3682). Tämän lisäksi on huomioitu kansalliset standardit ja ohjeet.

NS 3682 on laatuaan ensimmäinen eurooppalainen kansallinen standardi. NS 3682 perustuu eurooppalaiseen uusien ontelolaattojen vaatimuksia käsittelevään standardiin EN 1168. NS 3682 käyttöä on pilotoitu onnistuneesti Norjassa. On odotettavaa, että standardia NS 3682 käytetään pohjana myös tulevaisuudessa eurooppalaisissa kansallisissa standardeissa ja ohjeissa. (Romakkaniemi 2023.)

Taulukko 5. Ontelolaattojen sekä betonipalkkien ja -pilarien tutkimusmenetelmien ehdotettu minimiotanta. Merkintätapa 1/20 tarkoittaa yhtä tutkimusta 20 rakenneosaa kohti (esimerkiksi yksi tarkastelu/analyysi/testauseriä 20 ontelolaattaa kohti). Merkinällä 1/1 jokainen rakenneosa tarkastetaan ko. menetelmällä. Minimiotanta on ohjeellinen ja sitä suositellaan hyödyntämään tutkimussuunnitelmaa laadittaessa.

Tutkimusmenetelmä	Ehdotettu sovellettava minimiotanta	Sovellettava standardi- tai ohjeistus	Huomioita
Visuaalinen tarkastelu ennen purkua	1/1	NS3682	Visuaalinen tarkastelu tehdään pintamateriaalien purun jälkeen. Visuaalista tarkastelua täydennetään soveltuvasti erilaisin kevyin mittauksin.
Mitat	1/1	NS3682	
Vasarakoputtelu	1/20		
Paino	1/1	NS3682	
Rakenneavaus jänneterästen mittojen ja kunnon tarkastamiseksi	1/50		
Raudoitusterästen kunnon visuaalinen tarkastaminen rakenneosan purun jälkeen	1/50		
Raudoitusterästen betonipeitepaksuuden mittaus	1/20		Peitepaksuuksia mitataan kattavasti, vähintään 100 mittausta/rakenneosa
Puristuslujuus rakennekoekappaleesta	1 näytesarja/20	NS3682 SFS-EN 13791 ja sen kansallisen sovelta- misstandardi SFS 7508:2024	Näytesarja: yhteensä 8 koekappaletta siten, että yhdestä rakenneosasta otetaan 4 koekappaletta. Näytteitä otetaan kahdesta eri rakenneosasta.

Tutkimus- menetelmä	Ehdotettu sovellettava minimiotanta	Sovellettava standardi- tai ohjeistus	Huomioita
Puristuslujuuden määrittäminen kimmo- vasaraa tai ultraäänen etenemisnopeu- den mittaamista käyttäen	3 testausta otannalla 1/5	SFS-EN 13791 ja sen kansalli- nen sovelta- misstandardi SFS 7508:2024 NS3682, soveltaen	NS3682 mainitaan ainoastaan kimmovasara. Ultraäänen etene- misnopeuden määrittäminen soveltuu menetelmäksi SFS-EN 13791 ja SFS 7508:2024 mukaisesti.
Ohuthieanalyysi	1/200	ASTM C856/ C856M-20	
Karbonatisoitum- issyvyyden määrittäminen	8/20, jos rasitusluokka on muu kuin X0	NS3682, soveltaen	X0-luokassa analyysit voi harkin- nanvaraisesti korvata visuaalisel- la arvioinnilla sekä ohuthieanalyy- sissä saatavalla tiedolla karbona- tisoitumissyvyydestä. Näytemäärää on sovellettu NS3682 esitetystä siten, että näytemäärä vastaa puristus- lujuutta varten otettavien raken- nekoekappaleiden määrää (määrittäminen puristuslujuuskoe- kappaleista)
Kloridipitoisuuden määrittäminen	3/50, jos rasitusluokka on muu kuin X0	NS3682, soveltaen	X0-luokassa analyysit voi harkin- nanvaraisesti korvata visuaalisel- la arvioinnilla (ei teräskorroosio- viitteitä) ja voidaan osoittaa, ettei rakenteeseen ole kohdistunut kloridirasitusta. Myös muissa rasitusluokissa analyysimäärää voi harventaa ja analyysieja osittain korvata visuaalisella arvioinnilla (ei teräskorroosioviitteitä) ja jos voidaan osoittaa, ettei rakenteeseen ole kohdistunut kloridirasitusta.

Taulukossa 6 on kuvattu edeltävän taulukon 5 minimiotantaa laajemmin betonielementtien ominaisuuksia sekä niille kelpoisuuden ohella soveltuvuuden näkökulmasta asetettavia vaatimuksia. Taulukossa 7 esitetyt sovellettavat vaatimukset ja otannat ovat ehdotettuja ja niitä suositellaan hyödyntämään tutkimussuunnitelmaa laadittaessa.

Taulukko 6. Betonielementtien rakenteelliset ominaisuudet.

Ominaisuus	Standardin mukainen vaatimus	Ehdotettu sovellettava vaatimus ja otanta	Huomioita
Kuormitus-kapasiteetti	Huomioitu rakennesuunnittelu-vaiheessa	Mitat purettuna, aina. Paino, aina. Visuaalinen tarkastelu, aina. erästen visuaalinen havainnointi purun jäl-keen, otanta 1/50 rakenneosasta. Jänneterästen mittojen ja kunnon visuaalinen tarkastaminen rakennea-vauksen kautta, otanta 1/50 Rakennesuunnittelija määrittää kokonaisarvion perusteella, kokonaisarvi-ossa huomioitava raken-neosan mitat ja geomet-ria, tuenta, kuormat, betonin ja raudoituksen materiaaliominaisuudet sekä raudoitus ja betoni-peitepaksuus.	Betonin osalta moni kuormituskapasiteettiin vaikuttava tekijä voi-daan arvioida betonin puristuslujuuden kautta. Raudoitus- ja jännete-rästen kunto ja toimi-vuus vaikuttavat oleelli-sesti jännitettyjen elementtien kantavuu-teen. Lisätietoa voidaan hankkia esimerkiksi laserkeilauksella, esimerkiksi mikäli havaitaan viitteitä rakenteiden muodon-muutoksista.
Palo-käyttäyty-minen	Ilmoitetaan raken-tamismääräysten mukaan, jos rakenteella on palovaatimuksia	Rakennesuunnittelija määrittää kokonaisarvion perusteella. Pääterästen betonipeite-paksuuksien määrittäminen, otanta 1/20 raken-neosasta	Palonkesto aikaan vaikuttaa rakenteen paksuus, ontelolaatan paksuus onteloiden alla sekä pääteräksiä suojaava betonipeite-paksuus. Vähintään 100 mittaus-ta/rakenneosa

Ominaisuus	Standardin mukainen vaatimus	Ehdotettu sovellettava vaatimus ja otanta	Huomioita
Akustiset ominaisuudet	Ilmoitetaan rakentamismääräysten mukaan, jos rakenteella on ääneneristysvaatimuksia	Rakennesuunnittelija määrittää kokonaisarvion perusteella. Elementin paksuuden mitta	Ontelolaatan ääneneristävyyttä voidaan arvioida elementin paksuuden perusteella. Lähtökohtaisesti mittaminen ei ole tarpeen, mutta mahdollisia mittausten menetelmiä valmiille rakenteelle ovat ilmaääneneristävyyden mittaus (ISO 16283-1) sekä askelääneneristävyyden mittaus (ISO-16283-2)
Muodonmuutokset		Visuaalinen tarkastelu pintamateriaalien puron jälkeen, aina.	Mahdollisia muodonmuutoksia visuaalisesti tarkastellessa kiinnittää huomiota erityisesti rakenteen vetopuolen orientoituneisiin halkeamiin, aistinvaraisia havaintoja täydennetään esimerkiksi mittamalla, vesivaakatarkastelulla tai vaaituskojetta tai tasolaseria käyttäen. Lisätietoa mahdollisista muodonmuutoksista voidaan hankkia esimerkiksi laserkeilauksella.

Ominaisuus	Standardin mukainen vaatimus	Ehdotettu sovellettava vaatimus ja otanta	Huomioita
Betonin laatu: puristuslujuus ja tiheys	SFS-EN 13791 ja sen kansallisen soveltamisstandardin SFS 7508:2021 mukaiset vaihtoehdot: rakenteessa olevan betonin puristuslujuuden määrittäminen rakennuskoekappaleista, epäsuoran testausmenetelmän (kimmovasara tai ultraäänen etenemisnopeus) käyttäminen tai näiden yhdistelmä. Kimmoarvon määrittäminen kimmo-vasaralla SFS-EN 12504-2 mukaisesti. Ultraäänen etenemisnopeuden määrittäminen SFS-EN 12504-4 mukaisesti. Puristuslujuuden arviointiin osallistuvalla laboratoriolta edellytetään SFS-EN ISO/IEC 17025 mukaista akkreditointia (porakoe-kappale-, ultraääni- ja kimmovasara-testaus).	Viitteellisesti, aina: visuaaliset havainnot. Visuaalista havainnointia täydennetään pistokoe-luontoisella vasarakoput-telulla. Testausmenetelmät SFS-EN 13791 ja sen kansallisen soveltamis-tandardin SFS 7508:2021 mukaan: Rakennetta rikkomatto-min menetelmin: kimmo-vasara tai ultraäänen etenemisnopeus Rakennetta rikkovasti: puristuslujuuden määrittäminen rakennuskoekappaleista. Testattavien rakennusosien minimiotanta NS 3682 mukaisesti ja osin sitä soveltaen: Rakennuskoekappaleilla vähintään 1 näytesarja/20 rakennusosaa. Näytesarja: yhteensä 8 koekappaleita siten, että yhdestä raken-neosasta otetaan 2 rinnakkaista koekappale-ta. Näytteitä otetaan neljästä eri rakennusosas-ta. Rakennetta rikkomatto-min menetelmin vähin-tään 3 testausta otannalla 1/5	Elementtirakenteiden mitat ja raudoitus huomioon ottaen kansallinen sovelta-misstandardin SFS 7508:2021 sallimien näytteenottokokojen saaminen on hyvin haastavaa, ellei mahdol-lista. Miniminäytteen-ottokokona sallitaan 50 mm standardin SFS-EN 13791 mukaisesti. Kimmo-vasaralukemat otettava puhtaalta betonipinnalta: mahdol-linen pintavalu tai tasoite poistettava ennen kimmo-vasaroitusta. Rakennesuunnittelijan arvion mukaan tietoja voidaan täydentää myös muilla menetel-millä.
Betonin laatu: käytetyt raaka-aineet ja niiden laatu, betonin mikro-rakenne	Betonin valmistajan tai materiaali-toimittajan testaus betonin valmistus-vaiheessa, ei testausvaatimusta.	Viitteellisesti, aina: visuaaliset havainnot. Visuaalista havainnointia täydennetään pistokoe-luontoisella vasarakoput-telulla. Ohuthieanalyysi, otanta 1/200.	Visuaalisessa havain-noinnissa huomiota kiinnitetään erityisesti betonin erilaisiin halkea-miin sekä betonin värieroihin.

Ominaisuus	Standardin mukainen vaatimus	Ehdotettu sovellettava vaatimus ja otanta	Huomioita
Betonin laatu: vaurioituminen	Vaatimukset betonipeitepaksuudelle rasitusluokkien mukaisesti.	Visuaaliset havainnot, aina. Viitteellisesti, vasarakoputtelu, otanta 1/20. Ohuthieanalyysi, otanta 1/200. Muilta osin testauksen minimiotanta NS 3682 mukaisesti tai sitä soveltaen: Karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen otanta 8/20, jos rasitusluokka on joku muu kuin X0. X0-luokassa analyysit voi harkinnanvaraisesti korvata visuaalisella arvioinnilla. Kloridipitoisuuden määrittäminen 3 näytteellä, otanta 1/50, jos rasitusluokka on joku muu kuin X0. X0-luokassa analyysit voi harkinnanvaraisesti korvata visuaalisella arvioinnilla, etenkin jos voidaan osoittaa, ettei rakenteeseen ole kohdistunut kloridirasitusta.	Visuaalisessa havainnoinnissa huomiota kiinnitetään erityisesti betonin erilaisiin halkeamiin ja viitteisiin rapauksista. Mikäli rakenteen rasitusluokka on X0, eikä karbonatisoitumissyvyyttä määritetä laboratorioanalyysin, voidaan karbonatisoitumissyvyyttä arvioida rakenteesta tehtävien ohuthieanalyysien yhteydessä.
Lämmönjohtavuus ja lämpökapasiteetti	Oletusarvot	Oletusarvot	
Vesihöyrynvastus	Oletusarvot	Oletusarvot	

Tässä oppaassa ei käsitellä liitosten ja liitoskappaleiden testausta. Mikäli olemassa olevat liitososat säilytetään, tulee niiden kunto ja muut ominaisuudet varmentaa rakenneasiantuntijan määrittelemällä tavalla.

5.7.6 Betonielementtien ehjänä irrotettavuus

Betonielementtien ehjänä irrotettavuuteen vaikuttaa eniten käytetty liitostekniikka. Myös rakennusosan sijainnilla sekä nostettavuudella on merkitystä. Vaikka betonielementtien uudelleenkäyttöön liittyvää tutkimusta on tehty kohtalaisen runsaasti, ei niiden ehjänä purkamiseen ole esitetty kattavia menetelmiä (Acharya julkaisematon). Betonielementtien irrotettavuutta tutkitaan tarkemmin meneillään olevassa kansainvälisessä ReCreate -hankkeessa.

Ontelolaattojen purku toteutetaan esimerkiksi sahaamalla laatta hieman tuen vierestä poikki ja lisäksi laatan pitkät sivut sahataan irti toisistaan. Ontelolaattojen ehjänä purkamisen kannalta oleellista on liitoskohdan purkujärjestys. Hyväkuntoiset ontelolaatat, jotka eivät ole vaurioituneet, olisi hyvä pystyä purkamaan siten, että sen yläpuolinen seinäelementti nostetaan pois ja laataston saumavalut sahataan auki. Tällöin laatta saataisiin ehjänä ja alkuperäisellä jännevälillään irti rakennuksesta. (Venho 2023.)

Pilari-palkkirunkojen elementit asennetaan ja kootaan usein terästappi-mutteriliitoksella, jonka etuna on sen hyvä purettavuus. Pulttikiinnitys on helppo kiinnitystapa sekä asennuksen että purkamisen kannalta. Sen sijaan purkutyötä hidastavat ja hankaloittavat erityisesti raudoitetut juotosvalut. Raudoitettujen ja betonoitujen elementtiliitosten purkamisen yhteydessä joudutaan usein joko timanttisahaamaan tai piikkaamaan liitos auki sauman keskeltä tai hieman sen vierestä, jolloin ainakin osa elementtien liitoselimistä katkeaa. Pilarien alapäiden peruspultit ja pilarien väliset jatkospultit juotetaan umpeen juoksevalla jälkivalulla. Valun tarkoitus on suojata pultteja ja kenkää ympäristörasituksilta ja palotilanteessa sekä välittää puristusvoimia alemmille rakenteille. Jälkivaluun ei tule lisäraudoitusta, joten jälkivalu irtoaa hyvin eri aikaan valetusta pilarin betonipinnasta. Pilarien purkutilanteessa kiinnityspultit piikataan esiin siten, että mutterit ja kierteet saadaan näkyviin. (Venho 2023.)

Rakentamisvaiheessa elementtien nostolenkit yleensä katkaistaan ja nostoankkurit saatetaan tulpata ja jättää näkyviin. Nostosuunnittelu ja muun muassa soveltuvan erikoisnostokaluston/-välineiden hankinta ovat keskeisiä ehjänä purettavuuden näkökulmasta.

 **Betonielementtien ehjänä irrotettavuuteen vaikuttaa rakennusosan sijainti ja nostettavuus.**

5.8 Tiilien ominaisuudet

TIIVISTELMÄ

- Tiilien ehjänä irrotettavuuteen vaikuttavat eniten käytetyn muurauslaastin tyyppi.
- Tiilet ovat uudelleenkäytön näkökulmasta monin tavoin potentiaalisia, koska ne ovat käyttöominaisuuksiltaan saman tyyppisiä.
- Tiilien ominaisuuksien selvittämisen haaste on, että saman rakennuksen tai rakenteen eri kohdissa voi olla ominaisuuksiltaan erilaisia tiiliä.
- Uudelleenkäytettäville poltetuille tiilille on laadittu eurooppalainen arviointiasiakirja (EAD 170005-00-0305), jonka pohjalta uudelleenkäytettäville tiilille voidaan hakea eurooppalaista teknistä arviointia (ETA) ja vapaaehtoista CE-merkintää.
- EAD ei kata tiilien rakenteellista käyttöä, eikä vaarallisten aineiden päästöjen testausta. Mikäli tuotteelle ei haeta CE-merkintää, veloitetta EAD:n mukaiselle testaukselle ei ole.
- Tiilien jäätymis-sulamiskestävyys on keskeinen ominaisuus, mikäli tiiliä käytetään säärasitetussa rakenteessa.
- Poltettujen tiilien polttoaste vaikuttaa tiilien vedenimukykyyn ja veden alkuimunopeuteen. Merkittävä vaihtelu vedenimukykyssä ja veden alkuimunopeudessa, voi vaikuttaa tiilen muurattavuuteen ja muuratun rakenteen kestävyteen.
- Tiilien mittatarkkuuden ja mittapoikkeamien voidaan olettaa vastaavan valmistusajankohdan vaatimuksia. Mikäli halutaan varmistua jokaisen tiilen mitasta, tulisi jokainen tiili myös mitata erikseen.
- Testaukseen ehdotettua pienempi tai suurempi tutkimusotanta voi olla perusteltua rakenneasiantuntijan käyttökohteen asettamat vaatimukset huomioivan arvioinnin perusteella.

Tiilet ovat uudelleenkäytön näkökulmasta monin tavoin potentiaalisia, koska vaikka ominaisuuksissa onkin vaihtelua, ovat tiilet yleisesti käyttöominaisuuksiltaan saman tyyppisiä.

Poltettuja savitiiliä on valmistettu pääosin vastaavin menetelmin jo satoja vuosia, ja valmistus on standardisoitunut 1800-luvulta alkaen. Valmistus on kuitenkin koneellistunut merkittävästi vasta 1900-luvulla. Poltetut savitiilet valmistetaan tyypillisesti savesta, kalkista, hiekasta ja mahdollisesti sahanpurusta. Savimassa poltetaan yli 1000 °C asteisessa uunissa. (Eklund ym. 2004; Räsänen 2022.)

Tiilenpoltto voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Esilämmityksen aikana tiilten lämpötilaa nostetaan vähitellen, jolloin kosteus haihtuu tiilistä, ja orgaaninen aines palaa tiilestä pois lämpötilassa 300–600 °C. Lämpötilan noustessa tiilimassan kemiallisessa koostumuksessa alkaa tapahtua muutoksia, ja lopullisen kestävänsä rakenteensa tiili saa tulistusvaiheessa (950–1100 °C lämpötilassa). Kolmannessa vaiheessa tiilet jäädytetään vähitellen.

Polttoprosessia säätelämällä voidaan aikaansaada tiilen värisävyn ja ominaisuuksien vaihteluja. Korkeampi polttolämpötila aikaansaa tummemman ja intensiivisemmän värin. Polttolämpötila vaikuttaa myös muihin tiilen ominaisuuksiin, kuten tiilen lujuuteen, kestävyYTEEN, vedenimukykyyn ja ilmanläpäisevyyteen.

Tiilenvalmistuksen ongelmana on ollut polttoasteen vaihtelu ja sen seurauksena laatu vaihtelu sekä kokovaihtelu. Nykyään tiilenvalmistuksen tavoitteena on tasalaatu ja -väri sekä mittatarkkuus.

Parhaissa tiilisavissa raekokojakauma on tasainen, ja hienon (<0,002 mm) aineksen osuus on suuri (40...50 %). Poltetun saven ominaisuuksien parantamiseksi saven seassa käytetään hiekkaa ja tiilimurskaa, jolloin tiilen kuivumiskutistuma ja polttokutistuma pienenee. Savi-hiekkaseokseen lisätty sahanpuru palaa tiilenpolton yhteydessä pois keventäen tiilen painoa ja muodostaen tiileen huokosia. Sahanpurun lisäyksellä tavoitellaan parempaa pakkasenkestoa ja myös vähäisempiä poltonaikaisia muodonmuutoksia. Suomalaisen saven rautapitoisuus on suuri ja kalsium- ja titaanipitoisuudet ovat pienet, ja suomalainen savi palaa polttoprosessin aikana punaiseksi. Vaaleiden poltettujen tiilien raaka-aineena on käytetty kaoliinisavia, joiden rautapitoisuus on pieni, ja jotka saavat polttoprosessissa vaalean värin. Tiiliä voidaan sävyttää käyttäen erilaisia keraamisia epäorgaanisia oksideja tai muita lisäaineita.

Kalkkihiekkatiilet (kahi-tiilet) valmistetaan hienoksi jauhetusta, poltetusta kalkista, kvartsipitoisesta hiekasta ja vedestä. Kalkkihiekkatiilet puristetaan mittatarkkaan muotoon korkealla paineella. Höyrykarkaisussa kalkki reagoi kvartsipitoisen hiekan kanssa muodostaen silikaattisen sidoksen.

Kalkkihiekkatiilien valmistus alkoi Suomessa 1800-luvun lopussa. Kalkkihiekkatiilien osalta standardisoituminen on edennyt merkittävästi vasta 1970-luvulla. Kalkkihiekkatiilet valmistetaan tyypillisesti vedestä, poltetusta kalkista, ja kvartsi-

pitoisesta hiekasta. Kalkkiahiekkatiilet saavuttavat lopullisen lujuutensa autoklaavissa, missä on korkea höyrynpaine. (Weber Saint-Gobain 2019; Räsänen 2022.)

Tiilien koot ja muodot voivat vaihdella runsaasti tekijästä, tekopaikasta ja käyttökohteesta riippuen. Standardisoitumisen myötä tiilille on ollut erilaisia vakiokokoja. (Eklund ym. 2004; Räsänen 2022.) 2000-luvulla Suomessa on ollut käytössä myös eurooppalaisia tiilikokoja, yleisimmin Tanskan DNF-tiilikoko 228x100x54 mm. Tiilten yleisimmät mitat eri ajankohtina on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 7. Tiilien yleisimmät mitat eri ajankohtina (Räsänen 2022).

Vuosi	Yleisimmät tiilikoot
1200–1800	Tiilien keskimääräinen koko oli 280x140x90 mm, kun aikakauden lopulla saattoi tiilien koko olla jopa 350x170x10 mm
1800-luku	Tiilien valmistus tapahtui käsityönä, jonka aikana koko vaihteli valmistajien mukaan. Yleisin tiilikoko oli 12”, eli noin 300 mm pitkä tiili.
1897	Tiilien normaalimitoiksi päätettiin 270x130x75 mm Julkisivutiilien mitoiksi päätettiin 272x132x80 mm
1917	Vuoden 1897 normaalimitat vahvistettiin.
1948	Suomen tiilitoimikunta hyväksyi uuden 257x123x57 mm kokoisen hormitiilen.
1952	Hyväksytyn normaalikoon lisäksi laadittiin samalle koolle suositukset 22-, 78- ja 119-reikäisiksi normaalireikätiiliksi.
1958	Uudessa standardissa hyväksyttiin uusia mittoja, kuten 85 mm:n korkeus sekä 130 ja 200 mm:n leveys.
1972	Uudet normit koskien uutta moduulikokoa 285x85x85 mm hyväksyttiin. Kalkkiahiekkatiilien mitoista annettiin lisätietoa uudessa niitä koskevassa standardissa (SFS 2803). Normaalikokoisen täyskalkkiahiekkatiilen mitat ovat 270x130x75 mm
2021	Reikätiiliä valmistetaan 285x135x75 mm sekä 285x135x60 mm kokoisina. Moduulikokoisia reikätiiliä valmistetaan 285x85x75 mm sekä 285x85x60 mm kokoisina. Täystiiliä valmistetaan 257x123x57 mm kokoisena. Myös peruskokoisia reikätiiliä valmistetaan täystiilen mitoilla. Normaalikokoisia (270x130x75 mm) tiiliä valmistetaan reikätiilinä.

Standardin SFS 7001:2013 mukaan tiilistä on ilmoitettava mittojen keskiarvojen sallittu mittapoikkeama ja yksittäisten tiilien mittojen sallittu vaihteluväli. Standardissa SFS-EN 772-16 esitetään mittausmenetelmät.

Tiilten ominaisuuksien selvittämisessä haasteeksi muodostuu se, että saman rakennuksen tai rakenteen eri kohdissa voi olla ominaisuuksiltaan erilaisia tiiliä,

eikä ominaisuustietoja voida välttämättä määrittää ainakaan ennen tiilten irrottamista. Esimerkiksi massiivitiilirakenteisen ulkoseinän julkisivupinnan muuraukseen on saatettu käyttää ominaisuuksiltaan muuta rakennetta parempia tiiliä (esimerkiksi tuontitiiliä). 1950-luvulta alkaen yleistyneissä kuorimuurauksissa tai esimerkiksi sisäväliseinien muurauksissa tiililaatuja ei tyypillisesti ole sekoitettu.

Tässä oppaassa käsitellään vain yksittäisiä tiiliä, ei osakokonaisuuksina irrotettavia tiilimuurauksia ja niiden uudelleenkäyttöä.

5.8.1 Poltettujen savitiilien ja kalkkiahiekkatiilien rakenteelliset ominaisuudet

Alla on kuvattu tiilien keskeisiä ominaisuuksia ja niiden selvittämisen menetelmiä. Esitettyjen menetelmien ohella tiilien koostumuksesta ja ominaisuuksista on mahdollista saada lisätietoa aistinvaraisesti (silmämääräinen havainnointi, vasarakoputtelun äänivaste) sekä ohuthietutkimuksella (Suomen Betoniyhdistys ry 2021). Tiilirakenteiden kuntotutkimusmenetelmiä kuvataan Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisussa by75, muurattujen ja rapattujen julkisivujen kuntotutkimus.

Uudelleenkäytettäville poltetuille tiilille on laadittu eurooppalainen arviointiasiakirja (EAD 170005-00-0305), jonka pohjalta uudelleenkäytettäville tiilille voidaan hakea eurooppalaista teknistä arviointia (ETA) ja vapaaehtoista CE-merkintää. EAD ei kata tiilien rakenteellista käyttöä, eikä vaarallisten aineiden päästöjen testausta. Mikäli tuotteelle ei haeta CE-merkintää, veloitetta EAD:n mukaiselle testaukselle ei ole.

Bruttokuivatiheys

Bruttokuivatiheyttä tarvitaan kappaleen painon ja esimerkiksi ääneneristävyyden määrittämiseen. Muuraustuotteiden CE-merkinnässä poltetut tiilet jaetaan käyttökohteen ja bruttokuivatiheyden mukaan kahteen luokkaan. Vedeltä suojatuissa rakenteissa olevien tiilien (LD-tiili) bruttokuivatiheys on alle 1000 kg/m³. Vedeltä suojaamattomissa rakenteissa käytettävien tiilien (HD-tiili) bruttokuivatiheys on suuri. (SFS 7001) Standardin SFS771-1 mukainen merkintätapa on P- ja

 **Bruttokuivatiheyttä tarvitaan kappaleen painon ja esimerkiksi ääneneristävyyden määrittämiseen.**

U-tiilet, joista P-tiili tarkoittaa vedeltä suojattujen rakenteiden tiiliä (protected masonry) ja U-tiilet vedeltä suojaamattomien rakenteiden tiiliä (unprotected masonry). Bruttokuivatiheyden määrittämisen testimenetelmä on kuvattu standardissa SFS-EN 772-13:2000. (Räsänen 2022.)

Jäätymis-sulamiskestävyys

Tiilien jäätymis-sulamiskestävyys on keskeinen ominaisuus, mikäli tiiliä käytetään säärasitetussa rakenteessa. Ominaisuutta voidaan arvioida suoraan jäätymis-sulatuskokeella ja suuntaa antavasti tiilenpoltossa syntyneen mikrotekstuurin perusteella ohuthietutkimuksella sekä joillain ainetta rikkomattomilla menetelmillä. Välillisten ja suuntaa antavien menetelmien luotettavuuteen liittyy joissain tapauksissa merkittäviäkin epävarmuuksia, joten vähintään osa tutkittavan erän tiilistä suositellaan tarvittaessa testaamaan jäätymis-sulatuskokeella. On hyvä huomata, että ohuthietutkimuksella ja muilla suuntaa antavilla menetelmillä voidaan havainnoida myös muita tiilien ominaisuuksia ja niiden vaihtelua.

Käytännössä esimerkiksi säärasituksessa olleiden tiilien jäätymis-sulamiskestävyyttä voidaan arvioida myös aiemman rasituksen ja vaurioitumisen perusteella. On kuitenkin syytä huomata, että esimerkiksi massiivitiiliseinärakenteen eri osissa sijainneiden tiilien ominaisuudet saattavat vaihdella keskenään runsaastikin.

CE-merkittävien (uusien rakennustuotteiden) poltettujen savitiilien jäätymis-sulamiskoe kansallisesti velvoittavasti SFS 7001 mukaan ja kalkkihiekkatiilien testaus SFS-EN 772-18 mukaan. Kansallisen standardin SFS 7001 päivitystyö on käynnissä.

Standardin SFS 7001 liitteen 1 mukaisessa testauksessa tiilet altistetaan märkinä toistuville jäätymis-sulamissykleille (25 kpl) ja kokeen lopussa arvioidaan ovatko tiilet vaurioituneet. Standardin SFS-EN 772-22 mukaisessa testauksessa testattavista savitiilistä muurataan testiseinä, joka kastellaan, ja jonka ulkopintaa jäädytetään ja sulatetaan märkinä toistuvasti (100 kertaa) samalla kun seinän märkä takaosa pysyy jatkuvasti jäätyneenä. Menetelmät ovat kokeellisesti luotettavia, mutta niiden haittapuolena ovat korkeat kustannukset ja hitaus.

Tiilille on määritelty tutkimusten kautta pakkasenkestävyydestä kertova tekstuurisäröilyindeksi. Menetelmän mukaisessa tutkimuksessa selvitetään punaisen poltetun savitiilen koostumus ja rakenne ja siinä mahdollisesti esiintyvä tekstuurivika sekä sen tyyppi ja laatu. Tekstuurivika luokitellaan niin sanottu tekstuuri-indeksin avulla asteikolla 0–3, jossa luokka 0 on paras ja luokka 3 huonoin. Vaaleille tiilille ei ole määritelty vastaavaa tekstuurisäröilyindeksiä.

Luokkaan 0 kuuluvat tiilet (ei tekstuurisäröilyä tai hyvin lievää tekstuurisäröilyä) ovat tutkimusten mukaan hyvin pakkasen kestäviä, luokkaan 2 kuuluvista tiilistä (kohtalaista tekstuurisäröilyä) on tutkimuksissa todettu yli puolessa pakkasvaurioita ja luokkaan 3 kuuluvien tiilien (runsasta tekstuurisäröilyä) pakkasenkestävyyttä voidaan pitää heikkona. (Silvennoinen ym. 1995; Räsänen ym. 2022.)

Välillisiä suuntaa antavia kenttätutkimusmenetelmiä ovat esimerkiksi vasarakoputtelu (äänivasteen aistinvarainen arvio), ultraäänen etenemisnopeuden mittaaminen ja tiilen värisävyn arviointi.

Vedenimukyky ja alkuimunopeus

Mikäli rakennuskohteessa uudelleenkäytettävissä tiilissä on merkittävää vaihtelua vedenimukyvyyssä ja veden alkuimunopeudessa, voi se vaikuttaa muurattuuteen ja muuratun rakenteen kestävyysasteeseen. Esimerkiksi eri kohteista peräisin olevien tiilien tai käyttö tai vanhan laastin jäämät tiilissä on syytä huomioida tässä. (Räsänen ym. 2022; Räsänen 2024.)

Veden alkuimunopeus kertoo, kuinka paljon kuivaan tiilipintaan imeytyy vettä minuutissa. Alkuimunopeudella on vaikutus tiilen muurauksen onnistumiseen: tartuntaan, lujuteen ja muuraussaumojen tiiveyteen. Tiilen huokosrakenne vaikuttaa alkuimunopeuteen: suuret huokokset aiheuttavat suuren imunopeuden, mutta pienen veden nousukorkeuden, ja pienet huokokset vastaavasti pienen imunopeuden ja suuren nousukorkeuden. Liian pienellä alkuimunopeudella vesi ei pääse poistumaan saumalaastista, ja tartunnasta muodostuu heikko ja huokoinen.

Poltettujen tiilien polttoaste vaikuttaa tiilien vedenimukykyyn ja veden alkuimunopeuteen. Korkeassa lämpötilassa poltettaessa tiilen huokoisuus pienenee, mutta suurten huokosten osuus muodostuu suuremmaksi kuin matalammassa lämpötilassa. Vedenimukyky kertoo tiilen kyvystä imeä vettä itseensä pidemmällä aikavälillä. Huokoiset tiilet imevät vettä enemmän kuin tiiviit tiilet, ja niiden säärasitusten kesto on tämän seurauksena tiiviitä tiiliä heikompi. Tiilien vedenimukyky on tavallisesti 6–20 %, ja vedenimunopeus vaihtelee 0,5–4 kg /m²min. (Räsänen 2022.)

➤ **Tiilet ovat uudelleenkäytön näkökulmasta monin tavoin potentiaalisia, koska ne ovat käyttöominaisuuksiltaan saman tyyppisiä.**

Tiilien vedenimukyvyn ja alkuimunopeuden testausmenetelmät on kuvattu standardissa EN 772-11. Vanhojen tiilien muoto (lapepintojen suoruus) saattavat asettaa haasteita standardin mukaiselle veden alkuimunopeuden testaukselle, jolloin testauksen upotussyvyyttä voi olla tarpeen tarkastella.

Mitat, muoto ja tyyppi

Tiilten muoto ja koko voidaan yleensä selvittää aistinvaraisesti mittanauhaa käyttäen suuntaa antavasti jo rakenteita purkamatta. Riippuen mahdollisesta tulevasta käyttötarkoituksesta ja sen asettamista vaatimuksista mittatarkkuudelle, voidaan tiilten tarkat mitat selvittää purkamisen jälkeen, kun laastit on irrotettu tiilistä. On tärkeää huomata, että varsinkin vanhemmissa tiilissä mittapoikkeamat voivat olla merkittäviä.

Ohutsaumamuurattaville tiilille tulee ilmoittaa lapepintojen tasaisuus ja yhden-suuntaisuus.

Savitiilten tyyppi (umpitiili, reikätiili, kennotiili) tarkastetaan yleensä irrotetuista tiilistä, mutta voidaan selvittää ennalta rakenneavauksin. Myös ainetta rikkomattomia testausmenetelmiä (esimerkiksi ultraääni) voidaan mahdollisesti kehittää tähän tarkoitukseen. Kalkkiehkekatiiliä ei ainakaan yleisesti ole valmistettu kuin umpitiilinä.

Lähtökohtaisesti tiilten mittatarkkuuden ja mittapoikkeamien voidaan olettaa vastaavan valmistusajankohdan vaatimuksia. Yleisesti tiilten mittojen, mittapoikkeamien ja tyyppien selvittäminen edellyttää kattavaa otantaa. Mikäli halutaan varmistua jokaisen tiilen mitasta, tulisi jokainen tiili myös mitata erikseen. Mittapoikkeamien hyväksytty vaihteluväli on riippuvainen käyttökohteen vaatimuksista.

5.8.2 Poltetun savitiilen ja kalkkiehkekatiilen rakenteellinen lujuus ja turvallisuus

Tiilten keskeisimmät rakenteelliset ominaisuudet ja niiden vaatimukset (uusille rakennustuotteille tarkoitettujen) standardien sekä uudelleenkäytettäville tiilille tarkoitettun EAD 170005-00-0305 mukaan sekä ehdotettu sovellettu vaatimus uudelleenkäytössä on esitetty taulukossa 10. Ehdotettu otanta ja vaatimus perustuvat edellä mainittujen ohella tiilien uudelleenkäyttöä koskeviin tutkimuksiin (Silvennoinen ym. 1995; Räsänen 2022; Räsänen ym. 2024; Räsänen 2024).

Taulukossa ehdotettua tutkimusotantaa pienempi tai suurempi otanta voi olla perusteltua esimerkiksi rakenneasiantuntijan käyttökohteen asettamat vaatimukset huomioivan arvioinnin perusteella.

Taulukko 8. Tiilten rakenteelliset ominaisuudet.

Ominaisuus	Standardin SFS7001 mukainen vaatimus	Ehdotettu sovellettava vaatimus ja otanta	Huomioita
Kuormitus-kapasiteetti	-	Rakennesuunnittelija määrittää kokonais-arvion perusteella	Ilmoitetaan valmiille muuratulle rakenteelle
Palokäyt-täytyminen	Ilmoitetaan rakenta-mismääräysten mukaan, jos rakenteel-la on palovaatimuksia		EAD 170005-00-0305 Re-cycled clay masonry units mukaan testaus EN 13501-1 mukaisesti. Polttokokeilla laboratoriossa muuratulle raken-teelle
Vesihöyryn-läpäisevyys	Ilmoitettava jos säälle tai kosteudelle alttiina	taulukkoarvo EN 1745	
Veden-imukyky	Keskiarvo on ilmoitet-tava vedeltä suojaa-mattomille tiilille. Vedenimukyky, tulee ilmoittaa U-tiilille ja säälle tai kosteudelle alttiille kalkkihiekka-tiilille. Testaus EN 772-21 mukaan.	testaus SFS-EN 772-21 mukaan esitettävä vedenimu-kyvyn keskiarvo otanta: 3/10 000	Julkisivutiilien vedenimu-kyvyllä (suuri hajonta) on merkitystä tuuletuksen toteutustapaan. Julkisi-vusovelluksissa riskien arviointi numeerisin menetelmin yleensä vaatii RIL 255-1-2014 kaltaisten sorptio- ja lämmönjohta-vuus-kosteuskäyrien tietämystä tai huomioimis-ta detaljisuunnittelussa. EAD 170005-00-0305 Re-cycled clay masonry units mukaan minimiotan-ta 24 tiiltä / 20 000 tiiltä tai 10 tiiltä / 15 000 tiiltä.
Veden-alku-imunopeus	Suosittelaa ilmoitet-tavaksi U-tiilelle vedenalkuimu-nopeuden keskiarvo EN 771-1 luvun 5.8.3 mukaisesti (kg/(m ² min))	testaus SFS-EN 772-11 mukaan otanta: 10/15 000	Tiiliä voidaan alustavasti jakaa laatuluokkiin visuaa-listen havaintojen (väri, polttoaste, halkeamat) ja koputteluvasteen perus-teella. EAD 170005-00-0305 Re-cycled clay masonry units mukaan minimiotan-ta 24 tiiltä / 20 000 tiiltä tai 10 tiiltä / 15 000 tiiltä.

Ominaisuus	Standardin SFS7001 mukainen vaatimus	Ehdotettu sovellettava vaatimus ja otanta	Huomioita
Puristuslujuus	Ilmoitetaan puristuslujuuden keskiarvo f_{um} ja normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo f_b ; $f_b \geq 5 \text{ N/mm}^2$, ilmoitettava kategoria ja kuormitussuunta. Testaus EN 772-21 mukaan (lapepintojen hionta, kuivaus ja puristuslujuustestaus).	testaus EN 772-1 mukaan esitetään puristuslujuuden keskiarvo f_{um} ja keskihajonta, normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo f_b ($\geq 5 \text{ N/mm}^2$) sekä kategoria ja kuormitussuunta otanta: 6/5 000	Tiiliä voidaan alustavasti jakaa laatuluokkiin visuaalisten havaintojen (väri, polttoaste, halkeamat) ja koputteluvasteen perusteella. EAD 170005-00-0305 Re-cycled clay masonry units mukaan minimiotanta 24 tiiltä / 20 000 tiiltä tai 20 tiiltä / 15 000 tiiltä.
Tartuntalujuus	Ei tarvitse ilmoittaa, kun muurauslaastin valmistaja on selvittänyt. Rakenteellisessa käytössä tulee ilmoittaa ominaisleikkauslujuuden perusarvo f_{vk0} , $f_{vk0} \geq 0,16 \text{ N/mm}^2$ yleislaastille, $f_{vk0} \geq 0,31 \text{ N/mm}^2$ ohutsaumalaastille.	Kantavien rakenteiden osalta todentaminen ilmoitetaan muurauslaastin DoPissa.	
Ilmaääneneristävyys ja bruttokuivatiheys	Tulee ilmoittaa, jos rakenteella on ääneneristysvaatimuksia. Poltetulle tiilelle on ilmoitettava bruttokuivatiheys ja poikkeamaluokka. Kalkkiahiekkatiilelle on ilmoitettava bruttokuivatiheyden minimi- ja maksimi-arvo tai bruttokuivatiheysluokka.	Bruttokuivatiheyden testaus SFS-EN 772-13 mukaan Ilmoitetaan bruttokuivatiheys, keskihajonta ja poikkeamaluokka D1, D2 tai Dm (poltetut tiilet) tai bruttokuivatiheyden keskiarvo ja keskihajonta (kalkkiahiekkatiilet) otanta:10/10 000 (poltetut tiilet) tai 3+3/10000 (kalkkiahiekkatiilet)	EAD 170005-00-0305 Re-cycled clay masonry units mukaan bruttokuivatiheyden minimiotanta 24 tiiltä / 20 000 tiiltä tai 20 tiiltä / 15 000 tiiltä.
Lämmönvastus	Tulee ilmoittaa, jos rakenteella on lämmöneristysvaatimuksia. Lämmönjohtavuus ilmoitetaan $\lambda_{10,dry,unit}$	Rakennesuunnittelija määrittää, mikäli rakenteella on lämmöneristysvaatimus	

Ominaisuus	Standardin SFS7001 mukainen vaatimus	Ehdotettu sovellettava vaatimus ja otanta	Huomioita
Jäädytys-sulatus-kestävyys	Tulee ilmoittaa säälle alttiille rakenteille. Savitiilistä vain U-tiiliä voidaan käyttää säälle alttiina: jäädytys-sulustestien läpäisy Kalkkiahiekkatiilille vaatimus Jäädytys-sulatuskestävyys-luokka F2.	Testaus, mikäli rakenteen pakkasen-kestoa edellytetään. Poltetut tiilet: testaus SFS-EN 772:22 mukaan tai SFS 7001 liite 1:n mukaan. otanta: 5/10 000 Kalkkiahiekkatiilet: testaus EN 772-18 vaatimus: luokka F2 otanta: 3+3/10 000	Ohuthietutkimuksella voi harkinnanvaraisesti korvata osan SFS-EN 772:22 tai SFS 7001 liite 1:n mukaista testaus-tarvetta.

5.8.3 Poltettujen savitiilien ja kalkkiahiekkatiilien ehjänä irrotettavuus

Tiilten ehjänä irrotettavuuteen vaikuttavat eniten käytetyn muurauslaastin tyyppi (sementti- vai kalkkipohjainen laasti) sekä tiilen tyyppi (savi- vai kalkkiahiekkatiili; muototiili, reikätiili, kennotiili, täystiili jne.).

Uudelleenkäytettävistä tiilistä laasti poistetaan mekaanisesti ja poistettavuuteen vaikuttaa laastin tyyppi sekä laastin tartunta alustaansa. Laastin poistossa tulee varoa tiilien vaurioitumista. Helpoimmin poistettavissa ovat kalkkilaastit ja kalkkipitoiset sementtilaastit. Työlästi poistettavia ovat tiukasti alustaansa tarttuvat ja lujat sementtilaastit. Myös tiilen tyyppi vaikuttaa laastin irrotettavuuteen, kalkkiahiekkatiilistä laasti irtaantuu yleensä helpohkosti ja reikä (tai muista vastaavista) savitiilistä irrottaminen voi olla hankalampaa.

Uudelleenkäytön näkökulmasta laastia ei tyypillisesti ole tarpeen pyrkiä poistamaan kokonaisuudessaan, ellei se sisällä esimerkiksi haitta-aineita. Tiilisä oleva vanha laasti voi kuitenkin vaikuttaa heikentävästi esimerkiksi uuden laastin tartuntaan.

Erityisesti vanhoissa massiivitiilimuureissa alempien kerrosten muuraukset voi olla tehty lujemmalla laastilla kuin ylemmät kerrokset. Samoin tiilten ominaisuudet voivat vaihdella massiivirakenteen julkisivupinnan ja muiden osien välillä (erityisesti polttoaste).

Tiilirakenteiden aukoissa on usein käytetty kourutiiliä, joita apuna käyttäen on valettu esimerkiksi betoninen aukkopalkki. Tiilipalkkien ehjänä irrottaminen kokonaisuutena voi onnistua, mutta kourutiilien yksitellen ehjänä irrottaminen on haastavampaa, koska tiilirakenne on ohuempi kuin kokonaisuudessa tiilessä, ja betonin tartunta sahattuun tiilipintaan on tyypillisesti luja. Tiilipalkkeja koskevat vaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 845-1.

Muuratun rakenteen sijainti rakennuksessa on usein merkittävä purkujärjestyksen ja ehjänä irrotettavien tiilien läjityksen / välivarastointiin kokoamisen näkökulmasta. Muuratun rakenteen dimensiot (korkeus, paksuus) ja tyyppi (tiililiimitys) voivat vaikuttaa purkutapaan ja ehjänä purkamisen onnistumiseen (kuinka suuri osuus tiilistä säilyy vaurioitumattomana).

Elastiset saumaussmassat (liikuntasaumoissa ja liittymissä) voivat olla hankalasti poistettavissa kokonaisuudessaan ja niistä on voinut imeytyä tiiliin haitta-aineita.

➤ **Testaukseen ehdotettua pienempi tai suurempi tutkimusotanta voi olla perusteltua rakenneasiantuntijan käyttökohteen asettamat vaatimukset huomioivan arvioinnin perusteella.**

5.9 Liimapuun ominaisuudet

TIIVISTELMÄ

- Nykyisin (vuodesta 2013 alkaen) kaikki liimapuurakenteet ovat CE-merkinnän piirissä.
- Liimapuutuotteet on tyypillisesti tehty projektituotteina suoraan projektin tarpeeseen.
- Liimapuusta valmistetut hallimaisten rakennusten pilarit ja palkit on liitetty toisiinsa ja muuhun rakennusrunkoon tyypillisesti teräksisillä liitososilla, joista pulttiliitosten purkamiselle on usein hyvät edellytykset.
- Uudelleenkäytettävän liimapuun rakenteellisista ominaisuuksista on olennaista tunnistaa alkuperäiset lujuusominaisuudet sekä lujuusominaisuuksiin vaikuttavat asiat.
- Liimapuussa oleva reikä, aukko tai lovi voi heikentää merkittävästi rakenteen kestävyyttä ja aiheuttaa halkeamia. Suurempien halkeamien vaikutus rakenteen kestävyys on voi olla merkittävää etenkin taivutetuissa liimapuurakenteissa.
- Palkkirakenteisiin on voinut viruman seurauksena muodostua taipumia, joilla voi olla vaikutusta uudelleenkäyttöön.
- Liimapuun uudelleenkäytön edellytyksiä voidaan arvioida aistinvaraisin menetelmin ja mittauksin pinnoilta.
- Puuaineksen ja liimapuun kuntoa ja ominaisuuksia voidaan selvittää lukuisilla eri ainetta rikkomattomilla menetelmillä, mistä kaikki eivät kuitenkaan ole nykyisin yleisessä käytössä.
- Uudelleenkäyttöselvityksessä tai tulevan suunniteltavan käyttökohteen rakennesuunnittelussa määritetään kohdekohtaisesti testausmenetelmien tarpeenmukaisuus sekä näytteiden määrä.

Liimapuun uudelleenkäytössä on hyödynnettävissä kirjallista tietoa eri aikakausilta liimapuun valmistustekniikan, ominaisuuksien sekä liimapuun laadunvarmistuksen osalta muun muassa RIL:n, Suomen Liimapuuyhdistyksen sekä Puufon julkaisemissa julkaisuissa (RIL 63 1969, 1970, 1973, 1977; RIL 120 1978, 1983, 1986, 1991, 2001, 2004; Liimapuukäsikirja 2014).

Suomessa liimapuun valmistus alkoi 1945, kun Laivateollisuus Oy valmisti ensimmäiset liimapuiset laivarungot. Suomen rakennusteollisuudessa liimapuuta on käytetty vuodesta 1958 lähtien. (Liimapuukäsikirja 2014.)

Liimapuun valmistusta sekä laadunvalvontaa koskevia ohjeita julkaisi aiemmin RIL ry julkaisuissaan Puurakenteiden normit RIL 63 (1969, 1970, 1973, 1977) ja Puurakenteiden suunnitteluohjeet RIL 120 (1978, 1983, 1986, 1991, 2001, 2004). Puurakenteiden suunnitteluohjeet 120 (1978 ja 1983) oli vahvistettu suomalaiseksi standardiksi SFS 4188 (1978, 1982). Liimapuun valmistusta ja laadunvalvontaa on määritellyt 1990-luvulta alkaen standardi EN 386, ja edelleen 2000-luvulla standardi EN 14080. Liimapuun valmistus on tapahtunut 1980-luvulta alkaen ympäristöministeriön (aiemmin sisäasianministeriön) hyväksymän laadunvalvonnan alaisena (RIL 120). Valmistuksen laadunvalvontamenettelyt ja -testaukset oli määriteltä ministeriön hyväksymän ulkoisen laadunvalvojan alaisena.

1970-luvun vaihteessa ja 1970-luvulla valmistettiin leimattuja (L-merkki) ja leimaamattomia (ei L-merkkiä) liimapuukannatteita. Leimattuja liimapuukannatteita sai valmistaa RIL:n asettama liimapuukannatteiden toimikunnan valvonnan alaisena toimiva valmistaja. Leimaamattomien liimapuukannatteiden laadun arvostelemiseksi jokaisesta toimituserästä oli tutkittava vähintään 1/20 kannate ja tehdä lisäksi samat kokeet kuin leimatulle liimapuukannatteelle tehtiin. (RIL 63.)

1960–1970-luvuilla liimauksen laadun perusteella liimapuu jaettiin kahteen luokkaan: liimausluokka I ja liimausluokkaan U. Liimausluokassa I liima oli kosteutta kestävää liimaa ja rakenteen käyttökosteus oli alle 18 %. Liimausluokassa U liima oli säänkestävää liimaa ja rakenteen käyttökosteutta ei ollut rajoitettu. Liimausluokan U liimat olivat liimoja, jotka täyttivät standardin BS 1204:1959 tyyppin WBP/GF vaatimukset. Liimapuun valmistuksessa käytettävät liimat tuli olla liimapuukannatteiden toimikunnan hyväksymiä. Liimapuukannatteet jaettiin lujusluokkiin LT40, LT30 ja LT20 sahatavaran laatuluokan perusteella. Liimapuukannatteilla tarkoitettiin pohjoismaisesta kuusesta tai männystä liimaamalla valmistettuja kannatteita, joissa oli vähintään neljä massiivisesta puusta valmistettua syysuunnaltaan likimain yhdensuuntaista lamellia ja joissa lamelli saattoi leveyssuunnassa muodostua yhdestä tai useammasta vierekkäisestä osasta. (RIL 63.)

1970-luvun lopulta alkaen liimat jaettiin säänkestäviin liimoihin ja muihin liimoihin. Säänkestävien liimojen tuli täyttää standardin BS 1204:1964 luokan WBP vaatimukset. Kosteusluokat jaettiin neliporaisella asteikolla (1 sisäkuiva, 2 ulko-kuiva, 3 kostea, 4 märkä). Säänkestäviksi liimoiksi mainittiin muun muassa

resorsinoli- ja fenoliliimat. Säänkestäviä liimoja liimapuussa käytettiin kosteusluokissa 3 ja 4, mutta ohjeistettiin käyttämään muissakin kosteusluokissa, mikäli rakenteet joutuivat tavallista korkeampaan lämpötilaan. Resorsinoli- ja fenoliliimoissa käytettiin osakomponenttina formaldehydiä. Säänkestämättöminä liimoina yleisesti liimatuille puutuotteille mainittiin muun muassa kaseiniiliimat, urealiimat ja melamiiniurealiimat (RIL 120 1978). Pohjoismaissa oli otettu jo 1940-luvulla liimapuiden valmistuksessa käyttöön fenolihartsipohjaisia liimoja. (liimapuukäsikirja 2014). Liimapuun lujuusluokat olivat L50, L40 ja L30 (RIL 120 1978). 1980-luvun alkupuolelta lujuusluokat olivat L40, L30 (RIL 120 1983).

2000-luvun alusta alkaen säänkestävinä liimoina oli resorsinoli- ja fenoliliimojen lisäksi mainittu melamiiniurealiimat (MUF) ja polyuretaaniiliimat (PU). Säänkestävien liimojen tuli täyttää standardin SFS-EN 301 vaatimukset. Edelleen kaseiini ja urealiimat oli mainittu säänkestämättöminä liimoina yleisesti liimatuille puutuotteille. (RIL 120 2001, 2004.)

Liimapuun valmistus on kauan ollut Pohjoismaissa vakiintunutta. Kaikissa Pohjoismaissa on yksi tai useampia viranomaisten hyväksymiä ilmoitettuja laitoksia, jotka suorittavat liimapuutuotteiden sertifiointia, valvontaa tai testausta.

Nykyisin (vuodesta 2013 alkaen) kaikki liimapuurakenteet ovat CE-merkinnän piirissä. Liimapuun CE-merkintä ja valmistajan suoritustasoilmoitus tehdään rakennustuoteasetuksen mukaisesti standardia EN 14080 noudattaen.

Liimapuu voidaan jakaa poikkileikkauksen perusteella eri tyyppeihin: homogeeninen liimapuu, yhdistetty liimapuu ja monilohkoinen liimapuu. Homogeenisen liimapuun poikkileikkaus muodostuu saman lujuusluokan lamelleista. Yhdistetyn liimapuun poikkileikkauksen uloimmat lamellit ovat tai voivat olla lujuusluokaltaan eri kuin sisemmät lamellit. Monilohkoinen liimapuu on valmistettu liimaamalla kaksi tai useampia liimapuukomponentteja täyttöliimalla yhteen.

Mitat

Liimapuutuotteet on tehty tyypillisesti projektituotteina suoraan projektin tarpeeseen. Myöskään valmistusta ohjanneissa standardeissa ei ole otettu kantaa vakioimittoihin, mutta niissä on mainintoja enimmäismittojen ylittävistä erityismenettelyistä. Liimapuupalkin mitta syntyy käytettävän sahatavaralamellin kerannaisena. Tyypillinen lamellipaksuus suorilla palkeilla on enintään 45 mm ja kaarevilla 33 mm. Lamellileveydet eivät sahatavaran saatavuuden takia yleensä ylitä 225 mm. Purettavista kohteista voi siis löytyä liimapuupalkkituotteita hyvin erilaisilla mitoilla. Pienempiä liimapuukokoja on alettu myöhemmin tekemään myös varastotuotteiksi.

Rakenteellinen lujuus ja turvallisuus

Uudelleenkäytettävän liimapuun rakenteellisista ominaisuuksista on olennaista tunnistaa alkuperäiset lujuusominaisuudet sekä lujuusominaisuuksiin vaikuttavat asiat: puulamellien ja liimasaumojen lujuus ja eheys (halkeamat, liimasaumojen aukeamat), kunto ja vauriot (kosteusrasitus, laho) sekä poikkeamat (reiät ja lovet, viruma).

Liimapuun lujuusominaisuudet perustuvat liimapuun valmistuksessa käytetyn sahatavaralamellien lujuusominaisuuksiin ja liimasaumojen lujuuteen sekä eheyteen. Liimapuussa oleva reikä, aukko tai lovi voi heikentää merkittävästi rakenteen kestävyyttä ja aiheuttaa halkeamia (Liimapuukäsikirja 2014). Suurempien halkeamien vaikutus rakenteen kestävyysvoima voi olla merkittävää etenkin taivutetuissa liimapuukurakenteissa (RIL 244-2007). Halkeamien lisäksi liimasaumojen aukeamat (delaminoituneet liimasaumat) voivat vaikuttaa merkittävästi kestävyysvoimaan.

Pitkäaikainen korkea kosteusrasitus voi aiheuttaa puuhun kosteus- ja mikrobivaurioita, joita on käsitelty enemmän oppaan luvussa 4.4.1. Puun rakenteellinen kestävyys voi heikentyä lahovaurioitumisen seurauksena. Kriittinen kosteus lahovaurion muodostumiselle on lämpötilasta riippuen $RH > 93\text{...}95\%$, joka vastaa puun kosteuspitoisuutta n. 24–27 paino-%. Lahottajasienten optimilämpötila on +20–25°C ja kasvu on mahdollista lämpötila-alueella 0–50°C. Nopeinta lahoaminen on puun kosteuspitoisuudessa 30–80 paino-%, eli kun puun suhteellinen kosteus $RH > 100\%$. (Pitkäranta (toim.) 2016.)

Liimapuulle tapahtuu virumaa eli muodonmuutoksen kasvamista ajan mukana. Virumaan vaikuttavat monet eri tekijät, mutta viruman suuruuteen vaikuttaa erityisesti kosteus- ja kosteusvaihtelut sekä kuormituksen vaihtelu (Liimapuukäsikirja 2014). Erityisesti palkkirakenteisiin voi viruman seurauksena muodostua taipumia. Pysyvällä taipumalla voi olla vaikutusta uudelleenkäyttöön ja se tulee ottaa huomioon uudelleenkäyttöä suunniteltaessa.

Pintakäsittelyt

Liimapuun pintakäsittelyn periaatteet ovat olleet samanlaisia kuin muunkin saman aikakauden puun. Sisätiloissa tavanomaisessa suhteellisessa kosteudessa olevan liimapuun pintakäsittelyä ei ole tarkemmin ohjeistettu liimapuun valmistusta käsittelevissä lähteissä (RIL 63, RIL 120; EN 386, EN 14080). Liimapuun pintakäsittelyyn on sisäkäytössä voitu käyttää kaikkia mahdollisia sisäkäyttöön tarkoitettuja puun pintakäsittelyaineita, kuten peittomaalia, kuullotetta, lakkaa tai puuöljyä. Korkeassa kosteusrasituksessa olevien liimapuiden kemialliset suoja-

aineet ja kyllästeet ovat olleet samoja kuin muunkin saman aikakauden puun. Kyllästetty puutavara on luokiteltu 1970-luvulta alkaen SFS 3974 mukaan. Uudemman liimapuun (EN 14080:2005), jota on käsitelty biologisen kestävyysparantamiseksi, on käsittelyn tullut olla EN 15228 mukaisia.

5.9.1 Liimapuun rakenteellisen lujuuden ja turvallisuuden testaus

Liimapuun uudelleenkäyttöä ja liimapuun lujuuteen liittyviä testimenetelmiä määritettäessä huomion arvoista on, että liimapuisella rakenneosalla on suurempi keskimääräinen lujuus ja pienempi lujuuden hajonta kuin vastaavalla rakenne-sahatavarasta tehdyllä rakenneosalla. Tämä selittyy sillä, että liimapuu koostuu lamelleista, joiden lujuus vaihtelee, ja on epätodennäköistä, että useiden lamellien heikoin poikkileikkaus sattuu samalle kohdalle. Sahatavaralla suurin lujuus määräytyy sen heikoimman poikkileikkauksen lujuudesta. Saman seikan vuoksi uudelleen käytettävän liimapuun lujuusominaisuuksien mahdollinen määrittäminen pienillä koekappaleilla jälkikäteen kokonaisesta liimapuukuranteesta voi johtaa siihen, että pienten koekappaleiden tulosten hajonta suurta, ja johtopäätösten tekeminen haasteellista.

Tässä oppaassa ei käsitellä liitosten ja liitoskappaleiden testausta. Mikäli olemassa olevat liitososat säilytetään, tulee niiden kunto ja muut ominaisuudet varmentaa rakenneasiantuntijan määrittelemällä tavalla.

Aistinvaraiset menetelmät ja mittaukset pinnoilta

Liimapuun uudelleenkäytön edellytyksiä voidaan arvioida aistinvaraisin menetelmin ja mittauksin pinnoilta. Liimapuutuotteen tyyppin (liimapuu, liimapuu viistetyillä jatkoksilla, liimapuu suurilla sormijatkoksilla, yhdistetty liimapuu, monilohkoinen liimapuu, liimattu sahatavara) määrittäminen voidaan tehdä silmämääräisesti. Liimapuun lamellien jatkosten toteutustavasta voidaan arvioida liimapuutuotteen alkuperää, sormijatkoksia on yleisesti käytetty 1970-luvun lopulta lähtien. Liitosten ja ripustusten toteutustapa dokumentoidaan sijainteineen. Edellä mainitut rakenteellisiin ominaisuuksiin liittyvät seikat vaikuttavat uudelleenkäytön suunnitteluun.

Rakenteellisen liimapuutuotteen suoruuspoikkeamat on syytä selvittää ja otettava huomioon uudelleenkäyttöä suunniteltaessa. Suoruuspoikkeamien selvittämisen edellytykset kuormitetuista ja viruneista käytössä olevista rakenteista arvioidaan uudelleenkäyttöselvityksessä. Irrotettujen suorien (ei kaarimaisten)

liimapuutuotteiden suoruuspoikkeamat voidaan selvittää tehokkaimmin. Merkitävät suoruuspoikkeamat ($> L/500$) voivat rajoittaa uudelleenkäyttöä, mikä on erikseen otettava huomioon rakennesuunnittelussa.

Liimatyyppin arviointia voi tehdä silmämääräisesti muun muassa liiman värin perusteella. Fenolihartsiin perustuvia liimoja voi tunnistaa tummasta väristä (Liimapuukäsikirja 2014). Liimatyyppin arviointi on mahdollista myös näytteenoton ja koostumusanalyysin (muun muassa FTIR) perusteella kemian analytiikkaan erikoistuneissa laboratorioissa. Liimatyyppin määrittäminen koostumusanalyysin perusteella edellyttää, että tunnistuksessa on käytettävissä kirjasto vertailuanalyysituloksia, joihin saatua koostumusanalyysitulosta voidaan verrata. Liimapuun uudelleenkäyttöä käsitelleessä kokeellisessa tutkimuksessa Ranskassa oli FTIR-koostumusanalyysin perusteella päätelty tutkimuskohteen (1980-luvulta) liimapuupalkeissa käytetty liima, joka oli spektrin perusteella arvioitu melamiiniurealiimaksi (MUF) (Yahmi ym. 2023).

Liimapuussa on tyypillisesti pieniä halkeamia, jotka ovat merkityksettömiä rakenteen kantavuudelle. Nämä halkeamat ovat tyypillisesti kuivumishalkeamia. Tyypillisesti nämä halkeamat ovat suuruusluokkaa 10 mm syviä ja alle metrin pituisia. Pieniä halkeamia suurempien halkeamien vaikutus rakenteen ominaisuuksiin tulee arvioida ottamalla huomioon rakenteen rakenteellinen rasitus eri alueilla sekä halkeamien sijainnit ja suunnat (RIL 244-2007).

Halkeamien pituutta ja syvyyttä voidaan arvioida hyödyntäen rakotulkkia, luoppia sekä muita soveltuvia mittaustyökaluja. Halkeamien merkittävyyden arviointia varten, halkeaman tarkka sijainti rakenteessa on määritettävä. Halkeamien merkittävyyden arviointia voidaan tehdä muun muassa RIL 244-2007 mukaan. Halkeamien kartoituksessa tulisi erotella liimasaumojen aukeamat puun halkeamista. Lähellä liimasaumaa olevissa puun sisäisissä halkeamissa voidaan hyödyntää UV-valoa, jolla liimasauma saadaan erottumaan paremmin.

Puuaineksen ja liimapuun kuntoa ja ominaisuuksia voidaan selvittää lukuisilla eri ainetta rikkomattomilla menetelmillä, mistä kaikki eivät kuitenkaan ole nykyisin yleisessä käytössä. Esimerkiksi ultraäänellä, röntgentomografialla ja resonanssimittauksella voidaan selvittää puun tiheyttä, lahoamista ja kosteutta (Zielińska & Rucka 2021). Myös liimasaumojen delaminaatiota selvittäessä voidaan hyödyntää ultraäänimittausta (Ranttila 2024).

Uudelleenkäytettävän liimapuun rakenteellisista ominaisuuksista on olennaista tunnistaa alkuperäiset lujuusominaisuudet sekä lujuusominaisuuksiin vaikuttavat asiat.

Puun kosteuspitoisuus voidaan selvittää uudelleenkäytön näkökulmasta (mittaushetken kosteusvaurioriski) riittävällä tarkkuudella piikkimittarilla, joka antaa mittaustuloksen painoprosentteina. Kosteusmittarin toiminta perustuu kahden puuhun painettavan metallielektrodin välisen konduktanssin mittaamiseen, jolloin mittausta tapahtuu paljaiden metallielektrodien koko pituudelta. Usein mittausta edustaa siis puun pintaosaa. Syvemmältä puusta kosteutta voidaan mitata niin sanotulla juntta-anturilla, jonka elektrodien varret on eristetty ja mittausta tapahtuu haluttuun syvyyteen lyötyjen piikkien kärjistä. Tulosten tulkinnassa on tärkeää huomioida, että mittaustulos edustaa vain mittaushetkeä, eikä kerro mahdollisesta aiemmasta kosteusrasituksesta.

Mikroporauksessa puuhun porataan halkaisijaltaan muutaman millimetrin reikä ja porausvastuksen avulla voidaan havaita lahovauriot ja muut rakenteen heikentymät (Ranttila 2024). Tämä voi olla tarpeen varsinkin rakenteissa, joita tutkitaan kohteessa ja koko poikkileikkaus ei ole nähtävillä.

Pintakäsittelyiden ominaisuuksia voidaan selvittää pintakäsittelystä otettavilla näytteillä, joita analysoivat pintakäsittelyaineisiin erikoistuneet laboratoriot (esimerkiksi pintakäsittelyainevalmistajat).

Liimapuusta porattavista tai leikattavista näytteistä voidaan testata laboratoriossa puun ja liimasaumojen ominaisuuksia, joista on kerrottu enemmän seuraavassa kappaleessa.

Liimasaumojen delaminointipituuden testaus

Liimasaumojen liimauksen lujuus voidaan todentaa delaminointipituustestillä (SFS-EN 14080 liite C). Delaminointipituustesti on ensisijaisesti alkuperäisen tehdastuotannon testausmenetelmä, jossa näytteenotto voidaan tehdä leikkaamalla liimapuuaihiosta poikkileikkauksen kokoinen näyte. Delaminointipituustestissä koekappaleita rasitetaan menetelmästä riippuen paineella (-85 kPa...600 kPa) veteen upotettuna ja lopuksi kuivataan ilmakehässä (25...75 C) eri olosuhteissa. Testissä koekappaleeseen aiheutuu liimasaumojen vastainen vetojännitys ja puutteellinen liimasauman eheys aiheuttaa liimasaumojen delaminoitumisen testissä. EN 14080 liitteen C mukaisessa delaminointipituustestissä koekappaleen pituus on (75 ± 5) mm (syysuuntaan).

1960–1970-luvun liimapuutuotteille on tehdastuotannossa tehty liimausluokassa U delaminointitestausta (ASTM D1101-59) ja sille on esitetty kriteerejä, liimausluokassa I delaminointitestiä tai -kriteerejä ei ole esitetty (RIL 63). 1980-luvulta delaminointitestausta liimapuutuotannossa on tehty ympäristö-

ministeriön hyväksymän laadunvalvonnan alaisena (RIL 120) ja myöhemmin EN 386 ja EN 14080 mukaisesti.

Uudelleenkäytettäville liimapuutuotteille menetelmä soveltuu esimerkiksi silloin, jos liimapuu on jo irrotettu rakenteesta ja epäillään erityisesti liimasaumojen kestävyyttä ilman, että numeerista arvoa lujuudesta tarvitaan. Yhdellä testauksella on mahdollista saada tietoa pidemmältä liimasauman matkalta. Näytteet valittava siten, että ne edustavat rakennuskohteen liimapuutuotteita ja tuote-erää. Uudelleenkäyttösuunnitelmassa määritetään kohdekohtaisesti testausmenetelmän tarpeenmukaisuus sekä näytteiden määrä. Näytemäärää määritettäessä voidaan hyödyntää taustatietona alkuperäisessä tuotannossa edellytetyn laadunvalvontatestauksen näytemääriä:

- 1 näyte 20 m³ määrää kohden, kuitenkin vähintään 3 kpl (Ei edellytetty, jos lujuus osoitettu leikkauslujuuden testillä.) (EN 14080:2013)
- 1 näyte 20 m³ (EN 14080:2005/ EN 386:2001).

Delaminointipituuden hyväksytyt enimmäisarvot ovat testimenetelmästä ja liimatyypistä riippuen vaihdelleet liimapuutuotannossa (1960-luvulta lähtien) välillä 4...15 %.

Liimasaumojen leikkauslujuuden testaus

Liimasaumojen leikkauslujuustestauksessa liimasaumaan kohdistetaan leikkausjännitys erillisen leikkaustyökalun avulla. Liimasaumojen leikkauslujuuden testausta on tehty suomalaisessa liimapuutuotannossa 1960–1970-luvulla (esimerkiksi ASTM D905-49 mukaisesti) (RIL 63) ja myöhemmin muun muassa EN 392:1995 ja EN 14080 liitteen D mukaisesti. Testissä leikkauskuormitus tehdään murtoon asti ja puustamurtoprosentti arvioidaan ja voiman perusteella lasketaan leikkauslujuus. Leikkauslujuustestausta voidaan tehdä myös sovellettuina, jossa voimaa ei mitata ja arvioidaan vain puustamurtoprosentti. Mikäli murtuminen tapahtuu lähes yksinomaan puusta, liimauksen lujuus ylittää puun lujuuden.

Koekappaleet voidaan valmistaa poikkileikkaukseltaan täysimittaisista näytteistä tai poraamalla. Uudelleen käytön näkökulmasta poranäytteet ovat soveltuvampia, ja niitä voidaan ottaa rakennesuunnittelijan erillisten ohjeiden mukaan myös kuormitetuista rakenneosista. Poranäytteet (halkaisija ~35 mm, pituus > 50 mm) otetaan siten, että niistä voidaan valmistaa koekappaleet, jotka ovat yhdensuuntaisia ja kohtisuorassa liimasaumaa vastaan. Testattavat liimasaumat ovat koekappaleen keskellä. Näytteet merkitään niin, että koekappaleen sijainti liimapuun poikkileikkauksessa ilmenee.

Uudelleenkäyttöselvityksessä tai tulevan suunniteltavan käyttökohteen rakennesuunnittelussa määritetään kohdekohtaisesti testausmenetelmän tarpeellisuus sekä näytteiden määrä. Uudelleenkäyttöselvityksen tekijä tai tulevan suunniteltavan käyttökohteen rakennesuunnittelija voi näytemäärää määrittäessä ja tuloksia arvioitaessa hyödyntää taustatietona alkuperäisessä tuotannossa edellytetyn laadunvalvontatestauksen näytemääriä:

- Jokaisesta toimituksesta ja isommista toimituksista 1/5...1/10 kannatteesta. Liimasauman leikkauslujuus (ASTM D905-49) 60 kp/cm² ja puustamurtoprosentti 70 %, mikäli lujuusarvo pienempi puustamurtoprosentti vähintään 90 % (RIL 63 1973).
- 1 näyte (vähintään 10 leikkaustestiä) 20 m³ määrää kohden (ei edellytetty, jos lujuus osoitettu delaminointitestillä). Vaatimus puustamurtoprosentille (90 %, 72 %, 45 %) riippuen liimasauman leikkauslujuuden keskiarvosta (6 N/mm², 8 N/mm², 11 N/mm²). (EN 386:2001 / EN 392:1995.)
- PU-liimalle ja muille liimoille erilliset vaatimukset. Leikkauslujuustestierän minimi 10 kpl. Liimasauman leikkauslujuuden minimi 5...10 N/mm². (EN 14080:2005.)
- 1 testisarja 20 m³ määrää kohden. (Ei edellytetty, jos lujuus osoitettu delaminointitestillä.) Vaatimus puustamurtoprosentille (90 %, 72 %, 45 %) riippuen liimasauman leikkauslujuuden keskiarvosta (6 N/mm², 8, N/mm², > 11 N/mm²). (EN 14080:2013.)

Liimapuun uudelleenkäyttöä käsitelleessä kokeellisessa tutkimuksessa Ranskassa oli tutkimuskohteen (1980-luvulta) liimapuupalkkien liimasaumojen leikkauslujuustesteissä keskimääräiseksi puustamurtoprosentiksi saatu 64 % ja liiman leikkauslujuuden (EN 302-1 testattu) keskiarvo oli ollut 7,4 N/mm² (Yahmi ym. 2023). Hyvin mahdollista onkin, että uudelleenkäytettävien liimapuutuotteiden liimasauman leikkauslujuustesteissä korkeinta puustamurtoprosenttia ei saavuteta.

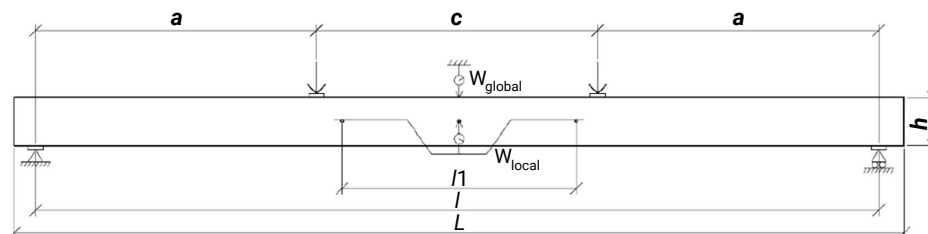
Liimapuun suorituskyvyn määrittäminen kokonaisen liimapuutuotteen koestuksella

Liimapuun valmistuksen laadunvalvonnan menetelmät ovat koostuneet sahatavaran lujuusluokittelusta, puulamellien jatkosten ja saumojen liimauksen lujuuden testauksesta ainakin 1960-luvulta alkaen (RIL 63). Näiden pääasiassa sahatavaran ja sen jatkosten mekaaniseen testaukseen perustuvien menetelmien perusteella on voitu liimapuu luokitella tiettyyn lujuusluokkaan. Vastaavia testauksia jälkikäteen

olemassa olevalle liimapuulle voidaan myös tehdä, mutta yhtenä tapana selvittää liimapuun lujuusluokka on määrittää taivutuskestävyys ja -jäykkyys kokonaiselle liimapuutuotteelle koestuslaitoksessa. Uudelleenkäytettävien liimapuiden lujuusluokan määrittämisen tarpeenmukaisuus ja näytemäärä määritellään kohdekohtaisesti rakenneasiantuntijan toimesta.

Määrittäminen tehdään tekemällä liimapuutuotteelle taivutuskestävyyden ja -jäykkyyden koestus EN 408 mukaan. Koestuksessa määritetään liimapuun taivutuslujuus ja kimmomoduuli nelipistetaivutuksella ($L=18+3h$), (Kuvio 2). Liimapuu tasaannutetaan (65 % RH), mikäli liimapuutuotteet eivät tule vakio-olosuhteista tai muusta syystä tasaannutusta ei katsota tarpeelliseksi. Koetuloksista lasketaan EN 14358 standardin mukaan hyväksymisehtotarkastelussa käytettävän taivutuslujuuden ja kimmomoduulin ominaisarvot.

Määritettyjen ominaisarvojen sekä koesarjan kimmomoduulin keskiarvon perusteella arvioidaan, mitä EN 14080 standardin mukaisia liimapuun nykyisiä lujuusluokkia näytteet voivat hyväksyttävästi vastata. Liimapuun lujuusluokan perusteella määntyvät muiden rakenteellisten ominaisuuksien suoritustasot (vetolujuus, puristuslujuus, leikkauslujuus). Edellä mainittu menettely on perusteltua tehdä myös liimapuupilareille, koska pilarien kuormituskokeet pilareina edellyttää joiltain osin erityismenetelmiä.



Kuvio 2. Periaatekuva kokonaisen liimapuun koestuksesta nelipistetaivutuksella.

Koestusta suunniteltaessa ja näytemäärää määritettäessä voidaan hyödyntää taustatietona kokeellisen mitoituksen ohjetta RIL 120-1978 (≥ 4 koestusta) ja suunnittelustandardin SFS-EN 1990 opastavaa liitettä D (≥ 3 koestusta). Liimapuun suoritustason määrittäminen edellä esitetystä poikkeavalla tavalla on mahdollista rakenneasiantuntijan erikseen määrittelemällä tavalla. Edellä olevien periaatteiden mukaan rakenneasiantuntija voi määrittää myös sellaisia testaustapoja, joissa liimapuutuotetta ei kuormiteta murtoon asti eli esimerkiksi taivutusjäykkyyden määrittäminen kuormittamalla tiettyyn jännitystasoon. Voiman ja taipuman

riippuvuuden kautta määritellään käytettävä lujuusluokka. Taivutusjäykkyyden selvittämisen ensisijaisuus oli nostettu esiin Ranskassa tehdyssä kokeellisessa tutkimuksessa (Yahmi ym. 2023), jossa tutkimuskohteen (1980-luvulta) liimapuupalkkien yksi- ja kaksilamellisten koekappaleiden taivutustestien perusteella liimapuu olisi luokiteltu taivutuslujuuden perusteella selvästi korkeampaan lujuusluokkaan kuin taivutusjäykkyyden perusteella (GL20H).

5.9.2 Liimapuurakenteiden ehjänä irrotettavuus

Liimapuusta valmistetut hallimaisten rakennusten pilarit ja palkit on liitetty toisiinsa ja muuhun rakennusrunkoon tyypillisesti metallisilla tartuntaosilla (pilari-kengät, palkkikengät ym.), joihin kiinnitys on toteutettu ruuvaamalla tai metallivaarnoin. Pulttiliitokset ovat usein helposti purettavissa ja liitososat voidaan säästää, kunhan liitokseen päästään käsiksi.

Liitososien uudelleenkäytettävyys tulee arvioida uusien kuormitusten perusteella huomioiden myös liitososien palonkesto, joka on menneisyydessä jäänyt vähemmälle huomiolle.

Pilarit ja palkit voidaan lähtökohtaisesti myös katkaista pään liitoksen lähetyviltä. Liimapuupilari on voitu myös upottaa betonirakenteeseen, jolloin pilari on katkaistava. Pientaloissa ja muissa rakennuksissa liimapuutuotteiden kiinnitystavat voivat vaihdella ja esimerkiksi ruuviliitokset ja naulauslevyt voivat olla yleisiä sekä hankalia purettavia, jolloin kyseeseen tulee rakenneosan katkaisu. (Huuhka ym. 2018; Liimapuukäsikirja 2014.)

6

Uudelleenkäytön suunnittelu

TIIVISTELMÄ

- Olemassa olevien rakennuksien rakennusosia tai runkoja ei pääsääntöisesti ole suunniteltu uudelleenkäytettäväksi.
- Rakennusosien uudelleenkäytöllä voidaan saavuttaa etuja rakennuksen hiilijalanjäljen vaatimustason saavuttamiseen.
- Suunnittelijan tulee tuntee aikaisempia jo käytöstä poistettuja suunnittelunormeja sekä pystyä rinnastamaan ne uusiin suunnittelunormeihin.
- Uudelleenkäytettävien kantavien rakennusosien osalta tilanne eroaa nykyisestä suunnittelusta siten, että vanhasta rakennuksesta irrotettavia rakennustuotteita koskee usein tulevan tai uuden hankkeen mukaiset mitoitusmenetelmät ja standardit.
- Normaalia suurempia turvallisuuteen tai terveellisyyteen liittyviä riskejä sisältävissä rakennushankkeissa edellytetään erityis-
menettelyä. Uudelleenkäytön yhteydessä tämä voi tarkoittaa muun
muassa suunnittelun, paloturvallisuuden tai rakennusfysikaalisen
suunnittelun laadunvarmistamista.
- Uudelleenkäytön suunnittelussa suunnittelijan tulee arvioida,
vaatiiko kantavien rakennusosien uudelleenkäyttö, erityis-
menettelyn toimenpiteenä, ulkopuolisen tahon käyttämistä
tuotedokumentaation läpikäyntiin.
- Tässä luvussa käsitellään yleistietoa suunnitteluohjeista, otetaan
kantaa rakenteiden varmuustason määrittämiseen ja uudelleen-
käytettävän rakenteen jäljellä olevaan käyttöiän määrittämiseen.

S seuraavassa luvussa käsitellään pääasiassa rakennusosien ja -tuotteiden uudelleenkäyttöä suunnittelun näkökannalta. Suunnitteluosio toimii ohjeena pääasiassa rakennesuunnittelijalle, mutta esittää myös hyviä käytäntöjä rakennussuunnitteluun sekä ottaa kantaa pääsuunnittelijan tehtäviin rakenneosien uudelleenkäytön suhteen. Osiossa otetaan kantaa myös reikäkierron tehtäviin. Muiden erityissuunnittelijoiden, kuten palosuunnittelun ja akustiikan osalta, erikoisosaamisen tarve huomioidaan ohjeessa yleisellä tasolla.

Tämän oppaan aiemmassa osiossa on otettu kantaa suunnittelua sivuavissa asioissa. Tekstissä kyseisiin kohtiin viitataan vielä erikseen.

Mahdollisuudet

Rakennusosien uudelleenkäytöllä voidaan saavuttaa etuja rakennuksen hiilijalanjäljen vaatimustason saavuttamiseen. Rakennuksen hiilijalanjälki koostuu yleisesti rakennuksen koko elinkaaren aikaisista hiilipäästöistä. Ympäristöministeriön Rakennuksen vähähiilisyyden arviointi -oppaan (2019) menetelmässä rakennuksen elinkaariarvio jaotellaan neljään eri osioon: päästövaikutukset ennen käyttöä, päästövaikutukset käytön aikana, päästövaikutukset käytön jälkeen sekä elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset. Ensimmäiset kolme osa-aluetta muodostavat perusteet rakennuksen hiilijalanjäljen ja neljäs hiilikädenjäljen laskentaan. (Rakentamislaki 751/2023.)

Rakennusosien uudelleenkäytön osalta etua hiilijalanjäljen laskentaan saadaan osa-alueeseen päästövaikutuksiin ennen käyttöä ja vielä tarkemmin valmistukseen ja raaka-aineiden hankintaan liittyvä hiilipäästö, joka on laskennallisesti lähes nolla, ellei uudelleenkäytettävän rakennusosaa muokata tai korjata ennen käyttöä. (Ympäristöministeriö 2019.)

Haasteet

Tällä hetkellä uudelleenkäytetyille rakennustuotteille ei ole kansallisella tasolla kuin muutama opas, jossa otetaan kantaa mitä suunnittelijan tulee ottaa huomioon, kun rakenteita käytetään uudelleen (esimerkiksi Teräsrakenneyhdistyksen tekni-
nen julkaisu 3–2023, Teräsrakenteiden uudelleenkäyttö). Siten tähän oppaaseen on koottu pääasiallisesti puu-, betoni- ja tiilirakenteisiin liittyvää opastusta rakennusosien uudelleenkäytöstä.

 **Rakennustuotteiden uudelleenkäytöllä voidaan saavuttaa etuja rakennuksen hiilijalanjäljen vaatimustason saavuttamiseen.**

Koska kantavien rakenteiden uudelleenkäytöstä on rajatusti kokemusta suunnittelukentässä, ja tarvittavat osaamisalueet ovat usein korjaussuunnittelijoilla uudissuunnittelijoita paremmin tiedossa, oppaan ohjeita selvennetään käytännön esimerkein. Suomessa on kuitenkin pitkät perinteet esimerkiksi hirsikehikoiden uudelleenkäytöstä. Museovirasto onkin tehnyt ohjeet hirsikehikoiden siirtämiseen sekä korjaamiseen (Museovirasto 2000; 2004).

Olemassa olevien rakennuksien rakenneosia tai runkoja ei pääsääntöisesti ole suunniteltu uudelleenkäytettäviksi. Tämä luo haasteen purkusuunnittelulle, koska rakennusosien liitokset tulisi ihannetilanteessa säilyttää alkuperäisen kaltaisena. Uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita on tarkoitus käyttää kaikessa rakentamisessa sekä uudis- että korjauskohteissa. Haasteena tässä tulee olemaan suunnittelijoiden asiantuntemus ja tietämys vanhoista suunnitteluohjeista ja -normeista. Oppaassa tuodaan esille yleistietoa suunnitteluohjeista, otetaan kantaa rakenteiden varmuustason määrittämiseen ja uudelleenkäytettävän rakenteen jäljellä olevaan käyttöiän määrittämiseen. Silti uudelleenkäyttö voi olla rakennesuunnittelijalle haasteellista, koska suunnittelijan tulee tuntea aikaisempia jo käytöstä poistettuja suunnittelunormeja sekä pystyä rinnastamaan ne uusiin suunnittelunormeihin. Vaikka tämä onkin useille korjausrakennesuunnittelijoille arkipäivää jo nyt.

Jotta kantavien rakenteiden uudelleenkäyttö voi yleistyä, tulee kiinnittää huomiota myös kustannusten toteutumiseen suunnittelussa. Vaikka suunnittelun kustannukset ovatkin vain pieni osa koko rakennushankkeen kustannuksista, jos niille ei varata hankkeessa riittävästi rahaa, voi suunnittelukin jäädä uudelleenkäytön osalta pintapuoliseksi. Uudelleenkäytettäville rakenneosille tulee tehdä vain tarpeen mukaiset oleelliset tutkimukset ja mahdollisuuksien mukaan hyödyntää ja tulkita uudelleenkäytettävän rakennusosan jo olemassa olevaa suunnittelutietoa. Rakennusosan suunnitteluun vaaditaan kuitenkin tietyt minim tiedot, jotta se on mahdollista suunnitella.

Korjausrakentamisessa yleinen käytäntö on ollut se, että rakennesuunnittelija tekee arvion, onko hankkeessa tarvetta varsinaiselle olemassa olevan rungon tarkemmalle tarkastelulle. Jos rakennusosaan ei tehdä muutoksia, tilojen käyttötarkoitus ja kuormitus ei muutu, eikä ole epäilystä siitä, että rakennusosan kantavuus on heikentynyt ja tarkempaa analyysiä ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista tehdä. Tarkasteluita on ollut mahdollista tehdä korjauskohteen alkuperäisen rakennusvuoden mitoitusten menetelmin, mutta tässä tulee ottaa huomioon se, että erilaisia mitoitusten menetelmiä ei sekoiteta keskenään. Uudelleenkäytettävien kantavien rakennusosien osalta tilanne eroaa nykyisestä suunnittelusta siinä suhteessa, että vanhasta rakennuksesta irrotettavia rakennusosia koskee usein

tulevan tai uuden hankkeen mukaiset mitoitusmenetelmät ja standardit. Tällöin mitoitusmenetelmät ja standardit usein poikkeavat alkuperäisistä suunnittelun standardeista ja ohjeistuksista.

Rakennesuunnittelijan tehtäviin yleisesti kuuluu myös alustavien riskiarvioiden tekeminen (RIL 241-2016). Normaalista suurempia turvallisuuteen tai terveellisyyteen liittyviä riskejä sisältävissä rakennushankkeissa edellytetään normaaleista käytännöistä poikkeavia laadunvarmistusmenetelmiä, eli niin kutsuttua erityis- menettelyä. Erityis- menettelyn mahdollisen tarpeen tuo esiin viranomaistahot ja sen menetelmiä voidaan käyttää myös vapaaehtoisesti, rakennushankkeeseen ryhtyvän päätöksellä (RIL 241-2016). Uudelleenkäytön yhteydessä tämä voi tarkoittaa muun muassa suunnittelun, paloturvallisuuden tai rakennusfysikaalisen suunnittelun laadunvarmistamista. Uudelleenkäytön suunnittelussa suunnittelijan tulee arvioida, vaatiiko kantavien rakennusosien uudelleenkäyttö, erityis- menettelyn toimenpiteenä, ulkopuolisen tahon käyttämistä tuotedokumentaat- tion läpi- käyntiin. Tämä voisi tulla kyseeseen esimerkiksi sellaisessa tilanteessa, jossa halutaan käyttää rakennusosaa uudelleen, sen tuotedokumentatio on vaillinainen ja testauksen kautta saatava tieto haetaan normaalista poikkeavalla tavalla, josta ei ole vielä vakiintunutta menetelmää.

Rajaus

Uudelleenkäytettävät kantavat rakennusosat on valittu sen perusteella, että niissä on todettu uudelleenkäyttöpotentiaalia monesta näkökulmasta aikaisemmissa selvityksissä ja tutkimuksissa.

Oppaan esimerkit on rajattu kuivassa sisäympäristössä olleille 60–80-luvun tuotteille ja on sovellettavissa myös myöhemmin valmistettujen rakennusosien uudelleenkäytössä.

Tuotteet, jotka ovat pääasiallisen tarkastelun kohteena oppaassa:

- liimapuupalkki ja -pilari
- betonielementtipalkki ja -pilari
- ontelolaatta (betoni)
- poltettu savitiili ja kalkkihiekkatiili.

Oppaassa pääpaino on puu-, betoni- ja tiilirakenteiden uudelleenkäytössä, tietoa voidaan myös käyttää soveltuvin osin muidenkin rakenteiden ja rakennusma- riaalien uudelleenkäyttöön.

6.1 Vanhat suunnitteluohjeet, normit ja standardit

TIIVISTELMÄ

- Kantavien rakenteiden uudelleenkäytössä on oleellista tietää koska alkuperäiset rakenteet on suunniteltu ja rakennettu ja mikä rakennuksen maantieteellinen sijainti on ollut.
- Aikakauden suunnittelumenetelmät edustavat oman aikansa laatua. Nykyiset Eurokoodien mukaiset turvallisuuskertoimet edustavat nykyaikaa eivätkä välttämättä ole soveltuvia vanhojen rakenteiden tarkastukseen sellaisenaan.
- Uudelleenkäytön suunnittelussa on huomioitava rakenteiden ikä sekä niiden mitoitusmenetelmä. Suunnittelijan pitää pystyä tulkitsemaan vanhoja suunnitelmia niiden iän perusteella.
- Vanhoissa suunnitelmissa merkintätavat poikkeavat nykytilanteesta ja merkintätavat ovat muuttuneet myös kuormien suhteen.
- Valmistusajankohdasta voi muun muassa päätellä rakenteen alkuperäisen laskennallisen kuormitustason sekä materiaalien lujuusarvoja.
- Hyötykuormien suuruusluokka vaihtelee paljon riippuen rakennuksen rakentamisajankohdasta ja käyttötarkoituksesta, mikä hankaloittaa vanhan rakenteen vertailua sekä laskennallista analyysia.
- Lumikuormien määrittelyssä on eroja eri kuormitusnormien välillä.
- Tuulikuorma joudutaan arvioimaan rakennettavan kohteen ympäristön perusteella, jota käytetään lähinnä alustavaan mitoitukseen.
- Alkuperäisen suunnittelussa käytetyn tuulikuorman arvoon vaikuttaa myös rakennuksen muoto ja korkeus.
- Tarpeen mukaan rakennuksen jäykistys tulisi suunnitella uudestaan, vaikka rakennus siirrettäisiin kokonaisuudessaan uuteen sijaintiin.
- Ääneneristysvaatimukset ovat vuosien varrella kiristyneet.
- Uudelleenkäytössä alkuperäisen rakennuksen paloluokan perusteella suoraan ei voi aina arvioida rakennusosan palonkestoa.

Kantavien rakenteiden uudelleenkäytössä on oleellista tietää koska alkuperäiset rakenteet on suunniteltu ja rakennettu ja mikä rakennuksen maantieteellinen sijainti on ollut. Tämä jo osaltaan ohjaa suunnittelua sekä kertoo tuotteen uudelleenkäyttöpotentiaalista. Valmistusajankohdasta voi muun muassa päätellä laskennallisen kuormitustason, jota rakenteen mitoituksessa on käytetty sekä materiaalien lujuusarvot.

Rakenteiden kuormitusnormit ovat kehittyneet Suomessa seuraavalla tavalla:

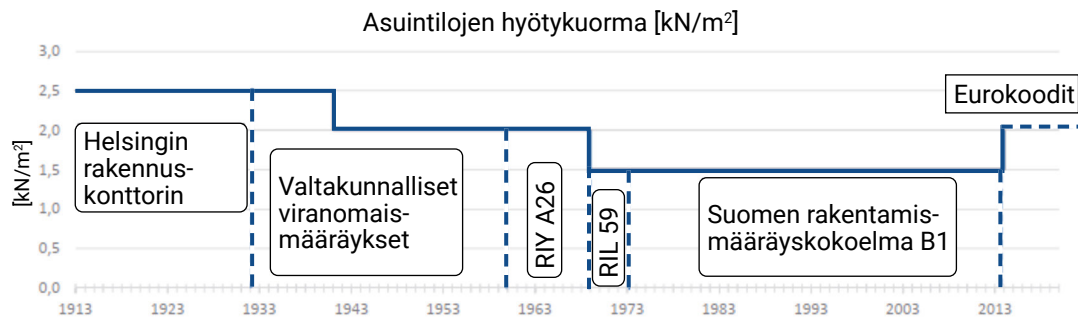
- 1913, Helsingin kaupungin rakennustarkastuskonttori: Määräarvoja kuormituksille ja sallituille ainerasituksille.
- 1932, Ensimmäiset valtakunnalliset viranomaismääräykset: Päätös eräistä huonerakenteista (Sisäasiainministeriö 251/32).
- 1941, Sisäasiainministeriö: Päivitys 241/41.
- 1955, Rakennusinsinööriyhdistys ry: Rakenteiden kuormitusmääräykset RII A26
- 1969, RIL: Rakenteiden kuormitusnormit RIL 59
- 1973, Sisäasiainministeriö: ohje rakenteiden vähimmäiskuormista (perustui RIL 59 kuormiin)
- 1976, sisäasiainministeriö ja ympäristöministeriö (1998): Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa B1. Päivityksiä 1978, 1983, 1998
- 2007, CEN: Eurokoodi EN 1991-1-1 ja kansalliset liitteet
- 2014, Ympäristöministeriö: 477/2014 Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista.

Käytännössä Eurokoodien ja Rakentamismääräyskokoelman rinnakkainen käyttö on ollut mahdollista vuoteen 2016 asti, jolloin ympäristöministeriön asetus 477/2014 on astunut voimaan. Materiaalikohtaisia ohjeita käsitellään oppaan luvussa 6.3.

6.1.1 Hyötykuormat

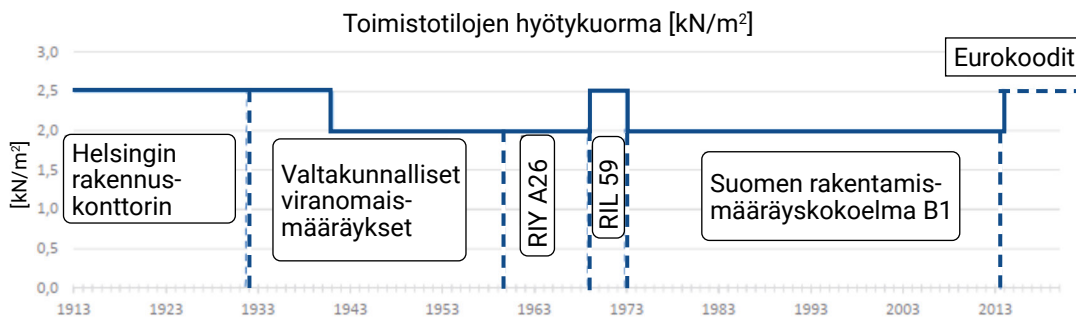
Hyötykuormat tarkoittavat pääasiallisesti rakennuksen käytöstä aiheutuvia pysyvuuntaisia kuormia, myöhemmin normeihin on lisätty myös vaakakuormien suuruuksia muun muassa kaiderakenteiden mitoitusta varten.

Hyötykuormitusten arvot ovat vaihdelleet eri kuormitusnormien välillä. Osaltaan tämä hankaloittaa vanhan rakenteen vertailua sekä laskennallista analyysia, koska saavuttaakseen rakentamislaisissa edellytetyt vaatimukset rakenteen tulisi kestää eurokoodin vaatimusten mukaisia kuormituksia.



Kuvio 3. Asuintilojen hyötykuormien kehittyminen vuosina 1913–2013 (Martin 2016).

Kuvioissa 3 ja 4 on tuotu esimerkin omaisesti hyötykuormien kehittyminen 1900-luvun alkupuolelta vuosituhannen vaihteeseen asunto- ja toimistorakennuksissa.

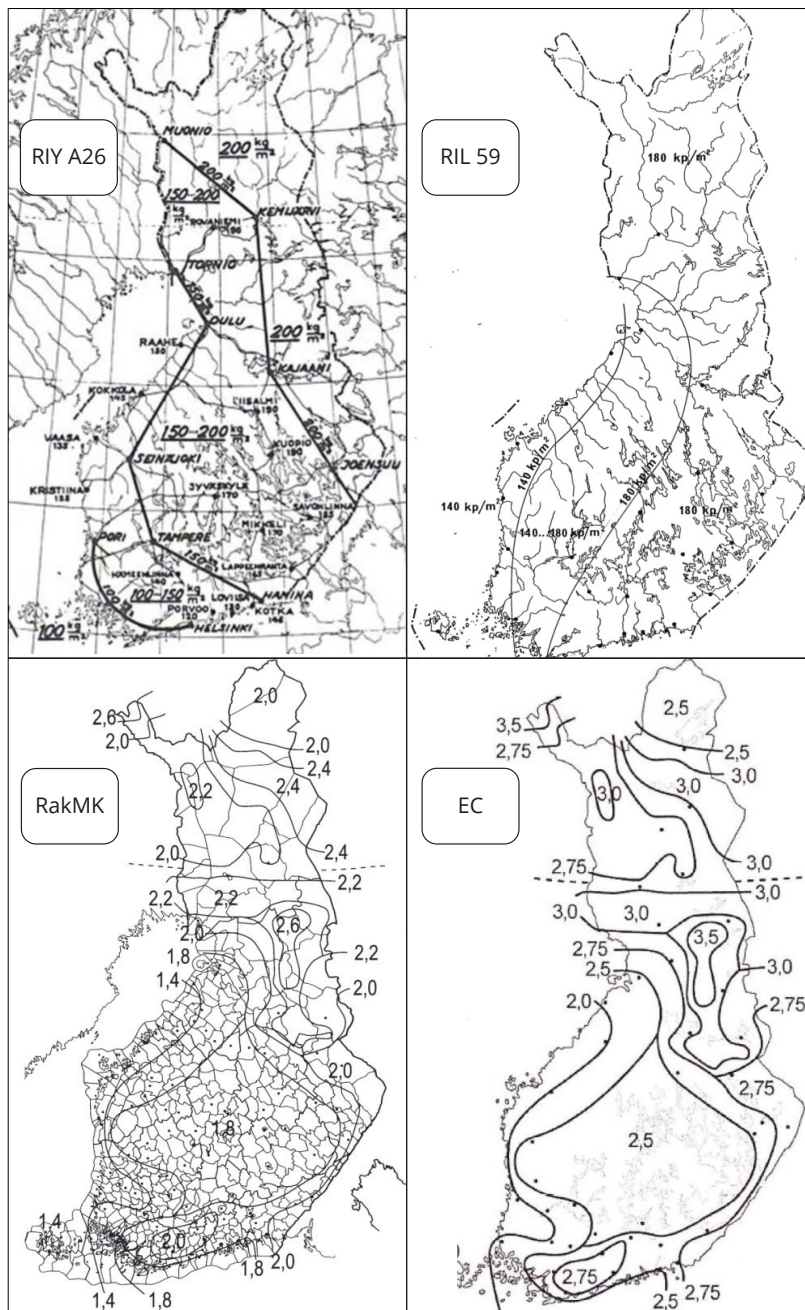


Kuvio 4. Toimistotilojen hyötykuormien kehittyminen vuosina 1913–2013 (Martin 2016).

Hyötykuormien suuruusluokka vaihtelee paljonkin riippuen rakennuksen rakentamisajankohdasta (Kuviot 3 ja 4). Jos halutaan käyttää purettavan, alkuperäisesti 80-luvulla rakennetun asuinrakennuksen ontelolaattoja uudessa toimistorakennuksessa, on hyötykuormien suuruusluokan vaihtelu huomioitava suunnittelussa ja tarkasteltava onko alkuperäisen jännevälin käyttö mahdollista. Edellisen esimerkin alkuperäisenä hyötykuormana on käytetty $1,5 \text{ kN/m}^2$ ja uuden rakenteen hyötykuormana tulee käyttää $2,5 \text{ kN/m}^2$. Ero uuden ja vanhan käytön osalta on 1 kN/m^2 , joka on kaksi kolmasosaa alkuperäisen hyötykuorman suuruudesta.

6.1.2 Lumikuormat

Lumikuormalla tarkoitetaan yleensä lumesta aiheutuvaa kuormitusta vaakasuorille pinnoille. Pääasiallisesti lumikuormien määrittelyssä on eroja eri kuormitusnormien välillä. Ensinnäkin peruslumikuorman arvo on muuttunut eri normien välillä, mutta tämän lisäksi lumikuormien kinostumisen osalta on myös tapahtunut kehitystä.



Kuvio 5. Lumikuormat Suomessa eri aikoina suunnittelun normien mukaisesti.

Kuviossa 5 on neljä eri aikakauden karttaa Suomesta, joissa on esitetty lumi-kuormien esiintyvyys Suomessa. Vuoden 2016 eurokoodin kansallisen liitteen mukaisessa kartassa kuormat on esitetty maassa ja ne yleensä kerrotaan muotokertoimella, kun määritetään rakennuksen katolle kuormitustasoa. Lumi-kuorman muotokerroin katoille on esimerkiksi RIL 201-1-2017 mukaisesti 0,8 kun rakennuksen kattokulma on tasan tai alle 30 astetta. Kun tämä huomioidaan vertailussa lumikuormien osalta esimerkiksi pohjoisimman Suomen osalta, kun huomioidaan eurokoodin muotokerroin, eivät erot ole kovinkaan suuria:

- RIYA A26, 1955 (ja sisäasiainministeriö 251/32): $200 \text{ kg/m}^2 \approx 2 \text{ kN/m}^2$
- RIL 59, 1973: $180 \text{ kp/m}^2 \approx 1,8 \text{ kN/m}^2$
- RakMK, 1998: 2 kN/m^2
- EC, 2016: $2,5 \text{ kN/m}^2 \times 0,8 = 2 \text{ kN/m}^2$.

Ennen vuoden 1955 Rakennusinsinööriyhdistys ry:n kuormitusmääräyksiä lumi-kuormat ovat suurpiirteisemmät. 1913, Helsingin kaupungin rakennustarkastuskonttorin määräyksissä ei ollut annettu suoraa lumikuorman arvoa vaan yhdistetty peltikaton kuormitus tuulen paineeseen, joka oli 200 kg/m^2 . 1932 (Päätös eräistä huonerakenteista (251/32)) Uudenmaan sekä Turun ja Porin lääneissä lumikuorman oli määritetty arvoon $100\text{--}150 \text{ kg/m}^2$, sekä muualla Suomessa 200 kg/m^2 .

Lumikuorman suuruuteen vaikuttaa maantieteellisen sijainnin lisäksi myös mikroilmasto, joka koostuu muun muassa ympäröivistä esteistä tai niiden puutteesta. Esteet voivat olla esimerkiksi korkeampia taloja, maaston muotoja tai kasvillisuutta. Katon muoto vaikuttaa myös kinostumiin katolla ja ne tulisi tarkastella aina uuden tilanteen mukaisesti, myös johtuen siitä, että kaikissa aikaisemmissa normeissa ei ole ollut tarkempia ohjeistuksia kinostuvan lumen osalta.

Uudelleenkäytettävän rakennusosan vanhaa lumikuormaa tarkasteltaessa voidaankin todeta, että vanhaa tiedossa olevaa tai puretun rakennuksen paikakunnan perusteella päätettyä kuormitusta kannattaa lähinnä käyttää alustavassa mitoituksessa.

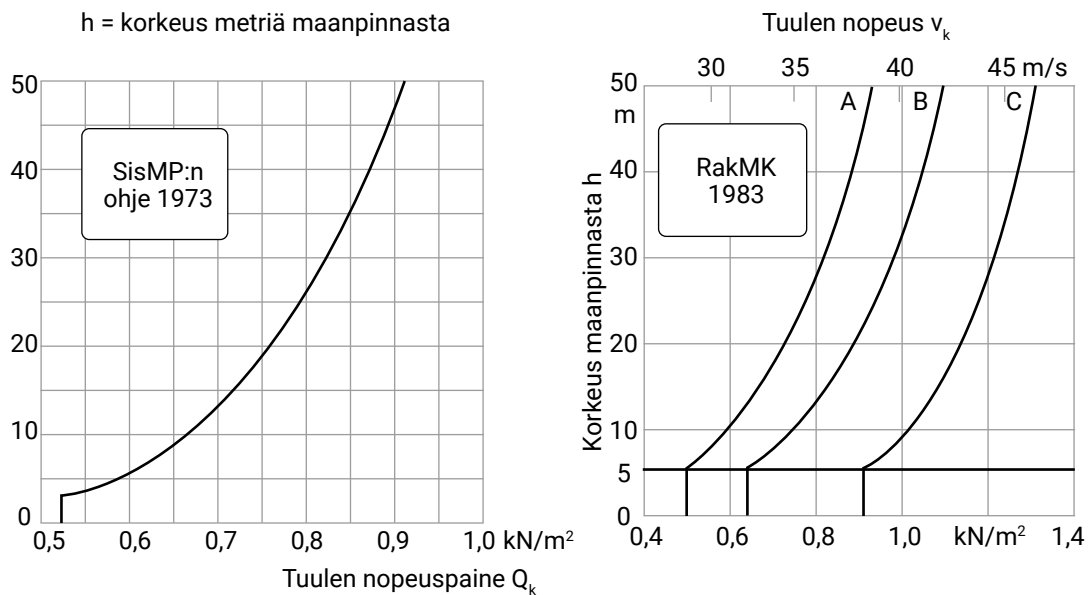
6.1.3 Tuulikuormat

Tuulikuorman osalta oppaan tuulikuorman määrittelyssä on enemmän hajontaa. 1932 Sisäasiainministeriö julkaisussaan ”Päätös eräistä huonerakenteista” mukainen tuulikuorman perusarvo sisämaassa oli $1,0 \text{ kN/m}^2$ ja rannikolla $1,25 \text{ kN/m}^2$.

Vuoden 1955 Rakenteiden kuormitusmääräyksissä RIYA A26 nopeuspaine annettiin rakennuksen korkeuden suhteessa. Tuulenpaine laskettiin nopeus-

paineen ja muotokertoimen tulona. Rakennuksen ollessa 0–30 m korkea nopeuspaineen arvona käytettiin 70 kg/m^2 , kun rakennus oli korkeudeltaan 30–80 m käytettiin arvoja $70\text{--}120 \text{ kg/m}^2$ väliarvot suoraviivaisesti interpoloiden ja yli 80 m korkeisiin rakennuksiin arvona käytettiin 120 kg/m^2 . Tästä poikkeuksena enintään 20 metriä korkeisiin ja pysyvästi tuulensuojaisiin rakennuksiin voitiin käyttää pienempää nopeuspainetta, arvo ei voinut kuitenkaan olla alle 50 kg/m^2 . Kuormitusmääräyksissä muotokertoimille annettiin erilaisia arvoja riippuen rakennuksen muodosta, sivujen suhteesta ja etäisyydestä toisiinsa riippuen.

Sisäasiainministeriön ohjeessa rakenteiden vähimmäiskuormista vuodelta 1973 tuulikuormat laskettiin vastaavalla tavalla kuin nykyisin. Tuulikuorma määritettiin nopeuspaineen (Kuvio 6) rakennuksen muodon ja tuulensuunnan painekertoimien mukaan. Tuulen ja lumen vaikuttaessa yhtä aikaa, oli toista sallittua pienentää kertoimella 0,5.



Kuvio 6. Tuulenpaine- ja tuulikuormat Suomessa 1973 sisäministeriön ohjeen ja Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan B1 (1983) mukaisesti.

Vuonna 1976 Suomessa tuli voimaan Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Tuulikuormat eivät muuttuneet tässä tuulikuormat päivittyivät vuonna 1983, jolloin ensimmäistä kertaa tuli käyttöön tuulikuormien aluejaot. Aluejaot mukailevat nykyisinkin käytössä olevia maastoluokkia ja ne on esitetty kuviossa 6. Alue A:n käyrää käytettiin määrittämään manneralueen ja sen läheisyydessä olevia suuria saaria. Alue B:n käyrää meren rannikkoalueille ja Ahvenanmaalle.

Nykyään tuulikuormat määräytyvät maastoluokkien perusteella ja niitä on eurokoodissa yhteensä viisi. Yksittäisille rakenneosille tuulenpaineet määritellään muun muassa muotokertoimien avulla.

Oppaassa käsitellään pääasiassa yksittäisiä rakennusosia ja tuulikuorma joudutaan kuitenkin arvioimaan rakennettavan kohteen ympäristön perusteella, joten tuulikuormien osalta voidaan ajatella samanlaista suositusta kuin lumi-kuormille eli käytetään olemassa olevaa tietoa lähinnä alustavaan mitoitukseen. Tarpeen mukaan rakennuksen jäykistys tulisikin suunnitella uudestaan, jos rakennuksen kokonaisvaakavoimat ovat muuttuneet tai vaihtoehtoisesti jos rakennusta ei siirretä kokonaisuudessaan vastaavin rakenneosin uuteen sijaintiin. Tämä vaatii kuitenkin vanhojen rakenteiden laskennallisen tutkimisen tai vanhojen laskelmien tutkimisen. Jos rakennus siirretään yhtenä laajempänä kokonaisuutena, tulee siirron aikaiset tukirakenteet suunnitella siirron aikaisille kuormille.

6.1.4 Vanhojen suunnittelumääräysten ja -ohjeiden tulkinta

Suomen Rakentamismääräyskokoelman ensimmäiset osat julkaistiin 1970 luvun alkupuolella. Suomen Rakentamismääräyskokoelma on päivittynyt moneen kertaan 1980-, 90- ja 2000 luvuilla ja nykyään se on kumottu. Kaikki kyseisen kokoelman osat ovat saatavissa ympäristöministeriön verkkosivustolla.

Vanhoissa suunnitelmissa merkintätavat poikkeavat nykytilanteesta ja merkintätavat ovat muuttuneet myös kuormien suhteen (Rakentajain kalenteri 2018). Lisäksi kuormien ja betonin lujuuden merkintätapa ja periaatteet ovat muuttuneet 1900-luvun aikana merkittävästi. Suunnittelijan pitää pystyä tulkitsemaan vanhoja suunnitelmia niiden iän perusteella. Tämä kuuluu normaaleihin rakennesuunnittelijan tehtäviin myös korjaushankkeissa. Kuormien osalta muutamia käytettyjä yksiköitä ovat olleet kg/cm^2 ja kp/cm^2 (kp = kilopondi = $9,81 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$).

Ympäristöministeriön 17.6.2014 julkaistussa asetuksessa kantavien rakenteiden suunnittelusta (477/2014) momentissa 10 säädetään korjausrakentamisen kohteista seuraavasti:

”Rakennuksen korjaus- ja muutostyön sekä käyttötarkoituksen muutoksen suunnittelussa ja toteutuksessa on otettava huomioon ja erityisesti syystä selvítettävä rakennuksen ja sen rakenteiden ominaispiirteet ja kunto sekä selvítettävä rakenteen kuormituksen mahdollinen lisääntyminen. Rakenteiden osittaisen muutoksen yhteydessä on varmistettava, että siitä rakennejärjestelmälle aiheutuvat muutokset eivät vaikeuta tämän asetuksen 3 §:n mukaisten vaatimusten täyttymistä.

Kun rakenteen kuormitus ei lisäännä rakennuksen korjaus- ja muutostyön tai käyttötarkoituksen muutoksen takia, mutta rakenteiden kunto edellyttää niiden vahvistamista, voidaan soveltaa rakennuksen rakentamisajankohtana voimassa olleita säännöksiä sekä kyseisenä ajankohtana vallinnutta hyvää rakentamistapaa.

Kun rakenteen kuormitus lisääntyy rakennuksen korjaus- ja muutostyön tai käyttötarkoituksen muutoksen takia, on kantavien rakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa sovellettava tämän asetuksen 2–5 §:ää uusien ja vahvistettavien rakenteiden osalta.” (Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista 477/2014, 10§.)

Kirjausta ei voida tulkita tarkoittavan uudelleenkäytettävien rakennusosien mitoitusta, koska saman asetuksen momentissa 3 on mainittu alkuperäisen suunnittelunormin mukaisesti, myös seuraavaa:

”Rakenteellisesti yhtenä kokonaisuutena toimivissa uusissa rakenteissa saa käyttää vain yhtenäistä suunnittelu- ja toteutusjärjestelmää.”

Teoriassa useamman suunnittelujärjestelmän käyttö yhdessä rakennuskohteessa voisi olla mahdollista, mutta ei käytännössä, koska se tarkoittaisi rakennuskohteen laskentaa kahden tai useamman normin mukaisesti. Tästä tulee ongelma eri ikäisten suunnittelunormien erilaisten vähimmäisvaatimusten osalta, joissa saattaa olla eroavaisuuksia esimerkiksi minimiraudoitusten osalta.

Alustava arviointi ja tutustuminen uudelleenkäytettävän rakenneosan alkuperäiseen suunnitteluperusteeseen ovat keskeisessä asemassa uudelleenkäyttöpotentiaalin arvioinnissa. Aikakauden suunnittelumenetelmät edustavat oman aikansa laatua. Voimassa olevat Eurokoodien mukaiset varmuuskertoimet edustavat nykyaikaa eivätkä välttämättä ole soveltuvia vanhojen rakenteiden tarkastukseen sellaisenaan. (Romakkaniemi 2024.)

Alustava arviointi ja tutustuminen uudelleenkäytettävän rakenneosan alkuperäiseen suunnitteluperusteeseen ovat keskeisessä asemassa uudelleenkäyttöpotentiaalin arvioinnissa.

6.1.5 Mitoitusmenetelmät

Uudelleenkäytön suunnittelussa on huomioitava rakenteiden ikä sekä niiden mitoitusmenetelmä. Suomessa on viime vuosisadalla käytetty pääosin kahta erilaista menetelmää: sallittujen jännitysten menetelmää sekä rajatilamitoitusmenetelmää. Molemmat menetelmät koskevat oppaan tarkasteluun valittuja betonielementtejä (ontelolaatta, pilari- ja palkki) ja niiden valmistus- ja käyttöajankohtaa.

1900-luvun alussa rakenteiden mitoitustapana Suomessa oli sallittujen jännitysten menetelmä. Se perustuu rakenteen kokonaisvarmuusmenettelyyn, jossa rakenteen sisäisten enimmäisjännitysten suuruus on rajattu tiettyyn materiaali-kohtaiseen ominaisarvoon. Mitoitusvarmuus saavutetaan matalien sallittujen jännitysten avulla siten, että määritellyt sallitut jännitykset eivät ylitä. Sallittujen jännitysten menetelmä ei ota kantaa rakenteen taipumiin tai halkeiluun. Sallittujen jännitysten menetelmällä pyritään huomioimaan rakentamisen sekä suunnittelun epävarmuustekijät, joita ovat muun muassa kuorman epäkeskisyyss ja toisen kertaluvun vaikutukset.

Eurokoodissa käytetään osavarmuusmenetelmää, joka on vastaavanlainen kuin vuonna 2014 kumotussa Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa käytetty rajatilamenetelmä. Näiden edellä mainittujen julkaisuiden osavarmuusmetelmän varsinaisissa numeroarvoissa on kuitenkin joitain eroja. Myös seuraamusluokka ja sen edellyttämä K_{FI} -kerroin eroaa Eurokoodeissa verrattaessa vanhempiin suunnittelunormeihin. K_{FI} -kerroin määrittää laskennallisten kuormien lisäämisen tai vähentämisen rakennuksen riskiluokan mukaisesti. Voimassa olevan eurokoodin ja määrittelyn mukaisesti joko arvolla 0,9 tai 1,1. Jos kyseessä on niin sanotusti normaalin riskiluokan rakennus, kuormiin ei tehdä muutoksia.

6.1.6 Ääneneristävyyden vaatimusten kehittyminen

Ääniympäristöasetuksessa 796/2017 on annettu tällä hetkellä voimassa olevat ääneneristysvaatimukset: Uuden rakennuksen asuntojen väliselle ilmajääneneristykselle määritetty äänitasoeroluku D_{nTw} tulee olla vähintään 55 dB ja askelääneneristävyydelle määritetty askeläänitasoluku $L'_{nTw} + C_{50-2500}$ enintään 53 dB. Ääneneristysvaatimukset ovat vuosien varrella kiristyneet. Aiemmin käytössä on ollut eri mittalukuja ja standardeja, minkä vuoksi eri aikakausina rakenteille ilmoitettuja ääneneristysarvoja ei voi suoraan verrata keskenään.

Ensimmäiset mittaluvut Suomessa, jotka olivat tosin suosituksia, julkaistiin vuonna 1955 VTT:n Kerrostalojen ääneneristystutkimuksessa, ovat yksinkertaista suoraan nykymittaluvuiksi muutettuna 51 dB ilmajääneneristävyyden ja 62 dB

askelääneneristävyyden osalta. Vuonna 1967 julkaistiin RIL 55 ääneneristysnormit, joita sovellettiin säädösten kaltaisina ainakin Helsingissä. Ääneneristysnormeissa kiristettiin vaatimuksia siten, että ilmaääneneristävyyksivaatimus oli vaakasuunnassa 52 dB ja pystysuunnassa 53 dB, sekä askelääni molemmissa suunnissa 58 dB. Ensimmäiset viralliset määräykset esitettiin Suomen rakentamismääräyskokoelmassa, ja ne tulivat voimaan 1976. Määräysarvot vastasivat suoraan ääneneristysnormeja. Vaatimuksia nostettiin seuraavan kerran vuonna 2000, jolloin ilmaääneneristyksen tuli olla 55 dB ja askelääneneristyksen 53 dB. Arvot olivat siis samat mitä nykyään, vaikka silloin vielä käytettiin eri mittalukuja. Uusiin, nykyisin käytössä oleviin mittalukuihin (D_{nTw} ja $L'_{nTw} + C_{50-2500}$) on siirrytty, koska niiden on todettu vastaavan paremmin asukkaiden kokemusta ääneneristyksen tasosta.

Rakennusten ilmaääneneristävyyttä kuvaavia mittalukuja on ollut ilmaääneneristysindeksi I_a , ilmaääneneristysluku R'_w sekä äänitasoeroluku D_{nTw} . Näiden mittalukujen välillä ei ole yleensä kovin suuria eroja, vaan esimerkiksi 55 dB ääneneristys kaikissa on suhteellisen hyvä tulos.

Seinien, välipohjien, lasien ja muiden rakennusosien ääneneristävyyttä kuvaa ilmaääneneristysluku $R_{w'}$, joka voidaan mitata laboratoriossa tai määrittää laskennallisesti. Mittalukua $R_{w'}$ ei tule sekoittaa R'_w :hen, joka kuvaa kahden tilan välistä ilmaääneneristävyyttä valmiissa rakennuksessa. Rakennuksessa sivutiesiirtymäreitit heikentävät ääneneristystä, ja esimerkiksi $R_{w'}$ 55 seinärakenteella ei saavuteta R'_w 55 dB tavoitetta. Kirjallisuudessa esitetään kuitenkin monille rakenteille sekä $R_{w'}$ että R'_w arvoja, eikä kyseessä ole yleensä virhe: mikäli rakenteelle on ilmoitettu R'_w arvo, on siinä pyritty huomioimaan valmiiksi tavanomaisen kohteen sivutiesiirtymäreittien heikentävä vaikutus.

Rakennuksen askelääneneristävyyttä kuvaavia mittalukuja on ollut askeläänitasoindexi I_i , askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ sekä askeläänitasoluku $L'_{n,w} + C_{50-2500}$. Näitä mittalukuja ei kannata suoraan verrata, koska askeläänitasoindexi on määritetty 5 dB heikommaksi, ts. $I_i = 63$ dB vastaa käytännössä samaa ääneneristävyyttä kuin $L'_{n,w}$ 58 dB. Myös askeläänitasolukujen $L'_{n,w}$ ja $L'_{n,w} + C_{50-2500}$ vertailtavuus on huono, sillä mittausten taajuusalue on eri.

6.1.7 Palomääräysten kehittyminen

Vuonna 1856 säädettiin kaupunkien yleinen rakennussääntö, jossa kaupungit jaettiin neljään eri luokkaan. Luokkien 1- ja 2 luokkaisiin kaupunkeihin rakennettiin lähinnä kaksi ja kolme- kerroksisia kivitaloja keskeisille osille mahdollisuuksien mukaan. Luokkien kolme ja neljä kaupunkeihin taas sallittiin yksikerroksiset puutalot.

Vuonna 1920 annettiin laki eräistä naapuruussuhteista. Laissa annettiin ensimmäistä kertaa sekä kaupunkeja, että maaseutua koskevia rakennusten palomääräyksiä.

Vuonna 1936 laadittiin Sisäasiainministeriö päätös rakennusten ja rakennusosien palonkestävyyden luokittamisesta (Paloluokituspäättös 6.2.1936). Tämä päätös jaotteli rakennukset ja rakennusosat neljään palotekniseen luokkaan:

- A-luokka; Palonkestävä
- B-luokka; Paloapidättävä
- C-luokka; Paloahidastava
- D-luokka; Palonarka.

Palonarat rakennukset jaettiin edelleen kolmeen ryhmään; D1- ja D2 ryhmät rakenteiden perusteella, ja D3 käyttötavan perusteella. Toukokuussa 1962 annettiin Sisäasiainministeriöstä päätös rakennusten ja rakennusosien palonkestävyydestä (Pk päätös 1.6.1962) (Taulukko 9). Päätöksessä otettiin käyttöön uudet luokat palokuorma ja palonkestävyysaika. Kantavien ja osastoivien rakenteiden suunnittelussa mahdollistettiin palorasituksen tarkempi huomioon ottaminen. Palonkestävyyispäätöksessä rakennukset jaettiin A-, B-, C-, D- ja E- luokkiin. Vuonna 1964 Sisäasiainministeriö laati päätöksen uloskäytävistä.

1976 rakentamista säätelevät ohjeet ja määräykset koottiin Suomen rakentamismääräyskokoelmaksi. Kokoelman E- osat (E2-E9) käsittelivät rakennusten paloturvallisuutta. 1.9.1997 astui voimaan Rakentamismääräyskokoelman uusittu osa E1 Rakennusten paloturvallisuus. Osio sisälsi rakennusosien palonkestävyysluokkien eurooppalaiset tunnuksot; R, E ja I (REI). E1 tueksi 1998 julkaistiin Ympäristöopas 39 (Ympäristöministeriö 2018).

Rakennusten paloluokat P1, P2 ja P3 tulivat voimaan vasta vuoden 1997 E1:n uudistuksessa (Taulukko 11), ja näitä suurin piirtein vastaavat luokat palonkestävä, paloapidättävä ja paloahidastava vuoden 1976 ensimmäisessä rakentamismääräyskokoelmassa. Aikaisemmat luokitukset poikkeavat oleellisesti näistä, eikä vanhaa rakennusta voi tarkastella suoraan nykyisten luokkien, eikä niissä annettujen rajoitusten mukaan. (Ympäristöministeriö 2003.)

Vanhoissa rakennusosissa kuten ovissa luokkamerkinnät ovat usein A30 tai A60 tai B30/B60. Tunnukset A ja B ovat rakentamisajankohdan mukaisia merkintöjä palonkestävälle ja paloa pidättävälle rakennusosalle, eikä niillä ole suoraa vastineita nykyisissä luokituksissa. Kyseisen luokituksen palonkesto voidaan tapauskohtaisesti kuitenkin rinnastaa nykyisiin EI-merkittyihin palonkestoaikoihin materiaaleista, dimensioista ja kunnosta riippuen.

Taulukko 9. Rakennusten karkea luokkavastaavuus.

PI-päätös 1936	Pk-päätös 1962	Rakmk E1 1997	
A-luokka	A-luokka	P1	Palonkestävä
B-luokka	B-luokka	P2	Paloapidättävä (1936)
C-luokka	C-luokka	P3	Paloahidastava (1936)
D-luokka	D-luokka		Palonarka (1936)
	E-luokka		

Esimerkiksi ontelolaattojen Variax 5 ja 6 on todettu täyttävän kyseisten tuotteiden tyyppihyväksyntäpäätöksissä A60 vaatimustason lujuuden ja paloluokan osalta (SBK 1979 julkaisu n:o 15, opastavia tietoja).

01.01.2018 astui voimaan Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. Aiempi rakentamismääräyskokoelman E-1 osio muutettiin asetukseksi, ja asetusta täydennettiin siitä laadittuun perustelumuis-tioon 28.11.2017. Asetusta muutettiin joiltakin osiltaan vuonna 2020 (927/2020) 2.12.2020, ja muutoksesta laadittiin perustelumuistio 23.11.2020.

Asetus rakennusten paloturvallisuudesta jakaa rakennukset edelleen luokkiin P1, P2, P3, ja uutena luokkana otettiin käyttöön luokka P0. Paloluokkaa P0 käytetään, kun rakennus suunnitellaan oleellisilta osin tai kokonaan käyttäen oletet-tuun palonkehitykseen perustuvaa menettelyä.

Suomen rakentamismääräyskokoelma E1 aikaan tehtiin myös oletettuun palon-kehitykseen perustuvaa mitoitusta, mikäli taulukkoarvot eivät palvelleet suunnit-telun kaikkia tavoitteita pienessä tai merkittävämmässä osassa rakennusta. Tällöin ei kuitenkaan lähtökohtaisesti muutettu rakennuksen paloluokkaa. Uudel-leenkäytössä tämä tulee myös huomioida eikä rakennuksen paloluokan perus-teella suoraan voi aina arvioida muun muassa rakennusosan palonkestoa.

 **Nykyiset Eurokoodien mukaiset turvallisuuskertoimet edustavat nykyaikaa eivätkä välttämättä ole soveltuvia vanhojen rakenteiden tarkastukseen sellaisenaan.**

6.2 Uudelleenkäytettävien rakennusosien suunnittelu

TIIVISTELMÄ

- » Mikäli rakennushankkeeseen ryhtyvä haluaa käyttää rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa uudelleenkäytettäviä rakennusosia, tulisi päätös tästä tehdä jo varhaisessa vaiheessa hanketta.
- » Suunnittelu on sitä helpompaa mitä enemmän tietoa rakennustuotteesta on.
- » Suunniteltaessa rakennusosien uudelleenkäyttöä tulisi ensimmäisenä tunnistaa voidaanko rakennustuotetta käyttää muokkaamattomana vai voiko esimerkiksi rakennustuotteen mittaa muuttaa vaikuttamatta rakenteen toimintaperiaatteeseen.
- » Kantavan rakenteen toimintaperiaate tulee tuntea ennen sen uudelleenkäyttöä ja se tulee dokumentoida purettaessa.
- » Betonituotteiden raudoituksia on hankala selvittää jälkeenpäin muuten kuin olemassa olevien elementti- ja toteutuspiirustusten perusteella.
- » Ontelolaatta ja liimapuupalkki sekä -pilari ovat esimerkki helposti muokattavasta ja mitoitettavasta tuotteesta.
- » Esimerkki vaikeasti muokattavasta tuotteesta on teräsbetonipalkki, jossa rakenteen veto- ja leikkausrasitusta vastaanottavat raudoitusteräket eivät ole näkyvissä.
- » Suunnittelijan tulee arvioida lähtötietoja sekä niiden luotettavuutta ja sen perusteella tehtävä esitys lisäselvityksistä, joita tuotteen oleellisten ominaisuuksien selvittäminen vaatii.
- » Suunnittelun valmisteluvaiheessa on tärkeää määrittää suunnittelijoiden tehtävät uudelleenkäytettävien tuotteiden osalta ja sisältyykö tehtävään esimerkiksi erillisen, vielä purkamattoman kiinteistön purkusuunnittelua.
- » Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö vaatii myös arkkitehtisuunnittelun prosessin uudistamista.

Suunniteltaessa rakennusosien uudelleenkäyttöä tulisi ensimmäisenä tunnistaa voidaanko rakennustuotetta käyttää muokkaamattomana vai voiko esimerkiksi

rakennustuotteesta mittaa muuttaa vaikuttamatta rakenteen toimintaperiaatteeseen. Yksi esimerkki rakennusosasta, jonka mitoitusperiaate ei muutu, vaikka rakennustuotteen jännemittaa muutettaisiin, on ontelolaatta. Ontelolaatassa ei muutu mikään koko tuotteen matkalta punostusten tai poikkileikkauksen osalta. Poikkeuksena kylpyhuonesyvennyksellä varustetut laatat, joita on valmistettu 90-luvun alkupuolelta asti. Kun ontelolaatan siis katkaisee, sen jänneväli vain lyhenee ja laatta voidaan mitoittaa samalla periaatteella kuin aiemminkin. Toinen esimerkki helposti muokattavasta tuotteesta on liimapuupalkki tai -pilari ja puutuotteet ylipäänsä. Liimapuun osalta esimerkiksi liimasaumojen testaus tulee tehdä kuitenkin oppaan luvun 5.8.1 mukaisesti. Puutuotteet saattavat vahingoittua irrotettaessa, mutta niiden etuna on helppo muokattavuus, jolloin esimerkiksi vaurioitunut palkin liitosalue voidaan sahata kokonaan irti. Tämä tietysti vaikuttaa palkin jänneväliin lyhentävästi, mutta toisaalta parantaa palkin kestävyyttä kuormien pienentyessä. Esimerkki vaikeasti muokattavasta tuotteesta on teräsbetonipalkki, jossa rakenteen veto- ja leikkausrasitusta vastaanottavat raudoitusteräket eivät ole näkyvissä. Jos betonipalkki katkaistaan, tulee sen katkaisualueen raudoitusten ankkurointipituudet tarkastella uudelleen, myös hakaraidoitusten jako saattaa olla tiheämpi lähestyttäessä palkin tukialuetta. Pääasiallisesti kun tarkastellaan tuotteiden käytettävyyttä kannattaa betonipalkit ja -pilarit pyrkiä käyttämään muokkaamattomina.

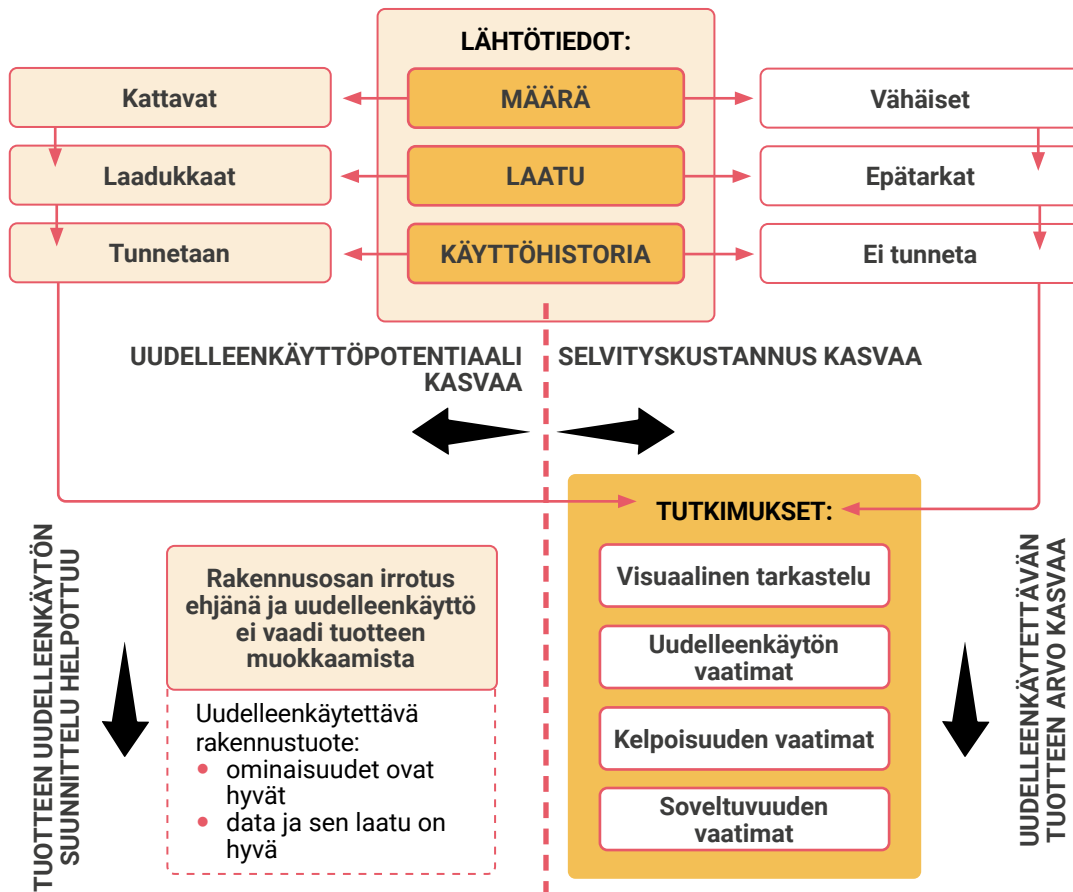
Rakennustuotteen toimintaperiaate tulee tuntea ennen sen uudelleenkäyttöä ja se tulee dokumentoida purettaessa. Tämä korostuu purettaessa uudelleenkäytettävät rakennusosat varastoon, jolloin alkuperäiseen kohteeseen tutustuminen ei enää onnistu paikan päällä. Varsinkin betonituotteiden osalta raudoituksia on hankala selvittää jälkeinpäin muuten kuin olemassa olevien elementti- ja toteutuspiirustusten perusteella.

Rakennusosien uudelleenkäyttö vaatii myös arkkitehtisuunnittelun prosessin uudistamista. Yleensä arkkitehti suunnittelee rakennuksen ja tämän jälkeen määrittelee suunnitelmaan sopivat materiaalit. Uudelleenkäytön tapauksessa käyttökohteen määrittely lähtee saatavilla olevan materiaalin ominaisuuksista.

Huomioon täytyy ottaa myös se, että käytetäänkö purkukohteen uudelleenkäytettäviä osia yhdessä ja samassa kohteessa vai useammassa kohteessa, sekä onko tulevien rakennusten kuormat samalla tasolla, kuin uudelleenkäytettävän tuotteen alkuperäinen kuormitus. Kun hyötykuormituksen ero alkuperäisen ja tulevan käytön osalla on merkittävä, voidaan harkita erityyppisiä menetelmiä uudelleenkäytön mahdollistamiseksi, joista selkein on ontelolaattojen jännevälin rajaaminen lyhyemmäksi kuin alun perin suunniteltu.

Suunnittelijan tulee ottaa huomioon myös tuotteen käyttökohde, eli onko rakennuskohteessa esimerkiksi puhtausvaatimuksia ja onko uudelleenkäytettäväs-

sä tuotteessa todettuja epäpuhtauksia tai riski niiden syntyymiseen esimerkiksi välivarastoinnin yhteydessä. Rakennusosan suunnittelussa tulee osoittaa miten tuotteen mahdolliset haitta-aineet ja epäpuhtaus poistetaan tai on poistettu. Jos tuotteen pinnassa on esimerkiksi epäpuhtauksia tai haitta-aineita, on tuotteen puhdistustoimenpiteet ja uudet pintakäsittelyt määriteltävä.



Kaavio 8. Lähtötietojen ja lisätutkimusten merkitys rakennustuotteiden uudelleenkäytölle.

Kaavion 8 yläosa on toisinto oppaan kaaviosta 2, jossa on esitetty lähtötietojen tärkeyden merkitystä – mitä kattavammat, laadukkaat lähtötiedot (esimerkiksi rakentamisaikaiset suunnitelmat ja työmaa-aikainen dokumentaatio) rakenteesta on olemassa, sitä helpompi rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaalia on arvioida suunnittelun näkökulmasta. Kun tämän lisäksi tunnetaan rakennuksen käyttöhistoria, voidaan tutkimukset kohdentaa oleellisiin asioihin. Eri tuotteilla uudelleenkäyttöpotentiaali voi vaihdella, vaikka lähtötietojen määrä olisi sama. Esimerkkinä tästä voidaan antaa liimapuu- ja betonipalkin väliset erot: liimapuu-

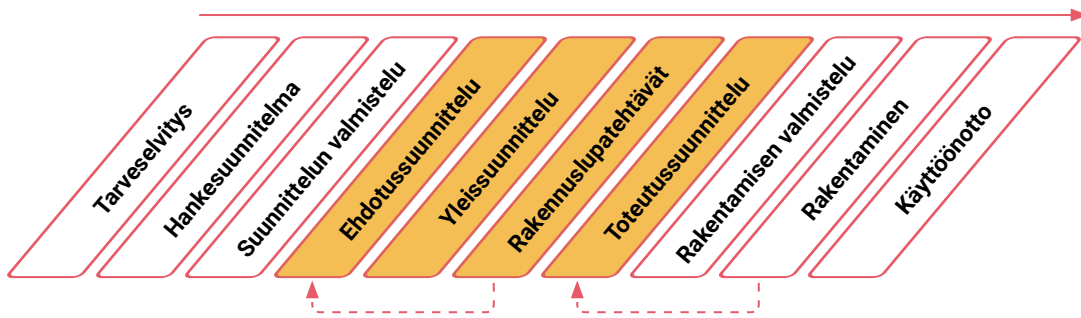
palkin dimensiot yleensä helposti mitattavissa kohteessa ja lujuusluokka on usein ilmoitettu palkin kyljessä olevalla leimalla, tällöin kantavuuskapasiteetti pystytään laskemaan kohtuullisella varmuudella. Kun tätä verrataan betonipalkkiin ei pelkillä tuotteen dimensioilla pystytä arvioimaan tarkasti mitään, jos ei ole tietoa palkin sisäisistä raudoituksista. Suunnittelijan tulee arvioida lähtötietoja sekä niiden luotettavuutta ja sen perusteella tehtävä esitys lisäselvityksistä, joita tuotteen oleellisten ominaisuuksien selvittäminen vaatii. Tutkimuksia on käsitelty tarkemmin oppaan luvuissa 4 ja 5. Yhteenvetona: suunnittelu on sitä helpompaa mitä enemmän tietoa rakennusosasta on saatavilla ja kun tehdään tutkimuksia tuotteesta siihen investoitu rahamäärä kasvaa. Samalla tuotteen arvo kasvaa, kaaviossa 8 arvolla ei kuitenkaan tarkoiteta jälleenmyyntiarvoa.

6.2.1 Suunnitteluprosessi yleisesti rakennushankkeessa

Rakennusten suunnittelu on monimutkainen ja vaiheittaisesti täydentyvä prosessi, jossa useat päätökset vaikuttavat suunnitteluvaiheisiin. Suomessa on sovittu seurattavan yleisesti hyväksi todettua prosessia talonrakennushankkeen läpiviemiseen. Hankkeen vaiheet on pääpiirteittäin esitetty kaaviossa 9. Kaaviossa hankkeen alkuvaiheet ovat vasemmalla ja loppuvaiheet oikealla. Kun hanke etenee optimaalisella tavalla, liikutaan vaiheiden välillä vasemmalta oikealle, ja jos hankkeessa tulee muutoksia, voidaan joutua palaamaan aikaisempiin vaiheisiin, kun muutos on tarpeeksi merkittävä. Esimerkkinä tästä kaaviossa 8 on esitetty kaksi nuolta katkoviivalla:

- Muutos rakennuslupavaiheessa voi tarkoittaa paluuta ehdotussuunnitteluvaiheeseen, jolloin myös yleissuunnitteluvaiheen tehtäviä joudutaan tekemään uudelleen.
- Muutos rakentamisvaiheessa esimerkiksi tietyn tuotteen osalta aiheuttaa suunnitelmien päivitystarpeen toteutussuunnitteluvaiheeseen.

 **Suunnittelu on sitä helpompaa, mitä enemmän tietoa rakennusosasta on.**



Kaavio 9. Rakennushankkeen vaiheet (RT 103254, Pääsuunnittelijan tehtäväluettelo), jossa eteneminen tapahtuu yleensä hankevaiheesta toiseen (kuviossa vasemmalta oikealle). Jos hankevaiheissa tulee muutoksia, voidaan vaiheissa joutua palaamaan aikaisempiin vaiheisiin.

Kaikki vaiheet ovat olennaisia hankkeen edetessä, mutta hanketyypeittäin esiintyy kuitenkin variaatioita, jolloin hankkeen jokainen osapuoli ei välttämättä osallistu. Esimerkkinä rakennushankkeen hakesuunnitelman tekijä saattaa olla eri suunnittelija kuin toteutussuunnittelija ja esimerkiksi ontelolaatoilla on oma tuoteosasuunnittelijansa.

Kun suunnitteluun lisätään vielä rakenteiden uudelleenkäyttö vaikuttaa se tavanomaisen hankkeen etenemisvaiheisiin lisäämällä epävarmuutta hankeprosessiin. Tämä johtuu siitä, että uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita ei ole vielä saatavilla keskitetysti eikä niiden saatavuudesta, laadusta ja sopivuudesta uuteen käyttötarkoitukseen ole useinkaan ennakotietoa. Mikäli rakennushankkeeseen ryhtyvä haluaa käyttää rakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita, tulisi päätös tästä tehdä jo varhaisessa vaiheessa hanketta. Tällöin rakennus- ja rakennesuunnittelua voidaan lähteä viemään hankkeen alusta lähtien uudelleenkäytön ehdoilla. Rakennusosien uudelleenkäyttö hankkeissa sitoo rakennushankkeeseen ryhtyvän resursseja perinteistä rakennushankkeen prosessia aikaisemmin. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden voi kuitenkin tulla kokonaisuudessaan huokeammaksi kuin uusien rakennustuotteiden hankinta ja käyttö. Tällöin myös purettavien rakennusten irrotettavat rakennustuotteet tulevat tehokkaasti käytetyiksi.

Rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä voidaan myös suunnitella lähes samoilla periaatteilla kuin uusina hankittujen rakennustuotteiden suunnittelu tehdään. Tällöin suunnittelija määrittelee vain oleelliset asiat minimivaatimuksiksi rakennustuotteelle ja urakoitsija veloitetaan etsimään kyseisillä vaatimuksilla tuotteet. Tässä tapauksessa suunnittelijan ja urakoitsijan työmäärää on vaikeaa arvioida etukäteen, koska sillä hetkellä ollaan saatavilla olevien uudelleenkäytettävien rakennusosien valikoiman varassa. Tässä vaihtoehdossa suunnittelijan, urakoit-

sijan sekä tavarantoimittajan työn määrä ja kustannukset saattavat kasvaa suuresti. Kaaviossa 9 on esitetty korostettuna ne talonrakennushankkeen vaiheet (ehdotussuunnittelusta toteutussuunnitteluun), joissa rakennusosien käyttöä pääasiallisesti suunnitellaan yksityiskohtaisesti.

6.2.2 Suunnitteluprosessin eroavaisuudet uudelleenkäytettävien rakennneosien osalta

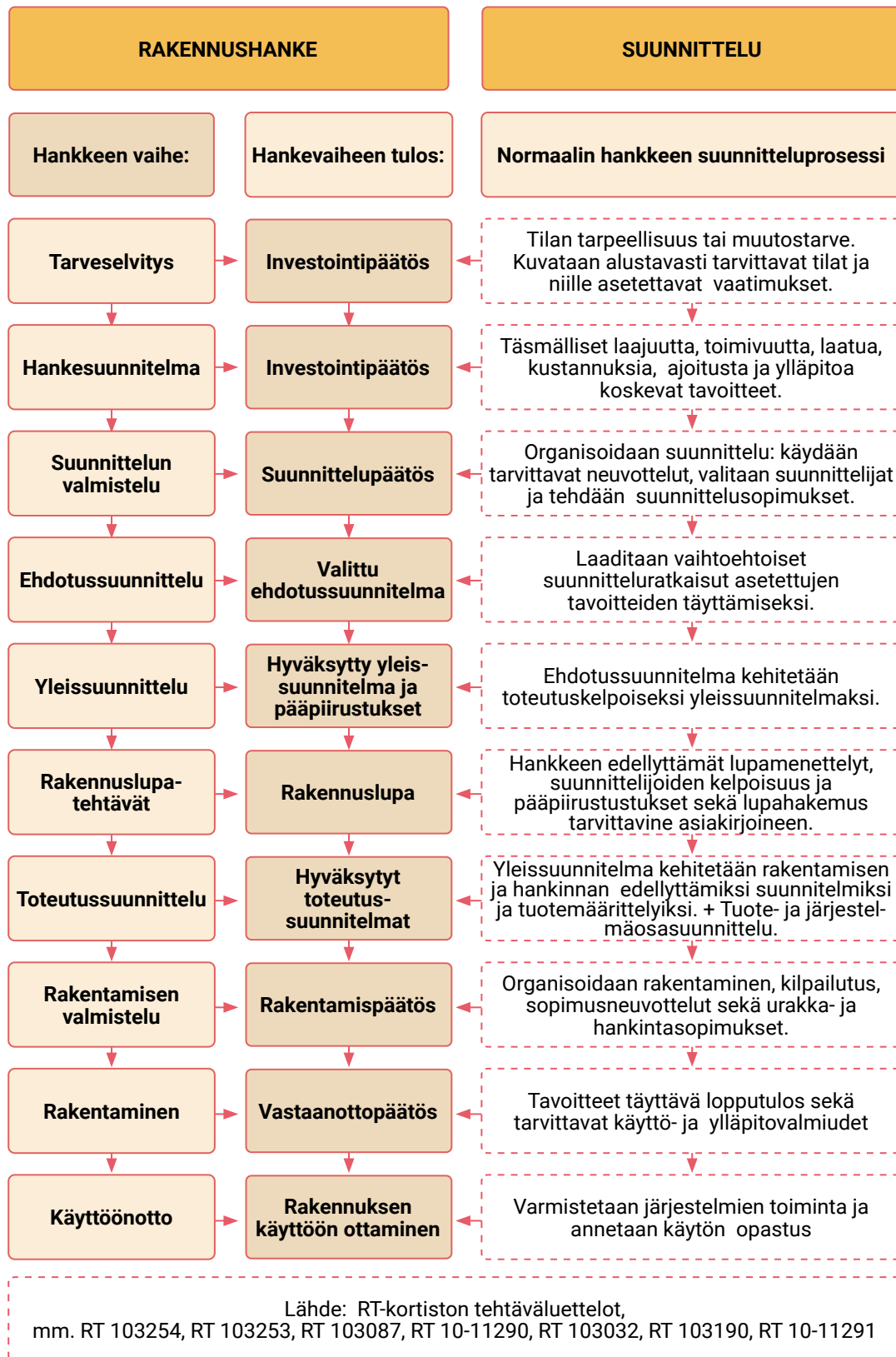
Uudelleenkäytön suunnitteluprosessi seuraa pääsääntöisesti tavanomaisen talonrakennushankkeen päävaiheita (Kaavio 10). Rakennushankkeessa jokaisen vaiheen aikana tehdään päätös, jolla on vaikutuksia jatkosuunnitteluun. Siten jokaisessa hankevaiheessa tulee tehdä tarvittava määrä selvityksiä sekä suunnitelmia, jotta hankevaiheen päätös ja jatkotavoitteet sekä jatkosuunnittelu on tehtävissä oikeilla lähtötiedoilla. (RT-kortiston tehtäväluettelot.)

Kuitenkin suunniteltaessa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden käyttöä hankkeessa on suunnittelun kannalta oleellista tietää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tilaajan tavoitteet. Se onko uudelleenkäytettävät tuotteet jo tiedossa vaikuttaa suunnitteluprosessiin ja aikatauluun. Tietynlainen uudelleenkäytetty rakennustuote voi vaikuttaa moniin muihin ratkaisuihin rakennuksessa, siten tieto uudelleenkäytettävästä tuotteesta heti projektin alkumetreillä on oleellista suunnitteluprosessin sujuvoittamiseksi. Rakennus- ja rakennesuunnittelun osalta tämä aiheuttaa työmäärän kasvun hankkeen alkuvaiheessa.

Yleensä suunnittelijat tulevat hankkeeseen hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin parhaassa tapauksessa saattaa olla jo tiedossa rakennushankkeeseen ryhtyvän aikomus käyttää uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita. Tällöin hankesuunnitteluvaiheessa parhaassa tapauksessa voidaan tarkastella mahdollisia tarjolla olevia uudelleen käytettäviä rakennneosia.

Jos hankesuunnitelmavaiheessa ei määritellä uudelleenkäytettäville tuotteiden käytölle tavoitteita, on myöhemmissä hankevaiheissa haastavaa ottaa rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä, ainakaan kovin merkittävästi, mukaan hankkeeseen. Jos uudelleenkäyttöä suunnitellaan kovin yleisellä tasolla ilman konkretiaa, ollaan täysin sen varassa mitä markkinoilta löytyy rakentamisen aikana.

 **Suunnittelun kannalta on oleellista tietää rakennushankkeeseen ryhtyvän tavoitteet mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.**



Kaavio 10. Rakennushankkeen vaiheet ja suunnitteluprosessi tavanomaisessa talonrakennushankkeessa (RT 103254, Pääsuunnittelijan tehtäväluettelo).

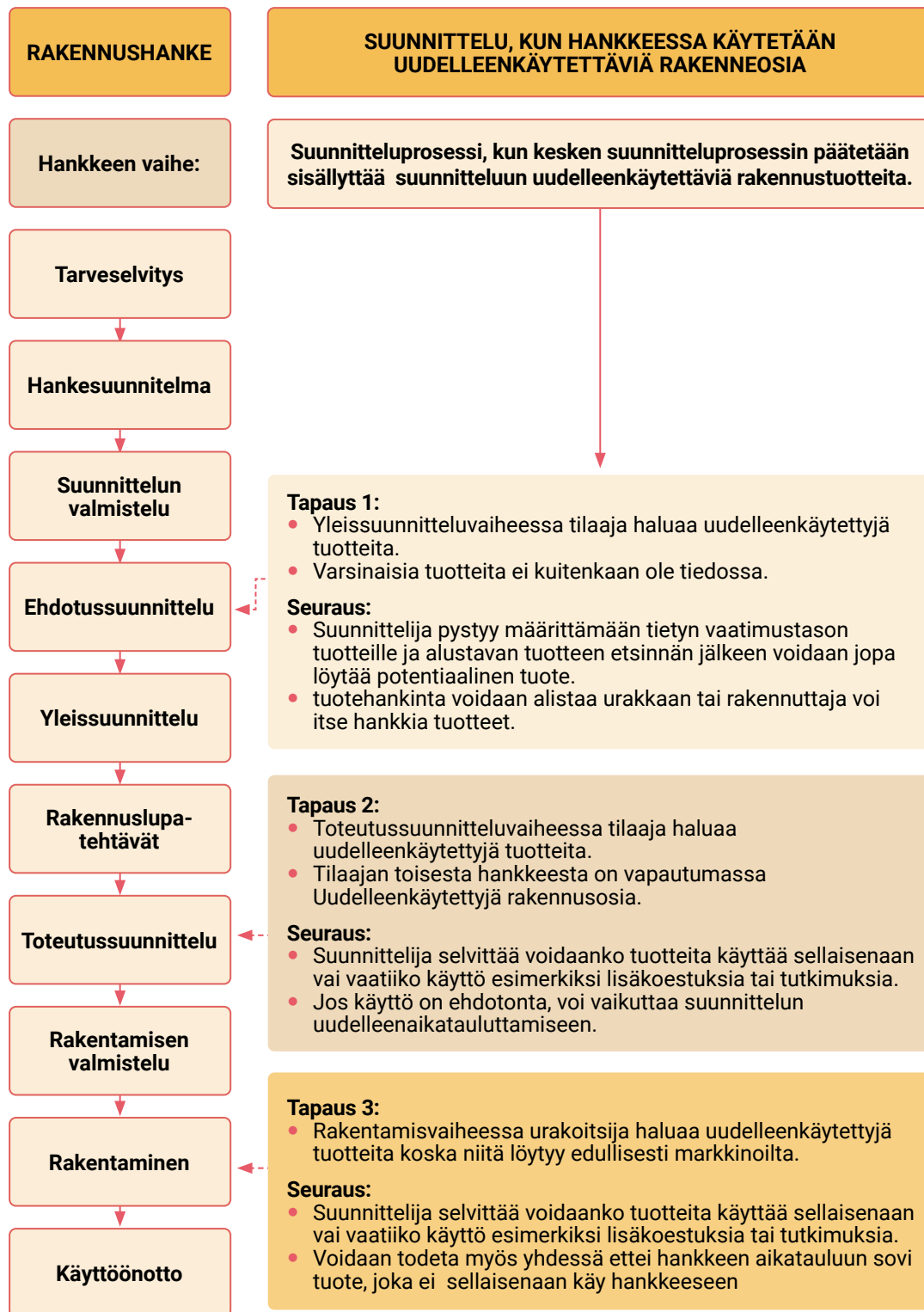
Kaaviossa 10 on esitetty, miten uudelleenkäytettävien rakennusosien suunnittelu sidotaan osaksi hankkeen kokonaisprosessia mahdollisimman tehokkaasti suunnittelun näkökulmasta. Esimerkki kuvaa uudistuotannon prosessia, mutta on sovellettavissa myös korjausrakentamiskohteisiin.



Kaavio 11. Rakennushankkeen vaiheet ja uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden optimaalinen suunnitteluprosessi.

Kaaviossa 11 on esitetty, miten uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden suunnittelu sidotaan hankkeen vaiheisiin. Kaaviossa ei suoranaisesti ole otettu kantaa muuhun kuin hankevaiheistukseen uudis- tai korjausrakentamishankkeessa. Kaavion 11 oikean puolimmaisessa osassa esitetään esimerkkejä mahdollisista sovittavista asioista hankkeessa, kun käytetään uudelleenkäytettäviä tuotteita. Esimerkiksi rakennushankkeen hankesuunnitteluvaiheessa määritellään tavoitteita uudelleenkäytölle ja optimaalisimmassa tapauksessa uudelleenkäytettävät tuotteet voidaan jo päättää ja hankkia tässä vaiheessa. Suunnittelun valmisteluvaiheessa on tärkeää määrittää suunnittelijoiden tehtävät uudelleenkäytettävien tuotteiden osalta ja sisältykö tehtävään esimerkiksi erillisen, vielä purkamattoman kiinteistön purkusuunnittelua.

 **Suunnittelun valmisteluvaiheessa on tärkeää määrittää suunnittelijoiden tehtävät uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden osalta ja sisältykö suunnittelutehtävään erillisen, vielä purkamattoman kiinteistön purkusuunnittelua.**



Kaavio 12. Rakennushankkeen vaiheet ja uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden käytön tapauskohtainen esimerkki.

Kaaviossa 12 annetaan muutama esimerkkejä siitä, jos hankkeen alussa ei ole määritetty uudelleenkäytettävyydelle tavoitteita ja esittää käytännön esimerkkeinä kaaviossa 9 esitetyllä polulla takaisin päin siirtymiselle.

- Tapaus 1: yleissuunnitteluvaiheessa on määritetty rakennuksen päämitat ja rakennejärjestelmät, joten tässä tapauksessa ei välttämättä tarvitse palata edelliseen suunnitteluvaiheeseen. Toisaalta kaavion 12 tapauksessa 1 rakennusosien uudelleenkäyttö jää täysin markkinatalouden armoille.
- Tapaus 2: toteutussuunnitteluvaiheessa tilaajalle tulee mahdollisuus käyttää toisen omistamansa kohteen tuotteita suunniteltavassa kohteessa. Suunnittelijat tarkastelevat ovatko tuotteet soveltuvia kohteeseen sellaisenaan (muun muassa jänneväli, kuormitustaso) ja jos lähtötiedoista puuttuu oleellisia tietoja, määrittävät tarpeen mukaan lisätutkimuksia. Tässä tapauksessa suunnittelupolulla pitää palata aiempiin vaiheisiin, jos tuotteet eivät suoraan ole sellaisenaan käytettävissä aiemmin suunnittelussa määritettyihin tavoitteisiin ja suunnitelmiin on tehdä merkittäviä muutoksia.
- Tapaus 3: Rakentamisvaiheessa urakoitsija ehdottaa uudelleenkäyttöä yhden rakennusosan osalta. Urakoitsija toimittaa lähtötiedot ja suunnittelija tarkastaa soveltuuko tämä aiottuun käyttötarkoitukseen. Tämä on virtaviivainen prosessi, varsinkin jos kyse ei ole kantavasta rakenteesta.

Kaavioissa 9 ja 10 esitetty malli on pääasiallisesti kehitetty uudiskohteisiin. Suunniteltaessa rakennusta täysin tai osittain uudelleenkäytettävillä rakennustuotteilla kyseisestä mallista voidaan perustellusti poiketa tai useampia vaiheita voi tarpeen olla edistää yhtäaikaaisesti.

6.3 Uudelleenkäytettävien rakennusosien suunnittelu materiaalikohtaisesti

TIIVISTELMÄ

- Rakennusta ei voida purkaa ja siirtää toiseen sijaintiin ilman rakenteellisia tarkasteluita.
- Rakennesuunnittelijan tehtävänä on varmistaa rakennuksen turvallisuus kaikissa käytön aikaisissa tilanteissa sekä onnettomuustilanteissa.
- Betonirakenteiden suunnittelun lähtökohtana on selvittää betonin puristuslujuus ja betoniteräksen lujuus sekä terästen sijainti rakenteessa, joka määrittää betonipalkkien ja -pilarien palonkestävyyden, vaikuttaa kantavuuteen sekä käyttöiän arviointiin.
- Raudoitusterästen ja punosten sijainnit betonirakenteessa tulee selvittää, jotta voidaan varmentaa rakenneosan palonkestävyys ja todeta ympäristöluokan vaatimuksen mukainen betonipeite sekä palonkestävyysluokka.
- Betonipalkkien ja pilarien uudelleenkäytön suunnittelua kantavissa rakenteissa ei pystytä tekemään ilman tietoa raudoitusten sijainnista ja koosta sekä betonin lujuudesta.
- Ontelolaatan uudelleenkäytön suunnittelun osalta oleellisia tietoja ovat tuen tyyppi, jänneväli, rakenteen hyötykuomat ja omat painot, joita esimerkiksi palo- tai ääneneristävyyksivaatimukset saattavat lisätä.
- Sisä rakenteissa tiilirakenteet ovat todella pitkäikäisiä, jolloin virheettömien tiilien käyttöikää sisä rakenteissa voidaan myös pidentää.
- Tiilten uudelleenkäytössä tulee tunnistaa alkuperäisen tiilirakenteen käyttöympäristö ja pyrkiä käyttämään tiiliä vastaavassa ympäristössä ja käyttötarkoituksessa.
- Liimapuutuotteiden suunnittelun lähtökohtana on tunnistaa liimapuun lujuusluokka käyttöympäristön mukaisesti.

Oppaan aikaisemmissa luvuissa on käsitelty pääasiallisesti oppaan rajauksen mukaisesti rakennusosakohtaista uudelleenkäyttöä. Tässä luvussa kuvataan

suunnittelussa huomioon otettavia ja tarkasteltavia asioita materiaaleittain sekä koko rakennejärjestelmää suunniteltaessa. Luku kuvaa pääasiallisesti rakenne-suunnittelijan tehtäviä uudelleenkäytölle sekä huomioon otettavia asioita eri materiaalien suunnittelussa, mutta ei ota kantaa varsinaiseen rakennesuunnitteluun, koska rakennesuunnittelulle ja -laskennalle on käytössä laajat ja yksityiskohtaiset ohjeet ja määräykset.

Kantavien rakennusosien uudelleenkäytön suunnittelu ja toteutus on henkilöturvallisuuden osalta olennainen tehtävä, jossa tehtävät virheet voivat aiheuttaa vakavia seuraamuksia. Vanhoissa sekä uusissa suunnittelujärjestelmien ohjeissa on sisäänrakennettuna jonkinlainen laskennallinen murtovarmuus suunniteltuihin kuormiin nähden. Tämä yleensä riittää huomioimaan pienet virheet ja laatupoikkeamat, joita rakenneosissa ja liitoksissa esiintyy. Vauriotutkimukset rakennusten jatkuvien sortumisten osalta ovat tutkimusten perusteella johtuneet suunnittelussa ja toteutuksessa tehdyistä virheistä. Esimerkiksi suunnittelussa ei ole osattu ottaa huomioon yksittäisen rakenteen osan paikallisen sortuman aiheuttamaa ennakoimatonta onnettomuuskuormitustilannetta viereisille rakennusosille. (RIL 201-4-2017.)

Jatkuvan sortumisen estämisen suunnitteluun tulee kiinnittää huomiota myös käytettäessä uudelleenkäytettyjä rakennusosia, vaikka uudiskohteessa kokonainen rakennus siirrettäisiin osa kerrallaan uuteen sijaintiin. Aiemmissa suunnitteluohjeissa ei ole ollut yhtä yksityiskohtaisia ohjeita vaurionsietokyvyn suunnitteluun kuin nykyisissä ohjeissa, ja voi olla, ettei rakennekokonaisuuden vaurionsietokyky olekaan nykyisten suunnittelumääräysten tasolla tarkasteltuna riittävä. (RIL 201-4-2017.)

Laajarunkoisten hallien suunnittelua säätelevät nykyään tarkemmat ohjeet ja aikaisemmin sääntelyä oli vähemmän. Vanhojen laajarunkoisten hallien suunnittelun pitää varmistaa, ettei olennaiset rasitustilat ole jääneet huomioimatta. Uudelleenkäytettävän rakennusosan käyttö laajarunkoisen hallin kantavana rakenteena edellyttää tarkempaa rakenteellisten ominaisuuksien laadunvarmistusta.

Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisussa Rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistaminen onnettomuustilanteessa (RIL 201-4-2017) on esitetty esimerkkejä ja periaateratkaisuja erityyppisille rakenteille ja suunnittelijan tulee välttää tunnetusti vaurioitumisherkkiä rakenneratkaisuja (SFS-EN 1990).

Käyttöikäarviointiin vanhoille rakenteille ei ole vielä selkeitä kaikenkattavia ohjeita, mutta eurokoodin niin kutsutussa toisen sukupolven eurokoodissa, jota ei ole vielä otettu käyttöön Suomessa, määritellään elinkaarisuunnittelun vaatimukset suunnittelun osalta. Erillisissä materiaalien eurokoodiohjeissa tarkennetaan materiaaliakohtaisia määrittelyitä. (SFS-EN 1990:2023, RIL 277-2024.)

Käyttöikäsuunnittelussa ei ole järkevää tarkastella vuoden tai edes kymmenen vuoden ajanjaksoa, vaan kannattaa tyytyä tasoihin 50, 100 ja 200 vuotta sekä

erityistapauksissa 25 vuotta (by68, 2024). Uudelleenkäytettävien rakennusosien osalta alkuperäisen käyttöiän huomiointi tehdään arvioimalla rakennusosan kunto uudelleenkäytön yhteydessä.

6.3.1 Betonirakenteiden uudelleenkäytön suunnittelu

Betonirakenteiden suunnittelun lähtökohtana on selvittää betonin puristuslujuus ja betoniteräksen lujuus. Huomioitavaa on myös terästen sijainti rakenteessa, joka määrittää betonipalkkien ja -pilarien palonkestävyyden, vaikuttaa kantavuuteen sekä käyttöiän arviointiin. Kun nämä arvot ovat selvillä, pystytään laskemaan rakenteen likimääräinen kuormituskapasiteetti.

Betonirakenteen suunnittelussa tarvitaan luonnollisesti myös muita ominaisuuksia, näitä kaikkia ei kateta tässä ja varsinkin lujuusluokista johdettavat arvot haetaan suoraan standardista määritetyn lujuusluokan perusteella.

Betonin puristuslujuus

Eurokoodissa (SFS-EN 1992-1-1) betonin lujuudelle on määritelty useita lujuus- sekä muodonmuutosominaisuuksia.

Vanhoissa normeissa on käsitelty betonin kuutiolujuutta ja eurokoodissa betonin lujuusarvot on johdettu betonin lieriölujuudesta. Kuitenkin eurokoodissa näiden kahden lujuusarvon välille on annettu korrelaatiokaava, joten kyseiset lujuudet ovat vertailtavissa. Taulukossa 10 on esitetty eurokoodin ja lujuusluokat ja vanhan betoniluokan Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukainen vastaavuus.

Taulukko 10. Nykynormien vähimmäislujuudet betonille (Suomen Betoniyhdistys ry, 2016) sekä vastine vanhoille betoniluokille (RakMK B4).

Lujuus-luokka	Lieriölujuus [MPa]	Kuutiolujuus, sivu 150 mm [MPa]	Kuutiolujuus, sivu 100 mm [MPa]	Vanhan betoni-luokan vastaavuus
C12/15	12	15	15,5	K15
C16/20	16	20	20,6	K20
C20/25	20	25	25,8	K25
C25/30	25	30	30,9	K30
C30/37	30	37	38,1	K35 (lähes)
C35/45	35	45	46,4	K45
C40/50	40	50	51,5	K50
C45/55	45	55	56,7	K55

Eurokoodissa on myös mahdollista käyttää lujempaa betonia, mutta lujempi betoni kuin C50/60 luokitellaan korkealujuusbetoniksi ja sitä ei ole käsitelty tässä tarkemmin.

Ennen kuutiolujuuden K-luokkia betonirakenteiden puristuslujuus on ilmoitettu vastaavasti siten, että lujuusluokan nimi viittaa kuutiopuristuslujuuteen kilopondia neliösenttimetriä kohden (kp/cm²) eli esimerkiksi K20 luokkaa vastaava luokka on ollut nimeltään K200. Kuutiolujuuskappaleiden koko on myös vaihdellut nykyvaatimuksesta.

Raudoitusteräket ja punokset

Teräksellä vastaavaa lujuudenkehitystä kuin betonilla ei tapahdu, joten lujuusarvoina voidaan käyttää suunnitelmissa merkittyä lujuutta tai selvittää ainetta rikkovin testein esimerkiksi Teräsrakenneyhdistyksen ”Teräsrakenteiden uudelleenkäyttö, tekninen julkaisu 3–2023” ohjeistuksen mukaisesti.

Suunnitteluohjeet ovat uudistuneet monta kertaa kuten myös materiaalien merkinnät. Käytännössä käytettyjen materiaalien suunnittelulujuudet eivät ole muuttuneet paljoa, sillä esimerkiksi merkinnät St37, A22 ja A220 tarkoittavat kaikki teräslaatuja, joiden myötöraja on 220MPa (Taulukko 11).

Taulukko 11. Eri ikäisten raudoitusterästen lujuusarvoja.

Merkintä	Tangon tyyppi	Murtolujuus [MPa]	Myötölujuus [MPa]	Sallittu (veto) jännitys [MPa]
St 37	Sileä tanko	370	220	160/120(C)/110
St 44	Sileä tanko	440	270	150/120(C)
St 52	Sileä tanko	520	320	180/120(C)
V40	Harjatanko	600–750	400	220
A400H	Harjatanko	600–750	400	250/230
A500HW	Harjatanko	550 (minimi)	500	310/290

Raudoitusteräksille tulee eurokoodin mukaisesti käyttää suunnittelussa myös sitkeysluokkaa A, B tai C.

- sitkeysluokka A: kylmämuokatut teräket
- sitkeysluokka B: tyypillinen kuumavalssatun harjateräksen luokka
- sitkeysluokka C: tarkoitettu käytettäväksi lähinnä seismisillä alueilla.

Suomessa yleisesti käytetty harjatanko ennen eurokoodiin siirtymistä oli A500HW, joka vastaa pääasiallisesti B500B. Kyseisten betoniterästen sitkeysluokka on B. (Hietanen 2009).

Jännitetyissä betonituotteissa käytetään jännepunoksia, joko ilman tai yhdessä raudoitusterästen kanssa. Jännepunokset ovat korkealujuuksisia kylmämuovattuja teräksiä (Ilveskoski 2012). Jännebetonituotteissa on käytetty eri ajanjaksoina useita jännepunoksia. Halkaisijoina on käytetty muun muassa 6,3, 9,5 ja 12,7 millimetrin jännepunoksia. Jännepunoksen halkaisijan perusteella ei pysty laskemaan jänteen poikkipinta-alaa, vaan se on ilmoitettu jännepunoksen tiedoissa. Jännepunosten lujuusluokkina on käytetty ainakin luokkia st1600/1800 ja st 1550/1760. (SBK 1979.)

Jännepunosten lujuusluokan ensimmäinen luku kertoo 0,2 % venymärajan ja jälkimmäinen murtolujuuden. Molempien lukujen yksikkö on N/mm². Eurokoodissa jännepunosten mitoitukseen käytetään 0,1 % venymärajaa. 0,1 ja 0,2 rajan suhde on noin 0,94. Uudelleenkäytettävän jännitetyn rakenteen osalta tehdään oletus, että jännerakenteen jännityshäviöt voidaan arvioida kuormitushetken ja lopputilanteen välille, joten laskennassa voidaan käyttää oletusta 15–20 % jännityshäviöille (Ilveskoski 2012).

Raudoitusterästen ja punosten sijainnit betonirakenteessa tulisi selvittää esimerkiksi pintapeitemittarilla, jotta voidaan varmentaa rakenneosan palonkestävyys sekä todeta täyttyykö ympäristöluokan vaatimuksen mukainen betonipeite sekä palonkestävyysluokka. Esimerkiksi sisä rakenteissa, joissa ei ole merkittäviä lisärasituksia, ympäristöluokan mukainen betonin peitepaksuusvaatimus on 10 mm, mutta esimerkiksi palonkestävyyden osalta kyseisellä peitepaksuudella ei juurikaan saada palonkestävyyttä rakenteelle.



Rakennesuunnittelijan tehtävänä on varmistaa rakennuksen turvallisuus kaikissa käytön aikaisissa tilanteissa sekä onnettomuustilanteissa.

Uudelleenkäytettävien betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu

Suomessa betonille on tehty käyttöikäsuunnittelua 90-luvulta lähtien ja betonin käyttöikäsuunnittelusta on tehty kattava opas vuonna 2024 (Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – Opas suunnittelijoille).

Uudelleenkäytettävien rakennusosien käyttö on tässä oppaassa rajattu vain sisärakenteisiin, joka helpottaa arviointia merkittävästi. Koska betonin käytön-aikaiset vauriot ovat vahvasti sidoksissa kosteusrasitukseen. Betonirakenteen jäljellä olevan käyttöiän ennustaminen on kokemukseen perustuva ennuste, vaikka sen arviointi vaatiikin muutamia tutkimuksia, joihin kuuluu muun muassa rakenteen ja halkeamien visuaalinen tarkastelu, raudoitusten betonipeitteen mittaaminen ja karbonatisoitumissyvyyden arviointi. Sisärakenteissa jäljellä olevan käyttöiän ennustamiseen käytetty metodi on rakenteen läpikotainen karbonatisaatio. Kuivissa sisärakenteissa karbonatisaatiolla ei ole juurikaan käytännön merkitystä, koska betoniterästen korroosio vaatii kehittyäkseen betonin pH:n muutoksen lisäksi myös kosteusrasitusta. (Hosseini julkaisematon; De Schutter 2012.)

Betonipalkkien ja -pilarien uudelleenkäytön suunnittelu

Betonipalkkien ja pilarien uudelleenkäytön suunnittelua kantavissa rakenteissa ei pystytä tekemään ilman tietoa raudoitusten sijainnista ja koosta sekä betonin lujuudesta. Terästen sijainti määrittää betonipalkkien ja -pilarien kantavuuden sekä palonkestävyyden. Tästä syystä elementtipiirustukset ovat erittäin tärkeitä lähtötietoja kyseisten rakenneosien uudelleenkäytettävyyden mahdollistamiseen.

Betonielementtirakenteiden sisäiset raudoitukset ovat myös pääsyy siihen, että niiden muokattavuus on heikkoa, joten palkin tyyppi ja jänneväli tulisi mahdollisuuksien mukaan säilyttää alkuperäisenä. Eli yksiaukkoinen palkki on helpoin

 **Betonirakenteiden suunnittelun lähtökohtana on selvittää betonin puristuslujuus ja betoniteräksen lujuus sekä terästen sijainti rakenteessa, joka määrittää betonipalkkien ja -pilarien palonkestävyyden, vaikuttaa kantavuuteen sekä käyttöiän arviointiin.**

käyttää uudelleen yksiaukkoisena ja alkuperäisellä jännevälillä. Jos palkin kantavuus ei riitä uudessa käytössä, tulee kuormia pienentää sille tasolle, että palkin kantavuus riittää. Tähän on muutamia menetelmiä:

- sekundäärirakenteen jännevälin lyhentäminen, esimerkiksi ontelolaatan lyhentäminen siihen mittaan, että primääripalkin kapasiteetti riittää kantamaan sekundäärirakenteen kuormat
- sekundäärirakenteen painon vähentäminen, esimerkiksi sekundäärirakenteen vaihtaminen betonirakenteesta puurakenteeksi (tässä huomioitava kuitenkin paloluokkien rajoitukset)
- palkin käyttö pienemmän kuormaluokan kohteessa, esimerkiksi toimistorakennuksen rakenteen uudelleenkäyttö asuinrakennuksessa, jolloin käytön aikaiset kuormat ovat pienempiä (tässä huomioitava myös muut määräysten asettamat vaateet, kuten ääneneristävyys).

Nämä esimerkit ovat myös sovellettavissa pilareille. Pilareiden kuormitustasoa voidaan tosin pienentää helpommin myös niin, että pilareihin alkuperäisesti tukeutuva rakenne ei ole uudelleenkäytön jälkeen sama.

Betonisten pilari- ja palkkielementtien liitososien arviointi tulee ottaa huomioon myös liitossuunnittelun osalta. Suunnittelijan tulee ottaa huomioon, säilyykö alkuperäinen liitososa ehjänä purkuvaiheesta ja onko se rikkoutuessaan mahdollista korvata uudella liitososalla. Esimerkkinä tästä voisi olla palkin ja pilarin ulkopuolinen uusi teräsosa. Uuden liitososan suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös palosuojaus ja pitkäaikaissäilyvyys.

Edellä mainitusta syystä betonielementtirakenteisten pilarien ja palkkien uudelleenkäytön alustavakin suunnittelu tulisi tehdä rakennesuunnittelijan johdolla tai häntä konsultoiden. Karrikoiden tämä voidaan tulkita niin, että rakennusta ei voida purkaa ja siirtää toiseen sijaintiin ilman rakenteellisia tarkasteluja.

Ontelolaattojen uudelleenkäytön suunnittelu

Ontelolaattojen uudelleenkäytön suunnittelu on monivaiheinen tehtävä. Oleellisia tietoja uudelleenkäytön suunnitteluun tarvitaan muun muassa vanhan rakenteen kuormitustasosta, jännevälistä, punostuksesta, betonin lujuudesta ja tukien tyy-pistä.

Ontelolaattojen tasopiirustuksesta voidaan nähdä ontelolaattojen numerot ja sijainnit rakennuksessa. Ontelolaattojen punosmäärät saadaan elementtipiirustuksista tasokuvassa esitetyn elementtinumeron perusteella, mikäli suunnitelmat ovat saatavilla. Aina kaikkia rakennuksen ja sen suunnitteluun liittyviä dokument-

teja ei löydetä tai niitä ei ole, ja usein myös rakenne voi poiketa merkittävästikin alkuperäisestä suunnitelmasta (Luku 5, Ominaisuuksien selvittäminen). Uudelleen käytettävissä ontelolaattarakenteissa puristuslujuus ei ole lopputilanteessa useinkaan mitoittava ominaisuus, koska usein vaatimus ontelolaattojen alkuvaiheen lujuudenkehitykselle on vaatinut lopputilannetta suurempaa puristuslujuutta.

Ontelolaattojen rakennesuunnittelu toteutetaan yhteistyössä rakennesuunnittelijan ja tuoteosatoimittajan erityisasiantuntijan kanssa. Yleinen käytäntö on, että ontelolaattojen tuoteosasuunnitelmat ovat tuoteosatoimittajalla eivätkä useinkaan kuulu rakennuksen suunnitteluasiakirjojen dokumentaatioon. Näin ollen ontelolaattojen rakennesuunnitelmia ei välttämättä löydy vanhojen rakennusten tiedoista.

Ontelolaatan poikkileikkauksen geometria riippuu elementin valmistuksessa käytetystä koneesta. Saman korkuisissa laatoissa konetyyppi saattoi vaikuttaa ontelon poikkileikkaukseen tai kannen paksuuteen. Konetyyppejä on ollut menneinä vuosikymmeninä käytössä useampiakin. Ontelolaatan poikkileikkaus vaikuttaa laataston massaun, jota käytetään suunnittelussa kuormien laskemiseen ja ääneneristävyyden arviointiin. Ontelolaattoja on tehty muutamilla eri tuotenimillä vuosien saatossa, kuten Variax, Spiroll, Span-deck ja Lujacon.

Taulukko 12. Eri tuotenimillä valmistettujen vanhojen ontelolaattojen kokoja, neliöpainoja ja tunnuksia.

Laattatunnus ja tuotenimi	Laatan paksuus	Onteloiden määrä	Omapaino	Omapaino saumattuna
V8 / Variax 8	150 mm	8 kpl	-	-
V6 / Variax 6	200 mm	6 kpl	-	2,6 kN/m ²
V5 / Variax 5	265 mm	5 kpl	-	3,6 kN/m ²
V3 / Variax 3	400 mm	3 kpl	4,05 kN/m ²	4,86 kN/m ²
L8 / Lujacon L 8	150 mm	8 kpl	1,80 kN/m ²	2,00 kN/m ²
L6 / Lujacon L 6	200 mm	6 kpl	2,35 kN/m ²	2,45 kN/m ²
L05 / Lujacon L 0 5	265 mm	5 kpl	3,60 kN/m ²	3,83 kN/m ²
L5 / Lujacon L 5	265 mm	5 kpl	2,85 kN/m ²	3,00 kN/m ²
L4 / Lujacon L 4	400 mm	4 kpl	4,00 kN/m ²	4,20 kN/m ²

Taulukossa 12 on etsitty muutamasta lähteestä eri tuotenimillä esimerkkejä ontelolaattojen profiilien eroista ja sen vaikutuksista neliöpainoon. Taulukossa 12 esitetty ontelolaattatunnukset ovat niin kutsuttuja peruslaattoja. Näiden lisäksi alusta lähtien ontelolaattoja on valmistettu esimerkiksi palolaattoina ja eristettynä.

Pääasiallisesti vanhat ontelolaatat täyttävät A 60 luokituksen, mutta silti punosten sijainti poikkileikkauksessa olisi hyvä selvittää, ellei kyseistä tietoa löydy lähtötietomateriaalista. Ontelolaattojen punostusten relaksaation arviointi uudelleenkäytettävien rakenteiden osalta on myös haastavaa. Alkuperäisten punosten tiedot ja alkujännitys ovat tämän arviointiin oleellisia tietoja.

Ontelolaatan uudelleenkäytön suunnittelun osalta oleellisia tietoja ovat tuen tyyppi (palkki tai seinä), jänneväli, rakenteen hyötykuomat ja omat painot, joita esimerkiksi palo- tai ääneneristävyysvaatimukset saattavat lisätä. Rakennesuunnittelijan tulee ottaa huomioon taipuvan tuen vaikutus ontelolaatan jännityksiin. Muuten ontelolaattojen suunnitteluohjeiden peruseriaatteet eivät ole juurikaan muuttuneet sitten vuoden 1979 BES-rakennesuosituksista.

6.3.2 Poltetun savitiilen ja kalkkiahiekkatiilen uudelleenkäytön suunnittelu

Tässä oppaassa tiilien uudelleenkäytön suunnittelu on rajattu yksittäisten tiilien käyttöön uudelleen muuratussa rakenteessa, joten peruseriaatteiltaan tiilirakenteiden suunnittelu ei juurikaan eroa uuden tiilirakenteen suunnittelutehtävästä.

Oppaan luvuissa 5.8, 5.8.1 ja 5.8.2 on käsitelty Poltettujen savitiilien ja kalkkiahiekkatiilien fysikaalisia ja mekaanisia ominaisuuksia.

Eurokoodi jakaa muurauskappaleet kahteen kategoriaan (I ja II) tiilille on omat määritelmänsä. (RIL 206-2010.)

EN 771-1 -standardissa uudet tiilet luokitellaan kolmeen kategoriaan niiden liukoisen suolapitoisuuden perusteella. Liukoisen suolapitoisuuden ymmärtäminen on ratkaisevan tärkeää oikean laastin määrittelyssä. (Brick Development Association 2023.)

Nykyään tiiliä käytetään harvemmin kantavana rakenteena. Peruseriaatteena käytettäessä tiilirakenteita kantavissa rakenteissa onkin tiilen lujuuden, sekä oikean laastin ja tiilen yhdistelmän valinta, jolloin laastin lujuus tulisi olla heikompi kuin tiilellä. Kantavana rakenteena käytettäessä tulee tiilen reikien määrää tietää, jotta sille voidaan antaa aukkoryhmä (RIL 206-2010).

Tiilet soveltuvat hyvin osastoivien rakenteiden runkomateriaaliksi ja usein vanhoille tiilille se onkin käyttökelpoinen uudelleenkäyttökohde. Tiilirakenteiden ääneneristävyyttä parantaa niiden pinnoitus tasoitteella. Tämä tosin heikentää niiden mahdollista tulevaisuuden uudelleenkäytettävyyttä ja kasvattaa kyseisen rakenteen hiilijalanjälkeä.

Lujuusteknisesti tiilirakenteita, jotka ovat altistuneet tulipalolle voidaan käyttää uudestaan, jos tulipalossa tapahtunut lämpötilan nopea nousu ja lasku ei ole

aiheuttanut tiilille halkeilua tai lohkeilua (Lindberg 1994). Kyseisessä tapauksessa tulee kuitenkin huomioida myös mahdollisten tulipalossa syntyneiden haitallisten aineiden olemassaolo uudelleenkäyttöä harkittaessa. Jos uudelleenkäytettyä poltettua savitiiltä on tarkoitus käyttää olosuhteissa, joissa se voi altistua tulelle tulee huomioida orgaanisten aineiden määrä tiilessä. Savitiilet, joissa jatkautuneiden orgaanisten aineiden määrä on enintään yksi prosentti massasta tai tilavuudesta, voidaan luokitella paloluokkaan A1 ilman testausta standardin EN 771-1 mukaisesti. (Hosseini julkaisematon.)

Uudelleenkäytettävien tiilirakenteiden käyttöikäsuunnittelu

Tyypillisesti tiilirakenteet ovat erittäin pitkäikäisiä rakenteita. Varsinkin poltetuilla savitiilillä on korkea kestävyys ja ne voivat pysyä pystyssä jopa vuosisatojen ajan. Savitiilien korkea kestävyys johtuu pääasiassa niiden alhaisesta huokoisuudesta. Poltetun savitiilen ominaisuudet määräytyvät polttolämpötilan mukaan. Tietyllä savilaadulla ja valmistusmenetelmällä korkeammat polttolämpötilat yhdistetään lisääntyneeseen puristuslujuuteen ja vähentyneeseen veden imeytymiseen. Kuitenkin sekä puristuslujuuteen että veden imeytymiseen vaikuttavat saven ominaisuudet ja valmistusmenetelmä. Näin ollen savitiilien kestävyys ei ole pelkästään riippuvainen polttomenetelmästä, vaan se riippuu myös raaka-aineiden ominaisuuksista ja laadusta. (Brick Industry Association 2006.)

Tiiltien uudelleenkäyttöä suunniteltaessa on oleellista tunnistaa alkuperäisen tiilirakenteen käyttöympäristö ja pyrkiä käyttämään tiiliä vastaavassa ympäristössä ja käyttötarkoituksessa. Oppaan rajauksen mukaisesti sisärakenteissa tiilirakenteet ovat todella pitkäikäisiä. Näin ollen virheettömien tiilien käyttöikää voidaan pidentää. (Hosseini 2024.)

 **Tiiltien uudelleenkäytössä tulee tunnistaa alkuperäisen tiilirakenne käyttöympäristö ja pyrkiä käyttämään tiiliä vastaavassa ympäristössä ja käyttötarkoituksessa.**

6.3.3 Liimapuupalkkien ja -pilarien uudelleenkäytön suunnittelu

Liimapuutuotteiden suunnittelun lähtökohtana on tunnistaa liimapuun lujuusluokka. Oppaan luvussa 5.9 on lueteltu eri aikoina käytettyjä liimapuun lujuusluokkia. Eurokoodiin siirryttäessä Suomen Liimapuuyhdistys antoi ohjeen vuonna 2012 Liimapuun lujuusluokan L40 ja GL30 vastaavuudesta. Liimapuut on lujuusluokissaan jaettu yhdistettyihin liimapuihin ja homogeenisiin liimapuihin. Liimapuiden luokkia on avattu tarkemmin oppaan luvussa 6.8.

EN 14080 -standardissa annetaan liimapuun lujuusluokkien määritelmät. Lisäksi standardi sallii lujuuden määrittämisen joko kuormitustestauksella tai laskelmin. Tätä on käsitelty syvemmin oppaan luvussa 5.9.1.

Suunnittelun toinen oleellinen alkuvaiheen tehtävä uudelleenkäytön osalta on tunnistaa liimapuutuotteille käyttöluokka käyttöympäristön mukaisesti, koska tämä määrittää vaatimukset esimerkiksi liimapuurakenteen liimatyypille. Eurokoodissa puurakenteet jaetaan suunnittelussa käyttöluokkiin, jotka ovat:

- Käyttöluokka 1, lämmitetyt sisätilat
- Käyttöluokka 2, kuiva ulkoilma, katettu ja tuuletettu tila
- Käyttöluokka 3, ulkona säälle alttiina tai veden välittömän vaikutuksen alaisena.

Käyttöluokkaa vastaavasti aiemmin Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa B10 käytössä oli kosteusluokat 1–4. Näistä kosteusluokat 1 ja 2 vastaavat pääosin käyttöluokkia 1 ja 2. Kosteusluokka 3 ja 4 vastaavat käyttöluokkaa 3. Näiden perusteella voidaan myös arvioida liimapuun soveltuvuutta haluttuun käyttökohteeseen ennen testausta, kun RakMk B10:n mukainen kosteusluokka on tiedossa. (YM 2001.)

Eurokoodin myötä rakennuksen välipohjille tuli myös tarkemmat värähtelyvaatimukset. Tämä vaikutti välipohjapalkkien mitoituksessa siihen, että palkkikokoja kasvatettiin astetta suurempaan korkeuteen. Värähtelyn vaikutuksia voidaan ottaa huomioon muun muassa välipohjapalkiston välituennalla, reunatukien tyypillä, välipohjan levytyksellä ja sen kiinnikejaolla sekä rakenteellisella liimauksella. (Lahtela 2018.)

Liimapuun kosteuseläminen tulee huomioida rakennustuotteiden mitoituksen lisäksi liitossuunnittelussa. Kosteustarkastelut tulee tehdä, vaikka käytettäisiinkin uudelleenkäytettävän liimapuutuotteen alkuperäisiä liitososia. Liimapuupalkkien ja -pilarien muokkaaminen kohdekohtaisesti on yksinkertaista. Liimapuutuotteiden osalta varsinkin pahasti päästään halkeilleet palkit on mahdollista uudelleenkäyttää esimerkiksi katkaisemalla palkki liitosalueen ulkopuolelta ja suunnittelemalla liitos kestävämmällä tavalla. Tämä luonnollisesti lyhentää palkin jänneväliä ja siten vaikuttaa myös arkkitehtisuunnitteluun, sillä huonetilat pienevät.

Rakennuksen paloluokka aiheuttaa puurakenteille tietyissä tilanteissa vaatimuksia pintaluokan ja palonsuojan suhteen. Liimapuurakenteiden liitososien suojaus paloa vastaan on aiemmin ollut puutteellista. Liitososien palosuojaus voidaan tehdä palomaalauksella, suojaverhouksella tai upottamalla liitososa liimapuurakenteeseen ja tekemällä sen päälle puutulppa.

Edellä on esitetty useampia syitä, miksi liimapuurakenteiden mitoitus kannattaa aloittaa puhtaalta pöydältä, kun tarkastellaan uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita.

Uudelleenkäytettävien puurakenteiden käyttöikäsuunnittelu

Liimapuupalkin jäljellä olevan käyttöiän määrittäminen edellyttää järjestelmällistä lähestymistapaa, kuten minkä tahansa muun materiaalin ja rakenteen kohdalla. Alustava arviointi sisältää visuaalisen tarkastuksen rappeutumismekanismien merkkien tunnistamiseksi. Seuraavissa vaiheissa tehdään testejä ja otetaan rakenteellisia näytteitä perusteellista analyysia varten. Jäljellä olevan käyttöiän arviointia voidaan helpottaa noudattamalla ISO 15686-2 -menetelmää. ISO-15686-2-standardi on yleismaailmallinen ja sen soveltuvuus liimapuupalkkien ja -pilarien käyttöikäarviointiin on rajallinen. Tällä hetkellä ei ole olemassa empiirisesti validoituja menetelmiä liimapuutuotteiden käyttöiän ennustamiseksi. (Hosseini 2014.)

VTT:n tutkimusraportissa 100 years' service life of wood in dry and moderately humid conditions (Viitanen 2014) on todettu, että puurakenteiden käyttöikää arvioidaan sen mukaan, miten ne kestävät kuormia, räsytystä ja vioittumista ajan suhteen määritellyissä olosuhteissa. Säältä suojatun puurakenteen kestoian kannalta tärkeimmät tekijät ovat hyvä suunnittelu, rakentaminen ja huolto. Jos nämä tekijät ovat onnistuneet ja puurakenne ei ole aikaisemmin kosteusrasitettu, ja sen kosteuspitoisuus tulee uudessa käytössä pysymään sallituissa rajoissa, voidaan uudelleenkäytettävän puurakenteen kestoikää lisätä 50 vuodesta 100 vuoteen ja yliin, käyttöluokissa 1 ja 2. (Viitanen 2014.)

6.3.4 Liittorakenteiden suunnittelu, kun osana on uudelleenkäytettävä rakenneos

Uudelleenkäytettyjen rakennustuotteiden suunnittelussa saattaa tulla eteen tilanteita, jossa rakennusosaa muokkaamalla voidaan sen kantavuutta parantaa. Tämä tarve voi tulla esille esimerkiksi ontelolaataston isojen talotekniikkareikien aukkokannakkeiden kuormansiirrossa viereisille ontelolaatoille. Uudistuotannossa edellä mainitun talotekniikkareikien viereisille ontelolaatoille pystytään lisäämään

punostusta tarpeen mukaan. Uudelleenkäytettävän ontelolaataston tapauksessa kuormankestävyyttä voidaan parantaa esimerkiksi liittovalun avulla. Varsinkin jos rakenteeseen on myös alun perin suunniteltu pintarakenne.

Perinteisesti yksiaukkoiset ontelolaatastot on liittovalun avulla mahdollista myös muuttaa esimerkiksi kaksiaukkoiseksi rakenteeksi, jolloin lisäkapasiteettia saadaan myös siitä, että osa kenttämomentista siirtyy tukimomentin puolelle.

Uudelleenkäytön osalta liittorakenteiden suunnittelu ei varsinaisesti eroa muista liittorakenteiden suunnittelusta. Huomioitavaa on kuitenkin esimerkiksi vanhalle betonirakenteelle aiheutuvat pakkovoimat uuden betoniliittovalun kutistumasta. Ontelolaatan liittovalussa on huomioitava ainakin seuraavat seikat:

- ontelolaatta on vanhaa betonia ja siinä ei ole odotettavissa enää kutistumaa
- liittovalu ontelon päällä on uutta betonia ja valun jälkeen sen kutistuma on suurempaa kuin ontelolaatan kutistuma. Uuden betonin kutistumaa voidaan pienentää muun muassa betonin, sen lujuuden sekä sen lisäaineiden valinnalla.
- uuden ja vanhan betonin rajapinnan karhennus, uritus tai tartuntatapit tulee mitoittaa
- liittovalun kutistuma aiheuttaa lisätaipumavoiman vanhalle ontelolle, joka pitää huomioida mitoituksessa.

Huomioitavaa on myös se, että jos liittorakenteessa käytettyjä uudelleenkäytettäviä rakennusosia halutaan käyttää vielä tulevaisuudessa uudestaan, niiden irrottaminen tulee huomioida suunnittelussa mahdollisuuksien mukaan.

 **Uudelleenkäytön osalta liittorakenteiden suunnittelu ei varsinaisesti eroa muista liittorakenteiden suunnittelusta.**

6.3.5 Uudelleenkäytön suunnittelu osastoivissa ja ääntä eristävissä rakenteissa

Rakennesuunnittelijan tulee ymmärtää peruseriaatteen ääneneristävyydestä ja palo-osastoiduista rakenteista. Käytettäessä uudisrakentamisen toistuvaa detailjiikkaa ja rakennetyyppejä ei tarkemmalle tarkastelulle ole välttämättä tarvetta ja voidaan edetä hyväksi todetuille perusratkaisuilla. Rakennusosien uudelleenkäytön osalta kyseiset perustilanteen rakennetyypit tai detaljit eivät aina ole mahdollisia, joten rakennesuunnittelijan tulee tunnistaa, milloin on hankkeen eduksi kiinnittää erikoissuunnittelija hankkeeseen, sekä ehdottaa sitä rakennushankkeeseen ryhtyvälle.

Ääneneristävyyden suunnittelu uudelleenkäytettävissä rakennusosissa

Rakennuksen ääneneristävyyden suunnittelu on kokonaisuuden hallintaa, jossa tulee ymmärtää muun muassa tiloja erottavien ja sivuavien rakenteiden, rakenneliitosten, talotekniikan ja tiivistysten vaikutus ääneneristykseen. Jos tilojen välillä on tietty vaatimus, kuuluu tehtävä ääneneristyksestä vastaavalle erikoissuunnittelijalle.

Tietyn ääneneristystavoitteen saavuttamiseksi voidaan lähteä siitä, että asuinkerrostalon seinäksi tai välipohjaksi määritetään rakenne, jonka R^w arvo on tyypillisesti 5–8 dB valittua vaatimustasoa D_{nTw} parempi. Seuraavaksi sen ympärillä olevien rakenteiden ja rakenneliitosten tulee olla riittävät. Alla on esimerkkejä sivutiesiirtymien huomioimisesta suunnittelussa:

- Ulkoseinärakenteen betonin paksuus tulee olla vähintään 150 mm. Mikäli paksuudet eivät ole riittävät kuten 80 mm maanvaraisessa betonilaatassa, voidaan ääneneristystä parantaa katkaisemalla lattia huoneistojen välisen seinän kohdalta, tai lisäämällä betonin päälle askeläänieristelevy ja kipsimassalattia.
- Mikäli käytetään kevyitä rankaseiniä huoneistojen välisinä seininä, ja seinän alla jatkuu samat ontelolaatat asunnosta toiseen, on tarkistettava, ettei ontelolaattoja pitkin kulkeva ääni heikennä ääneneristystä liikaa.
- Talotekniikan osalta puutteina voi olla:
- Asunnoista toiseen yhdistyvä ilmanvaihtojärjestelmä, jos kanavistoon ei ole mitoitettu äänenvaimentimia oikein tai ne puuttuvat kokonaan.
- Ääni voi siirtyä myös ilmanvaihtokanavan vaippaa pitkin, kun kanavat jatkuvat suoraan tilasta toiseen, ja erityisesti silloin kanavia on paljon tai ne ovat suuria.
- Lopuksi jopa merkittävimpana ääneneristykseen vaikuttavana asiana on huolehtia rakenneliitosten ja LVIS-läpivientien tiivistyksestä.

Muuta huomioitavaa ääneneristävyyden suunnittelussa:

- Tiivistykset tulee tehdä niin, että ne säilyttävät ilmatiiviytensä rakennuksen käytön aikana ja huolehtia asennusjärjestyksestä, jottei piiloon tai ahtaisiin paikkoihin jää rakoja.
- Tiivistykset tulee tehdä tarkoitukseen sopivilla tavoilla eli pääperiaatteina ki-viaineeksiset materiaalit sementtilaastilla ja LVIS-läpiviennit elastisella akryyli-massalla ja mineraalivillatäytöllä.
- Mikäli rakenneliitos on suunniteltu elastiseksi kuten vaikka kelluvan betonilat-tian liitos ympäröiviin rakenteisiin, niin tiivistykseen ei voi käyttää sementti-laastia.
- Myös itse seinärakenteen on oltava tiivis, eli puhtaaksimuurattavassa tiilisei-nässä tulee varmistaa kaikkien vaaka- ja pystysaumojen tiiveys. Ääneneristyk-sen kannalta vielä parempi vaihtoehto on tasoittaa pinnat yli molemmin puolin, jolloin tasoitteen tuoma lisämassa parantaa seinän ääneneristävyyttä tiiveyden varmistamisen lisäksi.

Askeläänieristävyyden suunnittelussa on huomioitava pitkälti samat asiat kuin ilmaääneneristävyydessä, mutta koska askeleet, kopinat, tömähdykset ja tava-roiden raahaaminen kohdistuvat iskuina suoraan lattiaan, korostuu välipohjan merkitys ja välipohjan massa. Vanhojen ontelolaattamassojen massat ovat usein pienempiä nykyisiin käytettyihin verrattuna, ja ääneneristävyyttä joudutaan usein parantamaan kelluvilla lattiarakenteilla ja/tai ääntä eristävillä kattolevyrakenteilla. Kelluvat lattiarakenteet ovat tehokkaimpia, koska askelääniä vaimennetaan heti lähteessä ennen kuin värähtely on levinnyt rakennusrunkoon. Ääntä eristävä ”dB-katto” voi olla tehokas eristämään välipohjarakenne, mutta ei se vaimenna sivutiesiirtymiä eli seinärakenteita pitkin kulkevaa ääntä. Lisärakenteiden paranusvaikutus riippuu kantavasta välipohjasta, lattiaeristeen tai kattokiinnikkeen vaimennusominaisuuksista, lisätyn rakenteen massasta sekä siitä, miten väli-pohja toimii kokonaisuutena. Väärin mitoitettu lisärakenne voi resonanssien takia jopa heikentää alkuperäisen rakenteen ääneneristystä.

Paloturvallisuuden suunnittelu

Rakennesuunnittelijan tehtävänä on varmistaa rakennuksen turvallisuus kaikissa käytön aikaisissa tilanteissa sekä mahdollisissa onnettomuustilanteissa. Palotilanne on yksi näistä. Rakennukselle tulee aina määrittää paloluokka, joka ohjaa suunnittelua muun muassa runkomateriaalien ja materiaalien pintaluokkien, palo-osastoinnin sekä rakenteiden palonkeston osalta. Paloluokkia on neljä P1,

P2, P3 ja P0. Yksittäisten uudelleenkäytettävien rakennusosien osalta pitää ensin tarkastella, mitkä ovat sen yksityiskohtaiset vaatimukset, ja sen jälkeen tarkastella täyttääkö kyseinen tarkasteltava osa ne. Rakennustuotteen palonkestoa on myös mahdollista parantaa suojaverhouksella.

Betonirakenteiden osalta palonkesto voidaan määritellä eurokoodin SFS-EN 1992-1-2 ja Suomen kansallisen liitteen mukaisesti taulukkomitoituksen avulla normaalipainoiselle betonille. Taulukkomitoituksessa erityyppisille rakennusosille on määritelty tietyt vaatimukset eri palonkestoluokille, joita verrataan muun muassa rakenneosan mittoihin, lujuuteen, hyväksikäyttöasteeseen ja betoniteräksen keskiöetäisyyteen. Taulukkomitoituksen perusteella betoniselle rakennusosalle on kohtuullisen helppoa määrittää palonkesto-aika. Jos taulukkomitoituksella ei päästä rakennusosalle määritettyyn vaatimustasoon, voidaan sitä parantaa suojaverhouksella tai tehdä tarkempi palonkestolaskelma todellisilla kuormilla.

Liimapuurakenteiden osalta rakenteen palomitoituksessa tulee huomioida puurakenteen hiiltyminen, sen vaikutukset kantavuuteen ja liitososien palonkesto. Liimapuurakenteiden palomitoitus tehdään SFS-EN 1995-1-2 mukaisesti.

6.3.6 Ominaisuuksien testaaminen ja koestus suunnittelun näkökulmasta

Eurokoodin SFS-EN 1990-1-1 liitteessä D on esitetty arviointimenetelmiä rakenteiden lujuuden arvioinnille tilanteessa, jossa rakenteen lujuudesta ei ole tietoa etukäteen. Liitettä D ei ole tehty uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden testaustaukselle, joten siinä esitettyjä menetelmiä tulee soveltaa. Betonirakenteille vastaavan menettelytapaan betonin lujuuden arviointiin ohjeistetaan myös by65 Betoninormit 2016 kirjassa. Oppaan luvussa 4.2.6 on käsitelty kokonaisen kapaleen koestusta esimerkiksi liimapuun osalta. Perusperiaatteena on se, että mitä useampi näyte koestetaan, niin sitä edullisempaa lujuusarvoa pystytään käyttämään suunnittelun perustana.

6.4 Uudelleenkäytön huomioiva purkusuunnittelu

TIIVISTELMÄ

- Rakennusosien uudelleenkäyttö on monivaiheinen tehtävä ja sen sovittaminen tavanomaiseen rakennushankkeeseen on haastavaa.
- Ehjänä irrottaminen pitää tehdä turvallisesti ja uudelleenkäytettävälle tuotteelle vahinkoa tuottamatta.
- Purettavan rakennuksen tulee säilyttää kokonaisstabiliteettinsa koko purkuhankkeen ajan.
- Purkupiirustukset voidaan laatia kohteen vanhojen, olemassa olevien piirustusten pohjalta ja niissä esitetään purkamisen kannalta oleelliset asiat. Purkupiirustukset käsittävät niin arkkitehti-, rakenne- kuin LVIS-suunnitteluosiot.
- Keskeisimpiä purettavuuteen vaikuttavat liitokset, joilla osa kiinnittyy muihin rakennusosiin.
- Samassa rakennushankkeessa voi olla uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita useammasta purkuhankkeesta, jolloin rakennushankkeen suunnittelijoiden on perehdyttävä jokaiseen ehdotettuun tuotteeseen, niiden lähtötietoihin sekä pyrittävä määrittelemään uudelleenkäytettävän rakennusosan lisätutkimustarpeet ja sovittamaan ne yhteen rakennushankkeen aikataulun kanssa.

Rakennusosien uudelleenkäytön oleellisimpia osia on uudelleenkäytettävien tuotteiden purkusuunnittelu tai tarkemmin ilmaistuna ehjänä irrottamisen suunnittelu. Ehjänä irrottaminen pitää tehdä turvallisesti, ja uudelleenkäytettävälle tuotteelle vahinkoa tuottamatta.

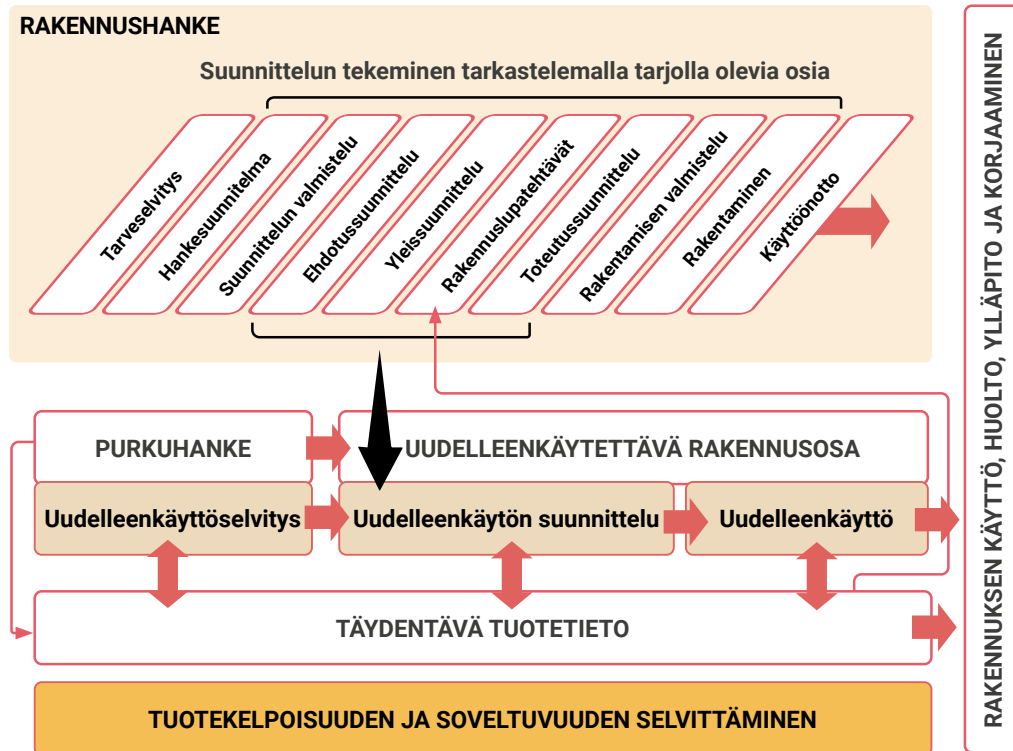
Normaalissa purkuhankkeessa purkusuunnitelmat koostuvat usein purkutyöselostuksesta ja purkupiirustuksista sekä muista tarvittavista selvityksistä. Purkupiirustukset voidaan laatia kohteen vanhojen, olemassa olevien piirustusten pohjalta ja niissä esitetään purkamisen kannalta oleelliset asiat. Purkupiirustukset käsittävät niin arkkitehti-, rakenne- kuin LVIS-suunnitteluosiot. Purkuluvan hakemiseen vaaditaan usein myös asemapiirustus, julkisivupiirustukset sekä mahdollinen maisemointisuunnitelma. Purkupiirustuksissa tulisi edellä mainittujen lisäksi esittää kohteen tasokuvat sekä mahdolliset erikoiskohtien leikkaus- ja detaljikuvat.

Tämä koskee erityisesti uudelleenkäytettävien rakennusosien ehjänä irrottamisesta, jolloin yksityiskohtainen purkutapa sekä väliaikaistuentatarpeet tulee esittää. Lisäksi purkupiirustuksiin kuuluvat mahdolliset väliaikaisrakenteiden ja -talotekniikan piirustukset sekä uudet rakenteet ja talotekniset asennukset. Eri rakennusosien ehjänä irrotettavuutta on käsitelty eri materiaalien osalta luvussa 5.

6.4.1 Purku- ja rakennushankkeen välinen yhteys

Purettavuutta on tärkeää arvioida, koska sen merkitys uudelleenkäytön hyödyn-tämispotentiaaliin on keskeistä (Järvelä 2021). Purettavuuteen, eli siihen miten hyvin rakennusosa on irrotettavissa sen uudelleenkäytettävyyttä merkittävästi heikentämättä, vaikuttaa moni asia. Keskeisimpiä purettavuuteen vaikuttavat liitokset, joilla osa kiinnittyy muihin rakennusosiin.

Olemassa olevien liitosten toteutustapa on keskeinen myös uudelleenliitettävyyden näkökulmasta. Uudelleenliittämisessä voidaan usein hyödyntää alkuperäistä liittämistapaa. Uudelleenliitettävyyden on tärkeää uudelleenkäyttöpotentiaalin näkökulmasta. (Huuhka ym. 2018.)



Kaavio 13. Uudelleenkäytettävän rakennusosan ja -tuotteen käyttämisen ja suunnittelun sovittaminen rakennushankkeen vaiheisiin.

Kaaviossa 13 on kuvattu rakennushankkeen suunnitteluvaiheiden linkittyminen uudelleenkäytettävän rakennusosan ja -tuotteen suunnitteluun.

Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on monivaiheinen tehtävä ja sen sovittaminen tavanomaiseen rakennushankkeeseen on haastavaa. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttöä suunnittelevien tahojen tulee ottaa huomioon seuraavat asiat:

- Rakennusosien ja -tuotteiden uudelleenkäyttöön liittyy kaksi tai useampaa erillistä hanketta sekä niiden keskinäiset aikataulut.
- Rakennushankkeen aikatauluun voi olla helpompi sovittaa välivarastoituja tuotteita.
- Purkuhankkeesta ehjänä irrotetusta rakennustuotteesta tulee tehdä uudelleenkäyttöselvitys, joka toimii yhtenä suunnittelijan lähtötietodokumenttina.
- Selvitetään uudelleenkäytettävän rakennustuotteen kelpoisuus sekä suunnittelun vaatimat lähtötieto- ja tutkimusvaatimukset.
- Rakennushankkeessa tulee sopia, millä tavalla ja missä laajuudessa uudelleenkäytettäviä rakennusosia käytetään.
- Tuotekelpoisuuden ja soveltuvuuden vaatima tieto kerätään tuotetietoon, joka toimii tuotekelpoisuuden yhtenä osoittamisen dokumenttina rakennusvalvonnan suuntaan.
- Rakennushankkeen loppukatselmuksessa todetaan, että uudelleenkäytettyjen rakennusosien tiedot ja mahdolliset lisävaatimukset esimerkiksi huollon osalta on viety rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen.

Samassa rakennushankkeessa voi myös olla uudelleenkäytettäviä rakennusosia useammasta purkuhankkeesta, jolloin rakennushankkeen suunnittelijoiden on suunnittelun perustehtävien lisäksi perehdyttävä jokaiseen ehdotettuun tuotteeseen, niiden lähtötietoihin sekä pyrittävä kertomaan uudelleenkäytettävän rakennusosan lisätutkimustarpeet ja sovittamaan ne yhteen rakennushankkeen aikataulun kanssa.

6.4.2 Purkumenetelmät ja purun aikainen tuenta

Suunniteltaessa rakennusosien ehjänä irrottamista purkumenetelmät ovat osittain samanlaisia kuin perinteisissä purkuhankkeissa. Väliaikaiseen tuentaan on kiinnitettävä enemmän huomiota, koska purettavan rakennuksen tulee säilyttää kokonaisstabiilitensä koko purkuhankkeen ajan. Tämä tulee huomioida purkujärjestystä suunniteltaessa. Esimerkiksi palkkien osalta ne tulee tukea väliaikaisesti, kun kyseiseen palkkiin tukeutuvia sekundäärirakenteita puretaan, ja purkujärjestys tulee miettiä siten, että palkille tulee mahdollisimman vähän toispuoleisia kuormia.

Betonielementtituotteissa on sisään valettuna erityyppisiä liitos- ja nosto-osia. Esimerkiksi liitososat voidaan joutua katkaisemaan, jotta elementti saadaan irti muusta rakennuksesta ilman muita vaurioita tai ontelolaatan tapauksessa elementti voidaan katkaista lyhyemmäksi liitosalueen ulkopuolelta, jolloin ylimääräiset irti piikattavat osat pystytään irrottamaan säilytetystä osasta maantasossa. Vaihtoehtoisesti kyseiset liitokset voidaan piikata auki. Myös elementtien nosto-osat voivat olla katkaistu jo alkuperäistä rakennusta tehtäessä, joten uudelleenkäyttöä suunnitellessa tulee huomioida myös mahdolliset uudet nosto-osat. Betonielementtirakenteiden ehjänä irrotettavuutta on käsitelty oppaassa aiemmin luvussa 5.7.6.

Liimapuu- ja tiilirakenteiden purkaminen on usein betonirakenteiden purkamista helpompaa. Tämä johtuu pienemmistä ja kevyemmistä osakokonaisuuksista. Liimapuurakenteilla liitososat ovat usein näkyvissä ja ruuvattavissa auki. Jos liitososat ovat olleet kosteudelle alttiina, niiden korroosiosuojaus ei ole ollut riittävää tai liitoksia ei saada auki perinteisin menetelmin, voidaan kyseiset liitososat poikkaista. Liimapuurakenteiden ehjänä irrottamista on käsitelty oppaan luvussa 5.9.2 ja tiilirakenteiden ehjänä irrottamista luvussa 5.8.3.

ReCreate-hankkeen osana on luotu ohjenuorat parhaista käytännöistä liittyen betonielementtien ehjänä purettavuuteen. Nämä parhaat käytännöt on kerätty yhteen julkaisuun ja siinä käsitellään muun muassa esisuunnittelua, purkujärjestystä, nosto-osia, rakenteellista purkusuunnittelua ja ehjänä purkamista. (Vullings, Huuhka, Wijte ym. 2024.)

 **Purkupiirustukset voidaan laatia kohteen vanhojen, olemassa olevien piirustusten pohjalta ja niissä esitetään purkamisen kannalta oleelliset asiat. Purkupiirustukset käsittävät niin arkkitehti-, rakenne- kuin IVIS-suunnitteluasiat.**

7

Rakennustuotekohtaisten ominaisuuksien esittäminen ja tuotekortti

TIIVISTELMÄ

- Tuotekortti on työkalu, jonka avulla esitetään uudelleenkäytettävän rakennustuotteen olennaiset ominaisuudet.
- Uudelleenkäyttöselvityksessä rakennustuotteista tuotetaan ja saadaan tietoja, joiden perusteella rakennustuotteelle laaditaan tuotekortti.
- Tuotekortin tieto täydentyy ja päivittyy tarpeen mukaan uudelleenkäytön eri vaiheiden ja mahdollisen rakennushankkeen hankevaiheiden edetessä sekä rakennuksen elinkaaren aikana.
- Tuotekortti on yksi osa ja dokumentti uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämisestä ja todentamisesta.
- Tuotekortti toimii tärkeänä lähtötietona suunnittelussa.
- Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden käyttökohteeseen ja -tarkoitukseen voidaan vaikuttaa myös suunnitteluratkaisuiden (vahvistaminen, palonkesto, pinnoittaminen jne.) avulla, silloin kun lähtötiedot ja ominaisuustiedot ovat tiedossa.
- Kerätyn tiedon tulee tukea rakennuksen elinkaaren aikaisia toimintoja ja toimijoita sekä uudelleenkäyttöä ja kierrätettävyyttä elinkaaren lopussa.
- Uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita voidaan käyttää myös vaatimattomammassa käyttökohteessa kuin se alun perin on suunniteltu. Tällöin uudelleenkäyttöselvitys ja ominaisuuksien selvittämisprosessi voi olla kevyempi.

Tuotekortti on työkalu, jonka avulla esitetään uudelleenkäytettävän rakennustuotteen olennaiset ominaisuudet. Uudelleenkäyttöselvityksessä ja purkukartoituksessa (voidaan tehdä myös yhtä aikaa ja yhdistäen) rakennustuotteista tuotetaan ja saadaan tietoja, joiden perusteella rakennustuotteelle laaditaan tuotekortti. Tuotekortti täydentyy ja seuraa uudelleenkäytettävää tuotetta sen purkamisen ja tai irrottamisen, kuljetuksen, varastoinnin, suunnittelun, kunnostamisen, jakelun, asentamisen ja käytön ajan aina seuraavaan kiertoon asti.

Tuotekortti on yksi osa ja dokumentti uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämistä ja todentamista sekä rakennushankkeen tuotetietoa. Se on myös osa rakennustuoteluetteloon tarvittavaa tietoa. Rakennustuoteluettelossa kerrotaan rakennuksessa ja rakennuspaikalla käytettävistä rakennustuotteista tai rakennusosista (Rakentamislaki 751/2023). Kaikki tieto, jota rakennustuotteen uudelleenkäytön kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisessä sekä rakennuksen uudelleenkäytön suunnittelussa, rakentamisessa, käytössä ja elinkaaren muissa vaiheissa syntyy, on tarkoitus kerätä tuotekorttiin tai sen yhteyteen. Konekielisesti luettavassa muodossa esitettävä tuotekortti seuraa uudelleenkäytettävää tuotetta tuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa. Tulevaisuudessa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tuotekortti ja tuotetieto tulevat olemaan osa kehittyvää rakentamisen ja sen kiertotalouden tiedonhallintaa. Uusi rakennustuoteasetus (2024/3110) edellyttää rakennustuotteiden digitaalista tuotepassijärjestelmää seuraavien vuosien aikana.

Tässä luvussa esitetään tuotekorttien tietosisältöä sekä rakennustuotekohtaiset käyttövaatimukset betonielementtien (ontelolaatta, pilari ja palkki), liimapuun (palkki ja pilari) sekä tiilien (poltettu savitiili ja kalkkihiekkatiili) osalta. Tässä esitetty tuotekortin tietosisältö perustuu oppaassa esitettyihin valittujen rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen. Tuotekortin sisältö voi vaihdella tapaus- ja tarvekohtaisesti, kuten oppaan luvuissa on esitetty ja perusteltu. Mikäli uudelleenkäytettävän rakennustuotteen käyttökohde ja sen vaatimukset ovat tiedossa, voi olla mahdollista, että tapauskohtaisesti kaikkia rakennustuotekohtaisia vaatimuksia (taulukot 13–17) ei aina tarvitse selvittää, mikä voi vähentää turhien tutkimusten, testauksen ja kustannusten syntymistä.

Uudelleenkäytettäville rakennustuotteille ei ole suoraan standardeja ominaisuuksien testaamiseen, mutta olemassa olevia standardeja voidaan soveltaa ominaisuuksien testaamisessa ja tutkimisessa. Taulukoita 13–17 hyödynnetään tuotekorttien tietosisältöjen tuottamisessa.

Uudelleenkäytettävän rakennustuotteen ominaisuuksien tutkimisen ja testaamisen lopputuloksena tuotekorttiin kirjataan tulokset (Liite 1). Tuotekortti toimii

yhtenä tärkeänä suunnittelun lähtötietona. Silloin kun uudelleenkäytettävän tuotteen lähtö- ja ominaisuustiedot ovat tiedossa (esimerkiksi Tuotekortti), voidaan rakennustuotteidenkäyttökohteeseen ja -tarkoitukseen vaikuttaa myös erilaisilla suunnitteluratkaisuilla (vahvistaminen, palonkesto, pinnoittaminen jne.).

Uudelleenkäytettävää rakennustuotetta voidaan käyttää myös vaatimattomamassa käyttökohteessa kuin se alun perin on suunniteltu. Tällöin ominaisuuksien ja uudelleenkäyttöselvityksen prosessi voi olla kevyempi.

Taulukko 13. Uudelleenkäytettävien betonisten pilari- ja palkkielementtien olennaiset ominaisuudet ja käyttökohdekohtaiset vaatimukset.

Olennainen ominaisuus*)	Vaatus Uudelleenkäytettävät betoniset pilari- ja palkkielementit
Betonin puristuslujuus	Arvioitava standardeja EN 1990 Liite D, EN 13791, SFS 7508 ja NS 3682 soveltaen.
Betoni- ja jänneterästen vetolujuus	- Arvioitava betoniterästen (pääteräkset, hakateräkset) lujuusluokka standardia SFS 1300 soveltaen. - Arvioitava jänneterästen 0,1-raja ja vetomurtolujuus.
Kuormituskestävyys	- Esitettävä tuotteen olennaiset mitat. - Arvioitava betoniterästen mitat ja sijainnit. - Arvioitava jänneterästen halkaisijat, poikkileikkauspinta-alat ja sijainnit.
Palonkestävyys	Esitettävä paloturvallisuusasetuksen (848/2017) mukainen palonkestävyysluokka [R].
Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet	Arvioitava vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet, ja niiden vaikutukset käyttökohteessa.
Säteilyaltistus	Selvitettävä säteilylain (859/2018) mukaisesti voiko rakennustuotteesta aiheutua viitearvoa suurempi säteilyaltistus
Detaljitiedot	Esitettävä tuotteen dimensiot vaihteluväleineen sisältäen aukotukset, rei'itykset ja liitososat kuvauksineen.
Pitkäaikaiskestävyys	- Arvioitava betonin peitepaksuudet. - Arvioitava betonin karbonatisoitumissyvyydet. - Esitettävä standardin EN 1992-1-1 mukaiset rasitusluokat. - Arvioitava pitkäaikaiskestävyyttä standardia EN 1992-1-1 ja sen kansallista liitettä sekä ohjetta by 68 soveltaen.
Poikkeamat	Esitettävä merkittävät poikkeamat, joilla on vaikutusta tuotteen olennaisiin ominaisuuksiin.

*) Testaus- ja mittaustarvetta voidaan harkita tapauskohtaisesti huomioimalla alkuperäisten tuotetietojen (muun muassa leimojen, suunnitelmien, säädösten, taulukkoarvojen) kattavuus ja luotettavuus.

Taulukko 14. Uudelleenkäytettävien betonisten ontelolaattaelementtien olennaiset ominaisuudet ja käyttökohteelliset vaatimukset.

Olennainen ominaisuus*)	Vaatus Uudelleenkäytettävät betoniset ontelolaattaelementit
Betonin puristuslujuus	Arvioitava standardeja EN 1990 Liite D, EN 13791, SFS 7508 ja NS 3682 soveltaen.
Jänneterästen vetolujuus	Arvioitava jänneterästen 0,1-raja ja vetomurtolujuus.
Kuormituskestävyys	Esitettävä tuotteen olennaiset mitat. Arvioitava jänneterästen halkaisijat, poikkileikkauspinta-alat ja sijainnit.
Palonkestävyys	Esitettävä paloturvallisuusasetuksen (848/2017) mukainen palonkestävyysluokka [REI].
Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet	Arvioitava vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet, ja niiden vaikutukset käyttökohteessa
Säteilyaltistus	Selvitettävä säteilylain (859/2018) mukaisesti voiko rakennustuotteesta aiheutua viitearvoa suurempi säteilyaltistus
Ilmaääneneristävyys ja askelääneneristävyys	Esitettävä neliöpaino ja dimensiot vaihteluväleineen. Arvioitava suunnittelussa ääniympäristöasetuksen (796/2017) mukainen äänitasoluku ja askeläänitasoluku.
Detaljitiedot	Esitettävä tuotteen dimensioid vaihteluväleineen sisältäen aukotukset, rei'itykset ja liitososat kuvauksineen.
Pitkäaikaiskestävyys	Arvioitava betonin peitepaksuudet. Arvioitava betonin karbonatisoitumissyvytydet. Esitettävä standardin EN 1992-1-1 mukaiset rasitusluokat. Arvioitava pitkäaikaiskestävyyttä standardia EN 1992-1-1 ja sen kansallista liitettä sekä ohjetta by 68 soveltaen.
Poikkeamat	Esitettävä merkittävät poikkeamat, joilla on vaikutusta tuotteen olennaisiin ominaisuuksiin.

*) Testaus- ja mittaustarvetta voidaan harkita tapauskohtaisesti huomioimalla alkuperäisten tuotetietojen (muun muassa leimojen, suunnitelmien, säädösten, taulukkoarvojen) kattavuus ja luotettavuus.

Tuotekortin tieto täydentyy ja päivittyy tarpeen mukaan uudelleenkäytön eri vaiheiden ja mahdollisen rakennushankkeen hankevaiheiden edetessä sekä rakennuksen elinkaaren aikana.

Taulukko 15. Uudelleenkäytettävien liimapuupalkkien ja -pilarien olennaiset ominaisuudet ja käyttökohdekohtaiset vaatimukset.

Olennainen ominaisuus*)	Vaatus Uudelleenkäytettävät liimapuupalkit ja -pilarit
Taipuma	Sisältyy kuormituskestävyydestä tarkasteluun, merkittävät alku-suoruspöikkeamat ($> L/500$) otettava erikseen huomioon.
Kuormituskestävyys	Esitettävä tuotteen olennaiset mitat. Arvioitava alkuperäinen lujuusluokka. Tarkastettava, ettei lahoa esiinny. Arvioitava haitalliset halkeamat ohjetta RIL 244 soveltaen. Arvioitava kuormituskestävyys standardia EN 1995-1-1 ja ohjetta RIL 205-1 hyödyntäen: käyttökohdekohtainen arviointi mitoitus teknisesti tai kokeellisella mitoituksella standardin EN 408 taivutuskokeella koekappaleita rikkomatta tai määrittelemällä liimapuun nykyinen lujuusluokka (taivutuslujuuden ja kimmomoduulin ominaisarvot) standardin EN 408 taivutuskokeella ja standardin EN 14358 mukaisilla hyväksymisohje-tarkasteluilla.
Liimauslujuus	Arvioitava liimasaumojen liimauslujuus kuormituskestävyydestä tarkasteluissa tai poranäytteestä standardin EN 14080 liitettä D soveltaen tai delaminointitestillä standardin EN 14080 liitettä C soveltaen.
Palokäyttäytyminen	Standardin EN 14080 mukainen palokäyttäytymisloukan D-s2,d0 vähimmäisvaatimus (keskitiheys $\geq 380 \text{ kg/m}^3$, kokonaispaksuus $\geq 40 \text{ mm}$) täyttyä pääsääntöisesti vanhoissa ja uusissa suomalaisissa liimapuissa. Varmistettava käyttökohdekohtaisesti, jos vaatimuksia.
Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet	Arvioitava vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet, ja niiden vaikutukset käyttökohteessa.
Detaljitiedot	Esitettävä tuotteen dimensiot vaihteluväleineen sisältäen suoruspöikkeamat, aukotukset, rei'itykset ja liitososat kuvauksineen.
Pitkäaikais-kestävyys	Arvioitava liimatyyppin käyttöluokka. Esitettävä standardin EN 1995-1-1 mukainen käyttöluokka. Arvioitava pitkäaikaiskestävyys standardin EN 1995-1-1 ja ohjetta RIL 205-1 soveltaen.
Pöikkeamat	Esitettävä merkittävät pöikkeamat, joilla on vaikutusta tuotteen olennaisiin ominaisuuksiin.

*) Testaus- ja mittaustarvetta voidaan harkita tapauskohtaisesti huomioimalla alkuperäisten tuotetietojen (muun muassa leimojen, suunnitelmien, säädösten, taulukko-arvojen) kattavuus ja luotettavuus.

Taulukko 16. Uudelleenkäytettävien poltettujen savitiilien olennaiset ominaisuudet ja käyttökohdekohtaiset vaatimukset.

Olennainen ominaisuus*)	Vaatus Uudelleenkäytettävät poltetut savitiilet
Puristuslujuus	Esitettävä standardin EN 772-1 mukaisesti testattu puristuslujuuden keskiarvo f_{um} ja keskihajonta, normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo $f_b \geq 5,0 \text{ N/mm}^2$ sekä kategoria ja kuormitus-suunta.
Bruttokuivatiheys	Esitettävä standardin EN 772-13 mukainen bruttokuivatiheys vaihteluväleinen.
Vedenimukyky	Esitettävä standardin EN 772-21 mukaisesti testattu veden alkuimunopeus ja vedenimukyky vaihteluväleinen, jos tuote asennetaan ulkoseinään säälle alttiiksi.
Vesihöyrynläpäisevyys	Esitettävä tarvittaessa standardin EN 1745 mukainen vesi-höyryn diffuusiovastuskertoimen μ taulukkoarvo.
Jäätymis- sulamiskes-tävyys	Arvioitava esimerkiksi standardin SFS 7001 liitteen 1 menetel-män 1 mukaisesti, jos tuote asennetaan ulkoseinään säälle alttiiksi.
Palokäyttäytyminen	Esitettävä standardin EN 771-1 kohdan 5.3.11 mukainen palokäyttäytymisloukka A1 ilman testausta.
Vaaralliset ja haitalli-set aineet sekä epäpuhtaudet	Arvioitava vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet, ja niiden vaikutukset käyttökohteessa.
Säteilyaltistus	Selvitettävä säteilylain (859/2018) mukaisesti voiko rakennus-tuotteesta aiheutua viitearvoa suurempi säteilyaltistus
Detaljitiedot	Esitettävä tuotteen dimensiot vaihteluväleinen sisältäen muoto- ja reijitykset.
Poikkeamat	Esitettävä merkittävät poikkeamat, joilla on vaikutusta tuotteen olennaisiin ominaisuuksiin.

*) Testaus- ja mittaustarvetta voidaan harkita tapauskohtaisesti huomioimalla alkuperäisten tuotetietojen (muun muassa leimojen, suunnitelmien, säädösten, taulukkoarvojen) kattavuus ja luotettavuus.

Taulukko 17. Uudelleenkäytettävien kalkkiehkektiilien olennaiset ominaisuudet ja käyttökohdekohtaiset vaatimukset.

Olennainen ominaisuus*)	Vaatus Uudelleenkäytettävät kalkkiehkektiilet
Puristuslujuus	Esitettävä standardin EN 772-1 mukaisesti testattu puristuslujuuden keskiarvo f_{um} ja keskihajonta, normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo $f_b \geq 10,0 \text{ N/mm}^2$ sekä kategoria ja kuormitussuunta.
Bruttokuivatiheys	Esitettävä standardin EN 772-13 mukainen bruttokuivatiheys vaihteluväleineen.
Vedenimukyky	Esitettävä standardin EN 772-21 mukaisesti testattu veden alkuimunopeus ja vedenimukyky vaihteluväleineen, jos tuote asennetaan ulkoseinään säälle alttiiksi.
Vesihöyrynläpäisevyys	Esitettävä tarvittaessa standardin EN 1745 mukainen vesihöyryn diffuusiovastuskertoimen μ taulukkoarvo.
Jäätymis- sulamiskestävyys	Standardin EN 772-18 mukainen luokka F2, jos tuote asennetaan ulkoseinään säälle alttiiksi.
Palokäyttäytyminen	Esitettävä standardin EN 771-2 kohdan 5.3.11 mukainen palokäyttäytymislukka A1 ilman testausta.
Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet	Arvioitava vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet, ja niiden vaikutukset käyttökohteessa.
Detaljitiedot	Esitettävä tuotteen dimensiot vaihteluväleineen sisältäen muoto- ja rei'itykset.
Poikkeamat	Esitettävä merkittävät poikkeamat, joilla on vaikutusta tuotteen olennaisiin ominaisuuksiin.

*) Testaus- ja mittaustarvetta voidaan harkita tapauskohtaisesti huomioimalla alkuperäisten tuotetietojen (muun muassa leimojen, suunnitelmien, säädösten, taulukkoarvojen) kattavuus ja luotettavuus.

Tuotekorttiin kerätyn tiedon tulee tukea rakennuksen elinkaaren aikaisia toimintoja ja toimijoita sekä uudelleenkäyttöä ja kierrätettävyyttä rakennuksen elinkaaren lopussa.

8

Kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen vaiheiden dokumentointi

TIIVISTELMÄ

- Uudelleenkäytettävistä rakennustuotteista saatavan tiedon kokoaminen ja dokumentointi on vaiheittaista ja täydentyvää. Tiedon sisältö vaihtelee kohde- ja hankekohtaisesti.
- Koottu tieto säilytetään kohderakennuksen elinkaaren eri vaiheiden käyttöön ja hyödynnettäväksi.
- Uudelleenkäyttöselvitys tehdään tutkimussuunnitelmaan perustuen.
- Uudelleenkäyttöselvityksen johtopäätöksissä esitetään tulkinta uudelleenkäytettäväksi soveltuvista rakennustuotteista mahdollisine käyttötarkoituksineen, tulosten epävarmuustarkastelut ja mahdolliset lisätutkimustarpeet.
- Ehjänä irrottamisen suunnitelma täydentää rakennuksen purkusuunnitelmaa.
- Kuljetus- ja varastointisuunnitelmassa esitetään kuljettamisen ja varastoinnin näkökulmasta olennaiset seikat.
- Eri suunnittelualat laativat rakennussuunnitelmat huomioiden uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuudet.
- Rakentamisen aikana dokumentoidaan olosuhteet, joille uudelleenkäytettävät rakennusosat altistuvat.
- Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen tietoja on tarpeellista täydentää ja päivittää rakennuksen käyttövaiheessa.

Rakennustuotteiden uudelleenkäytön yhteydessä koottavan ja hankittavan tiedon tuottamisen ja säilyttämisen laadukkuus on tärkeää kaikissa uudelleenkäytön vaiheissa (Devènes ym. 2024).

Uudelleenkäytettävistä rakennustuotteista saatavan tiedon kokoaminen ja dokumentointi alkaa luovuttarakennuksesta saatavilla lähtötiedolla sekä tutkimisesta ja testaamisesta sekä purkamisesta ja ehjänä irrottamisesta koostuvalla tiedolla edeten kuljetuksen ja varastoinnin sekä rakentamisen kautta kohderakennuksen käyttövaiheeseen ja edelleen rakennuksen seuraavaan purkuvaiheeseen (Taulukko 18).

Dokumentoidun tiedon sisältö vaihtelee kohde- ja hankekohtaisesti. Tärkeää on pyrkiä säilyttämään koottu tieto kohderakennuksen elinkaaren eri vaiheiden käyttöön ja hyödynnettäväksi (Taulukko 18). Tieto tulee oleellisilta osiltaan liittää kohderakennuksen lakisääteiseen käyttö- ja huolto-ohjeeseen (Taulukko 18).

Taulukko 18. Uudelleenkäytön kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen vaiheet voidaan liittää joustavasti rakennushankkeen eri vaiheisiin. Uudelleenkäyttöselvityksen vaiheissa tuotetaan erilaisia dokumentteja, joiden tietojen avulla rakennushanke voi edetä sujuvasti.

Rakennus-hankkeen vaihe	Uudelleenkäytön kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen vaihe	Tuotos / dokumentti
Purkukartoitus	Uudelleenkäyttökartoitus (Voidaan tehdä ennen, jälkeen tai saman aikaisesti purkukartoituksen kanssa)	Uudelleenkäyttökartoitusraportti Potentiaalisesti uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden alustavat tuotekortit
Ennen purkua	Tutkimussuunnitelma uudelleenkäytettävien rakennusosien ominaisuuksien todentamiseksi	Tutkimussuunnitelma
Ennen purkua	Uudelleenkäyttöselvitys	Uudelleenkäyttöselvityksen raportti Tuotekortit
Ennen purkua ja purkusunnittelun yhteydessä	Ehjänä irrottamisen suunnittelu	Ehjänä irrottamisen suunnitelma
Purkua ennen tai purun jälkeen	Kuljetus- ja varastointisuunnittelu	Kuljetus- ja varastointisuunnitelma

Rakennus-hankkeen vaihe	Uudelleenkäytön kelpoi-suuden ja soveltuvuuden selvittämisen vaihe	Tuotos / dokumentti
Purun jälkeen	Rakennusosien tarkasta-minen	Poikkeamien dokumentointi ja mahdolli-nen, tarpeenmukainen, täydentävä tutkimussuunnitelma ominaisuuksien tutkimiseksi tai kunnostussuunnitelma tai vaihtoehtoisesti muun käyttötarkoi-tuksen tai loppusijoituspaikan määritte-ly (silloin kun ei sovi aiottuun käyttötar-koitukseen purun / irrotuksen jälkeen) Tuotekortin päivitys
(Purkua ennen tai) Purun jälkeen	Kuljetus- ja varastointi-suunnittelu	Kuljetus- ja varastointisuunnitelma
Purun jälkeen, ennen rakenta-mista ja asen-nusta	Varastointi	Varastointiolosuhteiden dokumentointi
Suunnitteluvaihe	Suunnittelu Mahdolliset ominaisuuksien lisätutkimukset muun muassa rakenne-suunnittelun tueksi	Suunnitelmat (sisältäen uudelleen-käytettävien rakennusosien kaikki saadut ja tutkitut ominaisuustiedot ja mahdolliset laskennalliset tarkastelut siitä, miten rakennusosa täyttää käyttö-kohteen vaatimukset kelpoisuuden ja soveltuvuuden osalta) Tuotekortin päivitys Uudelleenkäytettävät rakennusosat osana käyttö- ja huolto-ohjetta
Rakennusvaihe		Olosuhteiden dokumentointi ja raportointi
Olosuhteiden seuranta		Käyttö- ja huolto-ohje
Huolto- ja käyttöohjeen laadinta		Tuotekortin päivitys
Käyttövaihe	Huolto- ja käyttöohjeen päivittäminen	Huolto- ja käyttöohje (päivittäminen ja täydentäminen) Tuotekortin päivitys

Uudelleenkäyttökartoituksen ensimmäisessä vaiheessa selvitetään saatavilla olevat, uudelleenkäytön kannalta oleelliset lähtötiedot, kuten rakennuksen perus-tiedot ja rakennusosien uudelleenkäytön näkökulmasta keskeiset reunaehdot. Esimerkiksi rakennuksen käyttö-, korjaus- ja muutos sekä vauriohistoria ovat keskeisiä tietoja. Mahdollisista aikaisemmista ja prosessin aikana tehtävistä haitta-aine- sekä kosteus- ja sisäilmateknisistä tutkimusraporteista saatavat tiedot haitallisista aineista sekä muista epäpuhtauslähteistä on syytä kerätä

tarvittavilta osin. Uudelleenkäyttökartoitus voidaan tehdä purkukartoituksen yhteydessä, ennen tai jälkeen purkukartoitusta.

Uudelleenkäyttökartoituksen kohdekäynnillä arvioidaan aistinvaraisesti ja mahdollisesti ainetta rikkomattomilla tutkimuksilla rakennusosien ominaisuuksia, näiden määrät ja sijainnit sekä purettavuus huomioiden rakennusosissa käytetyt liitokset. Näiden perusteella arvioidaan rakennusosien uudelleenkäyttöpotentiaalia ja laaditaan uudelleenkäyttökartoitusraportti sisältäen määräluettelon. Tuotekorttien alustavat versiot suositellaan laadittavan tässä vaiheessa. Alustaviin versioihin kootaan esimerkiksi aistinvaraisten ja lähtötietojen pohjalta saadut tiedot kuten kohteen ja rakennustuotteiden yleistiedot, alustava määräravio, ulkonäkö, mikrobivaurioiden ja haitta-aineiden riskinarvio, sijainti suhteessa ympäröiviin rakenteisiin ja tämän mahdolliset vaikutukset ehjänä irrottamiseen (Taulukko 18).

Seuraavassa vaiheessa ominaisuustietoja täsmennetään tutkimussuunnitelmaan pohjautuen. Tutkimussuunnitelmassa esitetään kohteen yleistiedot, lähtötiedot, tutkimusten tavoite ja rajaukset, tutkimusmenetelmät ja niiden kohdistuminen sekä vaatimukset tutkimusten suorittajan pätevyydelle sekä osaamiselle huomioiden luovuttajakohteen ja mahdollisesti tiedossa olevan vastaanottajakohteen erityispiirteet (Taulukko 18).

8.1 Uudelleenkäyttöselvityksen dokumentointi

Uudelleenkäyttöselvitys tehdään tutkimussuunnitelmaan perustuen. Uudelleenkäyttöselvityksen tulosten raportoinnissa tulee esittää kohteen yleistiedot, lähtötiedot, tutkimusmenetelmät ja niiden kohdistuminen, havainnot, mittaukset ja analyysitulokset. Johtopäätöksissä esitetään tulkinta uudelleenkäytettävyydestä ja mahdollisista käyttökohteista ja -tarkoituksista, arvio uudelleenkäyttöön soveltuvista rakennusosista sekä niiden määristä ja ominaisuustiedoista sekä tulosten epävarmuustarkastelut ja mahdolliset lisätutkimus- ja kunnostustarpeet. Mikäli aiotut uudelleenkäyttökohteet ovat tiedossa, tarkastellaan tuloksia erityisesti niiden asettamien vaatimusten näkökulmasta, jonka perusteella voidaan tyypillisesti arvioida luotettavasti rakennusosakohtaista uudelleenkäyttöpotentiaalia. Tällöin on suositeltavaa sisällyttää raportointiin keskeisiä uudelleenkäyttökohteiden mukaisia oleellisia ominaisuustietoja. Kaikki laboratorioanalyysit, mittauspöytäkirjat ja vastaavat sisällytetään raporttiin liitteiksi (Taulukko 18).

Tulosten epävarmuustarkastelu sekä tuloksiin liittyvien riskien ja epävarmuuksien huomioiminen johtopäätöksissä on erityisen tärkeää. Yleisesti tutkimuksen dokumentointi ja epävarmuustarkastelu tulee esittää siten, että ulkopuolinen asiantuntija voi päätyä raportin perusteella samaan johtopäätökseen. Johtopäätösten tulisi olla myös yksiselitteisiä ja esimerkiksi ilmaisuja *”kunto on tyydyttävä”* tulee välttää. (Romakkaniemi 2023.)

Uudelleenkäyttöselvityksen raportoinnin yhteydessä päivitetään selvityksen tulosten pohjalta erilliset mahdollisesti uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tuotekortit sekä inventoinnit.

8.2 Ehjänä irrottamisen dokumentointi

Rakennusosien ehjänä irrottaminen tulee suunnitella huolellisesti. Ehjänä irrottamisen suunnitelma täydentää rakennuksen purkus suunnitelmaa ja se tulee tehdä yhteistyössä muiden purkamisen suunnitteluun osallistuvien kanssa. Suunnitelmassa esitetään ehjänä irrottamisen kannalta oleelliset huomioitavat seikat, kuten purkujärjestys, purku- ja/tai ehjänä irrotusmenetelmä, rakennusosien fyysinen merkintä (liitetään dokumentaatioon), nostosuunnitelma ja työmaan sisäisten siirtojen suunnitelma, välivarastointi ja suojaus purkamisen yhteydessä sekä muutoin työmaalla. (Vullings ym. 2024.)

Rakennusosien ominaisuudet saattavat muuttua purkamisen yhteydessä ja ne ovat tässä vaiheessa ensi kertaa tarkasteltavana yksittäisinä osina. Ehjänä irrottamisen jälkeen kaikki uudelleenkäytettäväksi tarkoitetut rakennusosat tulee tarkastaa ja poikkeamat dokumentoida. Tarkastamisen perusteella laaditaan tarvittaessa täydentävä tutkimussuunnitelma (tai ominaisuuksiltaan puutteelliset tuotteet hylätään), mikäli on syytä olettaa, että käyttökohteen mukaiset vaatimukset eivät joltain osin täyty. (Taulukko 18.)

8.3 Kuljetuksen ja varastoinnin dokumentointi

Kuljetus ja varastointi sekä rakennustuotteiden olosuhdevaatimukset voivat olla hyvin erityyppisiä, jolloin myös dokumentoinnissa voi olla vaihtelua. Rakennusosien tuleva käyttökohde voi olla tiedossa jo ehjänä irrotettaessa ja välivarastointi voi olla hyvin lyhyt, tai rakennustuotteita voidaan varastoida pidempiaikaisemmin, kunnes niille löytyy uusi käyttökohde.

Kuljetus- ja varastointisuunnitelmassa esitetään kuljettamisen ja varastoinnin näkökulmasta olennaiset seikat. Näitä ovat esimerkiksi vaatimukset rakennustuotteiden pakkaus ja suojaus, purku- ja lastaus, sekä kuljetus- ja varastointiolosuhteille. Varastointiolosuhteet tulee dokumentoida, mikä voi edellyttää olosuhteiden jatkuvaa seurantaa, mikäli rakennusosien ja tulevan käyttökohteen vaatimukset edellyttävät tietyn tyyppisiä olosuhteita varastoinnille. Varastoinnin dokumentaatioissa esitetään varastoinnin alkamis- ja päättymisajankohta, kuvaus varastointiolosuhteista (esimerkiksi katos, lämmittämätön tila, lämmitetty tila) ja mahdollinen olosuhdeseurannan (esimerkiksi ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus) data. (Taulukko 18.)

8.4 Suunnittelun dokumentointi

Eri suunnittelualat laativat rakennussuunnitelmat huomioiden uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden erityispiirteet. Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden sijainnit ja olennaiset tiedot tulee esittää selkeästi näissä suunnitelmissa. Suunnitelmiin tulee myös liittää tieto uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden dokumentaatiosta.

Suunnitteluvaiheessa saatetaan tehdä lisäselvityksiä rakennustuotteiden ominaisuuksien varmentamiseksi valitun käyttökohteen vaatimukset huomioiden. Lisäksi suunnitteluvaiheessa tehdään usein erityyppisiä laskennallisia tarkasteluja siitä, miten ominaisuustiedot täyttävät käyttökohteen vaatimukset kelpoisuuden ja soveltuvuuden osalta. Mahdollisesti tehtävistä selvityksistä ja tarkasteluista laadittavat dokumentit kootaan osaksi uudelleenkäytön kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen dokumentaatiota.

Uudelleenkäytettävät rakennustuotteet sisältyvät suunnitteluvaiheessa laadittavaan käyttö- ja huolto-ohjeeseen. Uudelleenkäytettyjen rakennustuotteiden osalta käyttö- ja huolto-ohjeessa tulee huomioida rakennustuotteiden käyttöikä sekä huollon, korjaamisen ja purkamisen kannalta oleelliset seikat, kuten materiaalit ja niiden raaka-aineet. Myös mahdollisesti edellytettävät laadunvarmistukseen ja riskienhallintaan liittyvät toimenpiteet esitetään käyttö- ja huolto-ohjeessa. (Taulukko 18.)

 **Uudelleenkäytettävistä rakennustuotteista saatavan tiedon kokoaminen ja dokumentointi on vaiheittaista ja täydentyvää. Tiedon sisältö vaihtelee kohde- ja hankekohtaisesti.**

8.5 Rakentamisen ja käyttövaiheen dokumentointi

Uudelleenkäytettävät rakennustuotteet saattavat edellyttää tavanomaisesta poikkeavia järjestelyitä esimerkiksi rakentamisvaiheen kosteudenhallinnan suhteen ja olosuhteiden dokumentointi on tärkeää paitsi riskienhallinnan, niin myös vastuunäkökulmista. Rakentamisen aikana dokumentoidaan olosuhteet, mille uudelleenkäytettävät rakennustuotteet altistuvat. Rakentamisen yhteydessä myös tarkastetaan, että uudelleenkäytettävät rakennustuotteet vastaavat aiemman dokumentaation mukaista tietoa. Tyypillisiä poikkeamia voivat olla puuttuvat merkinnät, virheelliset tiedot (osa ei vastaa dokumentoitua tietoa) sekä kuljetuksen ja varastoinnin aikana tapahtuneet vauriot.

Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen tietoja on tarpeellista täydentää ja päivittää rakennuksen käyttövaiheessa, kun uudelleenkäytettäville rakennustuotteille tehdään mahdollisia kunnostus-, korjaus- ja seurantatoimenpiteitä. Seuranta voi liittyä esimerkiksi jäljellä olevaan käyttöikään sekä terveellisyyteen ja turvallisuuteen. (Taulukko 18.)

8.6 Dokumentoinnin tarkkuus

Rakennustuotteiden ominaisuuksien hajonta on voinut olla aiemmin selvästi nykyistä tehdastuotantoa suurempaa. Silloin kun ominaisuuksia selvitetään otantaluonteisesti (jokaista uudelleenkäytettävää rakennusosaa tai -tuotetta ei tarkasteta erikseen jokaisen ominaisuuden osalta), on oleellista tunnistaa mitausepävarmuuden vaikutus tuloksiin. Onkin siis tärkeää säilyttää ja esittää kattavasti kaikki ominaisuuksien selvittämisen tiedot. Erilaisista mittaustuloksista on suositeltavaa esittää myös kootusti ainakin otanta, edustavuus, vaihteluväli ja keskihajonta.

Kun edellä esitetty dokumentaatio on laadittu huolellisesti ja täydentyvänä, on rakennustuotteiden uudelleenkäytölle, rakennuksen käytölle, huollolle, tuleville korjauksille ja muutoksille sekä rakennuksen elinkaaren jälkeiselle seuraavalle uudelleenkäytölle ja muulle kiertotaloudessa hyödyntämiselle luotu hyvät lähtökohdat.

9

Kelpoisuuden ja soveltuvuuden esittäminen rakentamislupaprosessissa

Tässä oppaassa on esitetty betonisten ontelolaattojen, betonielementti-palkkien ja -pilarien, liimapuupalkkien ja -pilarien sekä poltettujen savitiilien ja kalkkihiekkatiilien osalta sellaiset selvitykset ja niiden sisällöt, joiden avulla tuotteiden kelpoisuutta ja soveltuvuutta voidaan arvioida, selvittää, testata ja todentaa tapauskohtaisesti uudelleenkäytössä talonrakennushankkeessa.

Kun kyseessä olevien uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuus ja soveltuvuus on selvitetty tarve- ja kohdekohtaisesti oppaan ohjeiden mukaisesti, on viranomaisen helpompi arvioida sitä, täyttääkö uudelleenkäytettävä rakennustuote sitä koskevat olennaiset vaatimukset ja kohdekohtaisen soveltuvuuden rakennushankkeessa.

Kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvitysten dokumentaation tulee sisältää:

- tuotteen olennaisten ominaisuuksien arvioinnin, tutkimisen ja testaamisen tulokset, esimerkiksi koneluettava tuotekortti, tuotetieto, ja johtopäätökset sisältäen epävarmuustekijät sekä yhteenvedon uudelleenkäytön näkökulmasta
- rakenne- ja muiden suunnittelijoiden suunnitelmat ja / tai arviot, joista käy ilmi uudelleenkäytettävän rakennustuotteen soveltuvuus käyttökohteeseen.

Dokumentaatio on yhteenveto kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvityksen tuloksista ja se on asiantuntijalausunto. Lausunnon tekee yleensä kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämisen koordinoinnista vastaava asiantuntija. Lain mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvä on vastuussa rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittamisesta.

SYMBOLIT

DnTw	äänitasoeroluku. Mittaluku, joka kuvaa huone-tilojen välistä ilmaääneneristystä
μ	vesihöyryn diffuusiovastuskertoimen taulukkoarvo
λ	lambda, lämmönjohtavuus
Ia	ilmaääneneristysindeksi, ei enää käytössä
Ii	askeläänitasoindeksi, ei enää käytössä
KFI	standardin SFS EN 1990 mukainen kuormakerroin
L'n,w	askeläänitasoluku, ei enää käytössä
L'nT,w + C50-2500	askeläänitasoluku. Mittaluku, joka kuvaa huonetilojen välistä askelääneneristävyttä
Rw	ilmaääneneristysluku kuvaa rakennusosien ääneneristävyttä, ei enää käytössä
R'w	ilmaääneneristysluku kuvaa kahden tilan välistä ilmaääneneristävyttä valmiissa rakennuksessa, ei enää käytössä
fb	normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo
fum	puristuslujuuden keskiarvo
P0, P1, P2, P3	rakennusten paloluokat
A1-F	palokäyttäytymislakat
s1, s2, s3	palokäyttäytymislakien lisäluokat, savun tuoton luokat
d0, d1, d2	palokäyttäytymislakien lisäluokat, palavan pisaroinnin luokat

Määritelmät ja lyhenteet

FTIR Fouriermuunnos-infrapunaspektroskopia

Haitta-aine Tässä haitta-aineella tarkoitetaan rakennusmateriaalissa olevaa kemiallista yhdistettä tai kuitumaista silikaattimineraalia, jolle altistuminen voi aiheuttaa terveyshaittaa ja/tai se voi olla ympäristölle haitallinen (RT 103500, 2022; RT 103501, 2022).

Homehtumisherkkyyssluokka HHL Homehtumisherkkyyssluokka kuvaa materiaalin mikrobivaurioherkkyyttä, katso Mikrobivaurioherkkyys. Lisätietoa eri materiaalien homehtumisherkkyyssluokista (<https://research.tuni.fi/rakennusfysiikka/suomalainen-homemalli/>)

Hyötykuorma viittaa rakenteeseen kohdistuviin tilapäisiin tai vaihteleviin kuormiin, joita aiheutuu rakennuksen normaalista käytöstä. Nämä kuormat ovat usein ihmisten, kalusteiden tai esineiden aiheuttamia, ja ne ovat merkittävä tekijä rakenteiden suunnittelussa.

Kilopondi (kp) Voiman yksikkö vanhassa käytöstä poistetussa teknisessä mittajärjestelmässä. 1 kp = 9,80665 N.

Kloorianisolit Yhdisteryhmä, joka aiheuttaa rakennuksissa ns. mummonmökin hajua ja viineissä korkkivian. Rakennuksissa kloorianisoleja syntyy puunsuoja-aineena käytettyjen kloorifenolien hajoamisessa.

Koestuslaitos Koestuspaikka, jossa uudelleenkäytettävän rakennusosan testaukseen tai koestamiseen on tarvittava laitteisto ja jossa testaus tai koestaminen voidaan tehdä testausmenetelmän tai koejärjestelyn edellyttämien vaatimusten mukaan.

Kokonaisstabiliteetti Rakennuksen vaaka- ja pystykuormitusten aiheuttamien rasitusten analyysi eri kuormitustilanteissa.

Kuormitustaso Rakenteeseen kohdistuvien erilaisten kuormien aiheuttama maksimirasitustaso rakenteessa.

Kuormitusnormi Rakennetekniikassa viittaa säädöksiin ja ohjeisiin, jotka määrittävät rakenteiden suunnittelussa ja mitoituksessa käytettävät kuormitusarvot sekä tarjoavat standardoidut perustiedot siitä, miten erilaiset kuormat on otettava huomioon rakenteiden suunnittelussa tietyinä ajankohtana.

Käyttöikä ja pitkäaikaiskestävyys Käyttöiällä tarkoitetaan tässä oppaassa uudelleenkäytettävän rakennusosan uudessa käyttökohteessa jäljellä olevaa suunnittelua eli tavoitekäyttöikää. Vaurioitumisen näkökulmasta käyttöikää kuvaa pitkäaikaiskestävyys. Uudelleenkäytettävän rakennusosan käyttöiän määrittää suunnittelija, joka ottaa huomioon rakennusosan sekä uuden käyttökohteen tiedot kokonaisuutena.

Lumikuorma Rakennesuunnittelussa lumikuorma viittaa lumipeitteen painon aiheuttamaan kuormitukseen, joka vaikuttaa rakennuksen rakenteisiin, erityisesti kattorakenteisiin. Lumikuorma ilmoitetaan neliökuormana vaakasuoralle pinnalle.

Lämmönjohtavuus Lämmönjohtavuus kuvaa materiaalin kykyä johtaa lämpöä. Lämmönjohtavuuden λ yksikkö on W/m²K.

Mikrobianalyysi Näytteestä tehtävä laboratoriotutkimus, jolla määritetään tutkittavasta näytteestä eri mikrobiryhmien pitoisuuksia. Asumisterveys tutkimuksissa käytettyjä mikrobianalyysimenetelmiä ovat esimerkiksi laimennossarjaviljely, suoraviljely ja kvantitatiivinen polymeerasiketjureaktio (qPCR).

Mikrobivaurioherkkyys *Materiaalin* mikrobivaurioherkkyys on ominaisuus, joka kuvaa materiaalin kykyä toimia mikrobien kasvualustana. Materiaalin herkkyyttä lisäävät mm. materiaalissa olevat, helposti mikrobien käytettävissä olevat ravinteet, huokoinen/karkea pintarakenne ja mikrobikasvua inhiboivien (estävien) tekijöiden puuttuminen. Herkkyyttä vähentävät mm. ravinteiden puuttuminen, pinnan sileys ja esimerkiksi hyvin korkea tai matala pH tai biosidiset suoja-aineet. *Rakenneseosan* mikrobivaurioherkkyys on rakenteen ominaisuus, johon vaikuttavat materiaalien mikrobivaurioherkkyiden lisäksi myös rakenteen kosteustekninen toimivuus, lämpötila, rakenteeseen kohdistuvan kosteusrasituksen määrä, sekä materiaalien puhtaus ja mm. hapensaanti materiaalien rajapinnoilla. Katso myös *Homehtumisherkkyyden luokka (HHL)*.

Muotokerroin Rakennuksen geometriaan liittyvään kerroin, jota käytetään erityisesti arvioitaessa rakenteeseen kohdistuvia kuormituksia, kuten tuulikuormia tai lumikuormia.

Ominaislämpökapasiteetti ja rakenteen lämpökapasiteetti Kappaleen massan kykyä sitoa ja luovuttaa lämpöä kutsutaan lämpökapasiteetiksi. Lämpökapasiteetti on riippuvainen paineesta ja lämpötilasta. Lämpötilaa nostettaessa materiaalin ominaislämpökapasiteetti kuvaa, kuinka paljon lämpöenergiaa materiaaliin sitoutuu lämpötilaeroa ja massaa kohden. Materiaalin ominaislämpökapasiteetista käytetään termiä c [$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$]. Rakenteen lämpökapasiteetti lasketaan ominaislämpökapasiteetin ja massan tulona: $C=cm$

Osavarmuusmenetelmä rakennetekniikassa käytetty suunnittelumenetelmä, jossa rakenteiden turvallisuutta ja kestävyyttä arvioidaan käyttämällä erilaisia osavarmuuslukuja. Tämä menetelmä on osa rajatilamitoitusta, ja sen tavoitteena on varmistaa, että rakennus tai rakenne täyttää kaikki turvallisuutta ja kestävyyttä koskevat vaatimukset.

PAH Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (polycyclic aromatic hydrocarbons)

PCB Polyklooratut bifenyylit (polychlorinated biphenyls)

POP Pysyvät orgaaniset yhdisteet (persistent organic pollutants)

Purkukartoitus Purkukartoituksen tavoitteena on suorittaa ja dokumentoida materiaalivirtojen määrällinen ja laadullinen arviointi ennen rakennuksen tai rakenteen purkamista tai korjausta. Vaarallisten ja vaarattomien jätteiden sekä uudelleenkäytettävien materiaalien ja rakennusosien inventoimisen lisäksi purkukartoitus voi sisältää esimerkiksi suosituksia näiden materiaalien ja osien käsittelystä.

Purkutyöselostus Rakennuksen tai rakennelman purkamista selittävä työselostus, joka kuvaa kohteen purettavat rakenteet sekä määrittää purkutavat ja jonka pohjalta työ voidaan kilpailuttaa ja tehdä turvallisesti.

Purkupiirustus Purkupiirustuksella tarkoitetaan piirustusmuotoista suunnitelmaa, joka koskee purettavaa rakennusta tai rakennelmaa ja määrittelee. Purkupiirustukset voidaan määritellä kahteen kategoriaan: purkupiirustukset purkuluvan hakemiseen ja purkupiirustukset purun toteutukseen.

Rajatilamitoitusmenetelmä Moderni rakennetekniikassa käytetty suunnittelumenetelmä, joka arvioi rakenteiden kestävyyttä ja turvallisuutta ottamalla huomioon eri raja- tai kuormitustilanteet, joita rakenne voi kohdata elinkaarensa aikana. Rajatilamitoitusmenetelmä mahdollistaa rakenteellisen turvallisuuden ja käyttökelpoisuuden arvioinnin kattavammin kuin perinteinen sallittujen jännitysten menetelmä, ja se on nykyisin standardi monissa rakennusalan suunnittelukäytännöissä.

Rakennesuunnittelun alustava riskiarvio Prosessi, jossa tunnistetaan, arvioidaan ja dokumentoidaan mahdolliset riskit, jotka voivat vaikuttaa rakenteellisen suunnittelun ja rakennusprojektin toteutukseen. Tämä vaihe tehdään yleensä projektin alkuvaiheessa, ja sen tarkoituksena on varmistaa, että kaikki potentiaaliset ongelmat huomioidaan, jotta suunnitelmiin voidaan tehdä tarvittavat muutokset ennen varsinaista rakennusvaihetta.

Rakennuksen elinkaaren vaiheet Rakennus käy läpi eri vaiheita suunnittelusta purkuun asti. Nämä vaiheet muodostavat kokonaisuuden, jota tarkastellaan kestävä kehityksen ja taloudellisuuden näkökulmasta.

Rakennustuote Rakennuksen pysyvä osana käytettävä tuote, jonka suoritustaso vaikuttaa rakennuskohteen suoritustasoon rakennuskohteen olennaisten vaatimusten osalta

Rakennusosa Rakennuksen aineellinen osa, jota voidaan pitää käsitteellisesti itsenäisenä. Rakennusosat voivat muodostua valmisosista tai useista eri rakennustuotteista.

Rakennustuotteen kelpoisuus Rakennuksen osaksi tarkoitetun rakennustuotteen on oltava turvallinen ja terveellinen sekä ominaisuuksiltaan sellainen, että rakennuskohde asianmukaisesti suunniteltuna ja rakennettuna täyttää rakentamislaisissa säädetyt olennaiset tekniset vaatimukset tavanomaisella tavalla kunnossapidettynä taloudellisesti perustellun käyttöiän ajan. Uudelleenkäytettävien tuotteiden kelpoisuus osoitetaan rakennuspaikkakohtaisesti. (Rakentamislaki 751/2023; Ympäristöministeriö 2022.)

Rakennustuotteen ominaisuustieto Rakennustuotteen yksilöityä ominaisuutta kuvaava tieto, esimerkiksi betonin puristuslujuus.

Rakennusosan ja -tuotteen soveltuvuus Rakennusosa ja -tuote on soveltuva käyttökohteeseen tai -tarkoitukseen silloin, kun se täyttää rakennuskohteen suunnitelmanmukaisuuden.

REI Kantavien ja osastoivien rakennusosien luokitus palonkeston perusteella. Rakennusosiin kohdistuvia vaatimuksia kuvataan merkinnöillä: R=kantavuus, E=tiiviyys ja I=eristävyys.

Reikävaraus Tarkoittaa rakenteeseen tai rakennusosaan tehtyä aukkoa tai varausta, joka on suunniteltu esimerkiksi talotekniikkaläpivientieä varten.

Sallittujen jännitysten menetelmä on aiemmin käytetty suunnittelumenetelmä, jossa rakenteiden mitoitus perustuu materiaalien kestäkyvyn varmistamiseen tietyillä turvamarginaaleilla, jotka määrittellään rajaamalla materiaalien kestävyysluokien lukuarvot todellisista kestävyystä pienemmäksi. Jokaisen rakenteellisen osan on kestävä suunnitellut kuormat ilman, että jännitykset ylittävät sallitun rajan.

SCCP Lyhytketjuiset klooratut parafiinit (short-chain chlorinated paraffins)

Seuraamusluokka Vaurion seuraamusten vakavuuden perusteella standardissa SFS EN 1990 on määriteltä kolme eri seuraamusluokkaa. Määrittelee KFI-kertoimen suuruusluokan.

Stabiliteetti Viittaa rakenteen tai rakennuselementin kykyyn säilyttää muotonsa ja kantokykynsä ilman epätoivottuja muodonmuutoksia tai sortumaa ulkoisten kuormitusten, kuten tuulen, painon tai maan liikkeen, vaikutuksesta. Se tarkoittaa rakenteen kykyä vastustaa epävakautta, kuten taipumista, kaatumista tai luhistumista, ja ylläpitää tasapainoa koko käyttöikänsä ajan.

SVHC Erityistä huolta aiheuttavat aineet (substances of very high concern)

Tuotekortti Laatimishetken kooste keskeisistä rakennustuotteen ominaisuustiedoista.

Tuulikuorma Viittaa voimiin ja paineisiin, joita tuuli aiheuttaa rakennuksen tai rakenteen eri osiin.

Uudelleenkäyttö Rakennustuotteen käyttäminen uudelleen eri käyttökohteessa samankaltaisessa tarkoituksessa kuin mihin se on alun perin suunniteltu.

Luovuttajarakennus Rakennus, jonka rakennustuotteita suunnitellaan uudelleenkäytettävän tai uudelleenkäytetään.

Uudelleenkäyttökohde Rakennus, johon uudelleenkäytettävä rakennustuote asennetaan uudelleen käyttöön.

Uudelleenkäyttöselvitys Kokonaisuus, joka sisältää uudelleenkäyttökartoituksen, tutkimussuunnitelman sekä tutkimusten tekemisen sekä niiden raportoinnin

Uudelleenkäyttökartoitus Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden ominaisuuksien selvittämisen ensimmäinen vaihe, missä kootaan lähtötiedot ja selvitetään mitä potentiaalisesti uudelleenkäytettäviä rakennustuotteita purettavassa rakennuksessa on. Uudelleenkäyttökartoitus voidaan tehdä purkukartoituksen yhteydessä.

Vesihöyrynvastus ja vesihöyrynläpäisevyys sekä kapillaarisuus Vesihöyrynvastus Z_p ($\text{m}^2\text{sPa/kg}$) kuvaa vesihöyryn virtausta vastustavaa ominaisuutta. Vesihöyrynläpäisevyys δ_p (kg/msPa) on aineen ominaisuus päästää lävitseen vesihöyryä. Kapillaarisuus kertoo, miten neste nousee materiaalin huokosissa (kapillaarihuokosissa) nesteen kapillaarivoiman vaikutuksesta. Puu, tiili ja betoni ovat kapillaarisia materiaaleja.

VOC Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (volatile organic compounds)

Lähteet

- 477/2014 Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2014/477> .
- 545/2015 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2015/545> .
- 555/2013 Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2013/555> .
- 592/1991 Säteilylaki. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/1991/592> .
- 646/2011 Jätelaki. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2011/646> .
- 751/2023 Rakentamislaki. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2023/751> . 763/1994 Terveysturvallisuuslaki. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/1994/763> .
- 796/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2017/796> .
- 798/2015 Valtioneuvoston asetus asbestityön turvallisuudesta. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2015/798> .
- 848/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2017/848> .
- 859/2018 Säteilylaki. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2018/859> .
- 927/2020 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2020/927> .
- 954/2012 Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2012/954> .
- 978/2021 Valtioneuvoston asetus jätteistä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2021/978> .
- 1044/2018 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2018/1044> .
- Acharya, P. (tulossa). Reuse Potential of Building Materials and Components. Aalto-yliopisto.
- Al-Neshawy, F., Ahmed, H. Puttonen, J. 2021. Defining concrete compressive strength by combining the results of different NDT methods. Insinööritieteiden korkeakoulu. Rakennustekniikan laitos. Aalto-yliopisto. Aalto University publication series SCIENCE + TECHNOLOGY, 3/2021. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-64-0372-4> .

- ASTM D905-49. Method of test for strength properties in shear by compression loading. 2021.
- ASTM D1101-59. Standard Test Methods for Integrity of Adhesive Joints in Structural Laminated Wood Products for Exterior Use. 1997.
- Betonisanasto. Ei pvm. Betoniyhdistys, viitattu 26.2.2025. <https://www.betonitieto.fi/kirjasto-ja-sanasto/betonisanasto> .
- Brick Development Association. 2023. Clay brick. End of lifecycle. General guide. Brick Development Association of UK. Saatavissa: <https://www.brick.org.uk/guides> .
- Brick Industry Association. 2006. Manufacturing of bricks. Technical notes on brick construction. Saatavissa: <https://www.gobrick.com/media/file/9-manufacturing-of-brick.pdf> [ladattu 4.1.2024].
- British Standards Institution. BS 1204:1964. Specification for synthetic resin adhesives gap filling (phenolic & aminoplastic) for constructional work in wood. British Standard.
- Coelho, A., Pimentel R., Ungureanu V., Hradil P., Kesti J. 2020. European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings. ECCS – European Convention for Constructional Steelwork, ISBN 978-92-9147-170-6. Saatavissa: <https://www.steelconstruct.com/eu-projects/progress/design-guide/> .
- De Schutter, G. 2012. Damage to Concrete Structures (1st ed.). CRC Press. ISBN 9780429213106. <https://doi.org/10.1201/b12914> .
- Devènes, J., Bastien-Masse, M., Fivet, C. 2024. Reusability assessment of reinforced concrete components prior to deconstruction from obsolete buildings. Journal of Building Engineering, Vol 84;2024,108584. ISSN 2352-7102. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.108584> .
- EAD 170005-00-0305 Re-cycled clay masonry units.
- ECHA. 2017. Esineissä olevien aineiden vaatimuksia koskevat ohjeet (Versio 4.0), ECHA-17-G-19-FI, doi: 10.2823/222223.
- Eklund, S., Mentu, S. 2004. Tiilen historiaa Suomessa. Museovirasto. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <http://www.nba.fi/tiili/index.htm> [ladattu 11.9.2023].
- EN 206 Concrete – Specification, performance, production and conformity
- SFS-EN 301. Adhesives, phenolic and aminoplastic, for load-bearing timber structures. Classification and performance requirements.
- EN 386 Glued laminated timber. Performance requirements and minimum production requirements.
- EN 392 Glued laminated timber. Shear test of glue lines.
- EN 408 Timber structures – Structural timber and glued laminated timber – Determination of some physical and mechanical properties.
- EN 771-1 Specification for masonry units – Part 1: Clay masonry units.
- EN 771-2 Specification for masonry units – Part 2: Calcium silicate masonry units.
- EN 772-13 Methods of test for masonry units – Part 13: Determination of net and gross dry density of masonry units (except for natural stone).
- EN 772-18 Methods of test for masonry units – Part 18: Determination of freeze-thaw resistance of calcium silicate masonry units.
- EN 772-21 Methods of test for masonry units – Part 21: Determination of water absorption of clay and calcium silicate masonry units by cold water absorption.

- EN 1168 Precast concrete products – Hollow core slabs.
- EN 1745 Masonry and masonry products – Methods for determining thermal properties.
- EN 1990 Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet.
- EN 1992-1-1 Eurocode 2. Design of concrete structures – Part 1–1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures.
- EN 1995-1-1 Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1-1: General. Common rules and rules for buildings.
- EN 12390-4 Testing hardened concrete. Part 4: Compressive strength. Specification for testing machines
- EN 13369 Betonivalmisosien yleiset säännöt.
- EN 13791 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components.
- EN 14080 Timber structures – Glued laminated timber and glued solid timber – Requirements.
- EN 14358 Timber structures. Calculation and verification of characteristic values.
- EN 15228 Structural timber. Structural timber preservative treated against biological attack.
- EN ISO 16283-1 Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation.
- EN ISO 16283-2 Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation.
- EN 13501-1 Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using data from reaction to fire tests.
- EU N:o 2019/1021. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/1021, pysyvistä orgaanisista yhdisteistä (POP-asetus). Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32019R1021> .
- EU Komission asetus 2023/1464. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1907/2006 liitteen XVII muuttamisesta formaldehydin ja formaldehydiä vapauttavien aineiden osalta. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1464> .
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus. (EU) 2024/3110. Regulation (EU) 2024/3110 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 laying down harmonised rules for the marketing of construction products and repealing Regulation (EU) No 305/2011. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng> .
- EY N:o 2019/1021. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, kemikaalien rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelyistä ja rajoituksista (REACH-asetus). Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32006R1907> .
- Haara, T. 2018. Betonitekniikan oppikirja 2018. fin. Kuudes päivitetty painos. Oppikirjat, 201. Helsinki: BY-Koulutus Oy.
- Halonen, P. 2022. Rakennusosien ja -materiaalien uudelleenkäyttö – tapaustutkimus Helsingin Käpylässä. Diplomityö. Arkkitehdin tutkinto-ohjelma. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampereen yliopisto. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tu-ni-202208196553> .
- Hao, R. (tulossa). Literature Review on Condition Assessment of Reusable Structural Materials and Components. Insinööritieteiden korkeakoulu. Aalto-yliopisto.

- Heinz, D. and Ludwig, U. 1987. Mechanism of secondary ettringite formation in mortars and concretes subjected to heat treatment. American Concrete Institute, ACI SP-100, 2059-2071. DOI: 10.14359/3827.
- Hietanen, T. 2009. Betoniteräkset – A500HW:lle vaihtoehtoinen hitsattava harjateräslautu. Betonikeskus ry. Tiedote 18.5.2009.
- Hosseini, M. (tulossa). Remaining service life prediction of deconstructed components, Reuse of Building Materials and Components. Insinööritieteiden korkeakoulu. Aalto-yliopisto.
- Huttunen E. (toim.). 2021. Kiertotalous rakennetussa ympäristössä. Ympäristöministeriö.
- Huuhka S., & Kolkwitz M. Stocks and flows of buildings: Analysis of existing, demolished, and constructed buildings in Tampere, Finland, 2000–2018. J Ind Ecol. 2021; 25: 948–960. <https://doi.org/10.1111/jiec.13107>.
- Huuhka, S., Köliö, A., Annala, P., Poti, A. 2018. Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. Muuttuva rakennettu ympäristö; Nro 4, Rakennetekniikka. Tutkimusraportti Nro 165. Tampere: Tampere University of Technology. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-4075-2>.
- Huuhka, S., & Lahdensivu, J. (2014). Statistical and geographical study on demolished buildings. Building Research & Information, 44(1), 73–96. <https://doi.org/10.1080/09613218.2014.980101>.
- Ilveskoski, O. 2012. Johdatus betonirakenteiden suunnitteluun eurokoodin SFS-EN 1992-1-1 ja 2 mukaan. Hämeen ammattikorkeakoulu. HAMKin e-julkaisuja. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-585-4>.
- ISO 15686-2:2012. Buildings and constructed assets-Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures.
- Isokääntä, P., Rautiala, S. Lappalainen, S. 2023. Sisäilmastaselvitys ja olosuhdearviointi. Ohje työpaikkojen sisäilmastaselvityksiä ja olosuhdearviointeja tekeville. Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-391-037-9>.
- Juntunen, M., Salmela, A., Jalkanen, K., Hovi, H., Wallenius, K., ja Hyvärinen, A. 2022. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet asunnoissa: Pitoisuustasot, yleisimmät yhdisteet ja terveysvaikutukset. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-343-809-5>.
- Järvelä, H., 2021. Kierrätetty kerrostalo – Purettavan rakennuskannan resurssit osana uudisrakentamista. Diplomityö. Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu. Aalto-yliopisto. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-2021123011011>.
- Kurvinen, A., Saari, A., Heljo, J., Nippala, E. 2021. Modeling Building Stock Development. Sustainability. 2021; 13(2):723. <https://doi.org/10.3390/su13020723>.
- Martin, J. 2016. Kiinteistöjen kehittäminen – Prosessit ja tutkimukset. Ylempi AMK-opin näytetyö. Turun ammattikorkeakoulu, rakentamisen koulutusohjelma. Saatavissa: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto.
- NS 3682:2022 Hollow core slabs for reuse. Standards Norway 2024.
- Lahdensivu, J., Huuhka S., Annala P., Pikkuvirta J., Köliö A., Pakkala T. 2015. Betonielementtien uudelleenkäyttömahdollisuudet. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-3461-4>.
- Leonhardt, F. 1977. Crack Control in Concrete Structures. IABSE Surveys S-4/1977. ISSN: 0377-7251.

- Lehtonen, K. 2019. Purkutyöt – opas tekijöille ja teettäjille. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:29. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-036-1> .
- Liimapuukäsikirja. 2014. Liimapuukäsikirja osat 1–3. ISBN 978-952-99868-4-2 (koko teos, PDF). Saatavissa: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/liimapuukasikirja/> .
- Lindberg, R. 1994. Runkorakenteiden korjaus- ja muutostyöt. Julkaisussa Rakennusten korjaustekniikka ja talous. Toim. J.-A. Kaivonen. Rakennustieto Oy.
- Ottosen, L., Kunther, W., Ingeman-Nielsen, T., Karatosun, S. 2024. Non-Destructive Testing for Documenting Properties of Structural Concrete for Reuse in New Buildings: A Review. Materials 2024, 17, 3814. <https://doi.org/10.3390/ma17153814> .
- Pitkäranta, M. (toim.). 2016. Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Ympäristöopas 2016. Ympäristöministeriö 28.9.2016. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75517> .
- Punkki, J. & Al-Neshawy, F. 2017. Robust Air – Tutkimus betonin ilmamäärän kohoamiseen vaikuttavista tekijöistä. Betoni, vol. 2017, no. 3, pp. 74-79. https://betoni.com/wp-content/uploads/2017/10/BET1703_74-79.pdf .
- Pyy, V. ja Lyly, O. 1998. PCB elementtitalojen saumaussmassoissa ja pihojen maaperässä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja. 10/98. Saatavissa: DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13828947> .
- Ranttila, H. 2024. Technical requirements for assessment and certification of existing timber structures for reuse in construction. Diplomityö. Insinööritieteiden korkeakoulu. Aalto-yliopisto. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202406164391> .
- Puuinfo Oy. 2020. Liimapuu. Verkkosivusto. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/liimapuu-glt/> [ladattu 2.5.2024].
- Rakhshan, K., Morel, J-C., Alaka, H., Charef, R. 2020. Components reuse in the building sector – A systematic review. Waste Management & Research. 2020;38(4):347-370. Saatavissa: <https://doi.org/10.1177/0734242X20910463>
- Rakennusinsinööriliitto ry. 1955. Rakenteiden kuormitusmääräykset.
- Recreate –hanke. Saatavissa: <https://recreate-project.eu/> .
- RIL 46 1965. Betoninormit. Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 63 1969, 1970, 1973, 1977. Puurakenteiden normit. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 120 1978, 1983, 1986, 1991, 2001, 2004. Puurakenteiden suunnitteluohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 201-4-2017. Rakenteiden vaurionsietokyvyn varmistaminen onnettomuustilanteessa. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 206-2010 Muurattujen rakenteiden suunnitteluohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 216-2013. Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 244-2007. Puurakenteiden jäykistykseen ja halkeilun hallinta. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 277-2024. Puukerrostalon Elinkaarisuunnittelu. RIL ry.
- RT 103500. 2022. Haitalliset aineet rakentamisessa. Tilaajan ohje. Rakennustieto Oy.

- RT 103501. 2022. Haitalliset aineet rakennuksissa. Tutkijan ohje. Rakennustieto Oy.
- RTY. Top ten. 2023. Rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittaminen. Tunniste 150 f 01. Muutos B. Vahvistuspäivämäärä 4.12.2023. Saatavissa: <https://toptenrava.fi/tulkin-takortti/rakennustuotteiden-kelpoisuuden-osoittaminen-b/> .
- Romakkaniemi, P. 2023. Condition Assessment of Reusable Structural Materials and Components. Diplomityö. Insinööritieteiden korkeakoulu. Aalto-yliopisto. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202401282032> .
- Rose, C.M., Stegemann, J. 2019. Characterising existing buildings as material banks (E-BAMB) to enable component reuse. Proc. Inst. Civ. Eng.—Eng. Sustain. 172, 129–140. DOI: 10.1680/jensu.17.00074.
- Räsänen, A. 2022. Tiilien uudelleenkäytettävyyden arviointi. Diplomityö. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampereen yliopisto. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/137022> .
- Räsänen, A., Huuhka, S., Pakkala, T. & Lahdensivu, J. 2022. Methods for evaluating the technical performance of reclaimed bricks. Tampere University Faculty of Built Environment. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01504> .
- Räsänen, A., Lahdensivu, J., Gudmundsson, K., Dervishaj, A., Westerlind, H., Lambrechts, T., Vullings, M., Arnold, V. & Huuhka, S. 2024. Properties and quality of precast concrete elements deconstructed in ReCreates pilots. The ReCreate project. Saatavissa: Properties and quality of precast concrete elements deconstructed in ReCreate's pilots. DOI: 10.5281/zenodo.13828948.
- Räsänen, A. 2024. Haastattelu. UURAKET-hankkeen excursio Tampereen yliopiston tiili-laboratorioon ja Aapo Räsänen haastattelu 19.4.2024.
- SBK-Säätiö. 1979. BES-järjestelmän rakenteita koskeva suositus 1979. Suomen betonteollisuuden keskusjärjestö. Saatavissa: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/> .
- SKB-Säätiö. 2009. Tehdään elementeistä – suomalaisen betonielementtirakentamisen historiaa. Betonitieto Oy. ISBN 978-952-92-5772-0. Saatavissa: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/> .
- SFS 1300 Betoniteräket – Hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen vähimmäisvaatimukset
- SFS 3974. Kyllästetty puutavara. Laatuvaatimukset.
- SFS 7001 Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. 2.painos. Vahvistettu 9.12.2013. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- SFS 7022:20204. Betoni. Standardin EN 206 käyttö Suomessa.
- SFS 7508:2024. Betonin puristuslujuuden arviointi rakenteista ja rakenneosista. Standardin SFS-EN 13791 käyttö Suomessa.
- SFS-EN 1990:2023:en. Eurocode. Basis of structural and geotechnical design. Saatavissa: <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/> .
- SFS-EN 1990 + A1 + AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Saatavissa: <https://www.eurocodes.fi/betonirakenteet/> .
- SFS-EN 1992-1-2 + AC. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1–2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus. Saatavissa: <https://www.eurocodes.fi/betonirakenteet/> .

- SFS-EN 772-22:2018, Methods of test for masonry units. Part 22: Determination of freeze/thaw resistance of clay masonry units. Vahvistettu 21.12.2018. Suomen Standardisointiliitto SFS ry.
- Silvennoinen, K., Koskinen, P., Pyy, H., Piepponen S. 1995. Development of methods for assessing the frost resistance of clay bricks. VTT Research Notes 1624. Espoo
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2019. By42 Betonijulkisivun kuntotutkimus 2019. Suomen Betonitieto Oy.
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2021a. By65 Betoninormit 2021. BY-Koulutus Oy.
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2021b. By75 Muurattujen ja rapattujen julkisivujen kuntotutkimus 2021. BY-Koulutus Oy.
- Suomen Betoniyhdistys ry. 2024. By68 Betonin valinta ja käyttöikäsuunnittelu – opas suunnittelijoille 2024. Suomen betoniyhdistys ry. BY-Koulutus Oy.
- Säteilyturvakeskus. 2022. STUK S/6/2022. Säteilyturvakeskuksen määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta. Saatavilla: <https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-s-6-2022>
- Teräsrakenneyhdistys r.y. 2023. Teräsrakenteiden uudelleenkäyttö. Tekniset julkaisut 3-2023. ISBN: 952-9683-49-9. Saatavilla: www.terasrakenneyhdistys.fi.
- Tiili-info. Ei pvm. Tiiliteollisuusliitto Ry. Viitattu 25.3.2025, <https://tiili-info.fi>.
- Tilastokeskus. Jätetilasto / 12qw – Jätteiden synty toimialoittain, 2017–2022. [Viitattu 9.10.2024].
- Tilastokeskus. Rakennukset ja mökit-tilasto. [Tulostettu 9.10.2024].
- Tilastokeskus. 2023. Puretut rakennukset 2010–2023. [Tulostettu 19.2.2025]
- Turtiainen, T. 2025. Sähköpostiviestit Tuukka Turtiainen – Arto Toorikka 29.1.–27.2.2025.
- Turtiainen, T., Kojo, K., Laine, J.-P., Holmgren, O., Kurtio, P., Joenvuori-Arsto, J. 2024. Rakennusmateriaalien lähettämän gammasäteilyn aiheuttamat annokset työpaikkarakennuksissa. Säteilyturvakeskuksen julkaisu STUK-B 332. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-309-614-1>.
- United Nations Environment Programme (2022). 2022. Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zeroemission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi. Saatavissa: <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction>.
- Yahmi A., Nouri M., Tahlaoui M., Khelidj A., Raffin C., Place N., 2023. Mind-Mapping Assessment of Reuse Potential of Glulam: An Experimental Study. Buildings 2023, 13, 2929. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/buildings13122929>.
- Ympäristöministeriö. 2001. Suomen rakentamismääräyskokoelma B10 Puurakenteet.
- Ympäristöministeriö. 2003. Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Ympäristöopas 39. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Uusittu painos 2003. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10138/40357>.
- Ympäristöministeriö. 2019. Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:22 Ympäristöministeriö. 2022. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161761>.
- Ympäristöministeriön tiedote 21.6.2022 – Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on Suomessa mahdollista rakennuspaikkakohtaista varmentamista käyttäen. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/rakennustuotteiden-uudelleen kaytto-on-suomessa-mahdollista-rakennuspaikkakohtaista-varmentamista-kayttaen>.

- Ympäristöministeriö. 2023. POP-jätteen tunnistusopas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2023:1. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-215-0> .
- Ympäristöministeriö. 2024a. Julkaisematon lausunto; VN_34649_2023-YM-2 Lausunto-kokonaisena irrotettujen rakennusosien uudelleenkäytöstä ja jätteeksi luokittelemisesta. 15.3.2024.
- Ympäristöministeriö. 2024b. POP-jätteen käsittelyopas. Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:24. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-191-7> .
- Valtioneuvoston kirjelmä YM/2024/24. Valtioneuvoston yleisistunto 2.5.2024. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/paatokset/paatos?decisionId=1316> .
- Valvira. 2019. Asumisterveysasetuksen soveltamisohje. Saatavissa: Asumisterveys | Valvira
- Viitanen, H. 2014. 100 year's service life of wood in service class 1 and 2 – dry and moderately humid condition. 36s. VTT-R-04689-14. Saatavissa: <https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2014/VTT-R-04689-14.pdf> .
- Venho, T. Asuinkerrostalon betonielementtisuunnittelu uudelleenkäyttö huomioiden. Diplomityö. Rakennetun ympäristön tiedekunta. Tampereen yliopisto. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/149592>
- Vullings M.W.F., Huuhka, S., Wijte S.N.M., Lambrechts, T., Houtman, J., Landman, M., Salmio, E., Räsänen, A. et al. 2024. Best practice guidelines and recommendations for reuse-optimised deconstruction. The ReCreate project. DOI 10.5281/zenodo.13828737.
- Wahlström, M., Hradil, P., Teittinen, T. ja Lehtonen, K. 2019. Purkukartoitus – opas laatijalle. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:30. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-037-8> .
- Wallenius, K., Hovi, H., Mahiout, S., Remes, J., Rautiala, S., Jokela, P., Leino, K., Liukkonen, T. 2021. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet toimistotyyppisissä työympäristöissä: Päästölähteet, mittausmenetelmät, pitoisuustasot ja terveysvaikutukset. Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:9789522619570> .
- Wallenius, K., Korkalainen, M., Porras, S. 1, Hovi, H., Holma, S., Ahtinen, S., Koponen, J. Huttunen, K. ja Rantakokko, P. 2023. Sisäympäristöissä esiintyvät puolihihtuvat orgaaniset yhdisteet (SVOC): Väestön altistuminen ja terveysriskit. Työterveyslaitos. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-391-114-7> .
- Weber Saint-Gobain. 2019. Kahi-synttärisarja OSA 1 Kahin historiaa: kalkkiahiekkatiilistä yhä suurempiin harkkoihin. Verkkoartikkeli. Saatavissa: <https://www.fi.weber/kiikalan-kahi-50-vuotta/kahin-historiaa-kalkkiahiekkatiilista-ya-suurempiin-harkkoihin> [ladattu 11.9.2023].
- Zhu Y. & Tähtinen K. 2022. Rakennusosien uudelleenkäytön edellytykset Suomessa. Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan artikkelisarja 20/2022. Saatavissa: Rakennusosien uudelleenkäytön edellytykset Suomessa. Saatavissa: <https://tietokayttoon.fi/julkaisu?pubid=41601>
- Zhu, Y. Lonka, H. Tähtinen K., Anttonen M., Isokääntä P., Knuutila, A., Lahdensivu J., Mahiout S., Mäntylä, A-M., Raimovaara M., Rantio T., Santonen T., Teittinen T. 2022. Purkumateriaalien kelpoisuus eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisuuden näkökulmasta. Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:15. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-253-4>

Liitteet

Liite 1

Esimerkkejä tuotekortista, joka laaditaan oppaassa esitettyjen ohjeiden mukaisesti rakennustuotekohtaisesti (katso tuotekortin laatimisen perusteet oppaan luvusta 7 Rakennustuotekohtaisten ominaisuuksien esittäminen ja tuotekortti.)

Esim. 1: Uudelleenkäytettävien betonisten pilari- ja palkkielementtien tuotekortin aihio

RAKENNUSPAIKKAKOHTAINEN KELPOISUUS – TUOTEKORTTI
Tuotteen tyyppi: Betoninen pilarielementti / Betoninen palkkielementti Tuotteen valmistaja:
Alkuperäinen käyttökohde/käyttötarkoitus, paikkakunta ja ajanjakso:
Arviointiperusteet:
Olennaiset ominaisuudet ja niiden suoritustasot: • Betonin puristuslujuus • Betoni- ja jänneterästen vetolujuus • Kuormituskestävyys • Palonkestävyys • Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet • Detaljitiedot • Pitkäaikaiskestävyys • Poikkeamat
Soveltuvat uudelleenkäyttökohteet/käyttötarkoitukset:
Muut oleelliset huomiot tai tiedot:
Liitteet:
Dokumentin laatija: • Nimi • Koulutus • Pätevyydet • Yritys • Paikka ja aika • Allekirjoitus

Esim. 2: Uudelleenkäytettävien betonisten ontelolaattojen tuotekortin aihio

RAKENNUSPAIKKAKOHTAINEN KELPOISUUS – TUOTEKORTTI	
Tuotteen tyyppi: Betoninen ontelolaattaelementti Tuotteen valmistaja:	
Alkuperäinen käyttökohde/käyttötarkoitus, paikkakunta ja ajanjakso:	
Arviointiperusteet:	
Olennaiset ominaisuudet ja niiden suoritustasot: • Betonin puristuslujuus • Jänneterästen vetolujuus • Kuormituskestävyys • Palonkestävyys • Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet • säteilyaltistus • Ilmaääneneristävyys ja askelääneneristävyys • Detaljitiedot • Pitkäaikaiskestävyys • Poikkeamat	
Soveltuvat uudelleenkäyttökohteet/käyttötarkoitukset:	
Muut oleelliset huomiot tai tiedot:	
Liitteet:	
Dokumentin laatija: • Nimi • Koulutus • Pätevyydet • Yritys • Paikka ja aika • Allekirjoitus	

Esim. 3: Uudelleenkäytettävien liimapuupilarien ja -palkkien tuotekortin aihio

RAKENNUSPAIKKAKOHTAINEN KELPOISUUS – TUOTEKORTTI
Tuotteen tyyppi: Liimapuupilari / Liimapuupalkki Tuotteen valmistaja:
Alkuperäinen käyttökohde/käyttötarkoitus, paikkakunta ja ajanjakso:
Arviointiperusteet:
Olennaiset ominaisuudet ja niiden suoritustasot: • Taipuma • Kuormituskestävyys • Liimauslujuus • Palokäyttäytyminen • Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet • Detaljitiedot • Pitkäaikaiskestävyys • Poikkeamat
Soveltuvat uudelleenkäyttökohteet/käyttötarkoitukset:
Muut oleelliset huomiot tai tiedot:
Liitteet:
Dokumentin laatija: • Nimi • Koulutus • Pätevyyydet • Yritys • Paikka ja aika • Allekirjoitus

Esim. 4: Uudelleenkäytettävien poltettujen savitiilien ja kalkkiehkekatiilien tuotekortin aihio

RAKENNUSPAIKKAKOHTAINEN KELPOISUUS – TUOTEKORTTI
Tuotteen tyyppi: Poltetut savitiilet / Kalkkiehkekatiilet Tuotteen valmistaja:
Alkuperäinen käyttökohde/käyttötarkoitus, paikkakunta ja ajanjakso:
Arviointiperusteet:
Olennaiset ominaisuudet ja niiden suoritustasot: • Puristuslujuus • Bruttokuivatiheys • Vedenimukyky • Vesihöyrynläpäisevyys • Jäätymis-sulamiskestävyys • Palokäyttäytyminen • Vaaralliset ja haitalliset aineet sekä epäpuhtaudet • Säteilyaltistus • Detaljitiedot • Poikkeamat
Soveltuvat uudelleenkäyttökohteet/käyttötarkoitukset:
Muut oleelliset huomiot tai tiedot:
Liitteet:
Dokumentin laatija: • Nimi • Koulutus • Pätevyydet • Yritys • Paikka ja aika • Allekirjoitus