

Jere Näräkkä

# HAITTA-AINEITA SISÄLTÄVIEN KIVIAINEISTEN RAKENNUSOSIEN UUDELLEENKÄYTTÖ

Diplomityö  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Tarkastaja: Yliopistonlehtori Toni Pakkala  
Tarkastaja: Väitöskirjatutkija Aapo Räsänen  
Joulukuu 2025

# TIIVISTELMÄ

Jere Näräkkä: Haitta-aineita sisältävien kiviaineisten rakennusosien uudelleenkäyttö  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto ohjelma  
Joulukuu 2025

---

Suomessa ja EU-alueella on tavoitteena siirtyä nykyisestä lineaarisesta talousmallista kiertotalousmalliin, missä olemassa olevan materiaalin ja energian tulisi pysyä kierrossa mahdollisimman pitkään. Kiertotaloutta pidetään yhtenä tärkeimmistä keinoista ilmaston muutoksen ja luonnonvarojen ylikulutuksen hillitsemisessä. Rakennusosien uudelleenkäyttö on noussut yhdeksi keskeiseksi aiheeksi rakennusalan kiertotaloussiirtymässä. Rakennusosien uudelleenkäyttö mahdollistaa niiden valmistukseen ja jalostukseen käytetyn energian säästämisen sekä luonnonvarojen tehokkaamman käytön hyödyntämällä rakennusosien koko teknisen käyttöiän tehokkaammin. Käytössä olleet rakennusosat sisältävät usein erilaisia ihmisille haitallisia aineita. Haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäytöstä ei ole kuitenkaan saatavilla juurikaan aiempaa tutkimustietoa. Erityisesti käytännön kokemukset haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäytöstä puuttuivat käytännössä kokonaan.

Tässä diplomityössä tarkasteltiin haitta-aineita sisältävien kiviaineisten rakennusosien uudelleenkäytön teoreettista viitekehystä sekä sen käytännön soveltuvuutta case-tutkimuksen avulla. Tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäytön edellytyksiä ja vaatimuksia ja lisätä ymmärrystä siitä, miten haitta-aineet vaikuttavat rakennusosien uudelleenkäytön mahdollisuuksiin. Tutkimus perustui laajaan kirjallisuuskatsaukseen, joka käsitteli rakennusosien uudelleenkäytön nykytilaa, uudelleenkäyttöprosessia sekä rakennusosan haitta-aineita ja niiden tutkimuksia. Tutkimuksen keskiössä oli rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaali sekä erilaisten haitta-aineiden vaikutusten ja rajoitteiden tarkastelu potentiaaliin eri viitekehyksissä. Haitta-aineiden vaikutuksia ja niiden asettamia rajoitteita uudelleenkäytölle tarkasteltiin systemaattisesti eri uudelleenkäyttöpotentiaaliin vaikuttavissa viitekehyksissä. Tutkimuksessa tarkasteltiin uudelleenkäyttöpotentiaalia poliittisessa ja lainsäädännöllisessä, teknisessä, taloudellisessa, sosiaalisessa sekä ympäristön viitekehyksessä. Työn yhteydessä kehitettiin yksinkertainen uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmä, joka mahdollisti haitta-aineiden vaikutusten systemaattisen arvioinnin uudelleenkäyttöpotentiaaliin viitekehyskohtaisesti.

Tutkimuksen havainnot ja haitta-aineiden vaikutuksista ja uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmää sovellettiin käytännössä case-tutkimuksessa. Case-kohteena toimi purettava entinen konepajarakennus, jonka rakenteet olivat laajasti öljyhiilivedyillä saastuneita. Purkuhanke ja purettavan rakennuksen paikalle toteutettava uudisrakennus toteutettiin kiertotalouden pilottihankkeena, mikä tarjosi erinomaiset puitteet haitta-aineita sisältävien kiviaineisten rakennusosien uudelleenkäytön tutkimiseen.

Tutkimuksen teoreettisen osan havainnot ja case-kohteen kokemukset osoittivat, että haitta-aineet eivät muodosta ehdotonta estettä rakennusosien uudelleenkäytölle, mutta ne asettavat merkittäviä rajoitteita erityisesti sisäilmakontaktissa olevien osien osalta. Uudelleenkäyttö on mahdollista, kun käyttökohde valitaan huolellisesti ja riskit tunnistetaan ja hallitaan. Case-kohteen graniittikiviä ja puhtaita punatiiliä voitiin käyttää uudelleen ulkotiloissa, mutta puhtaita betonirakenteita ei kyetty uudelleenkäyttämään ehjinä, vaan ne jouduttiin hyödyntämään murskeena.

Tutkimuksen aikana törmättiin laajasti puutteisiin tutkimustiedossa sekä käytännön toimintamalleissa. Rakennusosien uudelleenkäyttö on kokonaisuutena vielä kehitysasteella, ja tutkimustiedossa, lainsäädännössä ja ohjeistuksissa on runsaasti täydennettävää. Erityisesti haitta-aineiden vaikutusten ja riskienhallinnan sekä uudelleenkäytettävien osien tuotekelpoisuuden osoittamisen todettiin kaipaavan vielä runsaasti täydentävää tutkimustietoa sekä tarkennuksia toimintamalleihin, jotta rakennusosien uudelleenkäyttö ja kiertotaloussiirtymä tehostuisivat.

Avainsanat: kiertotalous, uudelleenkäyttö, uudelleenkäyttöpotentiaali, haitta-aineet, tiilirakenteet, betonirakenteet

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

# ABSTRACT

Jere Näräkkä: Reuse of mineral-based building components containing hazardous substances

Master of Science Thesis

Tampere University

Master's Degree Programme in Civil Engineering

February 2025

---

In Finland and across the EU, the goal is to transition from the current linear economic model to a circular economy model, where existing materials and energy should remain in circulation for as long as possible. Circular economy is considered one of the most important means of mitigating climate change and curbing the overconsumption of natural resources. The reuse of building components has emerged as a key topic in the construction sector's circular economy transition. Reusing building components enables the conservation of energy invested in their production and processing, as well as more efficient use of natural resources by maximizing the technical service life of components. However, building components in use often contain various substances that are harmful to human health. There has been very little prior research on the reuse of building components containing hazardous substances, and practical experience in this area is virtually non-existent.

This thesis examined the theoretical framework for reusing mineral-based building components containing hazardous substances and assessed its practical applicability through a case study. The aim was to explore the prerequisites and requirements for reuse and to enhance understanding of how hazardous substances affect the feasibility of reuse. The study was based on an extensive literature review addressing the current state of reuse, the reuse process, and hazardous substances in building components and their investigation. The core focus was on reuse potential and the impact of hazardous substances on that potential within different frameworks. These impacts and constraints were systematically analyzed within different frameworks influencing reuse potential: political and regulatory, technical, economic, social, and environmental. A simplified method for determining reuse potential was developed, enabling systematic assessment of hazardous substances' effects within each framework.

The findings and the proposed method were applied in practice through a case study of a dismantled former machine shop building, whose structures were extensively contaminated with petroleum hydrocarbons. The demolition and subsequent new construction were implemented as a circular economy pilot project, providing an excellent setting for studying the reuse of mineral-based components containing hazardous substances.

The theoretical insights and case study results demonstrated that hazardous substances do not constitute an absolute barrier to reuse, but they impose significant restrictions, particularly for components in contact with indoor air. Reuse is feasible when applications are carefully selected and risks are identified and managed. Granite stones and clean bricks from the case building were successfully reused outdoors, while uncontaminated concrete structures could not be reused intact and were instead crushed for aggregate.

The study revealed substantial gaps in research and practical frameworks. Overall, the reuse of building components remains in a developmental phase, with legislation, guidelines, and knowledge requiring significant refinement. In particular, the assessment of hazardous substances, risk management, and verification of product compliance were identified as areas needing further research and clearer operational models to accelerate reuse and the circular economy transition.

Keywords: circular economy, reuse, reuse potential, hazardous substances, brick structures, concrete structures

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

# TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
- Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmanprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

Tekoälysovellusten nimet ja versiot:

- Microsoft 365 Copilot - GPT-5

Käyttötarkoitus:

- Tiedonhaun apuväline – lähdemateriaalien tiivistelmien laadinta lähteiden relevanssin arvioimiseksi
- Kielentarkastuksen apuväline – vaikeiden lauserakenteiden parantaminen sekä tiivistelmän käännöksen tarkastus

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty:

- Tiedonhaku ja kirjallisuuskatsaus – lähdemateriaalien valikoinnin apuvälineenä tekoälyn avulla lähdemateriaalista laadittiin tiivistelmiä ja oleellisia teemoja materiaalin relevanssin ja käyttökelpoisuuden arvioimiseksi
- Kielentarkastus – työn loppuvaiheessa kielentarkastuksen apuvälineenä tekoälyä hyödynnettiin vaikeaselkoisten lauseiden parantamisessa sekä tiivistelmän käännöksen tarkastuksessa

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

## ALKUSANAT

Maailma muuttuu ja rakennusala sen mukana. Murrosvaihe siirtymisessä nykyisestä talousmallista kiertotalouteen on käynnistymässä, ja sen osana rakennusosien uudelleenkäyttö on ottamassa ensimmäisiä askeliaan laajemmassa mittakaavassa. Tämä diplomityö oli aihepiirin osalta itselleni askel tuntemattomaan. Tutkimuksen aikana pääsin kuitenkin perehtymään ja oppimaan uudesta kiinnostavasta aiheesta sekä kantamaan oman korteni kehittyvään rakennusteollisuuden alaan, joka osaltaan mahdollistaa kestävä kehitystä ja siirtymää kohti kestävämpää huomista.

Tämän diplomityön ovat mahdollistaneet OP Kiinteistösijoitus ja DUCO Rakennuttaja Oy, jotka tarjosivat mielenkiintoisen tutkimuskohteen lisäksi apua ja tukea työn toteutukseen. Haluan kiittää työn mahdollistanutta ja rakennusosien uudelleenkäyttöä määrätietoisesti pilotoivaa Kari Kangasmaata sekä työnantajaani Petri Ortjua mahdollisuudesta työn toteuttamiselle muiden tehtävien ohessa. Lisäksi haluan kiittää case-kohteen rakennusosien uudelleenkäytön selvitystyöhön osallistuneita asiantuntijoita, joiden aineisto mahdollisti tämän tutkimuksen tapaustutkimuksen. Työ on toteutettu OP kiinteistösijoituksen rahoituksella.

Erittäin suuri kiitos kuuluu myös diplomityöni ohjanneille yliopistonlehtori Toni Pakkalalle ja väitöskirjatutkija Aapeli Räsäselle, joiden ohjaus, rakentava palaute, sparraus ja todellinen kiinnostus työn sisältöä kohtaan olivat ehdottoman tärkeitä työn toteutukselle.

Lopuksi haluan vielä kiittää lähipiiriä, ystäviä ja työyhteisöä kaikesta tuesta, avusta ja patistelusta niin diplomityön kuin opintojenkin aikana. Ilman teitä valmistumiseeni olisi ehkä kulunut vielä toinenkin vuosikymmen.

Nokialla, 4.12.2025

Jere Näräkkä

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Tutkimuksen tausta.....	1
1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset.....	3
1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn toteutus .....	5
2. RAKENNUSOSIEN UUELLEENKÄYTTÖ OSA-NA KIERTOTALOUTTA.....	7
2.1 Uudelleenkäyttöpotentiaali.....	11
2.2 Sääntely .....	14
2.2.1 Tuotekelpoisuus.....	15
2.2.2 Jätelaki .....	17
2.2.3 MARA-asetus.....	18
2.2.4 Jätteeksi luokittelun päättäminen ja End-of-Waste .....	18
2.3 Rakennusosien uudelleenkäytön ja kiertotalouden nykytila ja tavoitteet	
20	
2.4 Vastuukysymykset ja riskienhallinta .....	21
3. RAKENNUSOSAN UUELLEENKÄYTTÖ KIERTOTALOUSPROSESSINA .....	24
3.1 Purkukartoitus.....	28
3.2 Uudelleenkäyttöselvitys .....	30
3.3 Tuotekelpoisuuden osoitusprosessi .....	31
4. HAITTA-AINEET RAKENNUSTEOLLISUUDEN KIERTOTALOUDESSA.....	35
4.1 Uudelleenkäytettävän kiviaineisen rakennusosan tutkittavat haitta-aineet	
sekä raja-arvot.....	38
4.2 Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimukset sekä niiden	
kohdentaminen .....	42
4.3 Haitta-ainelöydösten riskienhallinta.....	47
5. UUELLEENKÄYTTÖPOTENTIAALIN JA HAITTA-AINEIDEN VAIKUTUSTEN	
ARVIOINTIMENETELMÄ.....	50
5.1 Poliittiset ja lainsäädännölliset rajoitteet.....	52
5.2 Tekniset rajoitteet .....	53
5.3 Taloudelliset rajoitteet.....	55
5.4 Sosiaaliset rajoitteet.....	56
5.5 Ympäristön rajoitteet.....	58
5.6 Uudelleenkäyttöpotentiaalın arviointimenetelmä .....	58
6. CASE-KOHDE .....	63
6.1 Kohteen esittely ja rakenteet.....	64
6.2 Case-kohteen kiertotaloustavoitteet.....	66
6.3 Kohteen kiertotalousprosessi ja uudelleenkäyttöselvitys .....	68

6.4	Uudelleenkäyttökartoitus ja alustavat uudelleenkäyttöpotentiaalin arviot	70
6.5	Case-kohteen uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimukset.....	72
6.5.1	Haitta-ainetutkimukset ennen purku- ja uudelleenkäyttöhanketta	73
6.5.2	Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimukset.....	75
6.6	Uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointi.....	82
6.6.1	Poliittiset ja lainsäädännölliset tekijät .....	83
6.6.2	Tekniset tekijät.....	84
6.6.3	Taloudelliset tekijät .....	85
6.6.4	Sosiaaliset tekijät .....	87
6.6.5	Ympäristötekijät .....	88
6.6.6	Uudelleenkäyttöpotentiaalitarkastelun tulokset.....	89
6.7	Case-kohteen kiviaineisten rakennusosien kiertotalouden toteuma ja riskien hallinta	92
6.7.1	Poltetut tiilet .....	93
6.7.2	Betonirakenteet.....	94
6.7.3	Luonnonkivirakenteet.....	96
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	98
8.	POHDINTA .....	103
	LÄHTEET .....	106
	LIITE A: HAITTA-AINEIDEN RAJA-ARVOTAULUKKO .....	113

## TERMIT JA LYHENTEET

BTEX	Bentseenin, toluenin, etyylibentseenin ja ksyleenin muodostama haihtuvien orgaanisten yhdisteiden ryhmä
CE-merkintä	Conformité Européenne. Merkinnällä tuotteen valmistaja vakuttaa tuotteen täyttävän EU-lainsäädännön vaatimukset.
EEJ-asetus	Ei enää jätettä-asetus mahdollistaa materiaalin jätestatuksen purkamisen, minkä jälkeen sitä voidaan käyttää normaalin materiaalilainsäädännön mukaisesti.
EoW	End-of-Waste, katso EEJ-asetus
EU	Euroopan unioni
Haitta-aine	Aine, joka on sitoutunut rakenteeseen sen tekovaiheessa tai rakennuksen käytön yhteydessä ja jonka on todettu olevan ihmiselle haitallista.
Jäte	Asia tai esine, joka on poistettu tai poistettava käytöstä
Kiertotalous	Materiaalivirtojen kierto, missä kiertoon pyritään lisäämään mahdollisimman vähän neitseellisiä materiaaleja ja kierrosta poistamaan mahdollisimman vähän jätettä.
Luovuttajarakenus	Purettava rakennus, josta irrotetaan osia uudelleenkäyttöön
PAH-yhdisteet	Polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen aineryhmä
PCB-yhdisteet	Polykloorattujen bifenyylin aineryhmä
pilaantunut rakenne	Haitta-aineita sisältävä rakennusosa.
Tuotekelpoisuus	Rakennustuotteelta vaadittu osoitus, sille että tuote täyttää tuotetyypille asetetut viranomaisvaatimukset.
Uudelleenkäyttö	Osa käytetään uudelleen rakennustuotteena alkuperäisessä tai sitä vastaavassa käyttötarkoituksessa
Uudelleenkäyttöpotentiaali	Kuvaa materiaalin ja tai rakennusosan uudelleenkäytön mahdollisuuksia, rajoitteita sekä kannattavuutta. Mitä korkeampi potentiaali on, sitä vaikuttavampaa sen uudelleenkäyttö on.
Uusiokäyttö	Jätteen käsittelyn muoto, missä jätteestä valmistetaan uusi osa

# 1. JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Rakentamisen kiertotalous on yhtenä tärkeänä osana mahdollistamassa koko yhteiskunnan siirtymää kohti kestävämpää tulevaisuutta. Kiertotaloudella rakentamisen viitekehysessä tarkoitetaan tuotannon ja kulutuksen kokonaismallia, missä materiaalit ja hyödykkeet hyödynnetään mahdollisimman pitkälle. Käytännössä kiertotalouden tavoitteena on ylläpitää materiaalien mahdollisimman tehokasta kiertoa siten, että kiertoon tarvitsee tuoda mahdollisimman vähän neitseellisiä raaka-aineita ja että kierron hyödyntämiskelvottoman jäännösjätteen määrä olisi mahdollisimman pientä. Materiaalien kiertoa ylläpidetään kestäväällä suunnittelulla, korjaamalla, kierrättämällä sekä uusiokäytöllä. (Valtioneuvosto, 2021)

Rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyvä kiertotalous on parhaillaan murrosvaiheessa, missä kiertotalouden toimintakulttuuria pyritään tuomaan osaksi rakennusteollisuuden käytäntöjä. Tällä hetkellä tavoitteena on luoda edellytyksiä ja sovellettavia käytäntöjä rakennusmateriaalien uudelleenkäytölle. Korkealla kiertotalousasteella pystytään vähentämään merkittävästi rakennusteollisuuden aiheuttamaa luonnonvarojen kuormitusta sekä saavuttamaan mahdollisesti taloudellista hyötyä tulevaisuudessa rakennusosien uudelleenkäytön sekä materiaalikierätyksen kehittyessä ja tehostuessa. (Rakennuslehti, 2025)

Kiertotalouden mukaisen materiaalkierron kehittymisen kannalta on tärkeää tunnistaa rakennusosista ne taloudelliset, ympäristölliset ja yhteiskunnalliset arvotekijät, jotka kannustavat rakennusosien uudelleenkäyttöön sekä tunnistaa uudelleenkäyttöä rajoittavat tekijät. Yhdistämällä uudelleenkäyttöä edistävät ja rajoittavat tekijät sekä rakennusosan tekninen uudelleenkäyttöarviointi saadaan muodostettua kattava uudelleenkäyttöpotentiaalinen arvio, jota voidaan hyödyntää kiertotalousprosessissa. (Rakennuslehti, 2025; Rakennustietosäätiö RTS, 2025 a)

Materiaalien uudelleenkäyttöä rakennustuotteina hankaloittaa normaalin ikääntymisen, kuluman, laatupuuteiden ja rapautuman lisäksi rakenteiden ehjänä irrottamisen haasteet sekä rakenteista löytyvät haitta-aineet. Haitta-aineet voivat olla kulkeutuneet rakennusosaan sen valmistusvaiheessa tai käytön aikana. Historiassa rakennusteollisuus-

dessa on käytetty runsaasti nykyään ihmiselle haitallisiksi luokiteltuja aineita, kuten asbestia, PCB- ja PAH-yhdisteitä sekä raskasmetalleja. Lisäksi haitta-aineita on voinut kulkeutua rakenteisiin myös rakennuksen käytön aikana esimerkiksi kemikaalivuotojen ja uudelleenimeytymisen kautta. (Zhu et al. 2022)

Korjaus- ja purkurakentamisen kiertotalouden ympärillä on runsaasti käynnissä olevaa tutkimus- ja kehitystyötä tutkimuslaitosten, yliopistojen sekä rakennusalan järjestöjen sekä yritysten toimesta. Tutkimushankkeiden keskeisinä rahoittajina toimii muun muassa EU:n eri rahoituskanavat sekä ympäristöministeriö. Lisäksi rahoittajina toimii myös rakennusalan järjestöt sekä yritykset. Keskeisiä tähän tutkimukseen liittyviä valmistuneita ja käynnissä olevia tutkimus- ja kehityshankkeita ovat mm:

- Rakennustietosäätiö RTS sr:n vuonna 2025 johtama Uuraket-hanke, jossa koottiin laajasti tietoa rakennusosien ja -tuotteiden suoritusasoista ja haitta-aineista, uudelleenkäyttöprosessin vaiheita ja toimenpiteistä sekä laatia uudelleenkäytön toimintamali.
- Ympäristöministeriön vuonna 2022 valmistuneessa Purater-projektissa selvitettiin purkumateriaalien kelpoisuutta eri käyttökohteisiin turvallisuuden ja terveellisyyden näkökulmasta.
- Ympäristöministeriö sopi yhdessä Kiinteistönomistajat ja rakennuttajat Rakli ry:n kanssa vuonna 2020 vuoden 2025 loppuun voimassa olevan kestävän purkamisen green deal-sopimuksen, jonka peruseriaatteena on purkurakentamisen materiaalivirtojen ohjaaminen tehokkaammin uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen.
- EU-rahoitteinen Tampereen yliopiston koordinoima ReCreate tutkimushanke, jonka tavoitteena on tutkia ehjänä irrotettavien betonielementtien uudelleenkäyttöä.

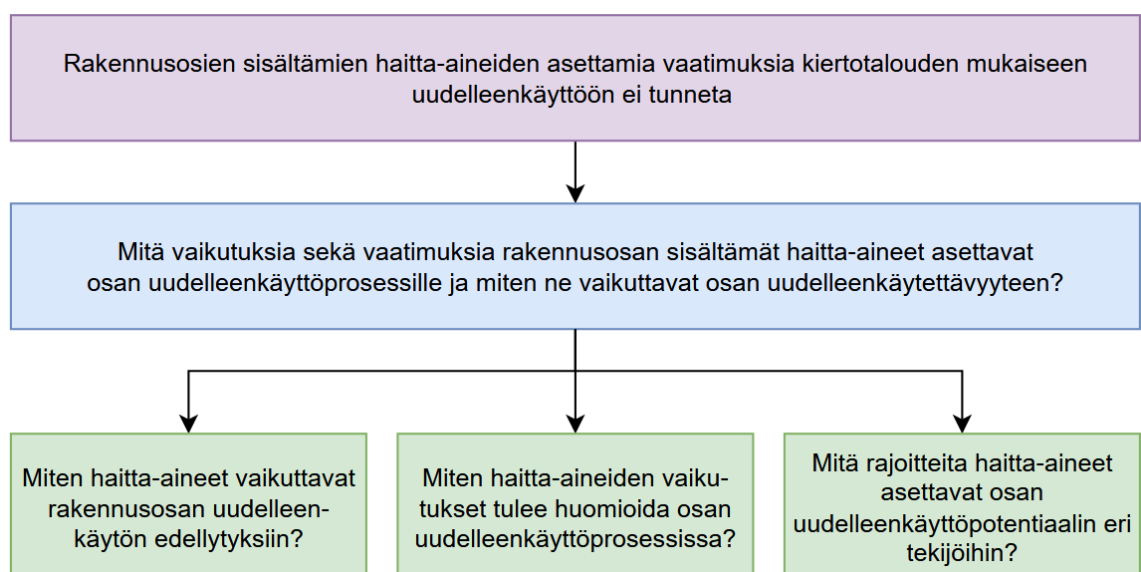
Käytettävissä olevassa tutkimustiedossa on keskitytty pääasiassa haitta-ainesta puhtaiden rakennusosien kiertotalouteen ja haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäyttöön liittyvässä tutkimustiedossa on vielä runsaasti aukkoja. Suomessa on kuitenkin runsaasti haitta-aineita sisältäviä rakennuksia, jotka ovat elinkaarensa päässä. Näistä rakennuksista syntyy merkittäviä määriä purkuaineista, jonka uudelleenkäyttö on nykymääräyksillä ja -käytännöillä haastavaa. Näiden osien kiertotalouden tehostaminen voi tuoda merkittäviä säästöjä luonnonvarojen kulutuksessa ja päästöissä – ja tulevaisuudessa mahdollisesti myös kustannuksissa.

## 1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tutkimusongelmaksi määritettiin se, että rakennusosien sisältämien haitta-aineiden vaikutuksia niiden kiertotalouden mukaiseen uudelleenkäyttöön ei tunneta. Rakennusalan kiertotaloussiirtymä on tutkimuksen tekoaikaan vasta alkuvaiheessa, ja rakennusosien uudelleenkäyttö on toistaiseksi ollut yksittäisiä pilottikohteita lukuun ottamatta hyvin vähäistä. Rakennusosien uudelleenkäytön edellytyksistä ja erityisesti haitta-aineiden vaikutuksista on toistaiseksi hyvin vähän tutkimustietoa.

Tämän diplomityön tavoitteena on lisätä tutkimustietoa haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäytöstä Suomessa. Tutkimuksessa tarkastellaan rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyvää kiertotalousprosessia sekä haitta-aineiden vaikutusta siihen. Kiertotalousprosessin tarkastelussa keskitytään rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaalini selvittämiseksi tehtäviin tutkimuksiin sekä itse uudelleenkäyttöpotentiaaliin, sen määrittämistä sekä haitta-aineiden vaikutusta siihen. Tutkimuksessa tarkastellaan erityisesti kiviaineisten rakennusosien uudelleenkäyttöön vaikuttavia tekijöitä.

Tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi tutkimusongelma jäsenneltiin tutkimuskysymyksiksi. Tutkimuksen ydinkysymyksenä oli tutkia mitä vaikutuksia sekä vaatimuksia rakennusosan sisältämät haitta-aineet asettavat osan uudelleenkäyttöprosessille sekä miten ne vaikuttavat osan uudelleenkäytettävyyteen. Tutkimuskysymys jakaantui alakysymyksiin, jotka käsittelevät haitta-aineiden vaikutuksia uudelleenkäytön edellytyksiin, kuten sääntelyyn ja tuotekelpoisuuteen, kiertotalousprosessiin sekä niiden vaikutusta uudelleenkäyttöpotentiaaliin. Tutkimusongelma ja -kysymysten jäsentely on esitetty kuvassa 1.



**Kuva 1.** Tutkimusongelma ja tutkimuskysymysten jäsentely.

Alakysymysten tarkastelussa keskeiseen rooliin nostettiin eri viitekehyksiin liittyvät haitta-aineiden uudelleenkäytölle asettamat rajoitteet. Osan viitekehyskohtaiset ominaisuudet jakautuvat kiertotaloutta edistäviin positiivisiin vaikutuksiin sekä erilaisiin rajoitteisiin, jotka osaltaan rajaavat ja ohjaavat tarkasteltavan rakennusosan kiertotalousprosessia ja uudelleenkäytettävyyttä. Yleisesti tunnistettuja rajoitteita ovat muun muassa: (Huuhka et al., 2023; Rakhshan et al., 2020; Guldager et al. 2019 s 215–217; Nordby, 2019; Pomponi & Moncaster, 2017)

- Poliittiset ja lainsäädännölliset rajoitteet: Viranomaissäädökset ohjaavat kohti tehokkaampaa kiertotaloutta, mutta samalla ne asettavat tiukkoja ehtoja materiaalien uudelleenkäytölle rakennusteollisuudessa. Tuotekelpoisuuden osoittamisen haasteet uudelleenkäytettäville rakennusosille rajaa käyttömahdollisuuksia.
- Tekniset rajoitteet: Haitta-aineiden levinneisyyden sekä pitoisuuksien määrittely luotettavalla tarkkuudella on usein työlästä. Uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotekelpoisuuden osoittamiseen sekä suoritustasovaatimuksiin liittyy epäselvyyksiä.
- Taloudelliset rajoitteet: Uudelleenkäyttöön tähtäävät irrotustekniikat ovat usein merkittävästi kalliimpia ja hitaampia, kuin vallitsevat purkumenetelmät. Kiertotaloudelta puuttuu oma markkinaekosysteemi, joka vaikeuttaa taloudellisen hyödyn hankintaa. Toiselle osapuolelle luovutettavien uudelleenkäyttö kelpoisuuden taloudelliset riskit.
- Sosiaaliset rajoitteet: Rakennusosien uudelleenkäytöstä syntyvä mielikuva vaikuttaa oleellisesti uudelleenkäytön mahdollisuuksiin. Uudelleenkäyttö voidaan nähdä arvokkaana ympäristöä ja rakennushistoriaa vaalivana toimintana tai sen voidaan nähdä rakentamisen laadun polkemisena käytettäessä vanhoja osia uusien tilalla.
- Ympäristörajoitteet: Saastuneiden rakennusosien ympäristö- ja terveysriskit sekä niiden hallinta.

Tutkimuksen tarkempi uudelleenkäyttöpotentiaalin tarkastelu rajattiin käsittelemään pääasiassa kiviaineisia rakennusosia ja tarkemmin betonia, luonnonkiveä sekä poltettuja tiiliä. Tutkimuksen rajaus näihin materiaaleihin on perusteltua, sillä betoni on määrällisesti suurin yksittäinen materiaali purkamisessa ja sen valmistaminen on hyvin energiaintensiivistä. Lisäksi luonnonkivi sekä tiilirakenteet ovat muihin kiviaineisiin rakennusosiin nähden helpommin uudelleenkäytettävissä ja niiden uudelleenkäytöstä on olemassa jonkin verran etenkin kansainvälistä tutkimustietoa. Lisäksi Kiviaineisten rakennusosien käyttöiät ovat pitkiä, minkä vuoksi niiden uudelleenkäyttöpotentiaali on usein korkea.

Tässä tutkimuksessa ei käsitellä mikrobiperäisiä ihmiselle haitallisia aineita, mutta tutkimuksen havainnot ja tulokset ovat yleisellä tasolla sovellettavissa myös mikrobiperäisiin haitta-aineisiin.

### 1.3 Tutkimusmenetelmät ja työn toteutus

Keskeisen tutkimuskysymyksen vastaamiseksi työssä toteutettiin kartoittava kirjallisuuskatsaus saatavilla olevaa tutkimustietoa, määräyksiä ja asetuksia ja rakennusalan järjestöjen ohjeita hyödyntäen. Kirjallisuuskatsauksen tekoon valittiin kartoittava menetelmä, sillä se soveltuu erityisen hyvin tutkimukseen, minkä aihepiiristä ei ole käytettävissä laajaa tutkimusaineistoa ja se soveltuu aineistojen tietoaukkojen analysointiin (Salminen 2023). Kartoittava katsaus mahdollisti eri aineistojen ja aineistotyyppien laajan käytön sekä aineistojen tarkastelun iteratiivisen edistämisen (Salminen 2023). Kartoittava katsauksen avulla kyettiin selvittämään lähdeaineistojen keskeisiä käsitteitä sekä määritelmiä tietoaukkojen analysointiin perustuen (Salminen 2023). Kartoittavaan kirjallisuuskatsauksen valintaan päädyttiin tutkimussuunnitelman laadinnan yhteydessä, kun havaittiin, että rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyvä aineisto on sirpaleista ja aineistotyypeiltään hyvin vaihtelevaa. Erityisesti haitta-aineita sisältävien rakennusosien suoraan uudelleenkäyttöön liittyvää lähtöaineistoa oli hyvin rajallisesti saatavilla.

Kirjallisuuslähteiden perusteella ja niitä yhdistelemällä ja soveltamalla selvitettiin tutkimuskysymykseen vaikuttavia tekijöitä. Lähdeaineistojen perusteella koottiin teoreettinen viitekehys rakennusosan uudelleenkäytöstä sekä haitta-aineiden vaikutuksista siihen. Aineisto jäsenneltiin tutkimuskysymysten mukaisesti omiksi luvuikseen. Luvussa 5 aineiston perusteella koottiin haitta-aineiden aiheuttamia rajoitteita uudelleenkäyttöpotentiaaliin. Kirjallisuuslähteiden analyysissä ja teoreettisen viitekehysten laadinnassa hyödynnettiin tutkijan tulkintoja ja päätelmiä aineistojen ristiriitojen ja tietoaukkojen täydentämisessä.

Teoreettisen viitekehysten perusteella tutkimuksessa kehitettiin menetelmä, jonka avulla voidaan arvioida haitta-aineiden vaikutusta rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaaliin. Arviointimenetelmällä ei ole tavoitteena määrittää kaikkia osan uudelleenkäyttöpotentiaaliin liittyviä tekijöitä, vaan arvioida pelkkää haitta-aineiden vaikutusta. Potentiaalinen kokonaisuuteen vaikuttaa huomattava määrä tekijöitä, joiden tarkastelu ylittää tämän tutkimuksen laajuuden. Arviointimenetelmän avulla osan uudelleenkäyttöpotentiaalia ja haitta-aineiden aiheuttamia rajoitteita potentiaaliin voidaan tarkastella ja arvioida eri viitekehyksissä. Yhdistämällä eri viitekehysten arviot voidaan menetelmän avulla uudelleenkäyttöpotentiaalia tarkastella osakohtaisena kokonaisuutena, jota voidaan hyödyn-

tää kiertotalouden tehokkaammassa edistämässä ja päätöksenteon apuvälineenä. Kehitetyn arviointimenetelmän tavoitteena on täydentää olemassa olevaa rakennusosien uudelleenkäyttöä edistävää tutkimusta ja parantaa rakennusosien uudelleenkäytön edellytyksiä. Menetelmä pyrittiin pitämään riittävän yleistasoisena kattamaan erilaisten osien ja uudelleenkäyttötavoitteiden tarpeita, mutta kuitenkin niin kattavana, että sitä hyödyntämällä saadaan lisätietoa uudelleenkäytön edistämiseksi.

Kehitetty arviointimenetelmä perustuu uudelleenkäyttöä mahdollistavien sekä rajoittavien tekijöiden (barrier – enabler) tarkasteluun ja niistä arviointikriteerien avulla johdettuun uudelleenkäyttöpotentiaalin arvioon. Arvioinnit suoritetaan viitekehyskohtaisesti uudelleenkäytettäville osille. Rajoitteet ja mahdollistajat yhdistävällä potentiaalitarkastelulla pystytään hahmottamaan hankkeen kiertotalouden kokonaisuutta eri viitekehysten tarkastelut yhdistämällä. Tarkastelun lopputulosta voidaan hyödyntää kiertotalouden mukaisen toteutuksen päätöksenteossa sekä käytävissä olevien resurssien tehokkaampaan kohdentamiseen niihin rakennusosiin, joiden uudelleenkäytöllä saavutetaan eniten arvoa.

Kehitetyn uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmän soveltuvuutta testattiin casekohteen aineistoja hyödyntämällä. Casekohteen aineistosta tehtiin mallinnus kiertotalousprosessin uudelleenkäyttöpotentiaalin määryksestä. Mallinnusprosessin ja sen tuloksen soveltamiskelpoisuutta ja sen tuottaman tiedon lisäarvoa arvioitiin uudelleenkäytön tehostamisen työkaluna. Casekohteen laajasti öljyhiilivedyillä pilaantuneet rakenteet tarjosivat hyvän testausalustan arviointimenetelmälle. Casekohde sisältää pilaantuneita punatiili-, betoni- ja luonnonkiviosia ja casekohteen purkuhankkeen kiertotaloustavoitteena oli saavuttaa mahdollisimman korkea kiertotalousaste.

Ennakkoon aineistoista uskottiin löytyvän riittävästi tietoa haitta-aineiden vaikutuksesta uudelleenkäyttöpotentiaaliin eri viitekehyksissä, jotta tutkimusongelma saadaan ratkaistua. Näiden tekijöiden avulla potentiaalin määryksestä uskotaan saatavan riittävän tarkka, jotta määritettyä potentiaalia voidaan hyödyntää rakennusosien uudelleenkäytön ja kiertotalouden edistämässä sekä päätöksenteon tukena. Tutkimuksella ei kuitenkaan välttämättä tulla saavuttamaan erityistä kaupallista hyötyä kiertotalouteen liittyvien toimintamallien sekä markkinaekosysteemin puuttuessa tällä hetkellä.

## 2. RAKENNUSOSIEN UUELLEENKÄYTTÖ OSANA KIERTOTALOUTTA SUOMESSA

Kiertotaloudella terminä ei ole selvää vakiintunutta kansallista määritelmää, minkä vuoksi eri aloilla ja eri tahojen toimesta se määritellään yleensä kunkin toimijan omaan aihepiiriin ja tavoitteisiin sopivaksi (Kirchherr et.al. 2017 s. 227–229). Kiertotalouden määritelmiä on esitetty Suomessa mm. Suomen ympäristökeskuksen, Sitran (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto), ympäristöministeriön sekä eri ympäristöpalveluita tuottavien tahojen toimesta. Näissä määritelmissä yhdistyy kiertotalouden tavoite vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä, pitää resurssit mahdollisimman pitkään kierrossa ja ylläpitää materiaalien arvo mahdollisimman korkealla kiertojen välillä. (Euroopan parlamentti, 2023 b; Sitra, n.d.; Rakennustuoteasetuksen päivitys n.d.; Valtioneuvosto, 2021)

Euroopan Unionin määritelmän mukaan kiertotaloudella tarkoitetaan kokonaisvaltaista tuotanto- ja kulutusmallia. Kiertotalousmallissa kiertoon tuodaan mahdollisimman vähän raaka-aineita ja energiaa, ja kierrosta poistetaan mahdollisimman vähän päästöjä ja jätettä. Kierrossa oleva materiaali pyritään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti uudelleenkäyttämällä, korjaamalla ja kierrättämällä materiaalia. Materiaali voi muuttua muotoaan useasti kiertonsa aikana ja sen katsotaan poistuvan kierrosta vasta, kun siitä syntyy jätettä tai päästöjä. (Euroopan parlamentti, 2023 b)

**Kiertotalousmalli:**  
vähemmän raaka-aineita,  
vähemmän jätettä, vähemmän päästöjä



**Kuva 2.** Yleinen Euroopan parlamentin kiertotalousmalli (Euroopan parlamentti, 2023 b)

Euroopan komission vuonna 2020 hyväksymän Euroopan vihreän kehityksen ohjelman (European Green Deal) yhtenä keskeisenä kulmakivenä on samana vuonna käyttöön otettu Euroopan komission uusi kiertotalouden toimintasuunnitelma. Toimintasuunnitelmassa yhdeksi keskeiseksi kiertotalouden edistämistoimeksi on kirjattu kiinnittää erityistä huomiota niiden rakennus- ja purkujättemateriaalien hyödyntämistavoitteiden tarkastamiseen, jotka tuottavat kasvavaa jätevirtaa. Muun muassa kiviaineiset rakennusosat lukeutuvat näihin. (Euroopan komissio, 2020)

Toimintasuunnitelman mukaan Euroopan unionin alueella rakennettu ympäristö ja sen kehitys kuluttavat noin 50 prosenttia luonnosta käyttöönotettujen raaka-aineiden kokonaismäärästä sekä tuottaa yli 35 prosenttia kaikesta jätteestä EU:ssa. Rakennusalan

arvioidaan synnyttävän 5–12 prosenttia kaikista kansallisista kasvihuonekaasupäästöistä. Nämä päästöt sisältävät materiaalien käyttöönotosta, rakennusalan tuotteiden valmistuksesta ja rakennusten rakentamisesta sekä korjaamisesta syntyvät päästöt. Toimintasuunnitelman keskeinen tavoite on ”*valmistella talous kestävän kehityksen mukaiseen tulevaisuuteen ja parantaa kilpailukykyä mutta myös suojella ympäristöä ja lisätä kuluttajien oikeuksia*”. (Euroopan komissio, 2020)

Valtioneuvoston 2021 tekemään periaatepäätökseen kiertotalouden strategisesta ohjelmasta on kirjattu tavoite luoda kiertotaloudesta uusi talouden perusta vuoteen 2035 mennessä (Valtioneuvosto, 2021). Ohjelman visio on tehdä Suomesta hiilineutraali kiertotalousyhteiskunta vuoteen 2035 mennessä. Ohjelman konkreettisina tavoitteina on vähentää primääriraaka-aineiden kokonaiskulutusta, parantaa käytössä olevien resurssien tuottavuutta ja kaksinkertaistaa materiaalien kiertotalousaste vuoteen 2035 mennessä sekä tarjota kiertotalouden ratkaisuja kansainvälisesti (Valtioneuvosto, 2021). Rakennusosalalla kiertotalouden käyttöönotto tarkoittaa uudistuotannon osalta käyttöiän pidentämistä, muuntojoustavuuden ja korjattavuuden parantamista sekä tehostaa rakennusosien uudelleenkäyttöä (Ympäristöministeriö, n.d.).

Rakennusteollisuuden kiertotaloudessa tulisi pyrkiä suljetun kierron systeemiin, missä rakennuksissa käytettävät materiaalit kiertävät suljetussa kierrossa ylläpitäen materiaalien jalostusaste mahdollisimman korkealla ja hyödyntäen materiaalien koko käyttöikä. Materiaalien ja rakennusosien teknisessä kierrossa osan käyttöikää pidennetään korjaamalla, uudelleenkäyttämällä ja kunnostamalla rakennusosaa tai uudelleentalmistuksella hyödyntäen osaa raaka-aineena. Uutta neitseellistä materiaalia tuodaan systeemiin vain täyttämään suljetun kierron puutteita ja materiaalia poistetaan kierrosta vain, jos sen uudelleenkäyttö on käyttöiän päättymisen tai muun syyn vuoksi estynyt. Kuvassa 3 on esitetty suljetun kierron systeemin periaatteet. (Rahla et al., 2021)



**Kuva 3.** Suljetun kierron systeemin periaate (Rahla et al. 2021 mukailleen)

Kansainvälisen standardisointijärjestön mukaan rakennustuotteen uudelleenkäyttö määritellään materiaalin, tuotteen osan tai järjestelmän kykyä käyttää uudelleen samassa käyttötarkoituksessa useamman kerran säilyttäen arvonsa ja toiminnalliset ominaisuutensa irrotuksessa, siirroissa ja varastoinnissa. (ISO 20887, 2020). Uudelleenkäytöllä tarkoitetaan tämän työn kontekstissa prosessia, mikä kattaa osan uudelleenkäytön edellytysten selvityksen, tutkimisen ja suunnittelun, irrottamisen luovuttajarakennuksesta ja käyttämisen uudelleen sellaisenaan, kunnostettuna tai muokattuna.

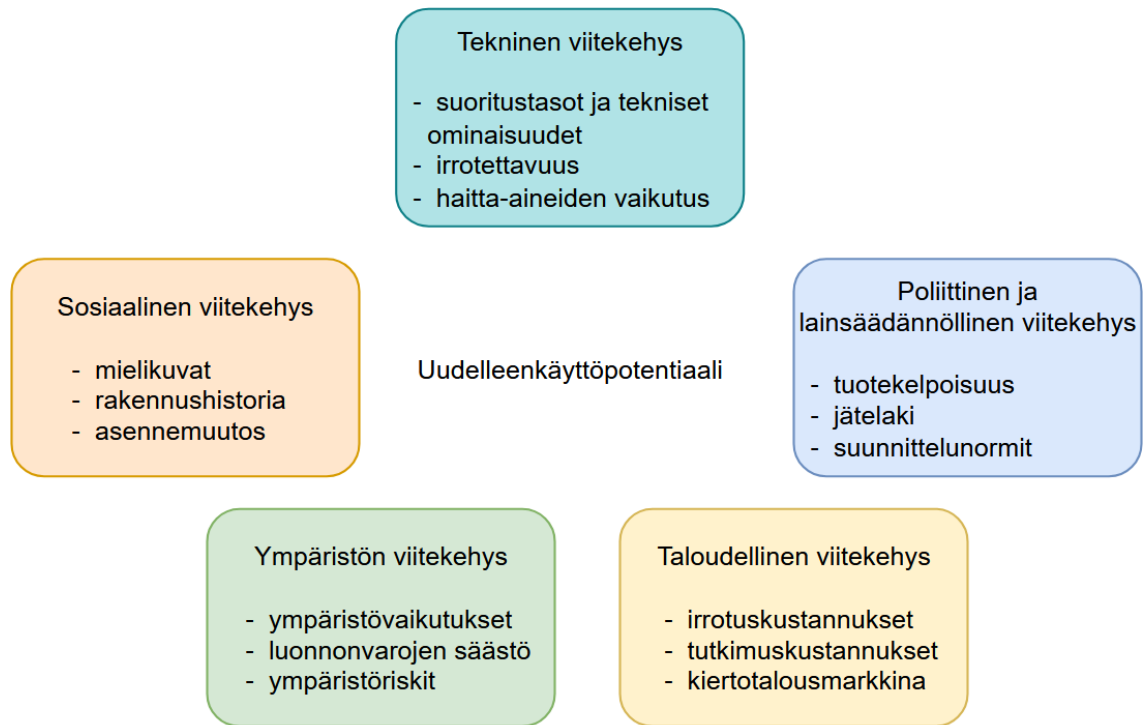
Materiaalien kierrätys on osa kiertotaloutta ja auttaa kiertotalouden materiaalikiertojen tavoitteiden saavuttamisessa, mutta se eroaa periaatteellisella tasolla uudelleenkäytöstä. Keskeinen ero uudelleenkäytön ja kierrätyksen välillä on se, että uudelleenkäytössä rakennusosa pysyy suljetun kierron systeemissä sisemmässä kierrossa säilyttäen tuoteominaisuutensa. Kierrätyksessä materiaali pysyy suljetussa systeemissä, mutta kierrätyksessä materiaali menettää tuotestatuksen ja se muuttuu jätteeksi. Juridisesti kierrätys on aina jätteenkäsittelyä siinä missä rakennusosan uudelleenkäytössä osaa ei luokitella missään kohtaa jätteeksi, vaan se pysyy tuotteena (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b).

Nykyistä lineaaritaloutta noudattavassa rakentamisessa käytännössä kaikki korjauskentamisestä ja rakennusten kokonaispuruista syntyvä materiaali luokitellaan suoraan jätteeksi. Jätteen haltijan tulee käsitellä sitä jätelain jätehierarkian mukaisesti ja pyrkiä mahdollisimman korkeaan hyödyntämistaseseen. Valtioneuvoston asetus jätteistä 27 § mukaan rakennus- ja purkujätteestä tulisi hyödyntää muuhun kuin energiatuotantoon vähintään 70 painoprosenttia kallio- tai maaperästä irrotettuja maa- ja kiviaineksia sekä vaarallisia jätteitä lukuun ottamatta. Vuonna 2022 rakennus- ja purkujätteen toteutunut materiaalihyödyntämistaso oli 54 paino-%, joka hyödynnettiin käytännössä kokonaisuudessaan kierrätyksen kautta (SVT, 2023).

## 2.1 Uudelleenkäyttöpotentiaali

Uudelleenkäyttöpotentiaalilla ei ole vakiintunutta tarkkaa määritelmää ja siinä on pieniä eroja eri lähteiden välillä. Yleisesti sillä tarkoitetaan rakennusosan soveltuvuutta uudelleenkäyttöön, sekä siitä saatavaa arvoa. Uudelleenkäyttöpotentiaalın kontekstissa arvolla tarkoitetaan pelkän taloudellisen arvon lisäksi myös uudelleenkäytöllä saavutettavia ympäristöarvoja sekä teknisiä, sosiaalisia sekä poliittisia arvoja. Kiertotalouden kannalta uudelleenkäyttö on sitä arvokkaampaa, mitä enemmän rakennusosaan valmistuksessa siihen sidotuista raaka-aineista ja energiasta pystytään säilyttämään käytössä, ja mitä yksinkertaisempaa ja kustannustehokkaampaa uudelleenkäyttö on (Psarommatis, F et al. 2025; Buildings As Material Banks b, n.d.). Tämän tutkimuksen kontekstissa uudelleenkäyttöpotentiaali määriteltiin kuvaamaan materiaalin tai rakennusosan uudelleenkäytön edellytyksiä ja uudelleenkäytöllä saavutettavaa arvoa tarkastelemalla osan uudelleenkäyttöön liittyviä mahdollistajia sekä rajoitteita.

Osan kokonaisuudelleenkäyttöpotentiaali voidaan jakaa pienempiin viitekehyksiin, joiden vaikutuksia voidaan tarkastella itsenäisinä osakokonaisuuksina potentiaalın määrittelyn selkeyttämiseksi. Uudelleenkäyttöpotentiaali voidaan jakaa poliittisiin ja lainsäädännölliseen, tekniseen, taloudelliseen, sosiaaliseen ja ympäristön viitekehyksiin (Psarommatis, F et al. 2025; Huuhka et al., 2023; Benachio et al., 2020; Rakhshan et al., 2020; Guldager et al., 2019 s 215–217; Nordby, 2019; Pomponi & Moncaster, 2017). Viitekehyksiin liittyvät tekijät eivät aina ole yksiselitteisiä ja niiden riippuvuudet voivat vaihdella. Ne voivat muodostua rakennusosan ominaisuuksista, toimintaympäristön vaatimuksista, kuten säädöksistä tai ne voivat olla valintakysymyksiä, kuten taloudellisten tavoitteiden asettelu. Kuvassa 4 on esitetty uudelleenkäyttöpotentiaalın viitekehukset sekä joitain viitekehukseen liittyviä oleellisesti liittyviä tekijöitä.



**Kuva 4.** Uudelleenkäyttöpotentiaalin viitekehyykset (Huuhka et al., 2023; Benachio et al., 2020; Rakhshan et al., 2020; Guldager et al., 2019 s 215–217; Nordby, 2019; Pomponi & Moncaster, 2017)

Poliittisella ohjauksella ja lainsäädännöllä on oleellinen merkitys rakennusosien uudelleenkäytön mahdollisuuksiin. Siirtyminen nykyisestä lineaaritaloudesta kiertotalouteen on osa Euroopan unionin tavoitetta olla hiilineutraali kiertotalousyhteisö vuoteen 2050 mennessä, mikä on European Green Deal vihreän kehityksen ohjelman päätavoite (Euroopan komissio, 2023). Kiertotaloussiirtymän edistämiseksi vuonna 2020 hyväksyttiin EU:n kiertotalouden toimintasuunnitelma, jonka aloitteiden tavoitteena on edistää kiertotalouden toimintatapojen kehitystä (Euroopan komissio, 2020). Nykyinen lainsäädäntö luo kuitenkin haastavan toimintaympäristön rakennusosien uudelleenkäytölle. Rakennustuoteasetuksen vaatimukset rakennusosien tuotekelpoisuudesta sekä jätelainsäädännön jäteluonteeksi määrittely luovat haasteita uudelleenkäytön toteutukselle (Zhu et al., 2022). Rakennusalan toimijoilta kerätyssä kyselytutkimuksessa rakentamista ohjauvan lainsäädännön sekä suunnittelunormit ja niiden joustamattomuus nähtiin rajoitteena rakennusosien uudelleenkäytön yleistymiselle (Kanters, 2020). Esimerkiksi rakennusten nykyisten energiatehokkuusvaatimusten täyttäminen uudelleenkäytettävillä osilla nähtiin hankalana (Kanters, 2020).

Tekniseen viitekehyykseen kuuluu rakennusosan teknisten ominaisuuksien ja suoritustasojen vaikutukset uudelleenkäytön mahdollisuuksiin. Yksinkertaisin menetelmä arvioida yksittäisen käytössä olevan rakennusosan teknistä uudelleenkäyttöpotentiaalia on verrata osan käyttöikää irrotushetkellä sen tekniseen käyttöikään (Durmisevic, 2006 s. 114).

Tämä yksinkertaistettu malli ei kuitenkaan ole kovin käyttökelpoinen työkalu arvioidessa laajemmin teknistä uudelleenkäyttöpotentiaalia. Rakennusosan muilla teknisillä ominaisuuksilla, kuten liitoksilla ympäröiviin rakenteisiin ja osan irrotettavuudella, haitta-ainepitoisuuksilla sekä teknisillä suoritusasoilla on keskeinen vaikutus potentiaaliin (Psaromatis, et al., 2025; Buildings As Material Banks a. n.d.). Tekniset ominaisuudet ovat usein keskeisessä roolissa uudelleenkäyttökohteen ja -potentiaalin arvioinnissa. Rakennusosan tekniset ominaisuudet ja suoritusastot ovat määrääviä tekijöitä arvioitaessa osan tuotekelpoisuutta (Zhu et al., 2022).

Rakennusosien kiertotaloudella arvioidaan olevan merkittävä taloudellinen vaikutus Euroopan sisämarkkinoilla (Guldager et al., 2018 s. 235–241). Taloudellinen uudelleenkäyttöpotentiaali muodostuu uudelleenkäytettävän osan tutkimuksista, selvityksistä sekä irrotuksesta ja logistiikasta muodostuvien kustannusten suhteesta osasta saatavaan rahalliseen arvoon (Rakennustietosäätiö, 2025). Kustannuksia lisäävät tutkimukset ja esimerkiksi tuotekelpoisuuden osoituksesta muodostuvat kustannukset heikentävät potentiaalia ja korkea kysyntä sekä myyntiarvo vuorostaan lisäävät potentiaalia (Rakennustietosäätiö, 2025 b). Lisäksi uudelleenkäyttöä tukevan toimijoiden ekosysteemin puute hidastaa kiertotaloussiirtymää. Rakennusosien uudelleenkäyttö edellyttää uusien palvelujen, kuten osin kunnostuksen, valmistelun ja logistiikan kehittymistä (Huuha et al., 2023). Kiertotaloussiirtymän ja rakennusosien uudelleenkäytön kehityksen edellytyksenä on markkinaehtoisen toiminnan saavuttaminen, mutta markkinan kehittymisen kannalta julkisen sektorin on toimittava markkinaveturina (Zhu et al., 2022; Pomponi & Moncaster, 2017).

Sosiaalisilla uudelleenkäyttöpotentiaalin tekijöillä tarkoitetaan osan uudelleenkäytön ja kiertotalouden luomaa yleistä mielikuvaa sekä rakennusalan yleistä asenneilmapiiriä uudelleenkäytöllä saavutettavia arvoja kohtaan. Yleisellä tasolla kiertotalouden tunnettuus ja tavoitteet ovat tunnettuja ja kiertotalouteen suhtautuminen ovat kohtuullisen korkealla (Sitra & Innolink, 2021). Ekologisuutta ja vähähiilisyttä käytetään hankintojen valintaperusteina ja rakennusten ympäristövaikutukset kiinnostavat ostajia (Sitra & Innolink, 2021). Rakennusosien uudelleenkäytöstä ja siihen liittyvistä mielikuvista ei ole vielä saatavilla laajempaa yhteiskunnallista tutkimustietoa sen harvinaisuuden vuoksi. Lineaaritaloudessa mielikuva uudisrakennuksesta on tarkoittanut täysin uusien rakennusosien käyttöä, jolloin osien uudelleenkäytöstä voi muodostua mielikuva rakentamisen tason ja laadun heikentämisestä. Rakennusalan muutosvastaisuus ja rakennushankkeiden tavoitteiden painottuminen lyhyelle aikavälille hidastavat kiertotaloussiirtymää (Guerra & Leite, 2021; Benachio et al., 2020; Adams et al., 2017). Rakennus- ja kiinteistöalan asi-

antuntujoilta kerätyn kyselytutkimuksen mukaan uudelleenkäytettävien osien vaikutukset sisäilman terveellisyyteen ja turvallisuuteen nousivat keskeiseksi huoleksi (Toorikka & Tähtinen, 2024). Rakennusosien uudelleenkäytön yleistymisen yksi merkittävä haaste on uudelleenkäytettävään osaan liittyvä epätietoisuus ja epäluulot sekä mielikuva, että uudelleenkäytettävä osa on ominaisuuksiltaan alempiarvoinen kuin uusi vastaava osa (Purchase et al., 2021). Laadullisten tekijöiden lisäksi sosiaaliseen potentiaaliin vaikuttaa myös rakennushistorian säilyttäminen. Uudelleenkäytön sosiaalinen arvostus on usein korkealla erityisesti käytettäessä uudelleen osia alueen historian kannalta merkityksellisestä rakennuksesta

Kiertotalouden ja rakennusosien uudelleenkäytön keskiössä olevat luonnonvarojen säästäminen sekä päästöjen vähentäminen vaikuttavat oleellisesti osan uudelleenkäyttöpotentiaaliin (Nordby, 2019; Guldager et al. 2018 s. 243–246). Uudelleenkäyttöpotentiaalin ympäristötekijöiden viitekehyksessä tarkastellaan osan uudelleenkäytöllä saavutettavia myönteisiä ympäristövaikutuksia verrattuna uudelleenkäyttöprosessi muodostuviin päästöihin sekä uudelleenkäytöstä mahdollisesti aiheutuviin ympäristöriskeihin (Buildings As Material Banks b n.d). Energian ja raaka-aineiden säilyvyyden lisäksi osan jalostusasteen ja käyttötarkoituksen ylläpito parantaa sen uudelleenkäytöllä saavutettavia ympäristöarvoja ja siten potentiaalia (Zhu et al., 2022; Guldager et al. 2018 s. 243–246).

## 2.2 Sääntely

Rakennustuotteiden sääntely Suomessa ja EU:n alueella on tiukasti kontrolloitua. Kaikkien Suomessa pysyvinä rakennustuotteiden osina käytettävien rakennustuotteiden tulee olla terveellisiä, turvallisia sekä ominaisuuksiltaan sellaisia, että ne täyttävät osana koko rakennusta rakennuslain tekniset vaatimukset. Uuden rakennustuotteen on osoitettava tuotekelpoisuutensa joko CE-merkinnällä tai vaihtoehtoisesti kansallisella tuotehyväksyntämäärityksellä, mikäli tuotteelle ei ole saatavilla Euroopan tasoista harmonisoitua tuotestandardia tai eurooppalaista teknistä arviointia. CE-merkittyjä rakennustuotteita voi saattaa EU:n markkina-alueelle ilman jäsenvaltiokohtaisia viranomaislupia. (Euroopan parlamentin ja neuvoston rakennustuoteasetus (EU) N:o 305/2011; Rakennustuotteet n.d.; Tukes n.d. a)

Nykymuodossaan rakentamista ja rakennusosia sääntelevä lainsäädäntö ei kuitenkaan pysty kaikilta osin vastaamaan kiertotaloudelle asetettuihin poliittisiin tavoitteisiin muun muassa markkinaehtoisen toiminnan mahdollistavan uudelleenkäytettävän rakennusosan standardoidun tuotekelpoisuusmenettelyn puuttuessa (Euroopan parlamentti, 2023 a). Tällä hetkellä ainoa tapa uudelleenkäyttää rakennusosan tuotekelpoisuuden osoittamiseksi on rakennuspaikkakohtainen tuotekelpoisuuden osoitusmenettely (Laki

eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012). Rakennusteollisuuden kiertotalouden ja uudelleenkäytön tehostamiselle on kuitenkin vahva poliittinen tahtotila. Kiertotalouden käyttöönottoa mahdollistavia laki- ja asetusmuutoksia on ehditty julkaisemaan viime vuosina ja useita säädösmuutoksia on valmisteilla niin kansallisella tasolla, kuin EU-komissiossakin (Rakennustuoteasetuksen päivitys n.d).

Nykyisen lainsäädännön mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvällä on huolehtimisvelvollisuus rakennushankkeen lainmukaisesta toteutuksesta. Huolehtimisvelvollisuus edellyttää rakennushankkeeseen ryhtyvää huolehtimaan, että ”rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä myönnetyn luvun mukaisesti.” (Rakentamislaki 751/2023 § 91). Huolehtimisvelvollisuuden piiriin kuuluu myös huolehtia, että rakennus täyttää rakentamislain 4. luvun olennaiset tekniset vaatimukset, minkä yhtenä tärkeänä osana on huolehtia, että rakentamisessa käytetään kelpoisia rakennustuotteita (Zhu et al., 2022 s. 41, 48).

### 2.2.1 Tuotekelpoisuus

Rakennustuotteen tuotekelpoisuuden ja tyyppihyväksynnän perusteet sekä vaatimukset on säädetty EU:n rakennustuoteasetuksessa. Vuoden 2025 alusta voimaan astuneen päivitetyn rakennustuoteasetuksen mukaan rakennusosaa voidaan käsitellä käytettynä rakennustuotteena, jos se ei ole jätettä tai on lakannut olemasta jätettä ja se on käyttökelpoinen eikä sitä ole merkittäväällä tavalla muokattu. Asetuksen mukaan rakennuskohteella suoraan uudelleenkäytettäviä tuotteita ei saa pitää uudelleen markkinoille saatettuina, jolloin niihin ei sovelleta rakennustuoteasetuksen mukaisia vaatimuksia tyyppihyväksynnöistä. Tällöin uudelleenkäytettävän rakennusosan tuotekelpoisuuden osoittamiseksi ei tarvitse muun muassa täyttää asetuksen vaatimuksia osan valmistajalle sekä valmistusprosessin laadunvalvonnalle. Osan on kuitenkin täytettävä rakennuslain olennaiset tekniset vaatimukset ja suoritustasot, joiden osoittamiseksi osan suoritustasot tulee täyttää vastaavien rakennustuoteasetuksen alaisten neitseellisten osien vaatimukset. Tämän lisäksi uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuuden osoittamiseksi on huomioitava sellaisia käytön aiheuttamia muutoksia osan ominaisuuksiin, joita ei ole huomioitu neitseellisen osan standardeissa. (Euroopan parlamentin ja neuvoston rakennustuoteasetus (EU) N:o 305/2011; Halonen et al., 2024; Rakentamislaki 751/2023; Zhu et al., 2022)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES on linjannut, että sellainen tuote, joka on ollut asennusaikana CE-merkitty ja mistä pystytään osoittamaan, että tuotteen perusominaisuudet ovat pysyneet muuttumattomina, voidaan palauttaa markkinoille CE-merkittynä tuotteena. Tällöin tuotteen markkinoille saattava toimija ottaa valmistajan vastuun ja

saattaa sen markkinoille uudella tuotenimellä. TUKES on lisäksi linjannut, että mikäli uudelleenkäytettävä rakennusosa tulee sen haltijan omaan käyttöön, ei osaa tarvitse CE-merkitä, mutta tuotekelpoisuus on kuitenkin osoitettava jollain muulla tavalla. (Tukes n.d.; Halonen et al., 2024; Zhu et al., 2022 s. 57)

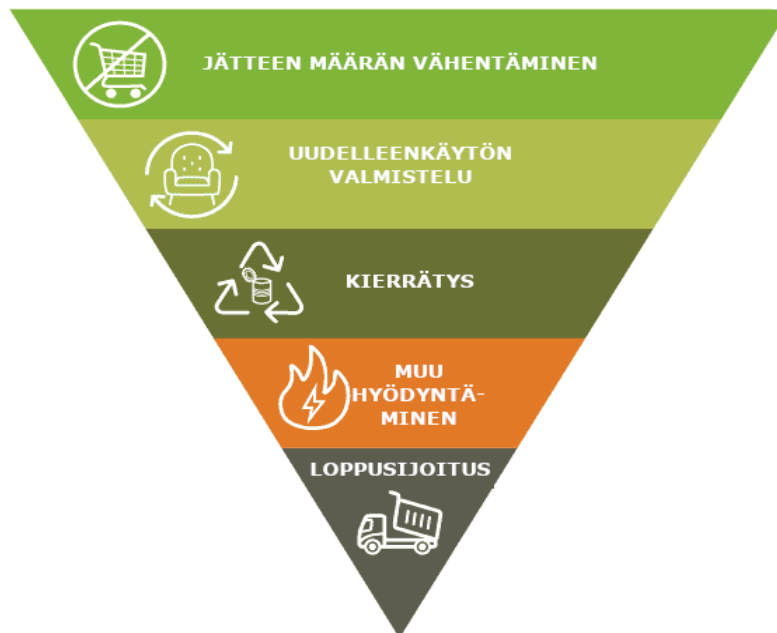
Ympäristöministeriö julkaisi 21.6.2022 tiedotteen, jonka mukaan uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden tuotekelpoisuuden osoittamiseen ei tarvitse soveltaa rakennustuoteasetusta, mikäli tuotetta ei olennaisesti muuteta tai muokata alkuperäisestä. Tiedotteen mukaan uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotekelpoisuus voidaan osoittaa rakennuspaikkakohtaisella varmennuksella, josta vastaa rakennuspaikan rakennusvalvontaviranomainen (Ympäristöministeriö, 2022). Rakennusvalvontavirnaomainen vastaa myös osoitusmenettelyn vaatimuksista sekä rakennuspaikkakohtaisen kelpoisuuden myöntämisestä. Rakennuspaikkakohtainen osoitusmenettely on aina kohdekohtainen eikä sille ole olemassa virallista vakiintunutta muotoa. Osoitusmenettelyn sisältö riippuu aina tarkasteltavasta materiaalista, uudelleenkäyttötarkoituksesta sekä vaikutusarvion mukaisista riskeistä. Rakennuspaikkakohtaisessa kelpoisuuden osoitusmenettelyssä osan kelpoisuus tulee osoittaa siten, että se täyttää rakentamislain vaatimuksen testaukseen, asiantuntija lausuntoihin tai asiakirjoihin perustuvien menetelmin. Rakennuspaikkakohtaisesta tuotekelpoisuudesta säättävän lain pykälässä 17 vastuu tuotekelpoisuudesta ja sen osoittamisesta on määrätty rakennusosaa käyttävän rakennushankkeeseen ryhtyvälle. (Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012 § 17; Halonen et al., 2024; Huuhka et al., 2023 s. 51, 55–56; Rakennustarkastusyhdistys, 2023; Zhu et al., 2022).

Uudelleenkäytettävien rakennusosien kelpoisuuden osoittamisen viranomaismenettelyt ja toimintatavat ovat tällä hetkellä melko epäselviä. Epäselvyydet aiheuttavat suuria haasteita rakennusosien uudelleenkäytölle ja ovat osin estäneet rakennusosien uudelleenkäytön käytännön pilotoiteja. (Halonen et al., 2024; Zhu et al., 2022, s. 50). Lain-säädännön valossa tällä hetkellä purkuhankkeen yhteydessä irrotettujen rakennusosien luovuttaja ei vastaa osien tuotekelpoisuudesta (Rakennustarkastusyhdistys, 2023). Rakennustuoteasetuksen käynnissä olevan päivityksen yhtenä tavoitteena on mahdollistaa uudelleenkäytettävien osien tyyppihyväksyttäminen ennen osan vapauttamista kiertotalousmarkkinalle. Jotta tehokkaasti toimiva kiertotalousmarkkina voi kehittyä, tulee myös uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotteistamisessa siirtyä kohti uudisosien tyyppihyväksyntää, missä osan markkinoille laskeva taho vastaa sille ilmoitettujen suoritustasojen täyttymisestä, eikä se ole pelkästään loppukäyttäjän vastuulla (Huuhka et al., 2023 s. 51, 55–56, Zhu et al., 2022 s. 58–60).

## 2.2.2 Jätelaki

Jätelaki sekä sen tulkinta ovat asettaneet haasteen rakennusosien uudelleenkäytölle (Rakennustietosäätiö, 2025 b). Jätelain 5 § määritelmän mukaan aine tai esine muuttuu jätteeksi, kun sen haltija poistaa tai on velvollinen poistamaan sen käytöstä. Jätteeksi määrittelyn jälkeen materiaali tulee toimittaa jätehuollon käsiteltäväksi tai haltijan tulee muuten loppusijoittaa se. Jätteeksi määrittelyn jälkeen materiaalia ei voi käsitellä muuna kuin jätteenä ilman erityisiä toimenpiteitä ja sitä saa luovuttaa vain tietyin ehdoin jätelain mukaisen jätehuoltorekisteriin kuuluvalle toimijalle. (Jätelaki 646/2011)

Jätelain 8 § velvoittaa kaikkia toimijoita mahdollisuuksien mukaan noudattamaan jätehierarkian etusijajärjestystä. Jätehierarkiaa ylimmällä, eli suositeltavimmalla tasolla on jätteen määrän vähentäminen, mihin rakennusosien uudelleenkäyttö kuuluu. Ylimmällä tasolla toimittaessa osaa ei olla luokiteltu jätteeksi, jolloin se voidaan käyttää uudelleen ilman jätelain mukaisia toimia. Ylimmän tason alapuolella olevat tasot koskevat jätteeksi määritellyn materiaalin käsittelyä, jolloin niihin tulee soveltaa jätelakia. Ylimmän tason alapuoliset tasot ovat uudelleenkäytön valmistelu, kierrätys ja muu hyödyntäminen esimerkiksi energiana polttamalla. Jätehierarkian alimmalla tasolla on materiaalin loppusijoitus. Loppusijoitukseen tulisi turvautua vain niissä tilanteissa, missä minkäänlainen hyödyntäminen ei tule kyseeseen. Jätehierarkia on määritelty EU-tasolla EU:n jätedirektiivissä. Jätehierarkia on esitetty kuvassa 5. (Jätelaki 646/2011, Direktiivi 2008/98/EY)



**Kuva 5.** Jätedirektiivin ja -lain mukainen jätehierarkia (Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy, 2025 mukailten)

Jätelaki tunnistaa kaksi eri uudelleenkäyttöön liittyvää määritelmää; *uudelleenkäyttö* (Jätelaki 646/2011 § 6 momentti 20) ja *uudelleenkäytön valmistelu* (Jätelaki 646/2011 § 6

momentti 21). Uudelleenkäyttö tarkoittaa sellaista rakennusosan uudelleenkäyttöä, jossa osaa käytetään uudelleen alkuperäisessä tarkoituksessa eikä sitä ole missään vaiheessa määritelty jätteeksi, kun taas uudelleenkäytön valmistelu on jätteen käsittelyä tarkastamalla, puhdistamalla tai korjaamalla se hyötykäyttäväksi. Jätteeksi määrittelyn kannalta on merkityksellinen asia määrittää, poistuuko rakennusosa käytöstä jätelain 5 § mukaisesti ja voidaanko se käyttää uudelleen alkuperäisessä tarkoituksessa jätelain 6 § mom. 12 mukaisesti. Viime kädessä tulkinnan jätelainsäädännön soveltamisesta tekee päättävältainen viranomainen, eli kunnan ympäristönsuojeluviranomainen, ELY-keskus tai aluehallintovirasto. (Jätelaki 646/2011)

### **2.2.3 MARA-asetus**

Vuonna 2006 säädetyllä ja vuonna 2017 laajennetulla valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa on mahdollistettu tiettyjen jätteeksi luokiteltujen materiaalien käyttöä rajatuissa maanrakennuksen rakennekerroksissa rekisteröinti-ilmoitusmenettelyllä ilman ympäristölupaa. Asetus mahdollistaa betoni-, kevytbetoni- ja tiilimurskeen sekä kevytsorajätteen käytön väylä- ja kenttärakenteissa sekä teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa rajatuin kerrospaksuuksin peitettynä tai päällystettynä. (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maanrakentamisessa 843/2017)

Asetuksessa uusiokäytettävälle jättemateriaalille on määritelty haitallisten aineiden suurimpia sallittuja pitoisuuksia sekä vaatimuksia materiaalin laadunvarmistuksen näytteenottomääristä ja -tavoista. MARA-asetuksen mukaan uudelleenkäytettävästä materiaalista on syytä huomioida, että se on CE-merkittyä, mutta materiaalin jätteeksi määrittely pysyy voimassa. Asetuksen mukaan murskeen hyödyntämistä on rajattu tietyillä ympäristövaikutuksiltaan herkällä alueilla, kuten tärkeillä pohjavesialueilla, asuin- tai leikkipaikkarakentamiseen tarkoitetuilla alueilla ja ravintokasvien viljelyyn tarkoitetuilla alueilla. Jättestatuksen säilymisen vuoksi materiaalin siirrot edellyttävät jätelain mukaisten siirtoasiakirjojen laadintaa ja muiden jätelain asettamien vaatimusten noudattamista. (Ympäristöministeriö, 2019)

### **2.2.4 Jätteeksi luokittelun päättäminen ja End-of-Waste**

Yksi kiertotalouden mukainen rakennusosien kierron edellytys on mahdollisuus purkaa jätteeksi luokittelu ja palauttaa se markkinoille tuotteena. Jätteeksi luokittelun päättämisen periaatteista on säädetty EU:n jätedirektiivin 6 artiklassa (2008/98/EY), mistä ne on viety jätelakiin. Jätteeksi luokittelun päättämiseen on kolme polkua: EU-tasoinen End-of-Waste-kriteeri, kansallinen asetus tai tapauskohtainen päätös. (Direktiivi 2008/98/EY 6 artikla; Jätelaki 646/2011 5 §)

Jätteeksi luokittelun päättymisen on nykyisen jätelain 5 b § mukaan tapauskohtaisesti mahdollista kaikille materiaaleille tiettyjen reunaehtojen toteutuessa. Jätelain mukaan jätteeksi luokiteltu materiaali ei ole enää jätettä, jos se on kierrätetty tai muuten hyödynnetty ja kaikki seuraavat ehdot täyttyvät:

- Sitä on määrä käyttää erityisiin käyttötarkoituksiin, eli sillä on määritelty käyttötarkoitus.
- Sillä on markkinat tai kysyntää.
- Se täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja on vastaaviin tuotteisiin sovellettavien säännösten ja standardien mukainen.
- Sen käyttö ei kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

Jätelain mukaisen jätteeksi luokittelun päättymisestä päättää ympäristölupaviranomainen ja päätöksen teossa noudatetaan ympäristönsuojelulaissa säädöksiä ympäristöluvan myöntämisestä. Käytännössä materiaalin jätteeksi luokittelun purku vaatii ympäristölupamenettelyä (Jätelaki 646/2011 5 §).

Yleisen ympäristölupamenettelyn lisäksi tietyille materiaaleille on säädetty End-Of-Waste (ei enää jätettä/EEJ)-asetuksia EU- ja kansallisella tasolla. EU-tasoisia EoW-kriteerejä on annettu rauta-, teräs-, alumiini-, ja kupariromulle sekä lasimurskalle. Kansallisesti on säädetty kaksi EEJ-asetusta betonimurskeelle sekä mekaanisesti kierrätetyn uusiomuoviraaka-aineelle. (Jätelainsäädäntö, n.d.)

Betonin EEJ-asetus vapauttaa asetuksen kriteerit täyttävän purkubetonista valmistetun murskeen jäteluokituksesta ja sen käyttö voidaan rinnastaa neitseellisen kalliomurskeen käyttöön talon- ja maanrakentamisen kiviaineksena tai betonin kiviaineksena (Kunnas 2023). Ainoat käytölle asetetut rajoitukset liittyvät murskeen käyttöön pohjaveden läheisyydessä. EEJ-asetuksen mukaisen murskeen käytöstä ei ilmoiteta MARA-asetuksen tapaan viranomaiselle. EEJ-asetuksen mukaisesti tuotettu murske on aina harmonisoidun tuotestandardin mukaista ja siten CE-merkittyä. MARA-asetuksen tapaan myös EEJ-murskeelle on asetettu vaatimuksia haitallisten aineiden suurimmista sallituista pitoisuuksista, niiden tutkimusmenetelmistä sekä näytteenotto laajuudesta ja tavasta. (Valtioneuvoston asetus 466/2022)

EEJ-asetuksen mukaista betonimursketta voidaan valmistaa vain sellaisten toimijoiden toimesta, joilla on betonijätteen murskaustoiminnalle ympäristölupa tai murskaus suoritetaan kiinteän betoniaseman tai betonituotetehtaan ympäristönsuojeluvaatimuksista

annetun valtioneuvoston asetuksen nojalla (Valtioneuvoston asetus 858/2018). EEJ-betonimurskaa ei voida näin ollen tuottaa suoraan purkutyömaalla (Kunnas, 2023).

### **2.3 Rakennusosien uudelleenkäytön nykytila ja digitalisaation mahdollisuudet**

Rakennusosien uudelleenkäyttö Suomessa on toistaiseksi ollut hyvin vähäistä siinä nähtävään potentiaaliin suhteutettuna, ja toteutuneet projektit ovat olleet pääasiassa pilottitai tutkimushankkeita (Zhu et al., 2022 s.127; Circhubs, 2018). Rakennusosan uudelleenkäytölle ei ole muodostunut selkeää prosessia yksiselitteisten vaatimusten ja ohjeiden sekä laaja-alaisen ja ammattimaisen liiketoiminnan puuttuessa.

Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden markkinat ovat Suomessa tällä hetkellä hyvin rajalliset ja segmentoituneet. Yleisiltä rakennustuotemarkkinoilta löytyy purkumateriaaleista valmistettuja uusiutuotteita, kuten purkubetonista valmistetun betonimurskan ja vaahtolasin kaltaisia suurivolyymisiä tuotteita (Zhu et al., 2022 s.109; Betoniteollisuus ry. n.d.). Kierrätystuotteissa ei kuitenkaan voida puhua rakennusosan uudelleenkäytöstä, vaan ne ovat jätelain alaisista jätemateriaaleista kierrättämällä valmistettuja uusia tuotteita. Esimerkiksi betonimurskasta suurin osa syntyy jätebetonista, ja sitä käytetään MARA-asetuksen alaisena jätteenä (Betoniteollisuus ry. n.d.). Varsinainen rakennusosien uudelleenkäyttö keskittyy korkealaatuisten, hiilijalanjäljeltään merkittävien, helposti irrotettavien ja uudelleenkäytettävien sekä rahallisesti arvokkaiden yksittäisten tai pienieräisten rakennusosien uudelleenkäyttöön (Zhu et al., 2022, s.109–111). Esimerkiksi ikkunoiden, ovien, liimapuupalkkien, kiintokalusteiden ja wc-istuinten kaltaisilla uudelleenkäytettävillä tuotteilla on pienimuotoinen markkina. Näiden yksittäisten tuotteiden markkina keskittyy kustannustehokkuuden ja suurten volyymien sijasta yksittäisistä kohteista irrotettavien tuotteiden tuotekohtaiseen myyntiin (Zhu et al., 2022). Siirtymä kiertotalouteen, jossa rakennusosia uudelleenkäytetään tehokkaasti, tulee vaatimaan muutoksia ja sopeutumista rakennusalan ylittäviltä toimijoilta (Toorikka & Tähtinen, 2024; Zhu et al., 2022; Pomponi, F. & Moncaster, A. 2017).

Tulevaisuudessa digitalisaatiolla ja tiedonhallinnalla nähdään olevan keskeinen rooli uudelleenkäytettävien rakennusosien kiertotalousmarkkinoiden synnyttämisessä. Digitaalisella rakennusten tiedonhallinnalla mahdollistetaan rakennusosakohtaisen tiedon kerääminen, tuottaminen ja ylläpito. Kattavat tiedot uudelleenkäytettävän rakennusosan terveellisyydestä, turvallisuudesta ja teknisistä ominaisuuksista sekä tiedon luotettavuus ja siirrettävyys ovat teollisen mittakaavan rakennusosien uudelleenkäytön keskeisiä edellytyksiä (Toorikka & Tähtinen, 2024; Zhu et al., 2022). Tällä hetkellä kiertotalouden digitalisaation esteinä nähdään tiedon ja järjestelmien hajanaisuus, standardoidun datan

puute, ongelmat luottamuksessa ja datan läpinäkyvyydessä sekä osaamisvajee kiertotalouden periaatteiden ja digitaalisten ratkaisujen yhdistämiseen (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022).

Digitaalinen tiedonhallinta mahdollistaa uudelleenkäytön markkinoiden kehittyessä sen, että valmistelevat selvitykset ja tutkimukset, joissa selvitetään uudelleenkäyttöön soveltuvien rakennusosien määrät ja ominaisuudet, voidaan tehdä hyvissä ajoin ennen varsinaisen luovuttajarakennuksen purkua. Tällöin ennakkoselvityksissä dokumentoidut, uudelleenkäytettävät rakennusosat laskettaisiin kiertotalousmarkkinalle, ja ostajatahot voisivat käydä kauppaa rakennusosilla sekä valmistella niiden käyttöä suunnitelmallisesti jo ennen osien vapautumista. Ennakoivalla selvitystyöllä mahdollistetaan suunnitelmallinen, turvallinen ja terveellinen rakennusosien uudelleenkäyttö. (Zhu et al., 2022; Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022; Buildings As Material Banks a n.d.)

Digitaalista rakennuksen tiedonhallintaa voidaan hyödyntää tulevaisuudessa materiaalipassin avulla. Rakennuksen materiaalipassilla on useampia hieman toisistaan poikkeavia määritelmiä, mutta keskeisenä ajatuksena materiaalipassilla tarkoitetaan rakennuksessa käytettyjen materiaalien, rakenteiden, rakennuskomponenttien tai rakennustuotteiden kuvausta, jota voidaan hyödyntää rakennuksen osien uudelleenkäyttöä arvioidessa (Luscuere, 2017; Guldager et al. 2019). Materiaalipasseja ja niihin liittyviä kiertotalouden kehityshankkeita on käynnissä useilla eri toimijoilla. Esimerkiksi EU-rahoitettujen BAMB-hankkeen (Buildings As Material Banks n.d. a) tavoitteena oli edistää rakennusalan siirtymistä lineaaritaloudesta kohti kiertotaloutta luomalla muuntojoustavalla suunnittelulla ja materiaalipasseilla digitaalisia tietomalleja, jotka mahdollistavat rakennusten käyttöä kiertotalouden materiaalipankkeina. (Buildings As Material Banks n.d. a)

## **2.4 Vastuukysymykset ja riskienhallinta**

Uudelleenkäytettävien rakennusosien mukanaan tuomiin uusiin vastuukysymyksiin ei ole tällä hetkellä olemassa suoria vastauksia tai ennakkopäätöksiä. Erityisesti epäselvyydet uudelleenkäytettävien osien soveltuvuudesta terveellisyyden ja turvallisuuden kannalta sekä vastuutahojen epäselvyys ongelmatilanteissa jarruttavat rakennusosien uudelleenkäytön yleistymistä (Zhu et al., 2022 s. 106–107). Vastuukysymykset ovat hieman selkeämmät sellaisessa erityistapauksessa, jossa uudelleenkäytettävän osan irrotus ja uudelleenkäyttö tapahtuu saman rakennushankkeeseen ryhtyvän toimesta. Tällöin uudelleenkäytettävään osaan liittyvät huolehtimisvelvoitteet kohdistuvat yhdelle toimijalle.

Nykyisessä lineaarisessa talousmallissa rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakentamisessa käytetään kelpoisia rakennustuotteita. Toisaalta rakennustuotteen markkinoille saattavan tahon on kyettävä osoittamaan tuotteen kelpoisuus ennen markkinoille laskemista. Yleisesti kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä tai kansallisella tyyppihyväksynnällä, mikäli tuote ei kuulu harmonisoitujen tuotestandardien piiriin. CE-merkittyjen ja tyyppihyväksytyjen tuotteiden valmistaja vastaa siitä, että tuote täyttää kelpoisuustodistuksen kirjatut suoritustasot.

Rakennusosan uudelleenkäytössä osan alkuperäistä valmistajaa ei voida pitää enää valmistajan tietämättä vastuussa jonkun toisen toimijan käyttäessä uudelleen tai saattaessa sitä uudelleen markkinoille. Uudelleenkäytettävän rakennusosan vastuullinen toimija on taho, joka tuo tuotteen uudelleenkäyttäväksi. Näitä tahoja voivat olla esimerkiksi rakennusosan irrottava purku- tai rakennusliike, rakennushankkeeseen ryhtyvä tai kaupallinen kiertotalousoperaattori, joka vastaanottaa, kunnostaa, varastoi ja myy uudelleenkäytettäviä rakennusosia. (Zhu et al., 2022 s. 58–59)

Vastauksia tai ennakkotapauksia uusiin vastuukysymyksiin tilanteissa, joissa uudelleenkäytetyistä rakennusosista koituu ongelmia tai haittaa uudelle käyttäjälle, ei ole. Nykylainsäädännön mukaan uudelleenkäytettäviin rakennusosiin sovelletaan samoja määräyksiä kuin uusiinkin rakennustuotteisiin. Ennakkotapausten puutteen vuoksi nykyisissä uudelleenkäytön ohjeissa pyritään välttämään ongelmatilanteita hallitsemalla riskejä laajoilla haitta-ainetutkimuksilla sekä kiinnittämällä uudelleenkäytettävän rakennusosan suunnittelussa huomiota uudelleenkäytön mukanaan tuomien riskien hallintaan. (Zhu et al., 2022 s. 106–107)

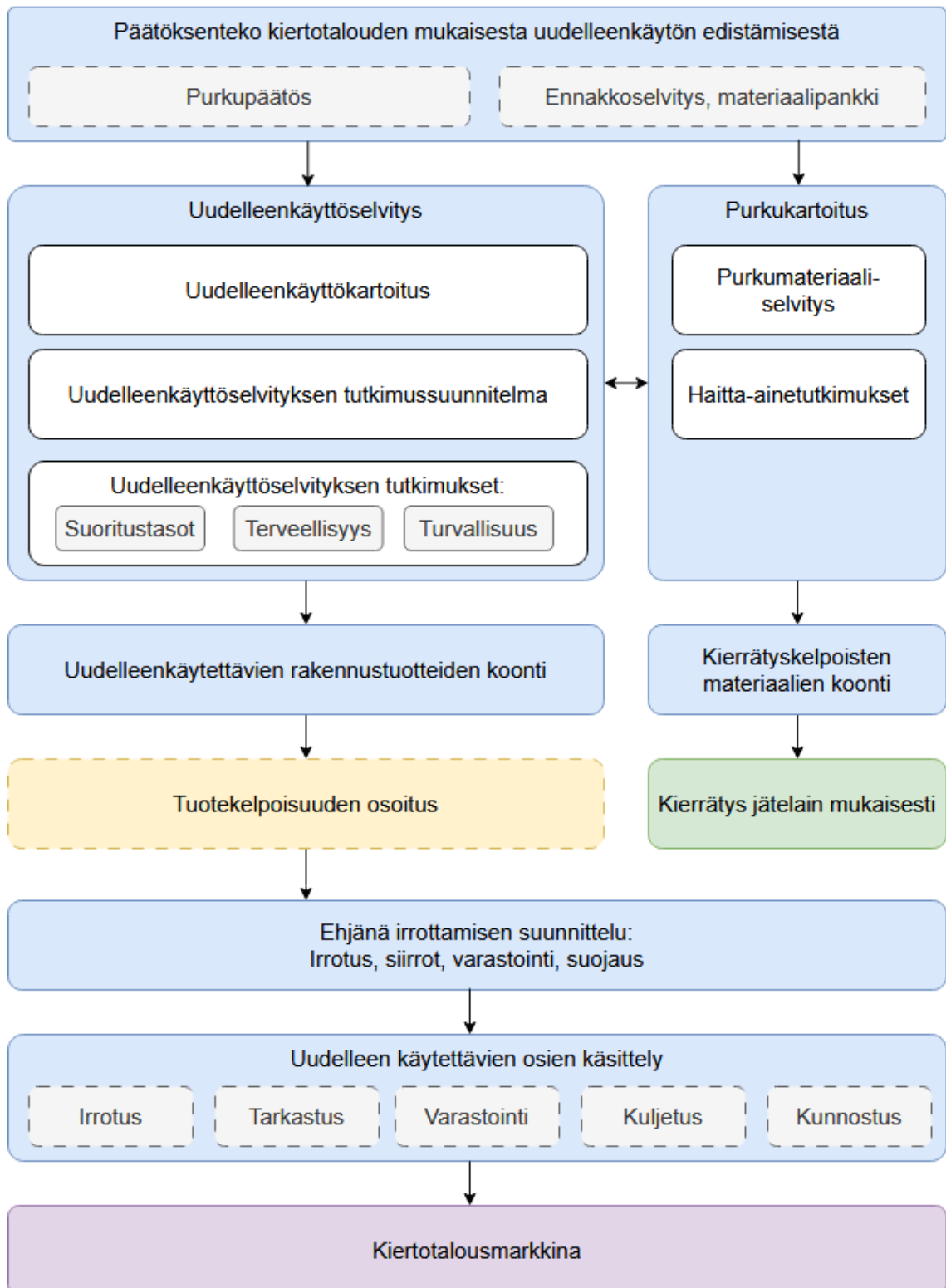
Uudelleenkäytettävien rakennusosien riskienhallinta perustuu neitseellisten osien käytön tapaan ensisijaisesti ennakoivaan riskien tunnistamiseen ja riskiratkaisujen välttämiseen (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 c; RT 10-11255). Ennakoivassa riskienhallinnassa rajoitetarkastelu sekä uudelleenkäyttöselvitys tarjoavat hyvät työkalut uudelleenkäytön reunaehtojen määrittelylle sekä riskienhallinnalle. Uudelleenkäyttöselvityksen tekniset tutkimukset sekä rajoitetarkastelun laajemmin koko kiertotalouskentän asettamia rajoitteita huomioiva tarkastelu tarjoaa huolellisesti laadittuna kattavan pohjan riskien tunnistamiseen, luokitteluun ja hallintaan (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b). Uudelleenkäyttöselvitystä sekä rajoitetarkastelua käsitellään seuraavissa luvuissa. Tutkimustulokset ja selvitykset, kuten haitta-ainetutkimukset eivät kuitenkaan koskaan ole aukottomia, joten riskienhallinnassa on varauduttava myös uudelleenkäyttöön liittyvien piilevien riskien hallintaan.

Piileviä riskejä voidaan pyrkiä hallitsemaan tiukentamalla uudelleenkäytettävien osien suoritustasojen vaatimuksia, kasvattamalla tutkimusten otoskokoja sekä pienentämällä tutkimusten virhemarginaalia, jolloin todennäköisyydet viallisen osan päätyemisestä uudelleenkäyttöön pienenee. Vaatimuksia tiukentamalla ja tutkimuksia lisäämällä voidaan kuitenkin samalla vaarantaa koko hankkeen kiertotaloustavoitteiden toteutuminen. Riskienhallinnan vuoksi toteutettujen lisätutkimusten kustannukset sekä tiukempien suoritustasojen myötä pienentyvä uudelleenkäyttökelpoisen materiaalin määrä voivat kuitenkin viedä taloudellisen ja teknisen pohjan koko kiertotaloushankkeelta. Piileviin riskeihin voidaan varautua myös selvittämällä niitä vaikutuksia, mitä riskien realisointuminen voisi tarkoittaa. Mikäli selvitystyössä todetaan, ettei riskin realisointuminen johda merkittäviin haittoihin, voidaan se tapauskohtaisesti ohittaa. Toisaalta, jos riskin realisointuminen todetaan johtavan merkittäviin haittoihin, voidaan kiertotaloustavoitteista niiltä osin tapauskohtaisesti joustaa.

### 3. RAKENNUSOSAN UUELLEENKÄYTTÖ KIER- TOTALOUSPROSESSINA

Nykyisistä purkuprosesseista siirtymä kiertotalouden mukaiseen toimintaan on käynnistynyt hitaasti, ja sen vauhdittamiseksi tarvitaan kaikkien rakennusalan toimijoiden aktiivisuutta ja ajatustavan muutosta. Rakennusosien tehokas uudelleenkäyttö vaatii uudenlaista suunnitelmallisuutta ja ennakkointia sekä uusien toimintamallien kehitystä. (Pirttonen, 2023). Kiertotalouden mukainen uudelleenkäyttöprosessi kattaa rakennusosan matkan luovuttajarakennuksen inventoinnista, osan tutkimuksista, irrottamisesta aina tuotekelpoisuuden osoitukseen, asennukseen ja käyttöön uudessa kohteessa. Rakennusosan on käytävä läpi kattava selvitys- ja tutkimusprosessi ennen osan uudelleenkäyttöä, jotta sen terveellisyys, turvallisuus, suoritustasot sekä tuotekelpoisuuden edellytykset pystytään varmentamaan. Rakennusosan ehjänä irrotus voi vaatia esimerkiksi työntekijöitä, erikoiskalustoa nostoihin ja haalaukseen sekä suojattua varastotilaa, mihin uudelleenkäytettävä osat voidaan varastoida suojaan turmeltumiselta odottamaan uudelleenkäyttöä. Uudelleenkäytettävien osien käsittely vaatii samankaltaista varovaisuutta ja huolellisuutta, kuin uuden rakennusosankin käsittely. (Zhu et al., 2022 s. 37–39; Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b)

Tässä työssä rakennusosan uudelleenkäytön kiertotalousprosessi on jaettu selkeyden vuoksi kahteen osaan: rakennusosan käsittely luovuttajarakennuksella ennen kiertotalousmarkkinalle laskemista ja rakennusosan uudelleenkäyttö uudessa kohteessa. Kiertotalousprosessi luovuttajarakennuksella on esitetty kuvassa 6 ja uudelleenkäyttö uudessa kohteessa kuvassa 7. Tämän tutkimuksen rajauksen mukaisesti tässä tutkimuksessa ei tarkastella yksityiskohtaisemmin kuvan 7 mukaista rakennusosan uudelleen asennusta tai sen suunnittelua. Tilanteessa, missä uudelleenkäytettävälle rakennusosalle on tiedossa käyttökohde, esimerkiksi purettavan rakennuksen paikalle tulevassa uudisrakennuksessa, kiertotalousprosessien eri tutkimus- ja suunnitteluvaiheet voidaan toteuttaa rinnakkain (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b). Tällä ei kuitenkaan ole oleellista vaikutusta prosessin sisältöön.

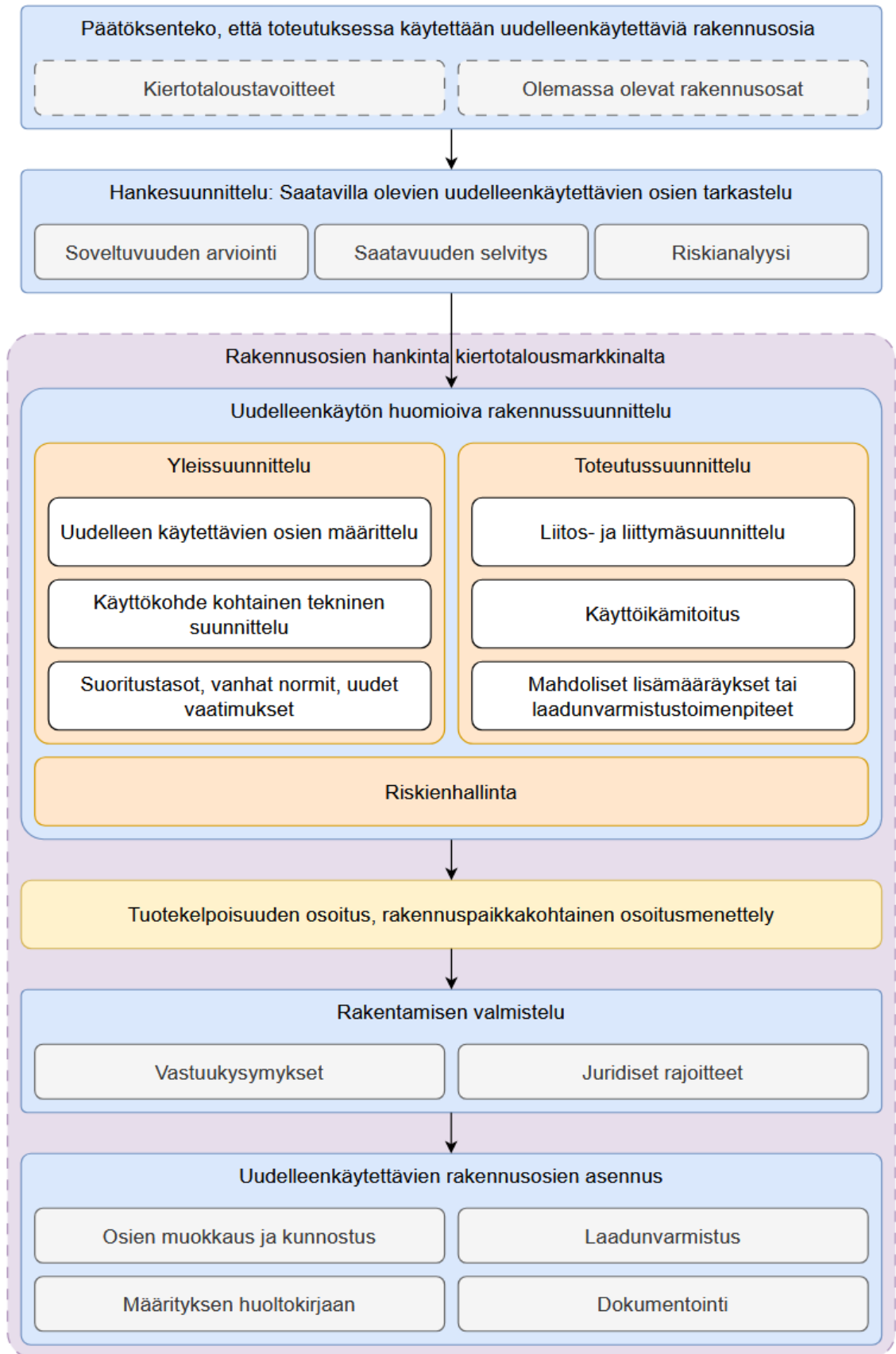


**Kuva 6.** Luovuttajarakennuksen uudelleenkäytettävien osien kiertotalousprosessi (Rakennustietosäätiö RTS b, 2025 mukailen, Wahlström et al. 2019 mukailen)

Kuvan 6 mukaisesti ensimmäisessä vaiheessa luovuttajarakennuksen uudelleenkäyttöprosessi alkaa uudelleenkäyttöpäätöksestä, joka voidaan tehdä rakennuksen purkupä-

töksen yhteydessä tai jo hyvissä ajoin ennen varsinaisen purkutyön alkua, jolloin uudelleenkäyttökelpoiset rakennusosat voidaan laskea markkinoille nopeasti. Luovuttajarakennuksessa käynnistetään uudelleenkäyttöselvitys, minkä rinnalla suoritetaan usein rakennuksen purkukartoitus. Uudelleenkäyttöselvityksen ja purkukartoituksen lopputuloksena on koonti uudelleenkäytettävistä rakennusosista sekä kierrätyksen kautta materiaalikiertoon palautettavista materiaaleista (Rakennustietosäätiö RTS, 2025; Wahlström et al., 2019).

Nykyinen lainsäädäntö ei mahdollista rakennusosan tuotekelpoisuuden osoitusta ennen irrotusta tai luovuttamista uudelleenkäyttäväksi, vaan se on aina osaa uudelleenkäyttävän tahon rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuulla (Ympäristöministeriö, 2022). Uudelleenkäytettävien rakennusosien kiertotalousmarkkinan kehityksen kannalta rakennustuotelainsäädännön kehitys, siten että myös uudelleenkäyttävä rakennusosa voi saada tuotehyväksynnän, nähdään erittäin tärkeänä (Zhu et al., 2022. 130–131). Uudelleenkäyttöselvityksen mukaisten uudelleenkäyttöön soveltuvien rakennusosien kiertotalousprosessi jatkuu ehjänä irrotuksen suunnittelulla. Irrotussuunnittelussa osan irrotus, siirrot työmaalla, suojaus ja varastointi suunnitellaan siten, että osa säilyy ehjänä eikä sen ominaisuuksia turmella irrottamisen jälkeen. Viimeinen vaihe ennen osan laskemista kiertotalousmarkkinalle on osan varsinainen irrotus ja käsittely. Osan kuljetusten ja varastoinnin onnistuminen on keskeisessä roolissa osan uudelleenkäyttökelpoisuuden säilyvyyden kannalta. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b; Zhu et al., 2022)

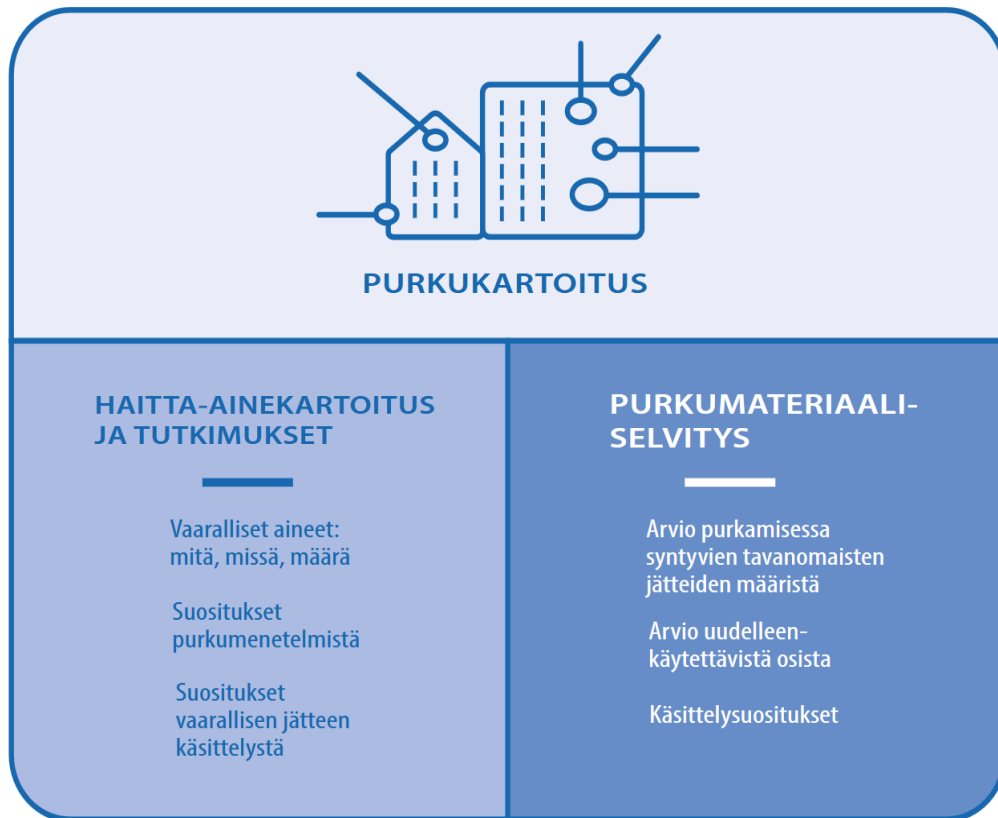


**Kuva 7.** Rakennusosan uudelleenkäyttöprosessi uudelleenkäyttökohteessa (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b s.146–147 mukailten; Zhu et al., 2022 mukailten)

Rakennusosien kiertotalousprosessi jatkuu päätöksestä hyödyntää uudelleenkäyttökelpoisia rakennusosia kuvan 7 mukaisesti. Päätöksentekoa voivat ohjata hankkeeseen ryhtyvän omat kiertotaloustavoitteet tai käytettävissä olevat uudelleenkäyttökelpoiset rakennusosat. Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään saatavilla olevien uudelleenkäytettävien osien soveltuvuus toteutettavaan kohteeseen yleisellä tasolla sekä niiden saataavuus. Uudelleenkäytettävien rakennusosien hankintatavoista, -tahoista tai -aikatauluista ei ole tällä hetkellä selvää käsitystä hankintakanavien ja markkinan puuttuessa (Zhu et al., 2022). Hankesuunnittelun jälkeen uudelleenkäytettävien rakennusosien käyttö ja tarvittavat muokkaukset suunnitellaan yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheissa. Lisäksi uudelleenkäytettäviin rakennusosiin ja niiden terveellisyyteen ja turvallisuuteen liittyvä riskienhallinta on tärkeää erityisesti, kunnes lainsäädäntö tunnistaa uudelleenkäytettävät rakennusosat rakennustuotteina. Nykylainsäädännön perusteella rakennushankkeeseen ryhtyvän on aina huolehdittava uudelleenkäytettävän rakennusosan tuotekelpoisuuden osoituksesta rakennuspaikkakohtaisella menettelyllä. Suunnittelun ja tuotekelpoisuuden osoituksen jälkeen siirrytään rakentamisen valmisteluun. Ennen rakennustöitä uudelleenkäytettävien rakennusosien käyttöön liittyvät vastuukysymykset ja sopimustekniset rajoitteet on määriteltävä rakennushankkeen eri tahojen välillä. Viimeisenä vaiheena kiertotalousprosessissa on rakennusosan asennus, asennukseen liittyvä laadunvarmistus ja dokumentointi sekä käytönaikainen seuranta. Uudelleenkäytettävien rakennusosien riskienhallinnan kannalta kattava asennuksen ja käytön aikainen laadunvarmistus ja olosuhdehallinta auttaa riskienhallinnassa sekä mahdollisten ongelmatilanteiden vastuunjaossa. (Rakennustietosäätö RTS b, 2025)

### **3.1 Purkukartoitus**

Ensimmäinen askel kiertotalouden toteutumiseen purkukarttoituksen käyttöönotolla. Purkukartoitus perustuu EU komission 2018 julkaisemaan Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings-ohjeeseen, jonka pohjalta ympäristöministeriö julkaisi purkukartoitusoppaan vuonna 2019. Purkukartoituksen sisältö on tiivistetyksi esitetty kuvassa 8 (Wahlström et al., 2019).



**Kuva 8.** Purkukartoituksen sisältö (Wahlström et al., 2019)

Purkukartoitus on rakennushankkeeseen ryhtyvälle toistaiseksi vapaaehtoinen toimenpide, missä yhdistyy purkumateriaaliselvitys sekä haitta-ainekartoitus. Purkumateriaaliselvityksen tavoitteena on edistää kiertotalouden toteutumista tunnistamalla purettavasta kohteesta uudelleenkäytettäväksi soveltuvia materiaaleja ja rakennusosia. Purkumateriaaliselvitykseen kootaan kattavat määräluettelot purettavan kohteen materiaaleista ja rakennusosista. Määräluetteloista erotellaan uudelleenkäyttökelpoiset ja kierrätettävät materiaalit sekä suositukset niiden käsittelytavoista ja arviot niiden uudelleenkäytön hyödyistä ja rajoitteista. Purkumateriaaliselvityksen osana määritellään arvio purkamisesta syntyvistä vaarattomista jätteiden määristä sekä jätelajien erilliskeräyksen suositukset. (Wahlström et al., 2019)

Haitta-ainekartoitus on aina purkuhankkeessa pakollinen selvitys, jotta jätteen vaarallisuus pystytään määrittelemään (Jätelaki 646/2011, 12 §). Haitta-ainekartoituksessa selvitetään ja paikallistetaan purettavaan materiaaliin valmistusvaiheessa tai käytön aikana sitoutuneiden ihmiselle ja ympäristölle haitallisten aineiden pitoisuudet. Kartoituksessa haitta-aineiden esiintyminen ja pitoisuudet varmennetaan materiaalinäytteistä. Eri haitta-ainelöydösten vaikutus purkumateriaalin käsittelyyn vaihtelee ainekohtaisesti. Haitta-ainekartoituksen raportissa esitetään suosituksia haitta-aineita sisältävien rakennusosien

poistomenetelmistä. Kartoitusraporttiin liitetään myös arvio vaarallisten jätteiden määräistä ja suositukset vaarallisia aineita sisältävien jätteiden käsittelystä. (Wahlström et al., 2019)

### 3.2 Uudelleenkäyttöselvitys

Uudelleenkäyttöselvitys aloitetaan uudelleenkäyttökartoituksella, jossa tunnistetaan potentiaaliset uudelleenkäytettävät rakennusosat sekä kootaan lähtötiedot tutkimuksia varten. Kartoituksessa arvioidaan rakennusosien uudelleenkäyttöpotentiaalia, uudelleenkäyttöön liittyviä riskejä sekä rakennusosaan kohdistuneita käytönaikaisia uudelleenkäyttökelpoisuuteen liittyviä rasituksia. Kartoituksen tavoitteena on kohdentaa jatkotutkimukset potentiaalisimpiin rakennusosiin. Kartoituksen perusteella laaditaan alustavat arviot uudelleenkäytettävistä osista, niiden määristä sekä arvio niiden uudelleenkäyttökelpoisuudesta eri käyttötarkoituksissa. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b s. 25–27, 31–32)

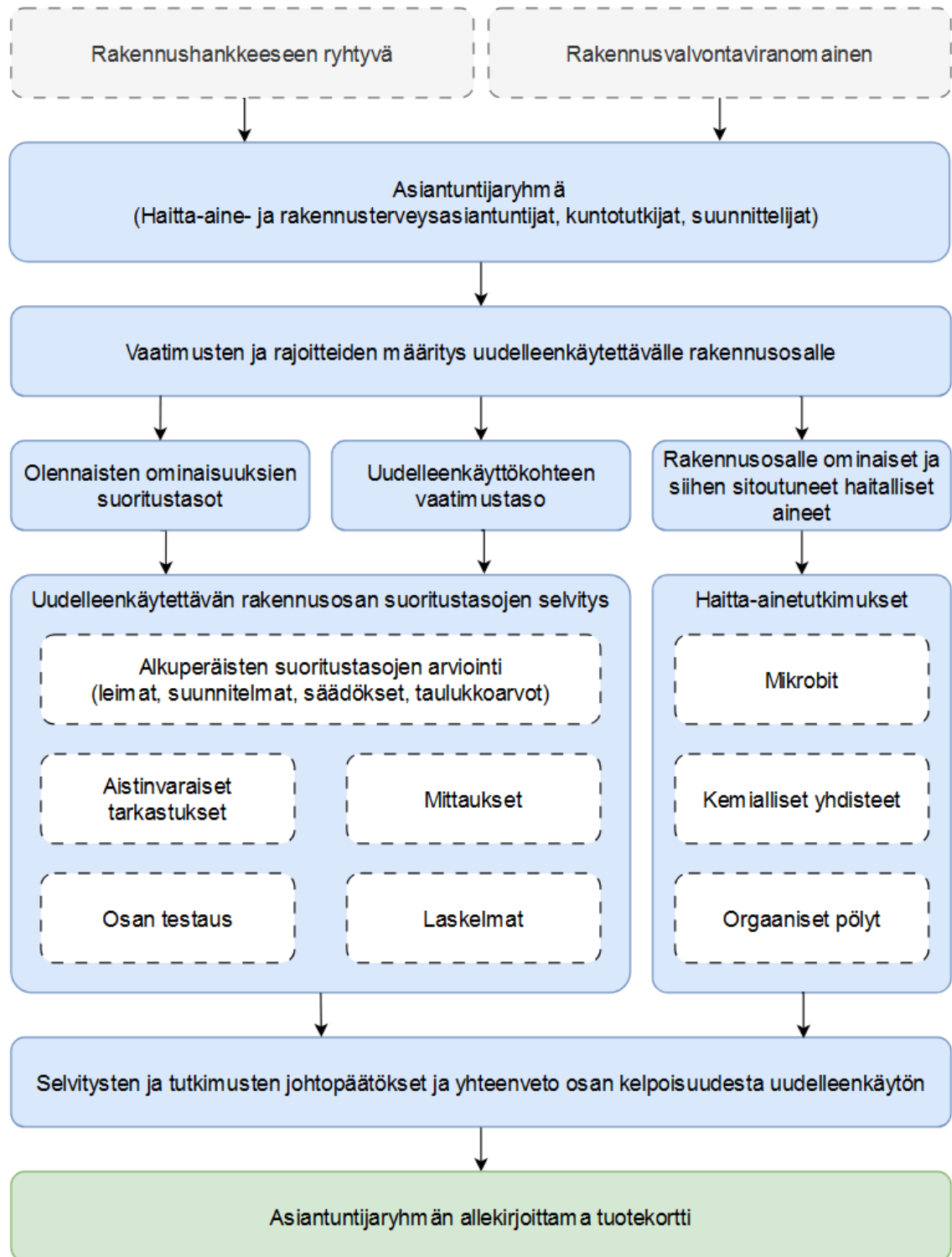
Kartoituksen tulosten perusteella laaditaan tarkempi uudelleenkäyttöselvityksen tutkimussuunnitelma. Mikäli uudelleenkäyttökohde ja sen vaatimukset ovat tiedossa, voidaan tutkimukset kohdentaa vastaamaan tunnistettujen vaatimusten suoritustasoja. Mikäli uudelleenkäyttökohde ei ole tiedossa, tulee suoritustasoja tarkastella osalle ominaisissa käyttökohteissa yleisesti. Tutkimussuunnitelman sisältö ja sen edellyttämät tutkimukset voivat vaihdella runsaasti riippuen lähtötietojen määrästä ja laadusta, tunnetusta käyttöhistoriasta sekä tunnistetuista riskeistä. Tutkimussuunnitelmaan määritellään muun muassa käytettävät tutkimusmenetelmät, materiaalinäytteiden otantakoot, tunnistetut riskit ja tulosten epävarmuustarkastelu. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b s. 27–32)

Uudelleenkäyttöselvityksen viimeisessä vaiheessa toteutetaan tutkimussuunnitelman mukaiset tutkimukset, joilla varmennetaan uudelleenkäytettävän rakennusosan uudelleenkäyttökelpoisuus. Erilaisilla tutkimuksilla selvitetään osan suoritustasot ja varmennetaan turvallisuuteen sekä terveellisyyteen liittyvät tekijät. Tutkimukset voivat perustua alkuperäisten suunnitelmien tarkasteluun, mittauksiin, laskelmiin, aistinvaraiseen tarkasteluun tai osan testaamiseen. Tutkimuksissa ominaisuuksien selvittämisessä edetään vaiheittain kriittisimpien, uudelleenkäytön poissulkevien ominaisuuksien tutkimuksista merkitykseltään vähäisempiin tekijöihin. Uudelleenkäyttöselvityksen tuloksia käytetään rakennusosien uudelleenkäytön suunnittelun lähtötietoina. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b s. 27–32)

### 3.3 Tuotekelpoisuuden osoitusprosessi

Tämän tutkimuksen kontekstissa tuotekelpoisuuden osoitusprosessilla tarkoitetaan uudelleenkäytettävän osan nykyinsäädännön mukaisen rakennuspaikkakohtaisen tuotekelpoisuuden osoittamiseksi vaadittua prosessia ja siihen liittyviä toimia. Prosessiin liittyvät toimet jakautuvat osin ennen osan irrotusta tehtäviin toimenpiteisiin ja osin irrotuksen jälkeen, uudelleen asennusta edeltäviin tehtäviin. Uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotekelpoisuuden osoitusprosessi käynnistyy rakennusvalvontaviranomaisen edellyttäessä uudelleenkäytettävältä osalta rakennuspaikkakohtaista tuotekelpoisuuden osoitusta (954/2012).

Tuotekelpoisuuden osoittaminen perustuu kelpoisuutta hakevan asettaman ja rakennusvalvontaviranomaisen päteväksi katsoman asiantuntijaryhmän selvitystyöhön sekä siihen perustuviin viranomaispäätöksiin. Asiantuntijaryhmältä vaaditaan riittävää osaamista ja kokemusta rakennusten kunnon, haitta-aineiden ja rakennusterveyden tutkimiseen sekä rakennus-, korjaus-, rakenne- tai rakenneosasuunnitteluun. Nykyisessä lainsäädännössä tai asetuksissa ei kuitenkaan tällä hetkellä ole määritelty tuotekelpoisuuden selvittämiseen vaadittuja pätevyksiä, jolloin rakennusvalvontaviranomainen joutuu tekemään hankekohtaisen arvioinnin asiantuntijoiden pätevydestä tuotekelpoisuuden selvittämiseksi. Uudelleenkäytettävän osan rakennusosakohtaisen tuotekelpoisuuden osoitusprosessi on esitetty kuvassa 9. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b; Huuhka et al., 2023 s. 51, 55–56)



**Kuva 9.** Tuotekelpoisuuden osoitusprosessi (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b mukailen)

Tuotekelpoisuuden osoitusprosessi alkaa uudelleenkäytettävän rakennusosan vaatimusten ja rajoitteiden määrittämisellä. Vaatimusten ja rajoitteiden määrittelyssä selvitetään ne rakennusosan keskeiset vaatimukset, mitkä osan täytyy täyttää, jotta se voi toimia

uudelleenkäyttökohteessa rakennustuotteena. Olennaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi rakennusosan mitat, rakenteelliset ominaisuudet sekä arvioitu jäljellä oleva käyttöikä. Suoritusasteiden määrittämisessä voi soveltaa esimerkiksi harmonisoiduista tuotes-tandardeista tai kansallisista tyyppihyväksyntävaatimuksista löytyviä arvoja. Vaatimusten määrittely on suoraviivaisempaa sellaisissa tilanteissa, missä uudelleenkäytettävän rakennusosan uudelleenkäyttökohde on tiedossa. Tällöin uudelleenkäytettävälle raken-nusosalle pystytään usein määrittämään kohdekohtaisia vaatimuksia eri ominaisuuksille ja suoritusasteille. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b s. 25–26, 43)

Rakennusosan suoritusasteiden selvityksessä voidaan hyödyntää osan alkuperäisiä suo-ritusasteita. Alkuperäisiä suoritusasteita voidaan arvioida hyödyntämällä osan alkuperäi-siä suunnitelmia, alkuperäisen rakennusajankohdan säädöksiä, standardeja, laskenta-malleja ja taulukkoarvoja sekä tarkastelemalla osasta löytyviä leimoja tai merkintöjä. Pelkkä osan alkuperäisten suoritusasteiden tarkastelu ei aina riitä, sillä uudelleenkäytet-tävä rakennusosa on altistunut käyttökänsä aikana erilaisille rasituksille, joilla voi olla vaikutusta osan uudelleenkäytettävyyteen. Rasitusten vaikutusten määrittäminen osan kelpoi-suuteen vaatii usein tarkempia tutkimuksia ja testausta. Tutkimukset voivat olla aistinva-raista tarkastelua, ainetta rikkomattomia tutkimuksia tai ainetta rikkovia näytteenottoja ja koestustutkimuksia. (Räsänen et al., 2024; Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b)

Keskeinen osa rakennusosan tuotekelpoisuutta on sen turvallisuus rakennuksen käyttä-jille koko rakennuksen tai rakennusosan elinkaaren ajan (751/2023 § 33). Uudelleen-käytettävästä rakennusosasta on osoitettava, ettei se tule uudelleenkäytettynä aiheutta-maan vaaraa terveydelle tai ympäristölle. Tuotekelpoisuuden osoitusprosessissa raken-nusosalle laaditaan riskiarvio, jonka tavoitteena on tunnistaa rakennusosaan kohdistuva vaarallisten aineiden aiheuttama riski uudelleenkäytettävyydelle. Haitta-ainetutkimusten suunnittelussa ja tutkittavien haitta-aineiden valinnassa on otettava huomioon osalle ominaisten haitta-aineiden lisäksi myös siihen käytön aikana mahdollisesti sitoutuneet haitta-aineet. Haitta-aineita on voinut sitoutua rakennusosaan sen tuotannon, asentami-sen ja käytön yhteydessä, osa on voinut kontaminoitua käytön aikana ympäristön pääs-töistä tai osaan on muodostunut haitallista mikrobikasvustoa. Haitta-ainetutkimusten to-teutuksessa noudatetaan ympäristöministeriön *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekni-nen kuntotutkimus* -opasta ja RT-korttia *Haitalliset aineet rakennuksissa. Tutkijan ohje*. (Zhu et al., 2022 s. 80–81, 103–104; RT 103501, 2022; Pitkäranta, M. 2016).

Uudelleenkäytettävälle rakennusosalle määritetyt suoritusasteet sekä haitta-ainetutki-muksien tulokset dokumentoidaan ja niistä laaditaan johtopäätökset osana uudelleen-käyttöselvitystä. Johtopäätöksissä arvioidaan kokonaisuutena osan kelpoisuutta ja so-

veltuvuutta uudelleenkäyttöön. Mikäli selvityksissä ei ole ilmennyt esteitä uudelleenkäytölle, laaditaan siitä tuotekortti, mihin on kirjattu osan oleelliset suoritustasot, haitta-ainetutkimusten tulokset sekä suunnittelijoiden arviot tuotteen soveltuvuudesta uudelleenkäyttöön. Asiantuntijaryhmän laatima tuotekortti tai muu selvitysaineisto toimii rakennusosan tuotekelpoisuudenosoitus dokumenttina. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b s. 190)

Tuotekelpoisuuden osoituksen tutkimuksissa on paljon yhtäläisyyksiä uudelleenkäyttöselvityksen tutkimuksiin ja purkukartoituksen haitta-ainekartoitukseen. Haitta-ainetutkimukset voidaan yhdistää tai aiemmin tehtyjen tutkimuksien tuloksia voidaan hyödyntää rakennusosan tuotekelpoisuuden osoituksessa tarvittavissa tutkimuksissa. Yhdistettäessä purkukartoituksen haitta-ainetutkimus, uudelleenkäyttöselvityksen tutkimukset ja tuotekelpoisuuden selvitys, tulee näytteenotossa huomioida tutkimuksien erilaiset tavoitteet. Purkukartoituksen haitta-ainetutkimuksella tutkitaan materiaalin jäteluonnetta, kun taas uudelleenkäyttöselvityksessä ja kelpoisuudenosoituksessa tutkitaan uudelleenkäytettävän tuotteen kelpoisuutta, jolloin haitta-aineiden raja-arvot ja tutkittavat haitta-aineet saattavat erota toisistaan. Uudelleenkäytettävän rakennusosan haitta-aineiden raja-arvot tulee valita käyttöturvallisuuden vaatimusten mukaisesti eikä niissä voi soveltaa esimerkiksi jätteen kaatopaikkakelpoisuuden määrittämisessä käytettäviä raja-arvoja. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b; Zhu et al., 2022)

## 4. HAITTA-AINEET RAKENNUSTEOLLISUUDEN KIERTOTALOUDESSA

Tässä työssä haitta-aineilla tarkoitetaan kaikkia rakenteisiin sitoutuneita ihmiselle haitallisiksi todettuja aineita. Historiassa rakentamisessa on käytetty rakennusmateriaaleja, jotka on myöhemmin todettu ihmiselle haitalliseksi, kuten asbesti, PCB-yhdisteet, lyijy ja kivihiiliterva. Haitta-aineet voivat kulkeutua rakenteisiin myös käytön aikana erilaisten päästöjen ja vuotojen kautta tai rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisen käytön aiheuttamana. Esimerkiksi öljyhiilivedyt ja glykoli ovat yleisiä käytön aikana rakenteeseen kulkeutuvia haitta-aineita teollisuusrakennuksissa. Haitta-aineita voi lisäksi kehittyä rakenteisiin erilaisten kemiallisten reaktioiden kautta. Kemiallisten reaktioiden käynnistymiseen tarvitaan usein jokin ympäristön muutos, joka luo edellytykset reaktion käynnistymiselle. Yleisenä käynnistäjänä on rakenteeseen päässyt kosteus. Kosteus mahdollistaa esimerkiksi muovimattojen pehmentimien hajoamisreaktion. (Rakennustietosäätiö RTS. 2025 b; RT 103501, 2022; Zhu et al., 2022)

Nykyisen lainsäädännön nojalla rakennusosan uudelleenkäytön sääntelyn keskiössä ovat tuotekelpoisuuden osoitus sekä osan jätteeksi määrittelyn välttäminen. Rakennusosan uudelleenkäyttö tulee käytännössä mahdottomaksi, mikäli sen tuotekelpoisuutta ei pystytä osoittamaan viranomaisten vaatimalla tavalla tai jos se luokitellaan jätelain mukaisesti jätteeksi pois lukien materiaalit, joille on säädetty EEJ-menettely. Haitta-ainelöydökset voivat asettaa suoraan esteitä tuotekelpoisuudelle ja jätteeksi määrittelyn välttämiseksi. Voimassa olevan lainsäädännön mukaan haitta-ainelöydökset eivät kuitenkaan suoraan tarkoita osan olevan uudelleenkäyttökelvoton. Osan on kuitenkin täytettävä rakennusosan keskeiset vaatimukset, eli sen on oltava puhdas, terveellinen ja turvallinen. (Rakennustietosäätiö RTS. 2025 b s. 21–25; Zhu et al., 2022)

Suomen lainsäädäntö ei tunnista suoraan käsitettä haitta-aine, mutta useat lait ja asetukset ottavat kantaa ihmisille haitallisten aineiden sallittuihin pitoisuuksiin, aineiden käsittelyyn sekä yleisiin vaatimuksiin rakennusten käyttöturvallisuudesta ja -terveellisyydestä. Alle on koottu keskeisiä haitta-aineita käsitteleviä säädöksiä:

- Terveydensuojelulain mukaan asunnon ja muun sisätilan sisäilmasto-olosuhteet tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu tiloissa oleskeliijoille terveyshaittaa (Terveydensuojelulaki 763/1994 § 26).
- Rakentamislain mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sisäilmaolosuhteiltaan terveelliseksi ja

turvalliseksi. Lisäksi rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakentamisessa käytetään sellaisia tuotteita, joista ei käyttöikänsä aikana aiheudu haitallisia päästöjä sisäilmaan tai ympäristöön. (Rakentamislaki 751/2023 § 33)

- EU:n rakennustuoteasetuksen liitteessä luetelluissa rakennuskohteen perusvaatimuksissa on esitetty sisällöltään rakentamislakia vastaavia vaatimuksia käytettäville rakennustuotteille. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011, 2011, Annex I)
- Asumisterveysasetukseen on kirjattu toimenpiderajoja joillekin sisäilmassa havaituille haihtuville orgaanisille yhdisteille (VOC), formaldehydille ja hiukkasmaisille epäpuhtauksille. (Asumisterveysasetus 545/2015 § 15–19)
- Työturvallisuuslain mukaan työnantaja vastaa työympäristön ja siihen vaikuttavista sisäilman kemiallisista, fysikaalisista ja biologisista tekijöistä ja näihin liittyvistä riskien hallinnasta. (Työturvallisuuslaki 738/2002 § 37–40)
- EU:n kemikaalilainsäädännön nojalla terveydelle ja ympäristölle vaarallisten aineiden käyttöä rakennusteollisuudessa voidaan rajoittaa, asettaa luvan varaiseksi tai kieltää. EU:n kemikaalilainsäädäntö koostuu kahdesta asetuksesta; REACH- ja POP-asetus. REACH-asetus koskee EU-alueen kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, lupamenettelyä sekä rajoituksia, ja POP-asetuksessa säädetään pysyvien orgaanisten yhdisteiden käytön rajoituksia. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 2019/1021)
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 55/2025 säädetään sitovia HTP-arvoja työpaikan ilmassa havaittavien haitallisten aineiden pitoisuuksista. HTP-arvot olettavat, että vaaralliselle aineelle altistutaan työympäristössä, eli korkeintaan kahdeksan tuntia vuorokaudessa viitenä päivänä viikossa. HTP-arvoja voidaan soveltaa harkinnan mukaan oleskelutilojen sisäilman terveellisyden arvioinnissa 10 % summasäännön avulla, mikäli pidempiaikaisen altistuksen ohjearvoja ei ole saatavilla. (HTP-asetus 55/2025; Sosiaali- ja terveysministeriö, 2025; Talotekniikkainfo, 2025)

Edellä mainittujen säädösten keskeinen vaatimus kaikille rakennusosille, myös uudelleenkäytettäville osille on, etteivät ne saa aiheuttaa asennusaikana tai käyttöikänsä aikana haittaa tai vaaraa ihmisille tai ympäristölle. Uudelleenkäytettävien osien haitta-aineiden tutkimusten osalta edellä mainituissa säädöksissä esitetyt haitta-aineiden raja-

arvot liittyvät usein haitta-ainepitoisuuksiin rakennuksen sisäilmassa eivätkä itse rakennusosaan sitoutuneen haitta-aineen pitoisuuteen. Poikkeuksena on EU:n kemikaalilainsäädäntö, jossa on määrätty joitain pitoisuusrajoja materiaalien haitta-aineille.

Tällä hetkellä olemassa olevat uudelleenkäytettävien rakennusosien ja materiaalien terveellisyteen, turvallisuuteen ja hygieniaan liittyvissä haitta-ainetutkimuksen tulkintaohjeissa on puutteita. (Zhu et al., 2022 s. 106–107). Uuden rakentamislain edellyttämään purkujäte- ja rakennusmateriaaliselvitykseen on selvitettävä vaarallisia aineita sisältävät materiaalit (Ympäristöministeriö 2024 a). Ainoa pakollinen selvitettävä haitta-aine on asbesti ja muiden vaarallisten aineiden raportointi on vapaaehtoista (Ympäristöministeriön asetus purkumateriaali- ja rakennusjätteselvityksestä 1089/2024).

Selvien uudelleenkäyttöön liittyvien rakennusosien sisältämien haitta-aineiden toimenpide- ja raja-arvojen puuttumisen vuoksi uudelleenkäytettävän rakennusosan turvallisuuden ja terveellisyden arviointi on tulkinnanvaraista. Osan terveellisyden ja turvallisuuden tarkastelua voidaan nykyisten säädösten puolesta tehdä eri näkökulmista. Arvioinnissa voidaan hyödyntää olemassa olevia vaaralliseksi jätteeksi luokittelun raja-arvoja, yleisten haitta-ainetutkimusten raja-arvoja ja hyödyntämiskelpoisuuden arvioinnin raja-arvoja. Arvioinnissa toimenpide- tai raja-arvon ylitys tulisi tulkita uudelleenkäytön estävänä. Mikäli uudelleenkäytettävässä osassa esiintyy edes raja-arvot alittavia haitta-aineiden pitoisuuksia, tulee osan uudelleenkäyttö suunnitella siten, ettei siitä aiheudu haittaa ihmisille tai ympäristölle. (Zhu et al. 2022 s.104–106)

Nykyinen lainsäädäntö mahdollistaa, ainakin periaatteessa, haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäytön, mikäli voidaan osoittaa, ettei siitä aiheudu vaaraa ihmisille tai ympäristölle. Vaarallisia jätteitä koskevaa lainsäädäntöä ei sovelleta uudelleenkäytettävään osaan, mikäli sitä ei missään vaiheessa luokitella jätteeksi. Myös POP-asetus sallii sellaisten POP-yhdisteitä sisältävien esineiden uudelleenkäytön, jotka ovat olleet käytössä ennen POP-asetuksen ainetta koskevan rajoituksen voimaantuloa ja joita ei ole luokiteltu missään kohtaa jätteeksi (Ympäristöministeriö 2024 b s 36).

Haitta-ainetutkimuksissa on huomioitava, että nykyisten haitta-ainetutkimusten tavoitteina on tunnistaa purkutyöturvallisuuden sekä jätteen käsittelyn näkökulmasta oleellisia yhdisteitä, eivätkä ne vastaa kaikilta osin uudelleenkäytettävien osien haitta-ainetutkimustarpeita. Tutkittaessa uudelleenkäytettävää rakennusosaa, on tutkimuksissa huomioitava osan alkuperäisten rakenteiden ja niihin lisättyjen aineiden lisäksi myös mahdolliset käytön aikana osaan päätyneet tai ympäristön rasiusten aiheuttamat haitalliset aineet. (Zhu et al. 2022 s.104)

Rakennusosien uudelleenkäytön ja erityisesti haitta-aineita sisältävien osien hyödyntämisen ollessa vielä hyvin marginaalista, ei säädösten käytännön soveltamisesta ole vielä kokemuksia. Haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyy myös merkittäviä riskejä rakennushankkeeseen ryhtyvälle ja kiinteistön omistajalle puhtaiden raaka-aineiden käyttöön verrattuna. Omistaja vastaa terveydensuojelulain vaatimuksista ja rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa rakentamislain vaatimuksesta rakennuksen terveellisyydestä ja turvallisuudesta (Rakentamislaki 751/2023 § 33; Terveysuojelulaki 763/1994 § 26).

#### **4.1 Uudelleenkäytettävän kiviaineisen rakennusosan tutkittavat haitta-aineet sekä raja-arvot**

Rakennuksissa ja rakenteissa esiintyviä ihmiselle ja ympäristölle vaarallisia aineita tunnetaan melko hyvin ja niiden tutkimuksista ja raja-arvoista on saatavilla kohtuullisesti aineistoa. Saatavilla olevista raja-arvoista suurin osa kuitenkin keskittyy sisäilmassa esiintyvien haitta-aineiden tai ympäristövaikutusten tutkimuksiin, mitkä eivät palvele kaikilta osin uudelleenkäyttökelpoisuuden selvitystä (Rakennustietosäätiö RTS. 2025). Tämän tutkimuksen aihepiiriin kuuluvien kiviaineisten rakennusosien haitta-aineiden raja-arvoja löytyy eri lähteistä jonkin verran. Raja-arvojen lähteinä on käytetty muun muassa korjausrakentamisessa käytettyjä haitta-aineiden pitoisuuksien raja-arvoja, jätteen vaarallisuuden määrittämisen ohjeita, kiviaineisen purkujättemurskeen MARA- ja EEJ-asetuksen mukaisia haitta-aineiden raja-arvoja sekä POP- ja REACH-asetusten raja-arvoja. Edellä mainitut tutkimukset perustuvat osan sisältämien haitta-aineiden tutkimuksiin.

Sisäilmakontaktissa tai suljettujen ulko-oleskelualueiden, kuten parvekkeiden, läheisyydessä käytettävien osien haitta-ainepitoisuuksiin on suhtauduttava kriittisemmin, kuin ulkoalueilla käytettävien osien kohdalla. Rakennusosaan sitoutuneiden haitta-aineiden siirtymä osasta ympäröivään ilmaan riippuu haitta-aineen ominaisuuksista. Nykyisen tutkimustiedon valossa oleellisia haitta-ainepitoisuuksia sisältävien rakennusosien uudelleenkäyttöä sisäilmakontaktissa sekä siihen verrattavissa käyttökohteissa on syytä välttää. Mikäli osaa halutaan haitta-ainepitoisuuksista huolimatta käyttää uudelleen, voidaan osasta emittoituvia epäpuhtauksia tutkia emissiomittausmenetelmillä (Rakennustietosäätiö RTS. 2025 c).

Sisäilman sisältämille haitta-aineille löytyy jonkin verran toimenpide- ja raja-arvoja eri säädöksissä, kuten luvun alussa esiteltiin. Sosiaali- ja terveysministeriö on julkaissut kattavan kokoelman haitallisiksi tunnettuja pitoisuusarvoja ilman epäpuhtauksille työpaikoilla. HTP-arvoilla pyritään suojelemaan työntekijöiden terveyttä työympäristöissä,

joissa voidaan altistua vaarallisille ilman epäpuhtauksille. Raja-arvoja on annettu 15 minuutin ja 8 tunnin altistusajoille. HTP-arvot on vahvistettu osaksi sitovaa lainsäädäntöä sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella (55/2025). HTP-arvoja ei voida suoraan soveltaa pidempiaikaiseen oleskeluun tarkoitettuihin tiloihin, kuten asuntoihin. Yleisesti oleskelutilojen ilman epäpuhtauksien pitoisuuksien yhteenlaskettu summa ei saa nousta yli 10 %:iin kahdeksan tunnin HTP-arvosta (Talotekniikkainfo, 2025). Rakennusosien uudelleenkäytön kannalta HTP-arvojen soveltaminen on mahdollista pintaemissiotutkimuksia hyödyntämällä. Asumisterveysasetuksessa on määritelty toimenpiderajoja joillekin sisäilman epäpuhtauksille, kuten naftaleenille, styreenille ja formaldehydille. Lisäksi asetuksessa on määritelty sisäilman asbestikuitupitoisuudelle toimenpideraja (Asumisterveysasetus 545/2015).

Uudelleenkäytettäville rakennusosille ei ole olemassa vastaavia osasta ympäristöön siirtyvien haitta-ainepäästöihin liittyviä puhtausluokituksia, kuten uusien rakennusosien kansallinen M-luokitus ja uusiomateriaaleista valmistettujen osien UMT-luokitus (RT 07-11299, 2018). Sisäilmakontaktiin suunniteltujen uudelleenkäytettävien rakennusosien haitta-aine-emissioita voidaan kuitenkin periaatteessa tutkia vastaavilla menetelmillä, kuin puhtausluokiteltavatkin. Emissioiden vertailuarvoina voidaan periaatteessa soveltaa puhtausluokkien mukaisia raja-arvoja. Uudelleenkäytettävien osien emissiotestaus on kuitenkin epävirallista ja melko kallista, joten sen tarpeellisuutta on arvioitava hyvin tapauskohtaisesti.

Kiviaineisissa rakennusosissa esiintyy luonnostaan maaperästä löytyviä ihmiselle haitallisia aineita, kuten sulfaatteja, epämetalleja ja metalleja. Lisäksi teollisesti valmistetuissa kiviaineisissa materiaaleissa, kuten betoni ja tiilet, voi esiintyä materiaaliin valmistusprosessin aikana lisättyjä haitallisiksi myöhemmin todettuja lisäaineita, joita on käytetty muokkaamaan materiaaliominaisuuksia. Esimerkiksi betonin valmistuksessa käytetään muun muassa notkistimia, huokoistajia ja sitoutumisnopeutta sääteleviä lisäaineita. Käytettyjen lisäaineiden joukossa on ollut muun muassa melamiini- ja naftaleenisulfonaatteja sekä PCB-yhdisteitä sisältäviä tuotteita (Zhu et al. 2022 s.143–146; Tuhkanen et al. 2007; Maijala et al. 2003; Palomäki 1993). Betonin valmistuksessa sementtiä ja kiviainesta runkoainesta on korvattu käyttämällä lentotuhkaa, masuunikuonaa sekä kevytsoraa (Uusitalo et al. 2022). Näiden korvaavien raaka-aineiden mukana rakennusosaan on voinut kulkeutua haitallisia pitoisuuksia esimerkiksi metalleja. Paikalla valettuihin betonirakenteisiin on saatettu lisätä asbestia parantamaan betonin palonkestoa (RT 103501, 2022).

Kiviaineisissa rakennusosissa esiintyvistä haitta-aineista merkittävä määrä sijaitsee erilaisissa pinnoitteissa, vedeneristeissä ja kiinnitysaineissa. Yksi yleisimmistä haitta-aineista on asbesti. Asbesti on yleisnimitys kuitumaisten silikaattimineraalien joukolle, joita on käytetty rakennusteollisuudessa eri käyttötarkoituksissa. Asbestin käyttö on kiellettyä ja materiaali luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, mikäli se sisältää yli 0,1 painoprosenttia asbestia ja tällöin uudelleenkäyttö on kiellettyä. Historiassa asbestin käyttö on ollut hyvin yleistä erilaisissa ruiskubetonituotteissa, kiinnityslaasteissa, liimoissa, maaleissa ja pintamateriaaleissa kuten vinyylilaatoissa sekä muovi- ja linoleumimatoissa sen mekaanisten ominaisuuksien sekä palonkeston vuoksi. Asbestia on käytetty yleisesti myös itsenäisissä rakennusosissa, kuten rakennuslevyissä ja ilmanvaihtokanavissa sekä taloteknisten asennusten eristeissä ja tiivisteissä. Asbestin kuitumaisen koostumuksen vuoksi se ei imeydy materiaaleihin ja sen poistaminen tapahtuu poistamalla asbestia sisältävä rakennekerros mekaanisesti (RT 103501, 2022; Ratu 82–0347, 2010).

Kiviaineiset rakennusosat ovat suhteellisen huokoisia, minkä vuoksi erilaiset kemikaalit imeytyvät niihin helposti sekä voivat levitä materiaalin huokosverkostossa. Erityisesti erilaisten betonituotteiden, laastien, tasoitteiden sekä poltettujen tiilien huokoisuus mahdollistaa kemikaalien leviämisen materiaalissa. Materiaaliin voi levitä kemikaaleja esimerkiksi pinnoitteista, vedeneristeistä tai käytönaikaisten päästöjen kautta. Yleisiä kiviaineisiin rakennusosiin imeytyneitä haitta-aineita ovat öljyhiilivetyjen eri fraktiot ja bentseenin, tolueenin, etyylibentseenin ja naftaleenin muodostamat BTEX-yhdisteet, polyaromaattiset hiilivedyt eli PAH-yhdisteet sekä polykloorattut bifenyylit eli PCB-yhdisteet. Mainitut haitta-aineet ovat usein peräisin erilaisista öljyvuoodoista, bitumituotteista, valuasfaltista tai tiivistysmassoista. (RT 103501, 2022; Komulainen et al., 2011 s. 96–104)

Yleisesti haitta-aineiden vaikutus luonnonkivisten osien uudelleenkäyttöön riippuu oleellisesti käyttöympäristön vaatimusten lisäksi osan kivilajista ja sen huokoisuudesta. Tiheät ja yhtenäiset kivilajit eivät ole yhtä alttiita haitta-aineiden aiheuttamalle saastumiselle, kuin huokoiset kivilajit. Tiheät ja yhtenäiset kivilajit kestävät haitta-ainerasitusta paremmin, kuin esimerkiksi marmori ja muut hyvin huokoiset kalkkikivilajit. Kivilajin lisäksi kiviaineksessa saattaa olla alueellisesti tai kerroksellisesti muodostunutta vaihtelua. Lustoinen tai muuten haitta-aineiden leviämistä edesauttavia huokoisia ja halkeamia sisältävä kiviaines altistaa kiviosaa imeytyvien haitta-aineiden vaikutuksille. Luonnonkiviaineiset rakennusosat saattavat lisäksi sisältää luonnostaan ympäristölle tai ihmiselle haitallisia pitoisuuksia metalleja tai epämetalleja. Osalle luontaisia haitta-aineita on syytä tutkia, mikäli osaa ollaan uudelleenkäyttämässä terveellisyyden ja turvallisuuden kannalta vaativassa kohteessa, kuten sisäilmakontaktissa. (Hernandez et al., 2024; Lisci et al., 2023)

Purkukohteen käytön aikaisen toiminnan kemikaalivuodoista ja -roiskeista sekä muista lähteistä rakennusosiin voi kulkeutua huomattavia määriä haitallisia aineita rakenteisiin. Yleisimpiä syitä haitta-ainelöydöksille ovat poltto-, voiteluaine- ja jäteöljyvuodot sekä erilaisten teollisissa prosesseissa käytettyjen koneistusöljyjen roiskeet. Öljyvuodoista ja koneistusöljyroiskeista rakenteisiin voi päätyä öljyhiilivetyjen lisäksi BETX- ja PAH-yhdisteitä sekä raskasmetalleja (RT 103501, 2022; Komulainen et al., 2011). Sahateollisuudessa on käytetty runsaasti erilaisia ihmiselle haitallisia aineita, joita on voinut päätyä rakenteisiin käytön aikana. Erilaisissa kyllästysaineissa on käytetty PAH-yhdisteitä sisältäviä kemikaaleja, kuten kreosootia ja eri metalliyhdisteitä, kuten CCA-kyllästettä, joka sisältää kromia, kuparia ja arseenia (Tukes n.d. b). Sähkölaitteiden eristeöljyjen lisäaineena on puolestaan käytetty PCB-yhdisteitä, jolloin kondensaattoreiden ja muuntajien öljyvuotojen seurauksena PCB-yhdisteitä on voinut imeytyä rakennusosiin (Komulainen et al., 2011).

Jotkin aineet saattavat aiheuttaa myös rakenteellisia vaurioita kiviaineisiin rakennusosiin. Erityisesti betonin sulfaattirasitus voi aiheuttaa betonirakenteen vaurioitumista. Sulfaatti käynnistää betonissa kemiallisia reaktioita, joissa syntyy ettringiittiä, joka on tilavuudeltaan moninkertaista lähtöaineisiin verrattuna. Tilavuuden kasvu muodostaa betoniin sisäistä painetta, joka aiheuttaa betonin rapautumista (António et al. 2023). Rakenteisiin sulfaatteja on voinut päätyä teollisuuden ja liikenteen rikkiyhdistepäästöjen tai erilaisten sulfaattiyhdistevuotojen kautta (RT 103501, 2022). Sulfaattiyhdisteitä on käytetty erityisesti sellu- ja lannoiteteollisuudessa (Mäntyranta, 2015; Berner n.d.). Uudelleenkäyttävien rakennusosien rakenteelliseen kestävyysvaikutukseen vaikuttavat haitta-aineet on tutkittava rakenteellisen kestävyysvarmentamiseksi. Osa rakenteen kestävyysvaikutavista aineista ei kuitenkaan ole ihmiselle haitallisia, joten niiden tutkiminen ei välttämättä kuulu normaaliin haitta-ainetutkimusohjelmaan.

Erityisesti uudelleenkäyttökelpoisuuteen ja -potentiaaliin vaikuttavia haitta-aineita ei ole määritetty yksiselitteisesti. Liitteen 1 taulukkoon on koottu eri lähteistä kiviaineisista rakennusosista tutkittavia haitta-aineita, joilla on tunnistettu olevan vaikutuksia osan uudelleenkäyttöön. Taulukkoon on lisäksi merkitty muiden EU-maiden vastaavia raja-arvoja. Näitä raja-arvoja voidaan hyödyntää harkiten uudelleenkäyttökelpoisuuden arvioinnissa.

Vaikka rakennusosien uudelleenkäyttöön vaikuttavia haitta-ainetutkimuksissa sovellettavia yksiselitteisiä raja-arvoja ei ole määritetty, voidaan liitteen 1 raja-arvoja soveltaa harkiten myös uudelleenkäytettäviin rakennusosiin. Kiviaineisten osien kannalta betonin EEJ-asetuksen raja-arvot ovat suoraan melko käyttökelpoisia, sillä raja-arvot alittava be-

tonimurske soveltuu käytettäväksi peittämättömänä ilman erityisiä rajoitteita. EEJ-asetuksen raja-arvojen lisäksi tutkimuksissa tulee huomioida RT 103501 listatut tutkittavat haitta-aineet, kuten asbesti, POP-yhdisteet sekä joitain fysikaalisia ominaisuuksia, kuten kelluvat epäpuhtaudet, hehkutushäviö ja liuennut orgaaninen hiili. Raja-arvoja voidaan soveltaa EEJ-asetuksen mukaisen käytön kaltaisiin käyttöympäristöihin vertautuvissa uudelleenkäyttökohteissa. Raja-arvoja voidaan soveltaa pääasiassa ulkokäytössä ja oleskelualueiden ulkopuolella uudelleenkäytettäviin osiin, joiden mahdolliset matalat haitta-aine-emissiot eivät aiheuta vaaraa turvallisuudelle tai terveellisyydelle. Tällaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi julkisivut tai kuorirakenteet etäällä parvekkeista sekä tilat, joissa ei oleskella, kuten varastot, pysäköintirakennukset ja liikennöintiväylien rakenteet, ulkotilojen kulkuväylien rakenteet sekä muut vastaavat rakenteet. Edellä mainituissa käyttökohteissa on kuitenkin otettava huomioon haitta-ainetutkimuksissa havaittujen aineiden vaikutuksia ainekohtaisesti, vaikka raja-arvot eivät ylittyisi. Esimerkiksi joidenkin PAH-yhdisteiden hajukynnys on hyvin matala, jolloin se voi haitata tai estää osan uudelleenkäyttöä, vaikka pitoisuus ei olisi terveydelle haitallisella tasolla.

## **4.2 Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimukset sekä niiden kohdentaminen**

Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainekartoitus voidaan toteuttaa soveltaen RT 10351 Haitalliset aineet rakennuksissa – tutkijan ohjekorttia. Tutkimuksissa on lisäksi huomiotava alustavan uudelleenkäyttökohteen vaatimusten sekä tuotekelpoisuuden osoittamisen edellyttämät tutkimukset. Haitta-ainetutkimusten eteneminen on esitetty kuvassa 10. (Rakennustietosäätiö RTS 2025 c; RT 103501, 2022)



leenkäytön lähtötiedoilla haitta-ainetutkimusten laajuus sekä tavoitteet pystytään määrittelemään, jotta esimerkiksi tuotekelpoisuuden osoittamiseksi on saatavilla riittävän kattava tutkimusaineisto. Haitta-ainetutkimuksen lähtötietojen, haitta-ainearvion ja uudelleenkäyttötavoitteiden pohjalta laaditaan tutkimussuunnitelma, jossa määritellään haitta-ainetutkimuksen laajuus, tutkimusmenetelmät, näytteenottolaajuus ja -menetelmät, tutkimuspisteet sekä tutkittavat haitta-aineet (Rakennustietosäätiö RTS 2025 c; RT 103501, 2022; Komulainen et al. 2011).

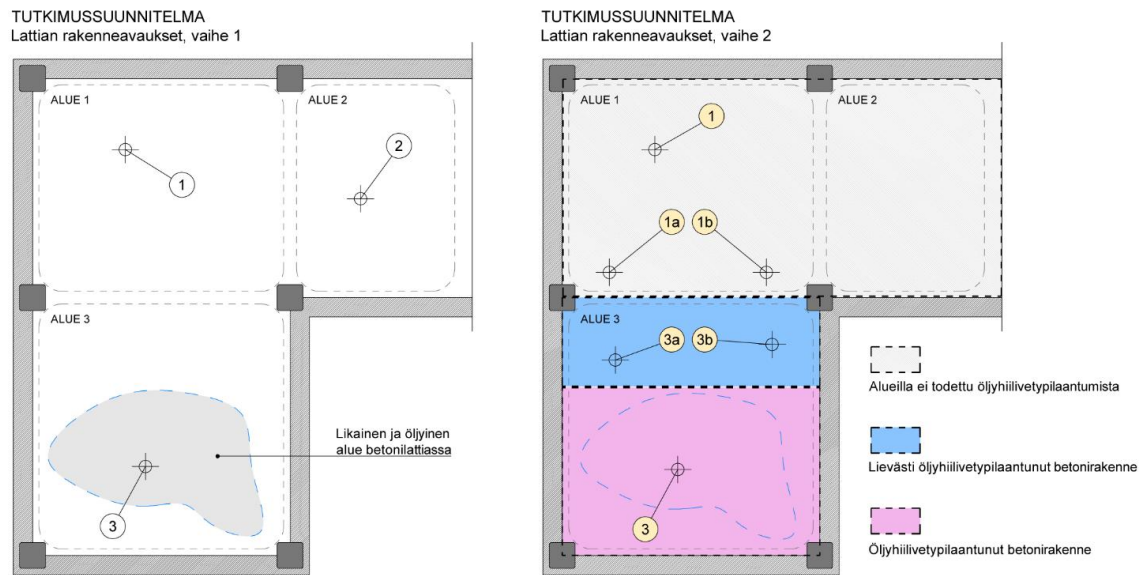
Rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaalin taloudellisten vaikutusten kannalta edullisimmassa tilanteessa rakennusosan puhtaus pystytään osoittamaan mahdollisimman kevyillä haitta-ainetutkimuksilla, jolloin uudelleenkäytön taloudellisesta saadaan hyödynnettyä arvosta suurempi osuus tutkimuskustannusten pysyessä matalina. Supistamalla uudelleenkäytettävän rakennusosan haitta-ainetutkimuksessa tutkittavia aineita sekä pienentämällä näytemääriä kuitenkin kasvatetaan riskiä havaitsematta jäävien haitta-aineiden aiheuttamista ongelmista osan uudelleenkäyttökohteessa. Uudelleenkäytettävän rakennusosan haitta-ainetutkimusten laajuus, tutkimusmenetelmät ja tutkimuspisteiden lukumäärä ovat siis tasapainoilua tutkimuskustannusten ja rakennusosan haitta-aineiden aiheuttamien uudelleenkäytön turvallisuuden ja terveellisyyteen liittyvien riskin välillä. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 c)

Haitta-ainetutkimuksessa voidaan hyödyntää erilaisia tutkimusmenetelmiä. Materiaali- ja ilmanäytteiden ohella tutkimuksessa voidaan hyödyntää aistinvaraista tarkastelua. Joi-tain haitta-aineita tai niiden lähteitä voidaan tunnistaa melko luotettavasti pelkällä visuaalisella tarkastelulla tai niiden ominaistuuksun perusteella (Komulainen et al. 2011). Aistinvaraisella tarkastelulla voidaan tunnistaa esimerkiksi potentiaalisesti asbestia sisältäviä rakennusmateriaaleja ja tunnistaa käytönaikaisia kemikaalivuotoalueita rakenteiden värimuutoksia tai öljymäisiä tuoksuja havainnoimalla (Komulainen et al. 2011). Aistinvaraisia havaintoja voidaan hyödyntää materiaalinäytteiden kohdentamisessa ja alustavassa haitta-ainearviossa (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 c). Haitta-aineiden luotettava tunnistus ja pitoisuuden määrittäminen edellyttää kuitenkin käytännössä aina materiaalinäytteen ottoa ja sen analysointia laboratorio-olosuhteissa. Näytteiden analysointimenetelmät ovat standardoituja ja ne on taulukoitu RT 103501 ohjeessa. (RT 103501, 2022).

Vanhat rakenteet saattavat olla kerroksellisia korjaus- ja muutoshistoriansa takia. Vanhojen rakennekerrosten päälle on asennettu uusia rakennekerroksia, jolloin aiemmin pintarakenteina toimineet rakennekerrokset voivat olla syvälläkin tutkittavassa rakenteessa. Haitta-ainetutkimuksissa rakenteiden kerrostuneisuus tulee selvittää lähtötietoaineiston muutoshistoriassa tehdyistä käyttötarkoituksen muutoksista ja peruskorjauksista, joissa

uusien materiaalikerrosten alle on voitu jättää vanhoja kerroksia. Lähtötietoaineiston havainnot tulee kuitenkin varmentaa koko rakenteen läpäisevällä poralieriönäytteellä. Rakenteiden kerrostuneisuutta arvioidessa on lähtötietoaineiston kattavuuteen suhtauduttava varauksella ja varmennettava muutosalueiden ulkopuolisetkin rakenteet läpiporamalla. Mikäli kerroksellisessa rakennusosassa havaitaan johonkin kerrokseen rajoittuvia haitta-aineita, voidaan harkita pilaantuneen kerroksen poistamista muun rakenteen uudelleenkäytön mahdollistamiseksi. Pilaantuneiden kerrosten poistamista ja kiertotalouden kannattavuutta tulee arvioida tapauskohtaisesti hankkeen kiertotaloustavoitteiden mukaisesti. Joidenkin haitta-aineiden, kuten asbestin kohdalla ne on aina poistettava rakenteista tai koko rakennusosa on käsiteltävä purettaessa vaarallisen jätteenä. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 c, RT 103501, 2022)

Uudelleenkäytön kannalta haitta-ainetutkimusten ensisijainen tavoite on tunnistaa rakenteessa olevat haitta-aineet sekä niiden pitoisuudet. Toisaalta on oleellista tuntea haitta-aineiden alueellinen levinneisyys, jotta rakenteista pystytään erottamaan uudelleenkäytökelpoiset alueet. Alueellisen levinneisyyden selvittämiseksi haitta-ainetutkimuksen näytteenottoja voidaan tehdä useammassa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa selvitetään rakennuksessa esiintyvät haitta-aineet kohdentamalla näytteenottopisteitä todennäköisimmille alueille lähtötietoja ja haitta-ainearviota hyödyntäen. Ensimmäisen vaiheen tutkimuksessa näytteenottopisteitä on syytä hajauttaa myös muille, arviointien perusteella puhtaiksi oletetuille alueille. Näytteenottopisteitä hajauttamalla voidaan varmistaa lähtötietoaineiston paikkaansa pitävyyttä sekä alustavasti rajata haitta-aineella pilaantuneita alueita. Seuraavassa näytteenottovaiheessa näytteenottopisteiden valinnalla pyritään rajaamaan haitta-ainelöydökset kiertotaloustavoitteiden ja teknisten rajoitteiden mukaisesti. Vaiheistetun näytteenoton toteutuksen ja pilaantuneen alueen rajaamisen periaate on esitetty kuvassa 11. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 c, RT 103501, 2022)



**Kuva 11.** *Vaiheistetun haitta-ainetutkimuksen materiaalinäytteidenoton ja alueellisen pilaantuneisuuden selvittämisen perusteet (RT 103501, 2022 s. 13).*

Näytteenottotaajuus tulee arvioida tapauskohtaisesti ja sovittaa hankkeen kiertotaloustavoitteisiin. Mikäli hankkeen, jossa havaitaan rakenteiden haitta-aineita, kiertotalousteelle on asetettu korkeat tavoitteet, voi materiaalinäytteiden määrä nousta korkeaksi, jotta uudelleenkäyttökelpoiset osat pystytään rajaamaan pilaantuneista alueista. Näytteenottopisteiden suuri määrä nostaa uudelleenkäytön kustannuksia merkittävästi ja voi estää hankkeen uudelleenkäyttöselvityksen taloudellisten tavoitteiden saavuttamisen. Toisaalta materiaalinäytteiden lukumäärän karsiminen vaikeuttaa puhtaiden ja haitta-aineilla pilaantuneiden rakennusosien erottelua ja lisää riskiä uudelleenkäytettävien rakennusosien haitta-ainejäämille. (Rakennustietosäätiö RTS 2025 b; RT 103501, 2022)

Emissiotutkimukset voidaan toteuttaa joko kokonaisemissiotutkimuksena, eli bulk-tutkimuksena tai pintaemissiotutkimuksena, eli FLEC- tai kammiomenetelmällä. Bulk-tutkimuksella selvitetään osan sisältämien haitta-aineiden haihtuvien yhdisteiden emissiopotentiaali. Bulk-tutkimuksen mittaustuloksia ei voida vertailla eri lähteiden sisäilman epäpuhtauksien toimenpiderajojen kanssa, vaan niiden avulla arvioidaan osan haihtuvien yhdisteiden kokonaisemissipotentialia. Tulosten perusteella ei voida tehdä arvioita pintaemissionopeuksista eivätkä ne ole vertailukelpoisia eri tutkimuslaitosten välillä. Pintaemissiotutkimuksilla voidaan puolestaan selvittää osasta haihtuvien epäpuhtauksien pintaemissionopeus osan pinnalta ympäristöön. FLEC-menetelmän mukainen pintaemissiotutkimus voidaan toteuttaa tutkimuskohteen vallitsevassa olosuhteessa tai vakio-olosuhteissa. Bulk-tutkimuksen tapaan FLEC-menetelmän tulokset ovat lähinnä viitteellisiä, eivätkä ne ole vertailukelpoisia eri tutkimuslaitosten välillä. Uusien rakennusosien puhtausluokittelussa käytetyllä standardoidulla emissiokammiomenetelmällä saadut mittaustulokset ovat vertailukelpoisia ja niitä voidaan verrata terveysperusteisiin raja-

arvoihin. Emissiokammiomenetelmällä saatuja tuloksia voidaan verrata esimerkiksi uusien rakennusosien M-päästöluokituksen tai uusiomateriaalien UMT-päästöluokituksen mukaisiin raja-arvoihin. Menetelmän heikkoutena on kuitenkin muihin emissiotutkimuksiin verrattuna vaaditun näytemäärän suuruus sekä korkeammat kustannukset. (Leino et al., 2019)

Uudelleenkäytön näkökulmasta emissiotutkimuksilla ei kuitenkaan välttämättä saavuteta riittävää lisäarvoa, jotta niiden korkeahkot kustannukset olisivat perusteltuja. Rakennusosan emissioiden sekä ilman epäpuhtauksien vaikutusten riippuessa ympäristön olosuhteista, on mahdollista, että vanhan ja uuden käyttötarkoituksen ja ympäristön erojen vuoksi osa ei käyttäydy emissiotutkimusten tulosten mukaisesti. Haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäyttökelpoisuuden tutkiminen sisäilmakontaktiin tai vastaavaan käyttötarkoitukseen ei nykytiedon valossa useinkaan ole taloudellisesti kannattavaa. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b; Leino et al., 2019)

### **4.3 Haitta-ainelöydösten riskienhallinta**

Rakennusosaa uudelleenkäyttöön liittyy aina korkeampi riski ongelmille, kuin uusia rakennusosia käytettäessä. Ongelmatilanteita voi syntyä esimerkiksi tilanteissa, missä osa alittaa sille määritellyt suoritustasot, ulkonäkövaatimukset, pitkäaikaiskestävyys tai osan sisältävät haitta-aineet aiheuttavat haittaa rakennuksen terveelliselle ja turvalliselle käytölle. Vallitseva rakennuspaikkakohtainen tuotekelpoisuuden osoitus lisää riskienhallinnan merkitystä, sillä uudelleenkäytetyn rakennusosan suoritustasojen ja terveellisyysvaatimusten täyttyminen ovat lähtökohtaisesti kokonaan osaa käyttävän rakennushankkeeseen ryhtyvän vastuulla. Tilanne eroaa oleellisesti uusien rakennusosien käytöstä, missä osan suoritustasojen täyttymisestä vastaa lähtökohtaisesti osan tuottaja. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025, b; Rakentamislaki 751/2023)

Uudelleenkäytettävien osien haitta-ainepitoisuuksien riskienhallinta perustuu ensisijaisesti ennakoivaan riskien tunnistamiseen ja riskiratkaisuiden välttämiseen. Kiertotaloudessa haitta-aineiden riskienhallinta ei eroa merkittävästi korjausrakentamisen riskienhallinnasta. Korjausrakentamisen lähtökohtana on, ettei rakenteissa saa olla raja-arvoja ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia, jotka selvitetään haitta-ainetutkimuksin. Sama lähtökohta pätee myös kiertotalouden mukaiseen rakennusosien uudelleenkäyttöön. Merkittävimmät erot korjausrakentamiseen verrattuna syntyvät osan uudelleenkäyttötavasta. Osan uudelleenkäyttö alkuperäisestä poikkeavassa kohteessa saattaa altistaa sen erilaisille rasituksille, mitkä voivat aiheuttaa haitta-aineiden laajempaa leviämistä verrattuna alkuperäiseen käyttöön. Toisaalta jos osa käytetään kokonaisuutena uudelleen, voi sen sisältämät haitta-aineet olla merkityksettömiä, jos ne eivät nykyisessä olomuodossaan

aiheuta haittaa ympäristölleen. (Rakennustietosäätiö RTS. 2025 c, Työturvallisuuslaki 738/2002)

Kattavat haitta-ainetutkimuksen ovat tehokkain tapa hallita haitta-aineiden aiheuttamia riskejä uudelleenkäyttöympäristössä. Riittävällä näytteenottomäärillä, kattavilla analyysillä sekä huolellisella tutkimussuunnitelman laadinnalla rakenteen haitta-aineista sekä niiden pitoisuuksista saadaan yleensä riittävän kattavasti tietoa uudelleenkäyttöön liittyvään riskiarvion laadintaan. Riskien hallintaa voidaan tehostaa ilman tarpeettoman suuria näytteenottomääriä vaiheistamalla ja keskittää tarkempia tutkimuksia alueille, joilta on havaittu haitta-aineita. Tutkimuksia voidaan kohdentaa myös uudelleenkäyttökohteen vaatimusten mukaan suorittamalla tarkempia tutkimuksia osille, joita aiotaan käyttää uudelleen vaativammassa olosuhteissa. Haitta-ainetutkimusten perusteella tehtävien riskiarvioiden on oltava riittävän konservatiivisia ja otettava huomioon riittävät virhemarginaalit. Haitta-ainelöydöksiin on suhtauduttava erityisen kriittisesti tavoiteltaessa osan uudelleenkäyttöä vaativissa olosuhteissa, kuten sisäilmakontaktissa. (Rakennustietosäätiö RTS 2025 c; Zhu et al. 2022)

Haitta-aineiden potentiaalisten riskien hallintaa voidaan tehostaa osien irrotuksen yhteydessä tehtävien kenttämittausten avulla pelkkien ennakkoon tehtyjen haitta-ainetutkimuksien lisäksi. Usein kevyemmät ja edullisemmat kenttämittausten menetelmät mahdollistavat näytteenottomäärien lisäämisen kohtuullisin kustannuksilla. Kenttämittausten näytteenottoa pystytään tekemään irrotustyön edetessä ja niiden avulla pystytään tarkkailemaan osien haitta-ainepitoisuuksien alueellista vaihtelua. Kenttämittausten menetelmiä ovat pääosin haitta-ainekohtaisia eikä mittausmenetelmiä ole saatavilla kaikille haitta-aineille, joten ne eivät voi korvata haitta-ainetutkimusten laboratoriomittauksia.

Uudelleenkäytettäville osille ei ole olemassa vastaavaa sisäilman päästöluokitusjärjestelmää, kuin uusille rakennustuotteille. Mikäli osaa halutaan käyttää uudelleen sisäilmakontaktissa ja sen on todettu sisältävän haitta-aineita tai haitta-aineista on vahva epäily, voidaan osan sisäilmariskin pienentämiseksi harkita uusien osien päästöluokitusten tutkimusten kaltaisia emissiotutkimuksia. Emissiotutkimusten kustannukset ovat kuitenkin usein niin korkeat, että uudelleenkäytettävien osien määrän on oltava riittävä ja lähtötilanteen haitta-ainepitoisuuksien riittävän alhainen, jotta emissiotutkimuksia on kannattavaa edes harkita. Emissiotutkimuksiin liittyy samat riskit haitta-aineiden alueellisuudesta, kuin muihinkin haitta-ainetutkimuksiin, mutta riskejä voidaan hallita tekemällä emissiotutkimukset tutkitusti haitta-aineita sisältävästä osasta. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 c; RT 07-11299, 2018)

Haitta-aineiden riskienhallinnan viimeinen taso on haitta-aineisiin liittyvien riskien realisoitumisen todennäköisyyden ja vaikutusten arviointi. Mikäli haitta-aineiden aiheuttamia riskejä ei pystytä hallitsemaan ennakoivasti, riskiarvioissa täytyy huomioida haitta-aineiden aiheuttamien ongelmien todennäköisyys sekä niiden laajuus ja vaikutukset. Haitta-aineiden aiheuttamien ongelmien todennäköisyyteen ei tule suhtautua kevyemmin pelkän kiertotalouden ja uudelleenkäytön perusteella. Rakennusosan uudelleenkäyttö tulee arvioida kokonaisuutena uudelleen, mikäli riskiarvion perusteella osan haitta-aineet aiheuttavat liian suuren riskin osan uudelleenkäytöstä johtuville ongelmille. Rakennusosan uudelleenkäyttöä voidaan yrittää vaihtamalla käyttökohde vaatimuksiltaan helpompaan ympäristöön, osan uudelleenkäytön selvitys voidaan lopettaa ja pyrkiä hyödyntämään osa kierrätysmateriaalina tai hylätä osaan kohdistuneet kiertotaloustavoitteet ja hävittää se hyödyntämiskelvottomana. (Rakennustietosäätiö RTS, 2025 b)

## 5. UDELLEENKÄYTTÖPOTENTIALIN JA HAITTA-AINEIDEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETELMÄ

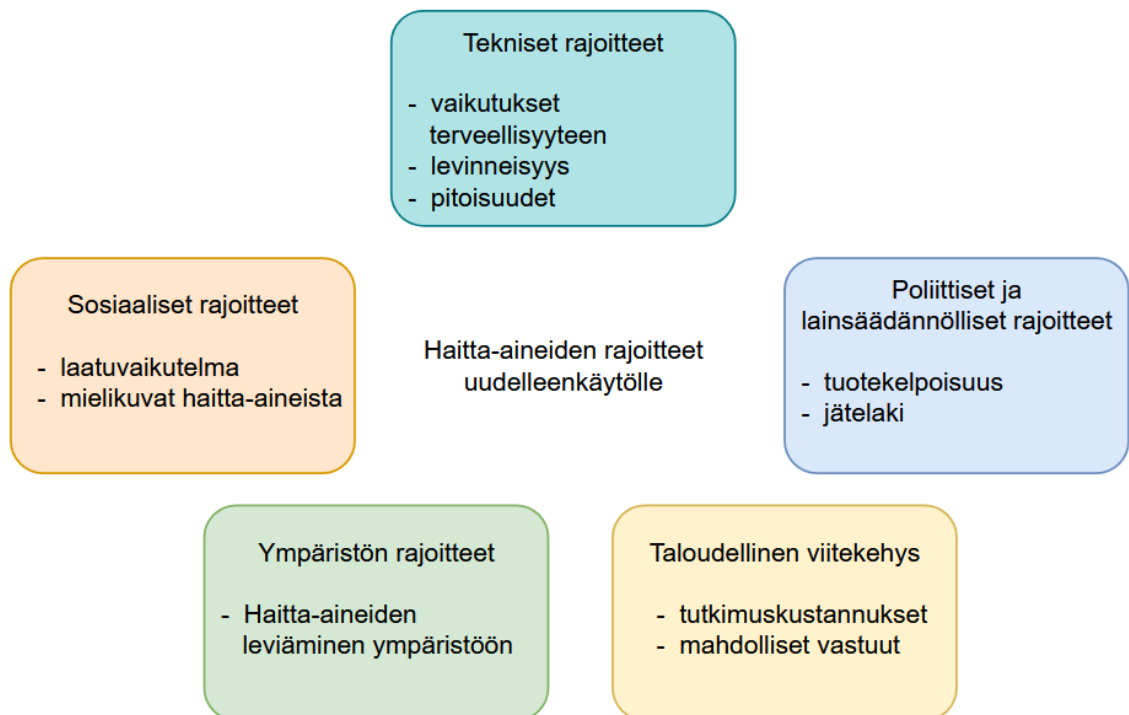
Uudelleenkäyttöpotentiaalille ei ole olemassa yleistä määritelmää, arvosteluperusteita tai raja-arvoja eikä sen määrittämiselle ole yleistä menetelmää. Potentiaalinn tunnistaminen on kuitenkin oleellisessa roolissa osan uudelleenkäytön edellytysten ja kannattavuuden selvityksessä. Rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaali on monimutkainen kokonaisuus, johon vaikuttaa lukuisia tekijöitä. Tässä työssä kehitetty menetelmä pyrkii mahdollistamaan tutkimusongelman mukaisen haitta-aineiden vaikutusten tarkastelun rakennusosan potentiaaliin. Tämän tutkimuksen uudelleenkäyttöpotentiaalinn arviointimenetelmä kehitettiin luvussa 2 esiteltujen viitekehysten mukaisesti. Menetelmä tarjoaa viitekehyskohtaiset haitta-aineiden vaikutusten arviointikriteerit. Arviointikriteerit perustuvat tutkimuksen tekohetkellä voimassa oleviin säädöksiin, ohjeisiin ja tekohetkellä käytössä olleeseen kiertotalousprosessiin.

Haitta-ainelöydöksillä on aina merkittävä vaikutus rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaaliin. Haitta-ainelöydökset voivat estää uudelleenkäytön kokonaan tai ne voivat rajoittaa uudelleenkäytettävän osan käyttökohteita. Haitta-ainelöydösten vaikutus tulee arvioida aina tapauskohtaisesti ja haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyy aina riskejä ja rajoitteita. Uudelleenkäytettävän rakennusosan on nyky määräysten valossa oltava suoritustasoiltaan uusien vastaavien osien tasolla tai osan suoritustasojen tulee olla osoitettu olevan uudelleenkäyttökohteen vaatimukset huomioiden riittävällä tasolla. Rakennusosan teknisten ominaisuuksien osalta niiden suoritustasot voidaan osoittaa melko suoraviivaisesti koestamalla ja testaamalla osaa. Haitta-ainelöydösten osalta suoritustasojen osoittaminen on hankalampaa. Haitta-aineiden vaikutus osan käyttöturvallisuuteen ja terveellisyyteen riippuu itse haitta-aineesta ja sen kyvystä levitä haitallisessa muodossa, haitta-aineen pitoisuudesta ja sen haitallisuudesta ihmisille ja ympäristölle. Esimerkiksi kiviaineisen rakennusosan sisältämät metallit eivät aiheuta merkittävää vaaraa ihmisille, mikäli ne pysyvät rakennusosan sisällä, kun taas kivihiilipiestä voimakkaasti haihtuvat PAH-yhdisteet voivat aiheuttaa vaaraa ihmiselle jo hyvin pieninäkin pitoisuuksina. (Rakennustietosäätiö RTS n.d. 2025 b; Zhu et.al, 2022)

Haitta-aineilla ei ole kiertotaloutta tai uudelleenkäyttöpotentiaalia erityisesti mahdollistavia tai edistäviä vaikutuksia, vaan ne ainoastaan rajoittavat uudelleenkäyttöä. Mahdollistajat kyetään usein tunnistamaan osan uudelleenkäytön valmistelun yhteydessä, ja ole-

massa oleva tutkimusaineistossa mahdollistajia käsitellään kattavasti. Tämän vuoksi tutkimuksen rajauksen mukaisesti seuraavien lukujen aikana niitä käsitellään hyvin pinta-puolisesti keskittyen haitta-aineiden aiheuttamien rajoitteiden arviointiin. Myöhemmin tutkimuksessa esiteltävässä case-hankkeessa toteutettiin uudelleenkäyttöpotentiaalin kokonaistarkastelu.

Tämän tutkimuksen kontekstissa rajoitteilla tarkoitetaan sellaisia reunaehtoja, joiden täyttyessä rakennusosan uudelleenkäytölle ei ole esteitä ja se täyttää hankkeelle asetetut kiertotaloustavoitteet. Reunaehto- jen ulkopuolelle jäävät tekijät ovat uudelleenkäyttöön liittyviä riskitekijöitä. Nämä riskitekijät eivät välttämättä ole suoria esteitä osan uudelleenkäytölle, mutta ne voivat olla niin ilmeisiä tai vaikutuksiltaan niin merkittäviä, ettei uudelleenkäytöllä saatava arvo ole riittävää niiden kattamiseksi. Haitta-aineiden viitekehyskohtaiset yleiset rajoitteet sekä reunaehto- jen periaatteet on esitetty kuvassa 12.



**Kuva 12.** Haitta-aineiden yleiset rajoitteet uudelleenkäytölle viitekehysittäin

Rajoitetarkastelun keskeinen ajatus on tarkastella rakennusosan uudelleenkäyttöä mahdollisimman laajana kokonaisuutena. Haitta-ainelöydösten vaikutusta arvioidessa tarkastelussa huomioidaan eri uudelleenkäyttökohteiden ja rakennusosan eri haitta-aineiden vaikutukset rajoitteisiin ja riskitekijöihin sekä kiertotaloustavoitteiden saavuttamiseen. Mikäli tarkastelun perusteella osan uudelleenkäytölle ei ole riittäviä edellytyksiä tai reunaehdot ylittävät riskit nähdään liian suuriksi, voidaan tarkastelun reunaehtoja säätää luokan sisäisen liikkumavaran avulla tai laskemalla hankkeen kiertotaloustavoitteita. Esi-

merkiksi kiertotalousasteen tavoitteita pienentämällä tai taloudellisia tavoitteita laske-  
malla voidaan tarkastelun tulos saada osumaan reunaehtoihin siten, että uudelleenkäy-  
tön edellytykset täyttyvät.

Kappaleissa 5.1–5.5 tarkastellaan haitta-aineiden vaikutuksia uudelleenkäyttöpotentiaa-  
liin viitekehyskohtaisesti. Kappaleessa 5.6 esitellään uudelleenkäyttöpotentiaalin arvi-  
ointimenetelmä sekä sen tekninen esitysmuoto.

## **5.1 Poliittiset ja lainsäädännölliset rajoitteet**

Poliittiset ja lainsäädännölliset rajoitteet kattavat kiertotaloutta ja uudelleenkäyttöä oh-  
jaavan lainsäädännön kansallisella ja EU-tasolla sekä eri viranomaisten toiminnan. Uu-  
delleenkäytön kannalta merkittävimmät lainsäädännön rajoitteet muodostuvat jätelaista,  
rakennustuotteiden tuotekelpoisuutta ja tyyppihyväksyntää ohjaavasta rakennustuote-  
lainsäädännöstä sekä rakentamislaisista. Vaikka poliittinen tahtotila kiertotalouden ja ra-  
kennusosien uudelleenkäytön tehostamiseksi on olemassa, ovat nykyiset voimassa ole-  
vat säädökset uudelleenkäytön kannalta kankeita ja tulkinnanvaraisia. Lisäksi säädösten  
muutokset uudelleenkäyttöä paremmin mahdollistaviksi tapahtuvat hitaasti. EU:n harmo-  
nisoidut tuotestandardit eivät tunnista tällä hetkellä uudelleenkäytettävää rakennusosaa.  
Näin ollen myöskään haitta-aineiden vaikutuksesta uudelleenkäyttöön ei ole säädetty  
EU-tason rakennustuotelainsäädännössä. EU:n kemikaalilainsäädännön POP- ja  
REACH-asetukset mahdollistavat periaatteessa myös haitta-aineita sisältävien raken-  
nusosien uudelleenkäytön.

Vakiintuneiden käytäntöjen ja selvien uudelleenkäyttöön liittyvien säännösten puuttu-  
essa ja uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotekelpoisuuden osoituksen hakiessa  
edelleen toimintamalliaan, voidaan haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleen-  
käytössä törmätä haasteisiin. Erityisesti rakennuspaikkakohtaisen tuotekelpoisuuden  
osoituksen ollessa ainoa menetelmä uudelleenkäytettävän osan tuotekelpoisuudelle,  
saattaa uudelleenkäytön edellytyksissä olla suuria alueellisia eroja. Kuntien vastuulla  
olevilla rakennusvalvontaviranomaisilla ei välttämättä ole riittävää osaamista ja resurs-  
seja tuotekelpoisuuden hyväksymiseksi. ELY-keskukset toimivat jäteasioissa ohjaavana  
ja valvovana viranomaisena ja ne vastaavat jätelain tulkinnasta sekä rakennusosakoh-  
taisen jätteeksi määrittelyn soveltamisesta.

Uudelleenkäytön viranomaisrajoitteiden selvittämiseksi sekä uudelleenkäytön mahdolli-  
sittamiseksi keskustelu tuotekelpoisuudesta ja jätetestuksesta päättävien viranomaisten  
kanssa on hyvä aloittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta paikallisten viran-  
omaisten kanta ja heidän asettamat rajoitteet rakennusosien uudelleenkäytölle voidaan

ottaa huomioon. Keskustelun aikainen avaamisen on erityisen tärkeää, kun tavoitteena on käyttää uudelleen haitta-aineita sisältäviä rakennusosia. Valtakunnallisten säännösten ja käytäntöjen puuttuessa viranomaiset saattavat asettaa erityisiä vaatimuksia rakennusosan uudelleenkäyttöselvitykselle ja sen haitta-ainetutkimuksille, irrotustyölle ja tuotekelpoisuuden osoitukselle sekä käyttökohteille. He voivat myös harkintansa mukaan rajoittaa uudelleenkäyttöä tai estää sen kokonaan tulkitsemalla osan jätteeksi tai hylkäämällä rakennuspaikkakohtaisen tuotekelpoisuuden. (ARA, 2024; Kinnunen, 2024; Hassinen, 2021)

Asiantuntijatyöllä voidaan valmistella ja edesauttaa viranomaisten uudelleenkäyttöön liittyviä päätöksiä. Uudelleenkäyttöselvitykseen voidaan sisällyttää selvityksiä ja lausuntoja uudelleenkäytettävän rakennusosan suoritustasoista, suunnitellusta uudelleenkäyttövästä sekä uudelleenkäytön ympäristövaikutuksista, joihin viranomaisten tuotekelpoisuus- ja jätestatus päätökset voivat perustua. Asiantuntijalausunnoilla voi olla ratkaiseva rooli sellaisissa tilanteissa, missä viranomaisten asiantuntemuksen ja resurssien puute uhkaa rajoittaa uudelleenkäyttöä.

## 5.2 Tekniset rajoitteet

Uudelleenkäytettävien rakennusosien teknisillä rajoitteilla tarkoitetaan niitä reunaehtoja, joiden puitteissa rakennusosa täyttää käyttökohteen edellyttämät suoritustasot ja täyttää rakentamislain vaatimukset osan turvallisuudesta, terveellisyydestä ja teknisestä toimivuudesta. Yhtenäisten arviointikriteerien ja yleisten suoritustasovaatimusten puuttuessa teknisten rajoitteiden määrittäminen voi olla haastavaa. Erityisesti uudelleenkäytettävän osan haitta-ainelöydösten vaikutukset teknisiin rajoitteisiin vaativat usein tapauskohtaista harkintaa. Uudelleenkäyttöympäristöllä on keskeinen rooli määriteltäessä haitta-ainelöydösten vaikutusta teknisiin rajoitteisiin. Haitta-aineiden lisäksi osan teknisellä kunnolla ja suoritustasoilla, kuten mekaanisella kestävyydellä on oleellinen vaikutus osan uudelleenkäyttöpotentiaaliin. Rakennusosan teknisiin ominaisuuksiin liittyvät rajoitteet ovat usein määräävässä asemassa osan uudelleenkäyttöpotentiaalimäärittämisessä.

Haastavimpia uudelleenkäyttöympäristöjä ovat asuin- ja toimitilarakennusten sekä muiden pidempiaikaiseen oleskeluun tarkoitettujen rakennusten sisäilman kanssa kosketuksessa olevat ja niiden välittömässä läheisyydessä olevat rakennusosat. Sisäilman terveellisyys ja turvallisuus eivät saa vaarantua uudelleenkäytön vuoksi, joten haitta-aineita sisältävien rakennusosien käyttöön sisäilmakontaktissa on suhtauduttava hyvin kriittisesti. Erityisesti erilaiset haihtuvat ja kaasumaiset haitta-ainepäästöt, kuten PAH-, VOC- ja BTEX-yhdisteet sekä lyhytkestoiset hiilivety-yhdisteet ovat merkittäviä sisäilman vaa-

ratekijöitä, jotka aiheuttavat suoraa terveydellistä haittaa. Haihtuvia haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäyttöä sisäilmastoymäristössä tulisi välttää kokonaan. Toisaalta rakennusosan sisällä olevat kaasuuntumattomat haitta-aineet eivät muodosta välttämättä suoraan haittaa käyttöturvallisuudelle, mikäli haitta-aine ei pääse siirtymään ihmiseen tai ympäristöön liukenemalla, kulumalla tai suoran kontaktin kautta.

Muilla kuin oleskelutilojen sisäilman kanssa kosketuksessa olevilla rakennusosilla on huomattavasti pienempi vaikutus rakennuksen sisäilman laatuun, terveellisyyteen ja turvallisuuteen. Tällaisia rakenteita ovat muun muassa erilaiset julkisivujen kuorirakenteet, erilaiset ulkoalueiden rakennukset ja rakenteet sekä varastotilat. Tämän tyyppisten rakennusosien pienempää vaikutusta sisäilman laatuun voidaan harkiten hyödyntää haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäytön mahdollistamisessa. Rakennusosassa olevien haitta-aineiden vaarallisuudella, leviämiskyvyllä sekä pitoisuuksilla on keskeinen vaikutus siihen, voidaanko osan uudelleenkäyttöä pitää perusteltuna. Osan haitta-aineet eivät saa levitä rakennuksen sisäilmaan esimerkiksi ilmapuotona tai ilmanvaihdon kautta, eikä niistä saa aiheutua haittaa esimerkiksi asuinhuoneistojen parvekkeille. Ulkotilassa ja muissa kulutukselle ja kastumiselle altistuvissa tiloissa olevien rakennusosien uudelleenkäytössä on huomioitava myös liukenemalla, kulumalla tai suoran kontaktin kautta ympäristöön mahdollisesti leviävät haitta-aineet.

Kiviaineisten rakennusosien kiertotalouden kannalta epäedullisin, mutta toisaalta selkein hyödyntämiskanava on murskata kiviaines ja hyödyntää sitä neitseellisen kalliomurskeen sijasta. Mursketta voidaan valmistaa kahden eri asetuksen mukaisesti. Vanhempi MARA-asetus mahdollista purkujätebetonin murskaamisen ja käyttämisen peitettyinä väylä- ja pohjarakentamisessa ja uudempi EEJ-asetus mahdollistaa jätestatuksen purkamisen, ja EEJ-asetuksen mukaisesti tuotettu murske on aina myös CE-merkittyä. Molemmille asetuksille yhteistä on kuitenkin se, että raaka-aineena käytetään jätteeksi määriteltyä betonia, jolloin sitä ei voida pitää tämän tutkimuksen mukaisena uudelleenkäytönä, vaan se on kierrätystä. Molemmille asetuksille on määritelty kattavat haitta-aineiden raja-arvot, joita on käsitelty tarkemmin liitteen 1 taulukossa. Jätebetonin murskaus on kiertotalouden kannalta tärkeä jätemäärien pienentämisen ja hyödyntämisteen parantamisen keino ja se on tietyissä tilanteissa ainoa teknisesti käyttökelpoinen tapa palauttaa kiviaineisia rakennusosia takaisin materiaalikiertoon.

Haitta-aineiden vaikutusten arviointi rakennusosan uudelleenkäyttökelpoisuuteen ja turvallisuuteen on haastavaa, jos uudelleenkäyttökohde ei ole tiedossa ennen osan irrottamista. Suoritustasovaatimusten puuttuminen ja niiden standardoimattomuus vaikeuttavat markkinavetoisen kiertotalouden kehittämistä. Nykyinen rakennuspaikkakohtainen tuotekelpoisuusmenettely estää tuotekelpoisuuden varmentamisen irrotusvaiheessa, mikä

rajoittaa markkinoiden syntymistä ja osien kaupallista hyödyntämistä. (Toorikka et al., 2024)

Kiertotaloutta ja kaupallista uudelleenkäyttöä mahdollistavat ja tukevat tekniset toimitusketjut, kuten rakennusosien teollinen ehjänä irrottaminen, logistiikkajärjestelmät, välivarastointikapasiteetti- ja toimijat sekä osien mahdollinen korjaus- ja muokkausteollisuus puuttuvat tällä hetkellä kaupallisella tasolla käytännössä kokonaan. Rakennusosien haitta-aineilla ei ole merkittävää vaikutusta uudelleenkäytön logistiisiin järjestelyihin, mikäli rakennusosien on todettu olevan uudelleenkäyttökelpoisia, ja osien käsittelyssä huomioidaan haitta-aineiden edellyttämät työturvallisuuden varmistustoimet. Osien irrotuksessa sekä työstämisessä on otettava huomioon osien sisältämien haitta-aineiden työturvallisuusriskit sekä työstämisen yhteydessä irtoavan aineksen mukana kulkeutuvien haitta-aineiden ympäristö- ja terveystriskit.

### **5.3 Taloudelliset rajoitteet**

Tällä hetkellä uusien rakennusosien kustannukset ovat alhaisemmat verrattuna vastaavaan uudelleenkäytettävään osaan, sillä uudelleenkäyttöön liittyvät selvitykset ja työvaiheet nostavat kustannuksia (Nußholz et al. 2019). Lisäksi kaupallisen tason uudelleenkäytettävien rakennusosien saatavuus on myös tällä hetkellä hyvin heikkoa uudelleenkäytettävien rakennusosien markkinoiden puuttuessa käytännössä kokonaan. Kaupallisten markkinoiden puuttuessa osien saatavuus rajoittuu pääasiassa erilaisten asiantuntijaverkostojen sekä yksittäisten kaupallisten toimijoiden varaan. Pelkästään taloudellisen hyödyn saavuttaminen rakennusosia uudelleenkäyttämällä on hyvin haastavaa nykytilanteessa. Lisäksi uudelleenkäytettyihin osiin liittyvien ongelmien vastuukysymyksiin ei ole tällä hetkellä selviä vastauksia. Uudelleenkäytön aiheuttamiin ongelmatilanteisiin liittyy aina taloudellisia riskejä.

Rakennusosien uudelleenkäytön taloudelliset rajoitteet muodostuvat yleensä rakennushankkeeseen ryhtyvän tai hankkeen rahoittajan ennakkoon asettamista kaupallisista reunaehdoista, eivätkä niinkään rakennusosien ominaisuuksista tai uudelleenkäyttökohdeiden vaatimuksista. Tämän vuoksi taloudellisten rajoitteiden määrittelyssä korostuu hankkeen kiertotaloustavoitteiden asettelu sekä arvovalintojen rooli. Tällä hetkellä rakennusosien uudelleenkäytöllä pyritään saavuttamaan pääasiassa muita tavoitteita taloudellisten tavoitteiden kustannuksella, kuten ympäristöhyötyjä ja uudelleenkäytön käytännön kokemusta. Rakennusosien uudelleenkäytön ollessa pilotointi- ja tutkimusvaiheessa, kiertotaloudesta ja uudelleenkäytöstä saatava käytännön kokemus, tutkimustulokset sekä muut uudelleenkäytöllä saavutettavat arvot ylittävät usein taloudellisesta hyödystä saatavan arvon.

Haitta-aineiden vaikutus rakennusosan uudelleenikäytön taloudellisiin rajoitteisiin voi ilmetä uudelleenikäyttöprosessin eri vaiheissa. Haitta-aineiden taloudellisia rajoitteita voi muodostua uudelleenikäyttöselvityksen tutkimuskustannuksista, osan uudelleenikäytön edellyttämien kunnostustoimenpiteiden kustannuksista sekä osan kaupallisen arvon laskusta. Haitta-ainetutkimuskustannukset voivat nousta niin korkeiksi, ettei uudelleenikäytölle ole taloudellisia edellytyksiä. Haitta-ainetutkimusten kattavuutta voidaan harkinnan mukaan keventää tilanteissa, mikäli osaa käytetään uudelleen ympäristössä, jossa sen sisältämillä haitta-aineilla on pienempi vaikutus terveellisyyteen, turvallisuuteen sekä ympäristöön. Haitta-ainetutkimusten vaikutusta taloudellisiin rajoitteisiin arvioidessa on kuitenkin syytä huomioida, että laajemmilla haitta-ainetutkimuksilla voidaan saavuttaa myös kustannussäästöjä esimerkiksi rajaamalla tutkimusten perusteella pilaantuneita alueita.

Rakennusosan haitta-ainelöydösten vaikutus on suuressa roolissa tarkasteltaessa uudelleenikäytön taloudellisia edellytyksiä. Tilanteessa, jossa haitta-aineet on poistettava rakennusosasta ennen sen uudelleenikäyttöä tai rakenteen ollessa osittain pilaantunut, voi puhdistus-, erottelu- ja irrotustöiden kustannukset nousta niin suuriksi, etteivät osan uudelleenikäytön taloudelliset edellytykset täyty. Erityisesti kerrokselliset rakenteet, joissa on havaittu haitta-aineita, voivat osoittautua taloudellisesti uudelleenikäyttökelvottomiksi. Osien irrottamisesta uudelleenikäyttöön syntyy tällä hetkellä sen työntensiviivisuuden takia merkittävästi enemmän kustannuksia, kuin normaaleista murskaavista purkumenetelmistä (Nußholz et al. 2019,). Haitta-aineiden vuoksi irrotuksessa voidaan joutua suorittamaan lisää työvaiheita, jotka nostavat kustannuksia entisestään.

## 5.4 Sosiaaliset rajoitteet

Rakennusosien uudelleenikäyttöön liittyvät sosiaaliset rajoitteet ovat usein yksittäistä osaa laajempia ja ne koskevat usein kiertotaloutta ja uudelleenikäyttöä kokonaisuutena. Kiertotaloudella ja uudelleenikäytöllä saavutettavia arvoja tunnustetaan yhteiskunnassa yleisesti melko hyvin. Esimerkiksi kiertotaloudella saavutettavien ympäristöarvojen periaatteet materiaali- ja energiatehokkuudesta tunnustetaan yhteiskunnassa laajasti. Rakennusosien uudelleenikäyttöön liittyvä laajempi yhteiskunnallinen keskustelu on toistaiseksi ollut melko vähäistä, mutta yleisen kiertotalouskeskustelun vilkastumisen myötä keskustelu rakennusosien uudelleenikäytöstä on noussut laajempaan keskusteluun rakennusalan toimijoiden keskuudessa (Sisäilmayhdistys Raportti 42).

Nykyisen lineaaritalouden mukaiseen toimintaan tottuneilla toimijoilla on usein vakiintuneet prosessit ja toimitusketjut, jolloin kiertotaloussiirtymän vaatimien investointien, in-

novaatioiden ja toimintatapojen muutosten tekeminen ei vallitsevassa tilanteessa välttämättä houkuta riittävästi. Rakennusalan toimijoiden ollessa tahoillaan vastuussa omien ratkaisujen turvallisuudesta ja toimivuudesta, hidastaa se rakennusosien uudelleenkäytön yleistymistä yhdistettynä epätietoisuuteen ja kokemuksen puutteeseen. Esimerkiksi käytännön kokemuksen, määräysten ja ohjeistuksien puute vaikeuttaa uudelleenkäytettävien osien käytön suunnittelua ja tuotekelpoisuuden osoitusta, mikä jarruttaa siirtymää kiertotalouden mukaiseen materiaalikiertoon.

Rakennusosien uudelleenkäytöllä saavutettavien arvojen esittäminen voi olla haastavaa. Uudelleenkäytöllä saavutettavan arvon esittämisen vaikeus varsinkin tilanteissa, missä arvo ei ole pelkästään rahallista, voi hankaloittaa rakennusosien uudelleenkäytön yleistymistä. Rakennusosien uudelleenkäyttö voi näyttäytyä rakentamisen laadun heikentämisenä asiakkaan kustannuksella tilanteissa, missä normaalisti uudet osat korvataan uudelleenkäytettävillä osilla. Haitta-ainepitoisten rakennusosien uudelleenkäyttö voi kohdata muutenkin tuntemattomassa toimintaympäristössä vastustusta niin rakennusalan toimijoiden kuin kuluttajienkin puolesta. Sisäilman terveellisyys ja rakennusosien haitta-aineiden vaikutus terveellisyteen ja turvallisuuteen on laajasti tiedostettua niin rakennusalalla, kuin yleisesti yhteiskunnassa. Haitta-aineita sisältävät rakennusosat voidaan nähdä tarpeettomina riskeinä, ja uudelleenkäytöllä saavutettavat arvot eivät välttämättä riitä saavuttamaan riittävää yhteiskunnallista hyväksyntää nähtyihin riskeihin verrattuna. Haitta-ainepitoisten rakennusosien uudelleenkäytön voidaan kokea olevan ristiriidassa yleisten rakennusalan toimintamallien kanssa, missä haitta-aineet nähdään yleisesti ongelmallisina ja ne pyritään poistamaan rakenteista.

Rakennusosien uudelleenkäytön sosiaalisia rajoitteita voidaan pyrkiä purkamaan yleistä uudelleenkäyttöön liittyvää asenneilmapiiriä muokkaamalla. Ilmapiiromuutosta voidaan vauhdittaa yleistä uudelleenkäyttöön liittyvää tietoisuutta lisäämällä sekä ennakkoluuloja karsimalla. Uudelleenkäyttötietoisuutta voidaan lisätä rakennusalan toimijoiden keskuudessa esimerkiksi erilaisilla uudelleenkäytön etuihin ja mahdollisuuksiin keskittyvillä koulutuksilla ja kampanjoilla sekä tuomalla esiin onnistuneita referenssiprojekteja. Uudelleenkäytettävän rakennusosan laatuvaikutelmaa voidaan parantaa läpinäkyvällä ja hyvin dokumentoidulla uudelleenkäyttöselvityksellä, missä osan oleelliset suoritustasot on ilmoitettu. Uudelleenkäyttöselvityksen dokumentaatiolla voidaan korostaa osan täyttävän tarvittavat laadulliset ja turvallisuuteen liittyvät vaatimukset.

## 5.5 Ympäristön rajoitteet

Rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyy nykyiseen lineaaritalouteen verrattuna samankaltaisia ympäristön rajoitteita. Rakentaminen tai rakentamisessa käytettävät rakennusosat eivät saa aiheuttaa vaaraa ympäristölle. Erityisesti pohjavesialueilla ja muilla ympäristötekijöiden puolesta herkillä alueilla rakennusteollisuudella voi olla merkittäviä ympäristövaikutuksia. Rakennusosista voi irrota muun muassa liukenemalla, haihtumalla, mekaanisen kulutuksen myötä, rapautumalla ja tuulen kuljettamana ympäristölle haitallisia aineita. Osien vääränlainen käsittely, kuljetus ja varastointi altistavat osat ympäristön vaikutuksille, mikä lisää riskiä rakennusosista irtoavien aineiden kulkeutumisesta ympäristöön.

Uudelleenkäytettäviin osiin valmistuksen yhteydessä sekä alkuperäisen käytön aikana päätyneet haitta-aineet voivat rajoittaa osan uudelleenkäyttöä, mikäli haitta-aineet voivat kulkeutua osasta ympäristöön. Uudelleenkäytetyn rakennusosan ympäristövaikutuksia on syytä tarkastella tilanteessa, missä osaa käytetään uudelleen alkuperäisestä poikkeavassa käyttötarkoituksessa tai ympäristössä. Haitta-aineiden ympäristövaikutuksiin vaikuttaa uudelleenkäyttökohteen rasitusten lisäksi rakennusosan ominaisuudet. Huokoiset ja hauraat materiaalit voivat sisältää merkittäviä määriä haitta-aineita, jotka pääsevät esimerkiksi pakkasen aiheuttaman rapautumisen takia kulkeutumaan ympäristöön aiheuttaen ongelmia. Uudelleenkäytettävän osan haitta-aineiden ympäristövaikutukset on käsiteltävä aina tapauskohtaisesti ja erityisen herkillä alueilla ympäristövaikutukset tulee arvioida tarkasti.

Haitta-aineilla voi olla ympäristön turmeltumisen lisäksi muitakin uudelleenkäyttöä rajoittavia vaikutuksia. Rakennusosan sisältämät metallit saattavat aiheuttaa osaan tai siihen liittyviin osiin visuaalisia haittoja. Esimerkiksi rakennusosan korkea rautapitoisuus voi aiheuttaa osan pintaan ruostevalumia ja öljyhiilivetypitoisuus voi aiheuttaa pinnan värimuutoksia. Visuaalisten haittojen arviointi voi olla haastavaa pistemäisten haitta-aineesiintymien ja vaikeasti ennakoitavien visuaalisten muutosten vuoksi. Helpoin tapa välttää haitta-aineiden aiheuttamia visuaalisia haittoja on välttää haitta-aineita sisältävien osien käyttöä sellaisilla pinnoilla, jotka eivät siedä mahdollisia muutoksia, ja välttää merkittäviä muutoksia osan alkuperäisen ja uuden käyttökohteen pintakäsittelyjen välillä.

## 5.6 Uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmä

Tässä tutkimuksessa kehitetyssä uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmässä potentiaalin arvon määrittäminen perustuu viitekehyskohtaisten potentiaalin arvojen keskiarvoon.

Hankekohtaisten kiertotalous- ja uudelleenkäyttötavoitteiden huomioimiseksi potentiaalin arvoa voidaan painottaa hankekohtaisesti valittujen painotuserrointen avulla. Arviointimenetelmässä ensimmäisen uudelleenkäytettävälle rakennusosalle suoritetaan viitekehyskohtainen rajoite- ja mahdollistaja tarkastelu. Tarkastelun perusteella arvioidaan osan viitekehyskohtainen uudelleenkäyttöpotentiaalin arvo arviointiasteikon mukaisesti.

Viitekehyskohtaista potentiaalin arviointia varten tutkimuksessa laadittiin seitsemän portainen diskreetti arviointiasteikko. Arviointiasteikon, arvostelukriteerit ja niitä vastaavat arvot sekä selitteet on esitetty taulukossa 1. Arviointiasteikon toisessa ääripäässä on uudelleenkäytön estävien tekijöiden vaikutus ja toisessa uudelleenkäyttöön erityisesti kannustavien ja arvoa luovien tekijöiden vaikutus. Väliin jäävät arvot jakautuvat tasaisesti arvosteluvälille siten, että arvosteluvälin puolivälissä olevat tekijät eivät vaikuta oleellisesti uudelleenkäyttöpotentiaaliin. Arvot määritetään rajoite- ja mahdollistajataarkastelun tulosten perusteella sovittamalla tarkastelun tulos arviointikriteereihin. Määrityksen perustessa avoimiin arviointikriteereihin, vaaditaan arvioinnin laatijalta vahvaa ymmärrystä rakennusosien uudelleenkäytöstä sekä tarkasteltavasta hankkeesta. Potentiaalien arvot esitetään symbolisesti visualisoinnin helpottamiseksi, mutta laskentakaa-voissa arvoille käytetään taulukkoon merkittyjä numeroarvoja. Myös lopullinen uudelleenkäyttöpotentiaali määräytyy saman arviointiasteikon perusteella.

Taulukko 1. *Uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointiasteikko*

Kriteeri	Arvo	Selite
Kannustaa	+ + + (+3)	Tekijöistä saadaan huomattavaa arvoa ja ne kannustavat osan uudelleenkäyttöön
Edistää	+ + (+2)	Tekijät edistävät osan uudelleenkäyttöä ja parantavat oleellisesti sen uudelleenkäyttöpotentiaalia
Vahvistaa	+ (+1)	Tekijät parantavat osan uudelleenkäytön edellytyksiä
Ei vaikutusta	0	Tekijät eivät edistä eivätkä haittaa osan uudelleenkäyttöä
Heikentää	- (-1)	Tekijät, joiden arvioidaan heikentävän osan uudelleenkäytön edellytyksiä
Rajoittaa	- - (-2)	Tekijät rajoittavat merkittävästi osan uudelleenkäyttöä
Estää	- - - (-3)	Tekijät estävät osan uudelleenkäytön

Uudelleenkäyttöpotentiaalin raaka kokonaisarvo määritetään laskemalla viitekehyskohtaisten potentiaaliarvojen keskiarvo. Kokonaisarvon laskennassa huomioidaan se, että mikäli jokin viitekehys estää osan uudelleenkäytön, on myös uudelleenkäyttöpotentiaalin

arvo -3, mikä tarkoittaa, ettei osa sovellu uudelleenkäyttöön. Potentiaalın kokonaisarvo lasketaan kaavalla 1, kun muuttujat on määritelty kaavan 2 mukaisesti, missä viitekehysten potentiaalın arvo on  $x$ .

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = \begin{cases} -3, & \text{jos } \min(x_1, \dots, x_5) = -3, \\ \frac{1}{5}(x_1 + \dots + x_5), & \text{muuten.} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} x_{\text{lainsäädännölliset}} \\ x_{\text{tekniset}} \\ x_{\text{taloudelliset}} \\ x_{\text{sosiaaliset}} \\ x_{\text{ympäristölliset}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Uudelleenkäyttötavoitteiden sekä uudelleenkäyttöön liittyvien arvovalintojen huomiointiseksi viitekehyskohtaisten potentiaalın arvojen yhdistämiseksi laadittiin painotustekijät, joiden valinnoilla voidaan painottaa hankkeen kiertotaloustavoitteiden mukaisia tekijöitä. Esimerkiksi tilanteissa, joissa uudelleenkäytön ympäristövaikutusten arvo nähdään taloudellisia vaikutuksia oleellisempänä, voidaan ympäristötekijöiden painotustekijä kasvattaa ja taloudellisten tekijöiden kerrointa pienentää, jolloin ympäristövaikutukset korostuvat uudelleenkäyttöpotentiaalissa. Lainsäädännölliset tekijät ovat tavoitteista riippumattomia ja vakioita, joten niitä ei voi muokata painotuskertoimilla. Lisäksi teknisten ominaisuuksien vaikutusta ei voi pienentää, sillä osan on aina oltava teknisten suoritusasteiden puolesta uudelleenkäyttöön soveltuva. Teknisten ominaisuuksien painotuskertoimen arvo voidaan valita väliltä  $1 \leq k_2 \leq 1,5$ . Muiden ominaisuuksien painotuskertoimen arvo voidaan valita väliltä  $0,5 \leq k_i \leq 1,5$  ja niiden on noudatettava kaavaa 3 painotuskerrointen normeeraamiseksi. Painotuskertoimien indeksit noudattavat potentiaalın arvojen kanssa samaa indeksinumeroitua.

$$\sum_{i=2}^5 k_i = 4, \quad \text{missä } 1 \leq k_2 \leq 1,5 \text{ ja } 0,5 \leq k_i \leq 1,5 \text{ kun } i \in \{3, 4, 5\}. \quad (3)$$

Painotuskerrointen valinnan tulee perustua hankkeen lähtötietoihin, tunnistettuihin rakennusosan ominaisuuksiin, kiertotaloustavoitteisiin sekä asiantuntija-arvioihin. Kertoimet tulee valita yhteistyössä hankkeen tilaajan sekä asiantuntijoiden kanssa hankkeen alkuvaiheessa. Valittuihin kertoimiin ja niiden käyttöön on yhteisesti sitouduttava ja niitä voidaan muuttaa hankkeen aikana vain hankkeen kiertotaloustavoitteiden muuttuessa. Painotustekijöiden vertailukelpoisuuden parantamiseksi tekijöiden valinnalle laadittiin ohjeelliset valintaperusteet ja raja-arvot. Valintaperusteet on esitetty taulukossa 2. Painotuskerrointein ei ole syytä ylittää taulukon raja-arvoja, jotta tulos ei vääristy kohtuuttomasti.

Taulukko 2. *Painotuskertoimien valintaperusteet*

Kerroin	Selite
1,5	Tavoitteiden perusteella pakollinen ominaisuus
1,3–1,5	Tavoitteiden perusteella ehdottoman tärkeä ominaisuus
1,2–1,3	Tavoitteiden perusteella ominaisuutta halutaan painottaa huomattavasti
1,1–1,2	Tavoitteiden perusteella ominaisuutta halutaan painottaa
1	ei painotusta
0,9–0,8	Tavoitteiden kannalta ominaisuuden vaikutusta halutaan pienentää
0,8–0,7	Tavoitteiden kannalta ominaisuuden vaikutusta halutaan pienentää huomattavasti
0,7–0,5	Tavoitteiden kannalta lähes merkityksetön ominaisuus
0,5	Tavoitteiden kannalta merkityksetön ominaisuus

Tällöin uudelleenkäyttöpotentiaalin kokonaisarvo lasketaan kaavan 4 mukaisesti aritmeettisena painotettuna keskiarvona. Vektorien indeksointi noudattaa myös painotuskertoimien osalta kaava 2 mukaista nimeämiskäytäntöä.

$$f(\mathbf{x}, \mathbf{k}) = \begin{cases} -3, & \text{jos } \min(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = -3, \\ \frac{1}{5}(k_1x_1 + \dots + k_5x_5), & \text{muuten.} \end{cases}$$

missä:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{k} = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Laskentakaavoista laadittiin visuaalinen kaavioesitys, jotta uudelleenkäyttöpotentiaalin havainnollistaminen olisi selkeämpää. Kaaviossa on esitetty painottamattomat sekä painotetut arvot pylväskaaviossa. Kaaviossa näytetään myös käytetyt painotuskertoimet. Painotuskertoimet on valittu sen mukaisesti, että esimerkkitapauksen kiertotaloustavoitteiden mukaan uudelleenkäytöllä on saavutettava taloudellista hyötyä, ja sosiaalisten sekä ympäristövaikutusten merkitystä pienennetään. Kuvassa 13 on esitetty esimerkkitapauksen kaavio. Esimerkkikaavion viitekehyskohtaisen arvioinnin arvoina ja painotuskertoimina käytettiin kaavan 5 mukaisia arvoja. Painotuskertoimet täyttävät kaavan 3 ehdon.

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -2 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{k} = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1.5 \\ 0.8 \\ 0.7 \end{bmatrix} \quad (5)$$



**Kuva 13.** Uudelleenkäyttöpotentiaalin visuaalinen esitys

Esimerkitapauksessa uudelleenkäyttöpotentiaalin painottamattomaksi arvoksi saatiin 0,6 ja painotetuksi arvoksi -3. Tulosten perusteella tarkastellun rakennusosan painottamaton uudelleenkäyttöpotentiaali on hieman positiivinen eli uudelleenkäyttöä vahvistava. Vahvasti taloudellisia vaikutuksia painottavilla kertoimilla korjattu uudelleenkäyttöpotentiaali on kuitenkin -3, joka tarkoittaa, ettei uudelleenkäytölle ole edellytyksiä. Tulos johtuu menetelmän säännöstä, jonka mukaan yksikin uudelleenkäytön estävän arvon saanut tekijä johtaa koko potentiaalin arvon määrittämisen alimmalle tasolle.

## 6. CASE-KOHDE

Tämän tutkimustyön case-kohteena käytettiin tutkimuksen tilaajan omistamaa Kiinteistösaakeyhtiö Fenix Terran rakennusta (myöhemmin Fenix Terra, kuva 14). Rakennuksen alkuperäinen käyttötarkoitus oli metalliteollisuuden konepajatoiminta, ja rakennus oli osa Tampella Oy:n laajaa teollisuusaluetta. Rakennuksen taakse Herrainmäen alle on kallioon louhittu kallioluolasto Fenix Terran rakentamisen yhteydessä. Teollinen toiminta jatkui rakennuksessa vuosituhanen vaihteeseen, jolloin rakennuksen käyttötarkoitus muutettiin toimistotilaksi, ja rakennuksessa tehtiin laaja peruskorjaus. Tiloissa havaittiin myöhemmin sisäilman epäpuhtauksia, ja tarkemmissa tutkimuksissa rakenteiden todettiin olevan laaja-alaisesti öljyhiilivedyillä saastuneita. Haitta-ainetutkimusten yhteydessä kantavissa rakenteissa havaittiin lisäksi laajoja rakenteellisia puutteita. Haitta-ainelöydösten ja rakenteellisten puutteiden vuoksi rakennus todettiin taloudellisesti korjauskelvottomaksi.



*Kuva 14. Rakennuksen pääsisäänkäynti vuonna 2024*

Rakennuksen kunnon paljastuessa ja rakennuksen purkamisen osoittautuessa ainoaksi taloudellisesti ja teknisesti kannattavaksi vaihtoehdoksi, päätti kiinteistön omistaja toteuttaa kiinteistön purun ja uudisrakentamisen sisältävän kehityshankkeen kiertotalouden mukaisena pilottihankkeena. Hanke on osa kiinteistön omistajan laajempaa kiertotalouden mukaisen purkutoiminnan ja rakennusosien uudelleenkäytön pilotointia. Pilottihank-

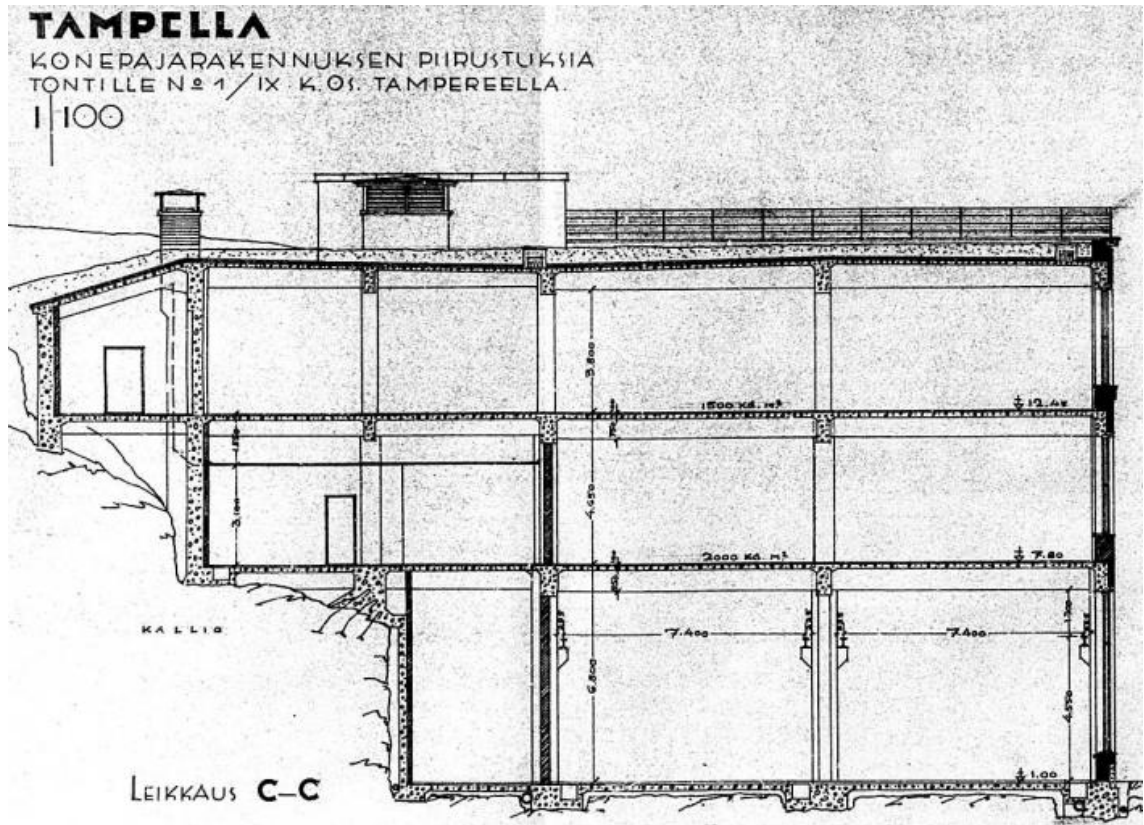
keilla tavoitellaan käytännön kokemusta ja osaamista kiertotalouden mukaisesta toiminnasta sekä kiertotalouden mukaisen toiminnan mahdollisuuksista nykyisessä kiertotaloussiirtymän aikaisessa vaiheessa.

## 6.1 Kohteen esittely ja rakenteet

Rakennuksen alkuperäiset osat valmistuivat 1940-luvun alkupuolella sotateollisuuden tarpeisiin. Alun perin kolmikerroksista rakennusta on laajennettu 1960- ja 1980-luvuilla, ja se muutettiin toimistokäyttöön 2000-luvulla, jolloin lisättiin myös parvikerros, joka kattoi noin puolet korkeasta ensimmäisen kerroksen entisestä konepajatilasta. Vuonna 1969 kiinteistöä laajennettiin korottamalla rakennuksen lounaan puoleista päätyä kerroksella. Laajennettuun osaan suunniteltiin piirustusten perusteella toimisto- ja neuvottelutilaa. Vuonna 1987 kiinteistöä laajennettiin koillispuolelle lisäsiivellä. Alkuperäisten piirustusten mukaan laajennusosassa tapahtui jäteveden käsittelyä ja kromausta. Rakennuksessa on lisäksi tehty teollisuusrakennuksen käytön aikana osittaisia käyttötarkoituksen muutoksia, missä teollisuustiloja on muutettu esimerkiksi signaalilaboratorio- ja toimistokäyttöön. Vuosituhannen vaihteessa kiinteistön kaikki kolme kerrosta muutettiin toimistotiloiksi. Peruskorjauksessa rakennuksen vesikatolle rakennettiin uudet ilmanvaihtokonehuoneet ja kaikki talotekniset järjestelmät uusitiin. Samalla tiloihin tehtiin kattava peruskorjaus, missä myöhemmin pilaantuneiksi todetut ulkoseinä- ja pilasterirakenteet kapseloitiin levyrakenteilla. Ala- ja välipohjien vanhojen betonilaattojen päälle valettiin uudet pintalaatat.

Fenix Terran rakennuspaikka on louhittu kokonaisuudessaan Herrainmäen kallion kylkeen. Rakennus on perustettu kallion päälle ja se liittyy sulkulaattarakenteella sen takapuolella olevaan herrainmäen kalliopintoihin. Rakennuksen kantava runkojärjestelmä on paikallavalettu pilari-palkkirunko. Rakennuksen ulkoseinät ovat kolmelta sivulta pääosin massiivitiilirakenteisia. Julkisivut ovat alkuperäisesti olleet tiilipintaisia, mutta peruskorjauksen aikana julkisivun tiilipinnat on rapattu. Kallionvastaiset seinät ovat betonirakenteisia, ja niiden pinnassa on rapattu verhomuuraus. Kallionvastaisten seinien takana on pääosin kalliopintaan rajautuvia onkalotiloja, mutta joillakin alueilla seinät ovat maanvastaisia. Ulkoseinien sisäpinnat on pääosin koteloitu levyrakenteiden sisään vuoden 2000 peruskorjauksen yhteydessä ja koteloiden sisään on asennettu LVIS-tekniikkaa. Alkuperäiset välipohjat ovat paikallavalettuja ylälaattapalkistoja, joiden päälle on eri vaiheissa valettu useita pintalaattakerroksia. Välipohjarakenteet ovat kerrostuneita ja paikoin betonilaattojen välissä on erilaisia eriste- ja tasoitekerroksia sekä jäämiä vanhoista pintarakenteista. Ala- ja välipohjarakenteiden lattiapäällysteinä on käytetty pääosin muovi- tai linoleumimattoa. Välipohjarakenteiden alapinta oli maalattu tai akustolevytetty ja paikoin

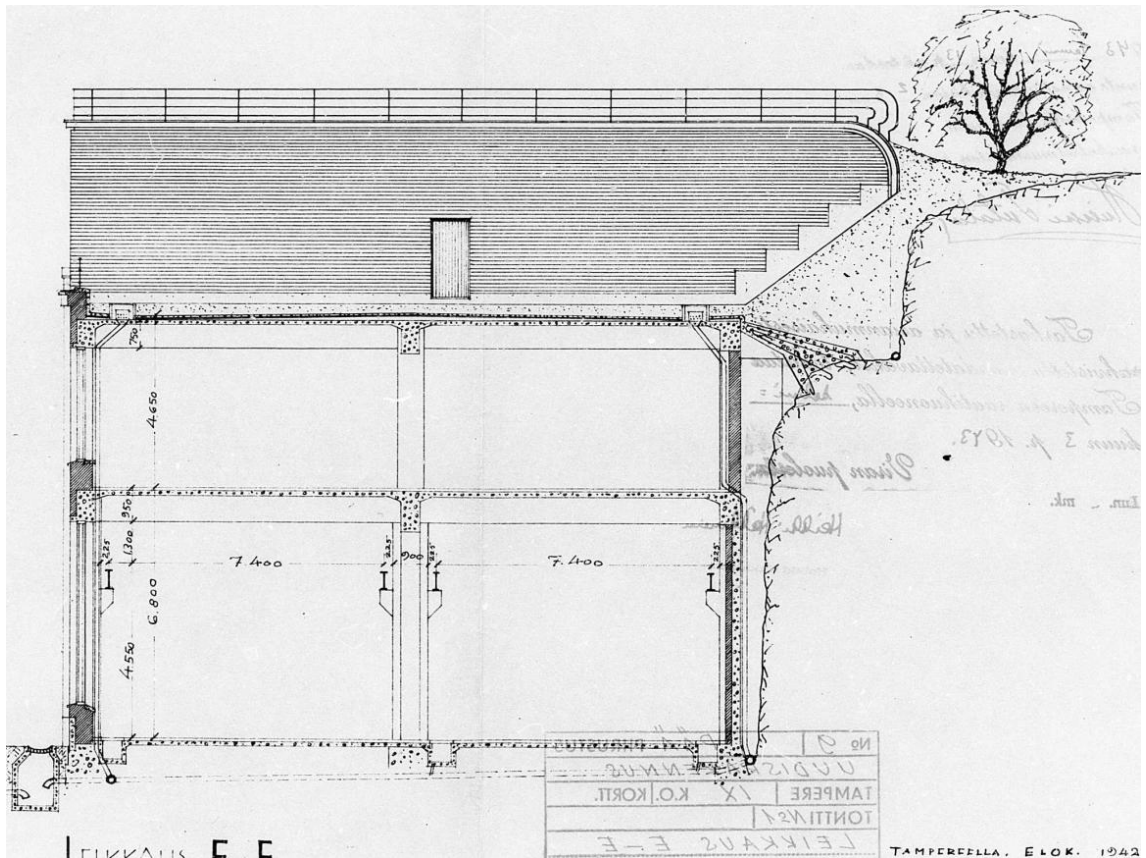
välipohjien alapuolella on alaslaskettuja kattorakenteita. Yläpohja on paikallavalettu ylälaattapalkisto, jonka alapinta on maalattu. Yläpohjien yläpuoliset lämmöneristeet sekä vesikattojen pintarakenteet on uusittu kokonaisuudessaan peruskorjauksen yhteydessä. Rakennuksen alapohjana on pääosin maanvastainen betonilaatta. Alapohjarakennetta on osittain myös 3. ja 4.kerroksessa. Näiltä osin alapohjarakenne on kallioon tuettu paikallavalettu ylälaattapalkisto. Kuvassa 15 on esitetty alkuperäinen rakenneleikkaus rakennuksen porrastuksesta.



**Kuva 15.** Alkuperäinen rakenneleikkaus rakennuksen porrastuksesta ja ylempien kerrosten alapohjarakenteista.

Rakennus on purkutyön toteutuksen kannalta sijainniltaan, rakenteiltaan ja geometrialtaan hyvin haastava. Kiinteistön rajat kulkevat rakennuksen seinälinjoja pitkin, jolloin kaikki purkutoiminta on toteutettava rakennuksen alueella. Rakennuksen kallionvastaiset seinät on porrastettu Herrainmäen puoleiselta sivulta, jolloin alapohjarakenteita on myös ylemmissä kerroksissa. Herrainmäen reuna-alueet tukeutuvat rakennuksen ulkoseinälinjoilla osittain rakennuksen maanvastaisia seiniä vasten ja osittain sulkulaattojen päälle, joiden toinen pää tukeutuu rakennuksen seinälinjaan ja toinen on ankkuroitu Herrainmäen kalliopintaan. Rakennuksen maanalaisten seinien ja kalliopinnan välissä on runsaasti onkalotiloja, joiden kartoittaminen on käytännössä mahdotonta. Herrainmäen purkutyön aikainen tuenta sekä purkutyön aikana toteutettavat tukimuurit lisäsivät hankkeen suunnittelun haastavuutta sekä kokonaiskustannuksia merkittävästi. Tuntojen ja

tukimuurien toteutuksella oli vaikutuksia myös hankkeen kiertotalouteen, sillä se esti paikoin kiertotalouden kannalta suotuisimmat työtavat ja -järjestyksen. Kuvassa 16 on esitetty alkuperäinen rakenneleikkaus sulkulaatan periaatteesta.



**Kuva 16.** Alkuperäinen rakenneleikkaus sulkulaatasta ja rakennuksen taakse jääneestä onkalotilasta

Yksi purettavan rakennuksen takana sijaitsevaan Herrainmäen kallioluolaston kulkureiteistä kulkee purettavan rakennuksen alimman kerroksen läpi. Purkutöiden yhteydessä luolaston sisäänkäynnin mahdollistamiseksi luolaston suulle on toteutettava sisäänkäyntirakennus. Sisäänkäyntirakennus toteutetaan siten, että se voi olla tontilla itsenäisenä rakennuksena, mikäli uudisrakennusten rakentamista ei päästä aloittamaan heti purkutöiden jälkeen. Sisäänkäyntirakennuksen rakentamisessa pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon purettavasta rakennuksesta irrotettavia uudelleenkäyttökelpoisia osia.

## 6.2 Case-kohteen kiertotaloustavoitteet

Hankkeen kiertotaloustavoitteeksi asetettiin mahdollisimman korkean kiertotaloustason saavuttaminen rakenteiden laaja-alaisesta pilaantuneisuudesta huolimatta. Uudelleenkäytölle ei asetettu erityisiä taloudellisia rajoitteita, mutta pilottihankkeen uudelleenkäytöstä aiheutuneet kulut pyrittiin pitämään mahdollisimman alhaisina, jotta kiertotalouden

taloudellisista edellytyksistä saataisiin arvokasta kokemusta. Suoraan uudelleenkäyttökelpoisten kiviaineisten rakennusosien tavoitteeksi asetettiin, että tontille sijoitettavassa uudisrakennuksen rakennusosista mahdollisimman suuri osa olisi uudelleenkäytettyjä. Tavoitteeksi asetettiin myös saattaa rakennusosia uudelleenkäyttöön muihin hankkeisiin tontin oman tarpeen lisäksi. Korkean kiertotalousasteen tavoittelun lisäksi suoraan uudelleenkäyttöön sopimattomien osien kierrätysaste pyritään nostamaan mahdollisimman korkealle.

Rakennuksen jo ennakkoon tunnetun laaja-alaisen haitta-aineiden aiheuttaman pilaantuneisuuden vaikutusten vuoksi oli hankkeen alusta asti tiedossa, että rakennuksen purun suunnittelu ja valmistelu tulee vaatimaan laajoja haitta-ainetutkimuksia. Laajoilla tutkimuksilla voidaan varmistaa purkutyön turvallisuutta sekä paikallistaa ja rajata pilaantuneita alueita. Pilaantuneita alueita rajaamalla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä purkujätteen jätemaksuissa. Vaarallisen kiviaineisen purkujätteen jätemaksut ovat usein moninkertaisia verrattuna hyödyntämiskelpoisen betonijätteen maksuihin. Rakennuksen pilaantuneisuuden aiheuttama tarve kattaville haitta-ainetutkimuksille helpotti osaltaan päätöstä kiertotalouden mukaisen toiminnan pilotoinnista, sillä uudelleenkäytön edellyttämiä laajoja tutkimuksia jouduttiin tekemään joka tapauksessa.

Ympäristöarvojen lisäksi kohteen punatiilien uudelleenkäytöllä pyrittiin säilyttämään alueen historiallisia arvoja. Tampellan alueelle ja yleensä tamperelaiselle teollisuusrakentamiselle tunnusomaiset punatiiliset teollisuusrakennukset kuuluvat oleellisesti tamperelaiseen kaupunkikuvaan. Uudelleenkäyttämällä alkuperäisiä rakennusosia pyrittiin säilyttämään osa rakennuksen teollisesta historiasta. Purettava kohde on viimeisiä Tampellan punatiilisiä teollisuusrakennuksia, joka ei kuulu Tammerkosken varren suojeltuun kansallismaisemaan, joten rakennuksen ja alueen historian säilyttäminen nähtiin arvokkaaksi. Myös museovirasto kannusti alueen teollisen historian säilyttämiseen lausunnossaan. Museoviraston ensisijainen toive oli säästää rakennuksesta jokin kokonainen osa, mutta rakennuksen rakenteellisten ongelmien ja haitta-ainelöydösten vuoksi tämä ei ollut mahdollista. Museoviraston ja kaupunkikuvasta vastaavan viranomaisen tavoitteiden täyttämiseksi historiallisten arvojen säilytys liitettiin osaksi hankkeen kiertotalouden tavoitteita.

Uudelleenkäytölle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi tontille sijoitettavassa uudisrakennuksessa on tavoitteena käyttää uudelleen sokkelin graniittiset verhouskivet ja mahdollisuuksien mukaan poltettuja punatiiliä julkisivumuurauksessa. Lisäksi kohteen sisäosien peruskorjauksissa asennettuja hyväkuntoisia täydentäviä sisäosia on tavoitteena saattaa uudelleenkäyttöön kiertotalousmarkkinan kautta kiertotalousoperaattorin välityksellä.

### 6.3 Kohteen kiertotalousprosessi ja uudelleenkäyttöselvitys

Case-kohteen kiertotalousprosessi aloitettiin rakennuksen purkusuunnittelun aloituksen yhteydessä. Kiertotalousprosessissa edettiin luvussa 3 esitetyn prosessin mukaisesti, ja kiertotalouden edistämisestä vastasi erillinen konsultti, jonka tehtäviin kuuluivat uudelleenkäyttöön liittyvät tehtävät, kuten uudelleenkäyttökelpoisuuden määrittely sekä uudelleenkäytettävien osien tuotekorttien laatimisen johtaminen. Näiden tehtävien lisäksi kiertotalouskonsultin tehtäviin kuuluivat purkukartoitus, haitta-ainetutkimukset ka muut tarvittavat selvitykset. Tuotekelpoisuuden osoittamiseksi koottavien uudelleenkäytettävien osien tuotekorttien laatimiseen osallistuivat hankkeen rakennesuunnittelija ja haitta-ainasantuntija sekä rakennusterveysasiantuntija. Paikalliselta rakennusvalvontaviranomaiselta varmistettiin ennakkoon, että uudelleenkäytettävän osan tuotekorttia voidaan hyödyntää tuotekelpoisuuden osoituksessa. Tuotekortin laadinnasta huolimatta rakennusosille ei voida hakea tuotekelpoisuuden hyväksyntää irrotuksen yhteydessä lainsäädännön puuteiden vuoksi, vaan tuotekelpoisuus on aina osoitettava rakennuspaikkakohtaisesti rakennusosia käyttävän hankkeen toimesta. Lisäksi alueen ympäristöviranomaiselta varmistettiin ennakkoon, ettei uudelleenkäyttöön ohjattavia purkutöiden ohessa irrotettavia osia luokitella jätteeksi, jolloin erillistä EEJ-prosessia ei tarvita.

Hankkeen kiertotalousprosessi aloitettiin uudelleenkäyttökartoituksella, jonka tavoitteena oli määrittää yleiset kiertotalouden reunaehdot hankkeessa, ja kartoittaa rakennuksen uudelleenkäytön kannalta potentiaalisia rakennusosia sekä uudelleenkäyttöselvitykseen tarvittavia tutkimuksia. Uudelleenkäytettävistä osista eroteltiin suoraan uudelleenkäyttökelpoiset osat ja hyödyntämiskelpoiset materiaalit. Osa arvioitiin hyödyntämiskelpoiseksi, mikäli sitä ei voitu suoraan käyttää uudelleen rakennusosana, vaan se voitiin hyödyntää kierrätettynä purkujätteenä. Kartoituksen yhteydessä arvioitiin alustavasti rakennuksen alkuperäisen käytön aiheuttamaa rakenteiden pilaantuneisuuden vaikutusta uudelleenkäyttöön. Lähtötietoaineistona hyödynnettiin rakennuksen alkuperäisiä suunnitelmia ja käytönaikaisten korjausten muutossuunnitelmia sekä rakennuksesta aiemmin tehtyjä haitta-ainetutkimuksia ja kantavien rakenteiden betoniteknistä kuntotutkimusta. Uudelleenkäyttökartoituksen havaintojen perusteella laadittiin uudelleenkäyttöselvityksen tutkimussuunnitelma. Suunnitelmaan koottiin potentiaalisesti uudelleenkäytettävien osien uudelleenkäyttökelpoisuuden varmentamiseksi tarvittavat tutkimukset sekä tavoitteelliset suoritustasot, jotka osan tulisi saavuttaa, jotta sitä voidaan käyttää uudelleen tavoitellussa käyttötarkoituksessa.

Uudelleenkäyttöselvitys toteutettiin tutkimussuunnitelman mukaisesti, ja sen aikana toteutettiin suunnitelman mukaiset haitta-aineiden ja suoritustasojen tutkimukset. Tutkitta-

vaksi valikoitui kartoituksessa tunnistettuja potentiaalisesti uudelleenkäytettäviä rakennusosia, joiden teknisistä ominaisuuksista ja suoritustasoista sekä haitta-ainepitoisuuksista tarvittiin lisätietoja uudelleenkäyttökelpoisuuden varmistamiseksi ja tuotekelpoisuuden osoittamiseksi. Materiaalinäytteiden lisäksi osista tutkittiin oleellisia perustietoja, kuten osan ulkomittoja sekä yleiskuntoa. Erityisesti kohteen punatiiliä tutkittiin tarkemmin, koska niitä oli tarkoitus uudelleenkäyttää tontin uudisrakentamisen lisäksi myös muissa hankkeissa. Osien uudelleenkäyttöön liittyvien tutkimusten lisäksi selvityksessä kartoitettiin rakennusosakohtaisesti arvioitujen uudelleenkäyttökelpoisten osien määrää. Tutkimusten ja selvitysten pohjalta uudelleenkäyttökelpoisista osista laadittiin tuotekortit, joita hyödynnettiin tuotekelpoisuuden osoituksessa.

Uudelleenkäyttöselvityksen rinnalla laadittiin myös purkukartoitus, joka painottui hyödyntämiskelpoisten materiaalien kartoitukseen. Kartoitusraporttiin inventoitiin hyödyntämiskelpoisten materiaalien määrä jätelajeittain. Määrältään merkittävin yksittäinen hyödynnettävä materiaali oli rakennuksen paikallavaletun rungon betoni. Hyödyntämiskelpoisten materiaalien lisäksi purkukartoitusraporttiin kirjattiin arviot hyödyntämiskelvottomista loppusijoitettavista materiaalimääristä sekä vaarallisen jätteen haitta-ainerajat ylittävien materiaalien määristä. Hyödyntämiskelvottomien materiaalien määrien ja jätteen vaarallisuuden arviot perustuivat haitta-ainetutkimuksien tuloksiin. Yksityiskohtaisella ja huolellisesti laaditulla purkukartoituksella pyrittiin edistämään hankkeen kiertotaloustavoitteita ja vähentämään vaarallisen ja hyödyntämiskelvottoman jätteen määrää.

Uudelleenkäyttöselvitystä ja purkukartoitusta varten suoritettiin yhteinen haitta-ainetutkimus, missä osan uudelleenkäyttöön vaikuttavien haitta-aineiden lisäksi tutkittiin osan jätemääriyteen ja kaatopaikkakelpoisuuteen vaikuttavia haitta-aineita. Haitta-ainetutkimuksia suoritettiin useassa vaiheessa. Vaiheistuksen tavoitteena oli rajata haitta-ainelöydöksiä alueellisesti ja näin tehostaa osien uudelleenkäyttöä ja hyödyntämistä. Selvityksien raporttien laadinnassa hyödynnettiin myös aiempien haitta-ainetutkimusten tuloksia.

Case-hankkeen purkusuunnittelua ja uudisrakennuksen suunnittelua edistettiin uudelleenkäyttöselvityksen rinnalla. Kohteen uudelleenkäyttöselvityksen, haitta-ainetutkimusten ja uudisrakennuksen suunnittelun rinnakkaisella toteutuksella mahdollistettiin osien uudelleenkäytön suunnittelu suoritustasojen ja ominaisuuksien ehdoilla. Ominaisuuksien huomioimisella uudelleenkäyttökohteen suunnittelussa vaaditut suoritustasot kyettiin soveltamaan osan todellisiin ominaisuuksiin, jolloin tuotekelpoisuuden osoittaminen yksinkertaistui. Rinnakkaisen suunnittelun lisäksi hankkeen aikana käytiin vuoropuhelua viranomaisten kanssa. Vuoropuhelulla mahdollistettiin tuotekelpoisuuden osoituksen ylei-

sen läpiviennin sujuvoittaminen ja uudelleenkäyttöselvityksessä arvioitujen suoritustasojen sekä viranomaisvaatimusten alustava yhteensovittaminen jo ennen tulosten esittämistä viranomaisille.

Kohteen uudelleenkäyttöselvityksen toteutukseen kiertotaloushankkeen aloituksesta tuotekorttien viimeisiin päivityksiin ja irrotussuunnittelun valmistumiseen kului 16 kuukautta. Pelkän uudelleenkäyttöselvityksen toteuttamiseen olisi todennäköisesti riittänyt noin 12 kuukautta, mutta selvityksen toteutus ja viimeistely muun purkusuunnittelun ohessa venytti selvityksen kestoa. Hankkeen purkusuunnittelu vei huomattavan paljon enemmän aikaa verrattuna tavanomaiseen purkuhankkeeseen kohteen rasitevaatimusten, tarvittavien ympäristön tukirakenteiden suunnittelun ja uudishankkeen toteutusvaihtoehtojen elämisen vuoksi. Vaativan purkusuunnittelun vuoksi kiertotalouden mukaisen toiminnan aikatauluvaikutuksesta case-kohteen yleisaikatauluun ei voida tehdä yleisiä oletuksia.

#### **6.4 Uudelleenkäyttökartoitus ja alustavat uudelleenkäyttöpotentiaalin arviot**

Aiempien haitta-ainetutkimusten perusteella rakennuksen laaja öljyhiilivetyypilaantuneisuus oli tiedossa ja sillä tunnistettiin heti alusta asti olevan merkittävä uudelleenkäyttöä hankaloittava vaikutus. Alkuperäisistä suunnitelmista kartoitettiin alueita, joissa oli todennäköisimmin uudelleenkäyttöön vaikuttavia haitta-aineita. Suunnitelmista tunnistettiin muun muassa vanhoja sosiaalityötilojen märkätiloja, vaarallisten aineiden säilytyspaikkoja ja todennäköisiä öljyhiilivetyypäästöjen lähteinä olleita konepajatoimintoja, kuten bensini-pesulinjasto ja kromauslinja. Rakennuksen 60-vuotisen teollisen toimintajakson aikana teolliseen tuotantoon ja toimintoihin oli tehty muutoksia, joten haitta-ainetutkimuksia ei voitu rajata pelkästään alkuperäisten suunnitelmien perusteella.

Kartoituksessa rakennuksen seinien punatiilissä arvioitiin olevan merkittävää uudelleenkäyttöpotentiaalia. Uudelleenkäytettävälle vanhoille umpitiilille on olemassa kohtuullisesti kysyntää, muurauksessa käytetty sementtön kalkkipohjainen muurauslaasti pystytään kohtuullisesti puhdistamaan tiilistä, ja niiden uudelleenkäytöstä on jonkin verran kokemusta Suomessa ja laajempaa kokemusta muualla Euroopassa. Tiilien uudelleenkäytön merkittävin rajoite on rakennuksen seinissä aiemmissa haitta-ainetutkimuksissa todetut korkeat öljyhiilivetyypitoisuudet. Aiempien haitta-ainekartoitusten perusteella alkuperäisten osien betonirakenteet oletettiin pitkälti niin pilaantuneiksi, ettei niiden uudelleenkäyttö tai hyödyntäminen olisi mahdollista. Poikkeuksia olivat uudemmat 60- ja 80-luvuilla rakennetut laajennusosat, joissa ei havaittu merkittävää pilaantuneisuutta aiemmissa tut-

kimuksissa. Paikallavalettujen betonirakenteiden uudelleenkäyttämisen suurin rajoite öljyhiilivetyypilaantuneisuuden lisäksi arvioitiin olevan uudelleenkäyttökohteiden puute. Kartoituksessa arvioitiin, että kaikki purettava betoni on määritettävä jätteeksi, jota voidaan hyödyntää MARA- tai EEJ-asetusten mukaisesti murskattuna. Kartoituksessa sokkelin graniittiset verhouskivet arvioitiin käytännössä suoraan uudelleenkäyttökelpoisiksi samassa käyttötarkoituksessa. Haitta-aineilla ei arvioitu olevan oleellista merkitystä sokkelikivien uudelleenkäyttöön, sillä niiden uskottiin pääosin säästyneen öljyhiilivetyypäästöiltä ulko-olosuhteessa. Suurimmaksi rajoitteeksi graniittikivien uudelleenkäytölle arvioitiin niiden uudelleenkäytön edellyttämä työstötarve ja sovittaminen uudelleenkäyttökohteen mittoihin.

Kartoituksessa tarkasteltiin myös muita kuin suoraan rakennukseen ja sen ominaisuuksiin liittyviä kiertotalouden toteutumisen reunaehtoja. Kartoituksessa selkeäksi kiertotalouden ja uudelleenkäytön toteutumisen haasteeksi nostettiin kiertotaloussiirtymän varhaisen vaiheen ja uudelleenkäytettävien rakennusosien markkinan pienuus. Markkinan puuttuessa sellaisten osien kohdalla, joita ei pystytä käyttämään uudelleen kohteen uudisrakentamisessa, uudelleenkäyttökohteen ja käyttäjän löytäminen ja käyttöön saattaminen voivat olla hyvin haastavaa. Toisena keskeisenä uudelleenkäytön haasteena nähtiin tuotekelpoisuuden osoitukseen ja irrotettavien osien jäteluonteen välttämiseen liittyvät viranomaisprosessit. Viranomaisten toimintaan liittyvien rajoitteiden välttämiseksi keskustelut kohteen osien uudelleenkäytöstä viranomaisten kanssa kehoitettiin aloittamaan hyvissä ajoin. Myös uudelleenkäytettävien osien irrotukseen ja käyttöön liittyvien kokemusten puute nähtiin mahdollisina rajoitteina.

Uudelleenkäyttökartoituksen tarkastelujen tuloksista ja arvioista koottiin alustava arvio uudelleenkäyttökelpoisista osista sekä niiden uudelleenkäyttötavasta, ja näiden arvioiden perusteella laadittiin uudelleenkäyttöselvityksen haitta-aine- ja suoritusasotutkimusten tutkimussuunnitelma. Uudelleenkäytettävän osan suoritusasovaatimukset ja niiden selvittämiseksi vaaditut tutkimukset määriteltiin tutkimussuunnitelmassa. Suoritusasovaatimukset määriteltiin vastaamaan rakennusosan kartoituksessa arvioidun uudelleenkäyttötavan asettamia vaatimuksia. Esimerkiksi tiilien tulee kestää sääräsitusta, jotta niitä voidaan käyttää julkisivuverhouksessa tai muissa ulkotiloissa. Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimusten tutkimussuunnitelmaa, toteutusta, ja kaikkien rakennuksesta tehtyjen haitta-ainetutkimusten tuloksia sekä haitta-aineiden vaikutusta uudelleenkäyttöön on käsitelty seuraavissa luvuissa.

## 6.5 Case-kohteen uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimukset

Kohteessa oli tutkittu rakenteiden haitta-aineita ennen purku- ja uudelleenkäyttöhankkeen aloitusta kahdessa eri tutkimuksessa. Aiemmat tutkimukset poikkesivat luonteeltaan ja tavoitteiltaan jonkin verran toisistaan sekä uudelleenkäyttöselvityksen tutkimuksista. Ensimmäinen haitta-ainetutkimus oli tehty osana laajempaa kohteen sisäolosuhdeiden kuntotutkimusta. Tutkimuksessa otettiin materiaalinäytteiden lisäksi pintaemissionäytteitä sekä sisäilman keräinnäytteitä. Tutkimuksen näytteidenotossa keskityttiin pääasiassa betonirakenteisten väli- ja alapohjalaattojen ja betonisten pystyrakenteiden tutkimukseen ja tiilirakenteiden näytteenottomäärät olivat vähäisiä. Pintaemissio- ja sisäilmanäytteiden tavoitteena oli selvittää rakenteiden haitta-aineiden vaikutusta ja emittoitumista sisäilmaan. Tämä tutkimus suoritettiin osana rakennuksen peruskorjaus- ja muutoshankkeen suunnittelun valmisteluvaihetta. Tässä vaiheessa rakennuksen laaja pilaantuneisuus ei ollut kiinteistön omistajan tiedossa.

Haitta-aineita sisältäneet betoni- ja tiilirakenteet oli rakennuksen aiemman peruskorjaushankkeen yhteydessä peitetty kotelo-, kapselointi- ja pintalaattarakenteiden alle. Ensimmäisten haitta-ainetutkimusten näytteenoton yhteydessä betonirakenteissa havaittiin epätavallista heikkoutta porauslieriöiden murennuttua hiekkamaiseksi aineeksi. Näiden havaintojen perusteella kohteella toteutettiin rakenteellinen kuntotutkimus, missä rakennuksen betonirakenteissa havaittiin vakavia puutteita rakenteellisessa lujuudessa. Haitta-ainetutkimusten sekä betonirakenteiden kuntotutkimusten tulosten perusteella rakennuksen ulkoseinät sekä kantavat rakenteet todettiin olevan niin huonokuntoisia ja laajasti saastuneita, että suuri osa rakenteista olisi pakko purkaa ja uusia rakenteellisen stabiiliteetin varmistamiseksi, ja jäljelle jääviin alkuperäisiin rakenteisiin imeytyneet haitta-aineet muodostaisivat merkittävän riskin rakennuksen käyttäjien turvallisuudelle.

Rakenteellisten puutteiden ja haitta-ainepitoisuuksien tultua ilmi muuttui rakennuksen peruskorjauksen luonne merkittäväsi raskaammaksi. Uudessa peruskorjaushankkeessa rakennuksen pilareita olisi vahvistettu ja ala- ja välipohjia olisi alueellisesti uusittu kokonaan. Rakennuksen ulkoseinät ja kantavat rakenteet olisi tässä vaihtoehdossa säästetty vahvistettuna. Vielä tässä vaiheessa koko rakennuksen purkamista ei kuitenkaan lähdetty edistämään kohteen haastavien erityspiirteiden ja rakennushistorian vuoksi. Raskaamman peruskorjauksen hankesuunnittelun yhteydessä haitta-ainetutkimuksia laajennettiin, ja sisäilmatutkimukset lopetettiin tarpeettomina. Laajennetun haitta-ainetutkimuksen tavoitteena oli tutkia pääasiassa niitä rakenteita, jotka olivat rakenneteknisten tutkimusten perusteella rakenteellisesti mahdollista säilyttää. Toisella tutkimuskierroksella myös ulkoseinän tiilistä ja muurauslaastista otetuissa näytteissä todettiin öljyhiilivetyjä.

Näiden tutkimusten haitta-ainelöydösten ja rakenteellisten lujuuspuutteiden laajuuden ilmettyä rakennuksen peruskorjauksesta luovuttiin, ja koko rakennuksen purkuhankkeen valmistelu aloitettiin.

Rakennuksen purkuhankkeen käynnistyksen yhteydessä käynnistettiin uudelleenkäyttöselvityksen sekä purkukartoituksen laadinta. Uudelleenkäyttöselvitystä ja purkukartoitusta varten toteutettiin monivaiheinen haitta-ainetutkimus, jonka tavoitteena oli erotella alueellisesti uudelleenkäyttöön soveltuvat rakennusosat haitta-aineilla saastuneista alueista ja varmentaa ennen purkuhankkeen aloitusta tehtyjen tutkimusten luotettavuutta uudelleenkäytön näkökulmasta. Tutkimusten vaiheistuksella mahdollistettiin näytteenotopisteiden alueellinen kohdentaminen ja uudelleenkäytön kannalta potentiaalisimpien rakennusosien tarkempi tutkiminen aiempien vaiheiden tulosten perusteella.

Tuotekelpoisuuden kannalta uudelleenkäytettävien kiviaineisten osien haitta-ainepitoisuuksien ehdottomana ylärajana pidettiin vaarallisen jätteen raja-arvoja. Mikäli rakennusosan haitta-ainepitoisuudet ylittävät vaarallisen jätteen raja-arvot, määritellään se jätelain poistamisvelvoitteen perusteella jätteeksi, jolloin sen uudelleenkäyttö tai muu hyödyntäminen on mahdotonta. Lisäksi kaikkien POP- ja REACH asetusten mukaisten haitta-aineiden raja-arvojen ylityksiä pidettiin nykyisen kiertotalouden vaiheen kannalta uudelleenkäytön estävinä tekijöinä, vaikka lainsäädäntö periaatteessa mahdollistaakin niiden uudelleenkäytön.

### **6.5.1 Haitta-ainetutkimukset ennen purku- ja uudelleenkäyttö-hanketta**

Ennen purku- ja kiertotaloushankkeen aloitusta suoritettujen haitta-ainetutkimusten rakennekohtaiset materiaalinäytteenottomäärät tutkimusajankohdittain on esitetty taulukossa 3. Ensimmäisen tutkimuksen näytteenotot suoritettiin kolmessa vaiheessa. Täydentävä tutkimus suoritettiin yksivaiheisena

Taulukko 3. Ennen purkuhankkeen aloitusta otetut materiaalinäytteet rakennekohtaisesti

Tutkimusajankohta		03/2019			10/2019	
		1. vaihe	2. vaihe	3.vaihe	1. vaihe	
Näytteenottoajankohta		09/2018	11/2018	01/2019	08/2019	
Kerros	Rakenne					yht.
1.krs	seinät				9	9
1.krs	alapohjat	5	10	23	2	40
1.krs	pilarit				8	8
2.krs	seinät				3	3
2.krs	pilarit				4	4
3.krs	seinät				6	6
3.krs	ala-/välipohjat	4		6	6	16
3.krs	pilarit				6	6
4.krs	seinät				8	8
4.krs	ala-/välipohjat	3	10	6	4	23
4.krs	pilarit				7	7

Tutkimuksissa tutkittiin yhteensä 130 materiaalinäytettä. Materiaalinäytteistä tutkittiin öljyhiilivetyfraktioiden pitoisuuksia, MARA-asetuksen mukaisia metalli- ja epämetallipitoisuuksia ja PAH(16)- sekä BTEX<sub>tot</sub>-pitoisuuksia. Näiden lisäksi näytteistä tutkittiin muitakin yhdisteitä, mutta niiden pitoisuudet olivat hyvin matalia eikä niillä ollut merkitystä tutkimuksen tuloksen kannalta. Materiaalinäytteenoton yhteydessä mitattiin näytteenotto-reiästä ja ilmatiiviisti suljetusta näytteestä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuus fotoionisaatiomittarilla. Näytteen ja näytteen TVOC PID-mittaukselle pyrittiin hakemaan korrelaatiota yksinkertaisemman in-situ-mittausmenetelmän sekä laboratoriönäytteiden pitoisuuksien välillä, jotta pilaantuneisuutta voitaisiin arvioida myös ilman laboratorionäytteitä. Näytemäärät näytteenottomenetelmittain on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Purkuhanketta edeltäneiden tutkimusten näytemäärät haitta-aine kohtaisesti

Tutkittu aine	Näytemäärät	Kairasydän-näyte (kpl)	iskuporattu näyte (kpl)
TVOC PID-mittaus	130	18	112
MARA-asetuksen metallit ja epämetallit	34	6	28
BTEX <sub>tot</sub>	28	14	14
Öljyhiilivedyt C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	108	18	90
PAH(16)	63	0	63

Ennen purkuhankkeen aloitusta suoritettujen haitta-ainetutkimusten tulokset on esitetty taulukossa 5. Taulukkoon on merkitty rakenneosa-, kerros- ja haitta-ainekohtaisesti tutkitut näytemäärät, raja-arvot ylittäneiden analyysitulosten lukumäärät ja raja-arvot ylittäneiden analyysitulosten prosentuaalinen osuus tutkituista näytteistä. Lattiarakenteiden öljyhiilivetynäytteistä oli analysoitu erikseen C<sub>10</sub>-C<sub>21</sub> ja C<sub>21</sub>-C<sub>40</sub> fraktiot, mutta öljyhiilivetyjen huomattavan korkeiden kokonaispitoisuuksien vuoksi ja taulukon selkeyden parantamiseksi niitä ei eroteltu taulukkoon. Analyysitulosten perusteella fraktiot jakautuivat melko tasaisesti, eikä merkittäviä eroja niiden välillä havaittu.

Taulukko 5. *Purkuhanketta edeltäneiden haitta-ainetutkimusten tulokset*

Näytteistä tutkitut haitta-aineet		PID	MARA-metallit	> MARA raja-arvo	BTEX <sub>tot</sub>	> raja-arvo 5 mg/kg	Öljyhiilivedyt C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	> raja-arvo 250 mg/kg	> raja-arvo 1000 mg/kg	PAH (16)	> raja-arvo 5 mg/kg
Kerros	Rakenne	kpl	kpl	kpl %	kpl	kpl %	kpl	kpl %	kpl %	kpl	kpl %
1.krs	seinät	9					9	1 11 %	0 0 %	9	0 0 %
1.krs	alapohjat	40	15	0 0 %	8	0 0 %	23	18 78 %	15 65 %	2	0 0 %
1.krs	pilarit	8			1	0 0 %	8	3 38 %	2 25 %	8	2 25 %
2.krs	seinät	3					3	0 0 %	0 0 %	3	0 0 %
2.krs	pilarit	4			1	0 0 %	4	0 0 %	0 0 %	4	0 0 %
3.krs	seinät	6					6	0 0 %	0 0 %	6	0 0 %
3.krs	ala-/välipohjat	16	6	0 0 %	5	0 0 %	13	10 77 %	6 46 %	6	0 0 %
3.krs	pilarit	6					6	3 50 %	0 0 %	6	0 0 %
4.krs	seinät	8					8	2 25 %	1 13 %	8	0 0 %
4.krs	ala-/välipohjat	23	13	0 0 %	13	0 0 %	21	12 57 %	9 43 %	4	0 0 %
4.krs	pilarit	7					7	2 29 %	0 0 %	7	0 0 %
	Yhteensä	130	34	0 0 %	28	0 0 %	108	51 47 %	33 31 %	63	2 3 %

Materiaalinäytteiden lisäksi tutkimusten aikana tehtiin aistinvaraisia havaintoja todennäköisestä öljyhiilivetyypilaantumisesta. Osa näytteenottorei'istä haisi voimakkaasti öljylle, ja maalatuissa betonirakenteissa oli havaittavissa kellastumaa alueilla, joissa laboratoriotutkimuksissa todettiin korkeita öljyhiilivetyypitoisuuksia.

Laboratoriotulosten perusteella rakenteet todettiin saastuneen pääasiassa öljyhiilivedyillä. Öljyhiilivetyjen lisäksi rakenteissa ei havaittu merkittäviä pitoisuuksia muita haitta-aineita. Tutkimusten ja alkuperäisten asiakirjojen perusteella rakennuksen saastuneisuuden tulkittiin johtuneen konepajatoiminnan koneistusöljyvuoodoista ja -roiskeista. Öljyhiilivetyjä löydettiin kaikista tutkituista rakennetyypeistä sekä kaikista rakennuksen kerroksista. Ainoat täysin haitta-aineista puhtaat alueet löydettiin rakennuksen laajennusosista.

## 6.5.2 Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimukset

Hankkeen luonteen muututtua purku- ja kiertotaloushankkeeksi, eivät peruskorjausta varten tehdyt haitta-ainetutkimukset kaikilta osin vastanneet uudelleenkäyttöselvityksen

tarpeita ja vaatimuksia. Peruskorjauksen valmistelussa haitta-ainetutkimukset oli toteutettu sisäilmavaikutusten selvityksen kannalta, ja erityisesti tutkimuksessa näytteenotto-menettelmänä käytetty iskuporaus nähtiin tutkimustulosten sovellettavuuden kannalta riskialttiina. Tutkimustuloksista ei esimerkiksi käynyt selvästi ilmi, olivatko näytteet läpiporrattuina vai kattoivatko ne vain osan rakennekerroksista. Iskuporrattuun näytteeseen arviointiin myös syntyä hävikkiä ja virhettä helpommin, jos kaikkea porauksessa irtoavaa pölyä ei saada kerättyä. Näin ollen iskuporanäytteiden tuloksista ei voitu täysin varmasti arvioida koko rakenteen haitta-ainepitoisuutta. Lisäksi iskuporanäytteistä ei pystytty arvioimaan rakenteen kerroksellisuutta tai tekemään aistinvaraisia havaintoja samalla tavalla, kuin koko rakenteen läpäisevästä poralieriönäytteestä.

Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimusten näytteenotot suoritettiin kolmessa vaiheessa. Tutkimusten rakennekohtaiset materiaalinäytteenottomäärät tutkimusajankohdittain on esitetty taulukossa 6. Öljyhiilivedytynäytteistä analysoitiin erikseen kevyet, keskiraskaat sekä raskaat fraktiot. Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimusten yhteydessä ei suorettu PID-mittauksia.

Taulukko 6. *Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimusten vaiheiden näytemäärät haitta-ainekohtaisesti*

Tutkimusajankohta	07/2024			
	1. vaihe	2. vaihe	3.vaihe	
Näytteenottoajankohta	04/2024	6/2024	07/2024	
Analyysi				yht.
Asbestianalyysi	11	1	10	22
PAH(16)	3	0	0	3
BTEX <sub>tot</sub>	10	0	0	10
Öljyhiilivedyt C <sub>5</sub> -C <sub>40</sub>	10	0	6	16
Hyötykäyttö- ja kaatopaikkakelpoisuus	4	14	0	18

Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimusten tulokset on koottu taulukkoon 7.

Taulukko 7. Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimusten tulokset

	näytteet kpl	raja-arvot					
		uudelleen- käyttökelpoi- suus	> raja-arvo		vaarallinen jäte	> raja-arvo	
Analyysi	kpl		kpl	%		kpl	%
asbestianalyysi	22	> 0	5	23 %	> 0	5	23 %
PAH(16)	14	5 mg/kg	1	7 %	200 mg/kg	1	7 %
BTEX <sub>tot</sub>	10	5 mg/kg	0	0 %	bentseeni 50 mg/kg, muut 1000 mg/kg		0 %
öljyhiilivedyt C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	6	250 mg/kg		0 %	10000 mg/kg		0 %
bensiinijakeet C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub>	10	8,8 mg/kg	0	0 %			0 %
keskitisleet C <sub>10</sub> -C <sub>21</sub>	10	28 mg/kg	6	60 %		1	10 %
raskaat jakeet C <sub>21</sub> -C <sub>40</sub>	10	150 mg/kg	1	10 %		1	10 %
hyötykäyttö- ja kaatopaikkakelpoisuus	18	MARA raja- arvo ylittyy	6	33 %	Vna331/2013 raja-arvo ylittyy	4	22 %

Hyötykäyttö- ja kaatopaikkakelpoisuusnäytteistä analysoitiin MARA-asetuksen mukaiset haitta-aineet. Hyötykäyttökelpoisuusnäytteitä otettiin pääasiassa betonirakenteista, ja niiden tavoitteena oli kartoittaa alueellisesti betonirakenteiden uudelleenkäyttö- ja kiertämysmahdollisuuksia. Betonirakenteiden lisäksi hyötykäyttökelpoisuus analysoitiin kahdesta poltettujen tiilien koantinäytteestä. Ensimmäisen vaiheen hyötykäyttökelpoisuusnäytteet otettiin koantinäytteinä laajennusosien betonirakenteista ja toisessa vaiheessa keskityttiin alkuperäisiin betonirakenteisiin sekä tiilien koantinäytteisiin.

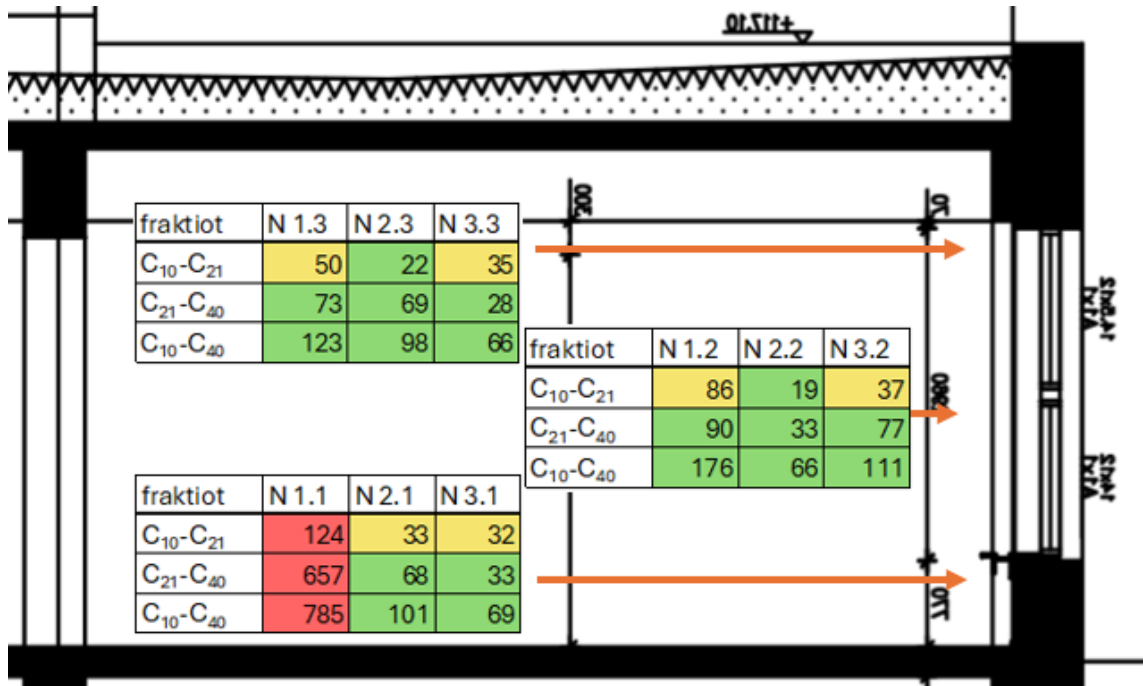
Rakennuksessa sisätilojen asbestipitoiset materiaalit oletettiin poistetuiksi sisäosista vuosituhaten vaihteessa tehdyn edellisen peruskorjauksen yhteydessä. Oletuksen varmistamiseksi rapatuista ja tasoitetuista rakenteista otettiin kaikki materiaalikerrokset kattavia koantinäytteitä. Rakennuksen sulkulaattojen ja Herrainmäen kallion väliin jääneisiin onkaloihin jätetyistä alkuperäisistä putkien eristeistä ja yläpohjien alkuperäisiksi oletetuista rakennekerroksista otettiin asbestinäytteet ja niiden todettiin sisältävän asbestia. Lisäksi välipohjien toisen vaiheen hyötykäyttökelpoisuusnäytteiden oton yhteydessä poralieriönäytteessä havaittiin pintalaatan alapuolisessa betonilaatassa musta pintakerros, jonka todettiin olevan asbestia sisältävää mustaa asennusliimaa. Lähtötietoina käytössä olleiden alkuperäisten suunnitelmien perusteella alueella on ollut toimistotiloja, mikä voi selittää asbestipitoisen mustan liimakerroslöydöksen liimalöydöksen rajauduttua melko tarkasti alkuperäisen suunnitelman mukaisen toimisto-osan mukaisesti. Liimalla kiinnitetyt pintamateriaalit oli poistettu. Lisäksi yläpohjan alkuperäisen höyrynsulun bitumili-

masta otettiin näytteet, joiden todettiin sisältävän asbestia. PAH(16)-näytteet otettiin bitumisivelyistä, joita oli mm. kallionvastaisien betoni- ja verhomuurausrakenteiden välissä sekä vesikattorakenteissa. Tutkimuksissa ei havaittu merkittäviä määriä PAH-yhdisteitä.

Tillirakenteisesta ulkoseinän sisäkuoresta otettiin kolme kolmen BTEX- ja öljyhiilivety-näytteen sarjaa poralierionäytteinä. Näytesarjat otettiin seinän alaosaan noin kahden metrin korkeudelta sekä seinän yläosaan noin neljän metrin korkeudelta. Näytesarjojen tavoitteena oli selvittää haitta-aineiden levinneisyyttä seinillä korkeussuunnassa ja arvioida sisäkuoren tiilien asennuskorkeuden vaikutusta uudelleenkäyttökelpoisuuteen. Myös rakennuksen ulkoseinän ulkopinnan tiilistä otettiin koantinäyte. Näytteenoton yhteydessä ulkoseinän ulko- ja sisäkuorien muuraukset todettiin olevan erilliset kuoret, joiden välissä oli osin laastilla täytynyt ilmarako. Haitta-aineiden vaikutusten arvioinnissa käytetyt raja-arvot on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. *öljyhiilivetypitoisuuksien vaikutusten arvioinnissa käytetyt raja-arvot*

fraktiot	Kohonnut pitoisuus, ei suositella uudelleenkäyttöä sisäilmakontaktissa	Korkea pitoisuus, ei suositella uudelleenkäyttöä	Ei soveltu hyötykättöön MARA-asetuksen mukaisesti
C <sub>10</sub> -C <sub>21</sub>	28 mg/kg	100 mg/kg	
C <sub>21</sub> -C <sub>40</sub>	150 mg/kg	400 mg/kg	
C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	150 mg/kg	500 mg/kg	500 mg/kg



**Kuva 17.** Seinien tiilirakenteiden näytesarjojen eri korkeuksilta otettujen öljyhiilivetyanalyyseiden tulokset fraktioittain. Keltainen korostus kuvaa kohonneutta pitoisuutta ja punainen korkea pitoisuutta taulukon raja-arvojen mukaisesti.

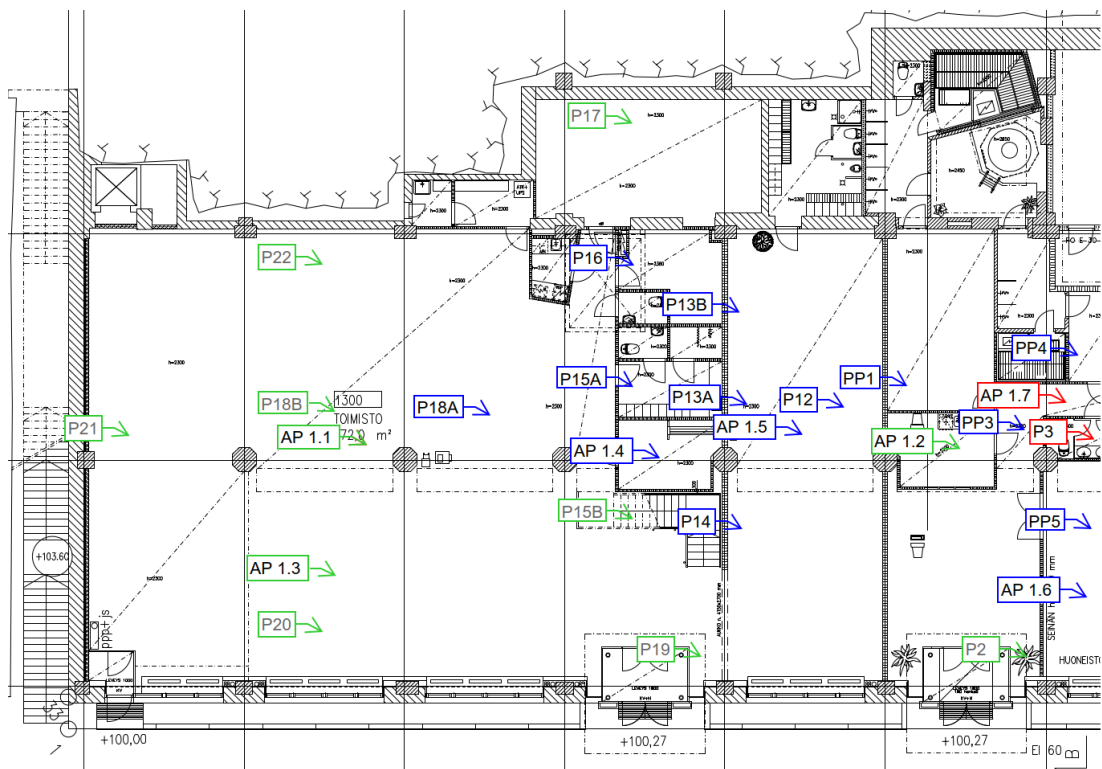
Kuvassa 17 on esitetty sisäkuorien näytesarjojen tulokset eri korkeustasoilta. Tutkimuksen mukaan ulkoseinien tiilirakenteiden öljyhiilivetypitoisuudet olivat kauttaaltaan koholla ylittäen määräysrajan, mutta kaikissa näytesarjoissa ne laskivat seinällä ylöspäin mentäessä. Tulosten perusteella seinien sisäkuoren yläosien tiilet sekä ulkoseinien tiilet todettiin rajoitetusti uudelleenkäyttökelpoisiksi uudelleenkäyttökartoituksen arvion mukaisesti. Ulkokuoren tiilien noin kahden metrin korkeudesta otetuissa koantinäytteissä havaittiin määräysrajan ylittäviä öljyhiilivetypitoisuuksia, mutta ne jäivät kohonneen pitoisuuden raja-arvon alapuolelle. Ulkokuoren tiilien oletettiin vastaavan kokonaisuudessa koantinäytettä, sillä ulkokuoren ollessa rakenteellisesti erotettu sisäkuoresta, ei öljyhiilivetyjen imeytymistä sisäkuoresta pidetty todennäköisenä, ja tästä syystä laajempia ulkokuoren haitta-ainetutkimuksia ei toteutettu. Haitta-ainepitoisuuksien perusteella tiilien uudelleenkäyttöä sisäilmakontaktissa tai ulko-oleskelualueilla ei katsottu mahdolliseksi.

Uudelleenkäyttöselvityksen haitta-ainetutkimuksissa paikalla valettujen betonirakenteiden materiaalinäytteet otettiin timanttiporaamalla rakenteen läpi, jolloin tutkittavaksi saatiin tutkimuspisteessä koko rakennetta kuvaava näyte. poralierönäytteet tutkittiin kokonaisuudessaan koantinäytteenä. Kuvassa 18 on esitetty yhden rakennuslohkon öljyhiilivetyanalyyseiden tulokset tasokuvassa ja taulukossa 9 öljyhiilivetyjen analyysitulokset. Kuvaan ja taulukkoon on koottu kaikkien alueella tehtyjen haitta-ainetutkimusten tulokset.

Tulosten perusteella eri aikaan tehtyjen tutkimusten tulokset ovat vertailukelpoisia. Kuvassa on merkitty harmaalla tekstillä näytepisteet, joista on tehty pelkkä PID-mittaus ja öljyhiilivetyjen pitoisuus on arvioitu sen perusteella.

Taulukko 9. 1. kerroksen 1. lohkon haitta-ainetutkimusten analyysitulokset tutkimusajankohdittain

näyte-tunnus	9/2018		näyte-tunnus	11/2018		näyte-tunnus	1/2019		näyte-tunnus	4/2024	
	C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> mg	PID ppm		C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> mg	PID ppm		C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> mg	PID ppm		C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> mg	
P2	-	2	PP1	1723	30,1	P12	4000	10	AP 1.1	62	
P3	11000	20	PP3	5900	14,2	P13A	3150	11,3	AP 1.3	64	
			PP4	2260	92	P13B	-	2,1	AP 1.4	8160	
			PP5	1450	9,7	P14	1380	7,1	AP 1.5	3090	
			PP6	4200	0,7	P15A	233	5,6	AP 1.6	576	
						P15B	806	6,2	AP 1.7	11300	
						P16	-	4,6			
						P17	-	5,7			
						P18A	2870	4			
						P18B	-	5,5			
						P19	-	0,3			
						P20	-	6,3			
						P21	-	2,7			
						P22	-	4,5			



**Kuva 18.** 1. kerroksen 1. lohkon haitta-ainetutkimusten näyteenottopisteet ja arviot hyödyntämis- ja kaatopaikkakelpoisuudesta. Vihreät alittavat hyödyntämiskelpoisuuden raja-arvon  $< 300 \text{ mg/kg}$ , siniset soveltuvat pysyvän jätteen kaatopaikalle  $300\text{--}10000 \text{ mg/kg}$ , punaiset ovat vaarallista jätettä  $> 10000 \text{ mg/kg}$

Ala- ja välipohjissa todettiin laajasti hyödyntämiskelpoisuuden raja-arvot ylittäviä liuenneen orgaanisen hiilen ja öljyhiilivetyjen pitoisuuksia. Myös paikalla valetuissa pilasteissa ja massiivisissa pilareissa havaittiin laajasti hyödyntämiskelpoisuuden raja-arvot ylittäviä pitoisuuksia. Kuvassa 19 on esitetty joitain lattiarakenteiden poralieriönäytteitä, joista on nähtävillä lattiarakenteiden kerroksellisuutta.



**Kuva 19.** Lattiarakenteiden näytteiden valokuvia

Tutkimusten yhteydessä lattiarakenteissa havaittiin kerroksellisia rakenteita koko rakennuksen laajuudella. Aiemman peruskorjauksen ja käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä kaikille lattiatasaille oli valettu uudet 80 mm – 120 mm paksut pintalaatat. Ylempien kerrosten lattioiden porausnäytteistä paljastui ohuita EPS ja mineraalivillaaeristekerroksia pintalaatan ja kantavan laatan välillä. Lämmöneristekerrokset sijaitsivat kallionpuoleisten alapohjarakenteiden alueilla. Löydöksestä pääteltiin, että peruskorjauksen

yhteydessä ylempien kerrosten alapohjarakenteiden pintalaatan alle oli asennettu käyttömukavuuden parantamiseksi ohut lämmöneristekerros lämpökatkoksi.

## 6.6 Uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointi

Uudelleenkäyttöselvityksen lisäksi laadittiin osakohtaiset osan rajoitteet ja mahdollistajat yhdistävä uudelleenkäyttöpotentiaalitarkastelu. Tarkastelu toteutettiin käyttäen luvun 5 mukaista uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmää, missä huomioitiin osan uudelleenkäyttöä tukevia ja mahdollistavia sekä uudelleenkäyttöä rajoittava tekijöitä. Tarkastelussa hyödynnettiin uudelleenkäyttöselvityksen tietojen lisäksi muita hankkeeseen liittyvien asiantuntijoiden selvityksiä, hankkeen kiertotaloustavoitteita, kiertotalousmarkkinan tilannetta, sekä tilaajan taloudellisia reunaehtoja. Uudelleenkäyttöpotentiaali tarkastelu laadit poltetuista tiilistä, graniittisista sokkelikivistä sekä paikallavaletuista betonirakenteista.

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan viitekehyskohteisesti case-kohteen kiviaineisten rakennusosien uudelleenkäyttöpotentiaaliin vaikuttavia tekijöitä. Tarkasteluissa yhdistettiin rakennusosien uudelleenkäytön nykytilan muodostamat yleiset reunaehdot sekä case-kohteen hankekohtaiset ominaisuudet. Jokaisen viitekehyyksen lopuksi on esitetty case-kohteen poltettujen tiilien viitekehyskohtaiset uudelleenkäyttöpotentiaalitarkastelun tulokset taulukoissa 10–14. Taulukon lopussa on viitekehyyksen rajoitteiden ja mahdollistajien yhteisvaikutuksesta muodostettu uudelleenkäyttöpotentiaalin arvio seitsemän portaisella asteikolla arviointimenetelmän mukaisesti. Arviointiasteikon arvojen selitteet ovat esitetty luvussa 5. Paikallavaletuille betonirakenteilla ja graniittikiville toteutettiin case-hankkeessa sama tarkastelu, mutta tässä tutkimuksessa niistä on esitetty pelkkä uudelleenkäyttöpotentiaalin kokonaistarkastelu.

Uudelleenkäyttöpotentiaalin arvioinnissa ei tarkastella tarkemmin uudelleenkäytettävien osien teknisien suoritusasteiden tai ympäristöhyötyjen vaikutuksia potentiaaliin. Case-kohteen uudelleenkäytettävien rakennusosien teknisiä suoritusasteita tutkittiin kattavasti uudelleenkäyttöselvityksen yhteydessä, mutta niitä ei käsitellä tarkemmin tässä tutkimuksessa, sillä teknisten suoritusasteiden tutkimuksen ja tulosten käsittelyn katsottiin ohittavan tutkimuksen rajauksen. Myös uudelleenkäytettävien osien ympäristövaikutusten tarkempi arviointi rajattiin case-tarkastelun ulkopuolelle. Tutkimusten ja analyysien perusteella poltettujen tiilien ja graniittikivien todettiin täyttävän niiltä vaaditut tekniset suoritusasteet ja uudelleenkäytetyn tiilen hiilijalanjäljen arvioitiin laskelman mukaan olevan noin 5–10 % uuden vastavan tiilen hiilijalanjäljestä.

Viitekehyskohtaiset taulukkomuotoiset arviot on esitetty pelkästään poltettujen tiilien osalta, sillä ne olivat uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmän testaamisen kannalta mielenkiintoisimpia viitekehyskohtaisten arvojen vaihdellessa. Lisäksi poltetut tiilet olivat case-kohteen rakennusosista määrällisesti eniten uudelleenkäytettävä rakennusosa.

### **6.6.1 Poliittiset ja lainsäädännölliset tekijät**

Poliittiselta ja lainsäädännön kentältä löytyi runsaasti tahtotilaan perustuvia uudelleenkäyttöä mahdollistavia ajureita case-kohteen kiertotaloustavoitteille. Kiertotalouden ja rakennusosien uudelleenkäytön takana on vahva poliittinen tahtotila ja viranomaisten tuki. Suomen siirtymästä lineaaritaloudesta kiertotalouteen on tehty valtiojohdon päätös, jonka myötä poliittinen kenttä pyrkii edistämään kiertotalouden pilotointi, ja vaiheittaista siirtymää kohti kiertotaloutta. Case-kohteen osalta alueelliset ja valtakunnalliset viranomaiset olivat halukkaita edistämään rakennusosien uudelleenkäyttöä lainsäädännön asettamista haasteista huolimatta. Tampereen rakennusvalvonta ilmoitti olevansa kykeneväinen käsittelemään tuotekelpoisuuden osoitushakemukset ja että tuotekelpoisuuden osoituksessa voitiin hyödyntää uudelleenkäytettävistä osista laadittavia tuotekortteja. Ympäristöviranomaisten kanssa käytiin ennakkoneuvotteluja, joiden perusteella uudelleenkäytettäviä osia ei tule määritellä jätteeksi. Eri viranomaiset sekä muut sidosryhmät ilmoittivat mielenkiintonsa uudelleenkäyttöprosessia kohtaan, ja erityisesti uudelleenkäytön toteutuksesta saatavalle käytännön kokemukselle oli kysyntää.

Tahtotilasta huolimatta lainsäädäntö asetti myös merkittäviä rajoitteita uudelleenkäytölle, sillä viranomaiset eivät pystyneet tahtotilasta huolimatta ohittamaan nykyisen lainsäädännön asettamia rajoitteita. Uudelleenkäytettävän osan tuotekelpoisuuden osoitus on raskas ja aikaa vievä prosessi nykyilainsäädännön puitteissa. Case-kohteen osien uudelleenkäytön tuotekelpoisuuden osoituskäytännöt saatiin sovitettua paikallisen rakennusvalvontaviranomaisen kanssa, mutta mikäli samoja osia oltaisiin käyttämässä uudelleen jonkin muun rakennusvalvontaviranomaisen toimialueella, tulisi tuotekelpoisuuden osoitus suorittaa uudelleen. Toinen keskeinen lainsäädännön asettama rajoite oli jäte-  
laintulkinta haitta-aineita sisältävien osien jätestatuksen määrittämisestä. Ympäristöviranomaisen kanssa käydyissä neuvotteluissa keskusteluun nousi rakennusosien haitta-ainepitoisuuksien vaikutus jätelain tulkintaan. Viranomaisilla ei ollut selvää kantaa, milloin haitta-ainepitoisuudet ylittäisivät uudelleenkäyttöön soveltuvan materiaalin raja-arvot ja muodostaisivat jätelain poistamisvelvoitteen mukaisen jätestatuksen. Case-kohteen kiviaineisten rakennusosien osalta raja vedettiin MARA-asetuksen hyödyntämiskelpoisuuden raja-arvoihin. Viranomaisten kanssa käydyissä keskusteluissa korostui uudelleenkäyttöön liittyvien kokemusten, käytäntöjen ja ennakkotapausten puute.

Taulukko 10. *Poltettujen tiilien kiertotalouden poliittiset ja lainsäädännölliset ajurit*

Poliittiset ja lainsäädännölliset tekijät		
Mahdollistajat	Rajoitukset	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viranomaisilla halua edistää kiertotalouden pilotointia lainsäädännön asettamista haasteista huolimatta</li> <li>• Kiertotalouden edistämiseksi on vahva poliittinen tahtotila</li> <li>• Viranomaiset kaipaavat pilottikohteista saatavaa kokemusta uudelleenkäytön käytännön toteuttamisesta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jätelain purkumateriaalin jätteeksi luokittelun mahdollisuus haitta-aineiden vuoksi</li> <li>• Tuotekelpoisuuden osoittamisen haasteet, erityisesti haitta-aineita sisältävälle osalle</li> <li>• Osaa käyttävä taho vastaa tuotekelpoisuuden osoituksesta, eikä sitä voida hakea irrotuksen yhteydessä, minkä vuoksi osien kauppaaminen on haastavaa</li> <li>• Viranomaisten kokemuksen puute uudelleenkäyttöön ja tuotekelpoisuuden hyväksymiseen liittyen</li> </ul>	
Vaikutus kiertotalouden toteutumiseen:	Kriteeri:	Heikentää
	Arvo:	-

### 6.6.2 Tekniset tekijät

Kohteen poltetut tiilet sekä graniittisokkelit olivat periaatteessa teknisesti erinomaisia uudelleenkäytettäviä rakennusosia. Tiilet olivat vanhoja kalkkilaastilla muurattuja umpitiiliä, joiden irrotuksesta ja uudelleenkäytöstä on jonkin verran kokemusta Tampereen historiallisten punatiilirakennusten korjaus- ja muutoshankkeiden myötä. Tiilien käyttöiästä arvioitiin olevan jäljellä huomattava osa. Graniittisten sokkelikivien käyttöikä rakennusmateriaalina on käytännössä ikuinen, eikä niiden teknisessä toimivuudessa arvioitu olevan oleellista eroa alkuperäiseen käyttöön verrattuna. Tiilien muurauksessa käytetyn kalkkilaastin tartunta ei ole nykyisten sementtipohjaisten muurauslaastien kaltaista, jolloin niiden irrotus ja puhdistus on huomattavasti helpompaa verrattuna sementtilaastilla muurattuihin rakenteisiin.

Case-kohteen rakenteisiin käytön aikana imeytyneet öljyhiilivedyt ja niiden vaikutukset aiheuttivat merkittävimmät uudelleenkäytön tekniset rajoitteet. Öljyhiilivetypitoisuudet todettiin olevan kauttaaltaan koholla estäen tiilien uudelleenkäyttämisen sisäilmayhteydessä ja ulkopuolisten oleskelualueiden lähetyvillä. Ulkopuolisilla oleskelualueilla tarkoitetaan esimerkiksi parvekkeita, terasseja ja oleskeluun tarkoitettuja ulkokatoksia. Koonnäytteen perusteella pitoisuudet olivat pääosin riittävän matalia rajoittamattoman ulkopuolisen käytön mahdollistamiseksi, mutta pitoisuuksien alueellisten piikkien vuoksi

oleskelualueet, kuten parvekkeet rajattiin hyväksytyjen käyttökohteiden ulkopuolelle. Pi-toisuuksien alueellisuus vaikeutti puhtaiden ja pilaantuneiden tiilien erottelua sekä lisäsi haitta-aineita sisältävien tiilien pääymistä uudelleenkäytettävien tiilien joukkoon. Uudelleenkäyttöön hyväksyttiin vain sisäseinien yläreunan sekä tiilimuurien uloimman kuoren tiiliä, jotka olivat tutkimusten perusteella todennäköisimmin säästyneet öljyriskeiltä. Tämä rajoitti uudelleenkäyttökelpoisten tiilien lukumäärää oleellisesti. Tiiliä kelpuutettiin rajallisesti myös uudelleenkäytön riskienhallinnan varmentamiseksi, koska pilaantuneiden tiilien uudelleenkäytön seuraukset haluttiin välttää. Haitta-aineista riippumattomaksi rajoitteeksi tunnistettiin irrotustyöstä ehjänä irtoavien tiilien saanto seinien kaatamisen yhteydessä rikkoutuvien tiilien vähentäessä uudelleenkäytettävien tiilien määrää.

Taulukko 11. *Poltettujen tiilien kiertotalouden tekniset ajurit*

Tekniset tekijät		
Mahdollistajat	Rajoitukset	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiilillä on jäljellä huomattava osa teknistä käyttöikä</li> <li>• Tiilet täyttävän vaaditut tekniset suoritusastot</li> <li>• Kalkkipohjainen muurauslaasti helpottaa tiilien irrottamista ja puhdistamista</li> <li>• Irrottaminen on kohtuullisen yksinkertaista eikä se vaadi erikoismenetelmiä</li> <li>• Tiilien uudelleenkäyttö ei vaadi erityisiä toimia, asentaminen vastaa uuden tiilen käyttöä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Öljyhiilivedyt estävät uudelleenkäytön sisäilmayhteydessä ja ulkoilmaan rajoittuvien oleskelualueiden läheisyydessä (mm. parvekkeet, kattoterassit)</li> <li>• Puhtaiden ja pilaantuneiden tiilien erottelu purkamisen yhteydessä</li> <li>• Mahdolliset vaikutukset saastuneiden tiilien pääymisestä uudelleenkäytettävien tiilien joukkoon</li> <li>• Irrotuksessa rikkoutuvien tiilien määrästä ei ole tarkkaa kokemusta, jolloin niiden saanto saattaa alittaa tarpeen</li> <li>• Ulkokuoren tiilet rapattuina, sisäkuoren maalattuina -&gt; vain yksi "puhdas" sivu jäljellä</li> </ul>	
Vaikutus kiertotalouden toteutumiseen:	Kriteeri:	Heikentää
	Arvo:	-

### 6.6.3 Taloudelliset tekijät

Case-kohteen pilottiluonteen vuoksi kiertotaloudelle ei asetettu tiukkoja taloudellisia vaatimuksia. Kohde valikoitui pilottihankkeeksi osittain sen vuoksi, että rakennuksen laaja-alainen pilaantuneisuus olisi edellyttänyt joka tapauksessa laajoja haitta-ainetutkimuksia

vaarallisten haitta-ainepitoisuuksien kartoittamiseksi, vaikka hanke olisi toteutettu tavanomaisena purkuhankkeena. Hankkeen uudisosan suunnitteluratkaisut sekä olosuhteet mahdollistama tiilien uudelleenkäyttö samassa käyttötarkoituksessa haitta-aineista huolimatta muodostaa kohtuullista taloudellista arvoa, sillä uudelleenkäytöllä vältetään haitta-aineita sisältävän tiilen jätemaksut sekä uusien tiilien hankintahinta. Lisäksi vanhojen tiilien irrotus- ja puhdistustöiden kustannusvaikutukset arvioitiin olevan melko kohtuulliset kalkkilaastin helpon puhdistuksen ansiosta. Lisäksi vanhoilla umpitiilillä on kohtuullisesti kysyntää erityisesti Tampereen alueella, missä tiilille on tarvetta vanhojen punatiilien teollisuusrakennusten kunnostustöissä.

Case-kohteen onnistumisista huolimatta rakennusosien uudelleenkäytön laajamittainen kaupallinen toiminta ei tällä hetkellä ole mahdollista kiertotalousmarkkinan ja toimivan markkinapaikan puuttuessa. Case-kohteen oman tarpeen ylittävien osien kauppaaminen ei ollut markkinaehtoista, vaan se tapahtui erilaisten asiantuntijaverkostojen kautta tai saman toimijan omien hankkeiden sisällä. Markkinatilanteen lisäksi uudelleenkäytettävän osan kokonaiskustannuksista irrotuksesta uudelleen asennukseen ei ole kokemuksia. Erityisesti osien logistiikkaan ja varastointiin liittyvät kustannukset vaikuttavat kiertotalouden kokonaiskustannuksiin heikentäen kiertotalouden taloudellisia edellytyksiä. Varastointi- ja logistiikka kustannusten arviointi on kohtuullisen helppoa tontilla uudelleenkäytettävien osien osalta, mutta varastointiajan pidentyessä myös kustannukset nousevat.

Osien haitta-ainetutkimukset muodostivat huomattavan osan uudelleenkäytöstä aiheutuneista kustannuksista ja jo pelkät haitta-ainetutkimusten kustannukset olisivat vieneet pohjan kaupalliselta kiertotaloustoiminnalta. Tarkka erottelu purkutyön joka tapauksessa edellyttämien tutkimusten ja uudelleenkäytön valmistelusta aiheutuneiden tutkimusten välillä on kuitenkin haastavaa ja raskaat tutkimustarpeet oli tunnistettu jo ennakkoon. Toisen huomattavan taloudellisen rajoitteen muodosti haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyvä riski haitta-ainepitoisuuksien aiheuttamista ongelmista. Taloudellisten vastuiden arvioitiin olevan merkittävät, mikäli uudelleenkäytetyn osan sisältämät haitta-aineet aiheuttaisivat ongelmia uudessa käyttökohteessa.

Taulukko 12. *Poltettujen tiilien kiertotalouden taloudelliset ajurit*

Taloudelliset tekijät		
Mahdollistajat	Rajoitukset	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hankkeen kiertotaloudelle asetetut taloudellisia reunaehdot eivät asettaneet ehdottomia rajoitteita</li> <li>• Haitta-aineista huolimatta osien jalostusaste ei laske käyttötarkoituksen säilyessä</li> <li>• Tiilien irrottamisen ja uudelleenkäytön valmistelun lisäkustannukset ovat kohtuulliset</li> <li>• Vanhoilla poltetuilla tiilillä on kohtuullisesti kysyntää</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kiertotalouden toimivan markkinapaikan puuttuessa kohteella tarpeettomien osien saattaminen kiertotalousmarkkinalle on hyvin haastavaa</li> <li>• Mahdolliset taloudelliset vastuut pilaantuneiden tiilien päätyemisestä uudelleenkäytettävien tiilien joukkoon</li> <li>• Uudelleenkäytön edellyttämien haitta-ainetutkimusten korkeat kustannukset</li> <li>• Tuotekelpoisuuden osoituksen kustannukset</li> <li>• Irrotettujen tiilien logistiikasta ja varastoinnista syntyy kustannuksia</li> </ul>	
Vaikutus kiertotalouden toteutumiseen:	Kriteeri:	Rajoittaa
	Arvo:	- -

#### 6.6.4 Sosiaaliset tekijät

Rakennusosien uudelleenkäytön sosiaalisista vaikutuksista ei ole vielä saatavilla juuriin kokemuksiin. Yleisellä tasolla kiertotalouteen ja kiertotaloudella saavutettaviin arvoihin suhtaudutaan pääasiassa positiivisesti. Kiertotaloussiirtymän ympärillä on paljon positiivista puhetta, mutta käytännön pilottihankkeita on toistaiseksi toteutettu melko vähän, mikä mahdollistaa case-kohteen kiertotaloushankkeelle hyvän näkyvyyden. Rakennusten kulttuuriperinnön säilyttämiseen suhtaudutaan pääasiassa positiivisesti. Erityisesti Tampereella vanhojen punatiilien teollisuusrakennusten säilyttämistä sekä kaupungin teollisen historian vaalimista arvostetaan. Case-kohde on osa Tampellan metalliteollisuuden historiaa sekä osa sotapommiteluja, minkä arvioitiin toimivan vastapainona haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäytön kohtaamalle skeptisyydelle. Kohteen ja sen kiertotaloushankkeen ympärillä oli pääosin positiivinen ilmapiiri, ja alkuperäisten tiilien ja arkkitehtuurin säilyttämisellä onnistuttiin saavuttamaan arvioiden mukaan positiivista sosiaalista arvoa. Lisäksi hankkeen pilottiluonne mahdollisti uudelleenkäytöllä saavutettujen ympäristöarvojen korostamisen ja näkyvyyden tilanteessa, missä uudelleenkäytettyjen osien määrät olivat haitta-aineiden vuoksi melko matalia. Hankkeen myötä onnistuttiin myös osoittamaan, etteivät haitta-ainepitoisuudet ole uudelleenkäytön este.

Rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyvään yleiseen skeptisyyteen, ennakkoluuloihin ja laatuvaikutelmaan liittyvien yleisten sosiaalisten rajoitteiden ei arvioitu vaikuttavan merkittävästi case-kohteen rakennusosien uudelleenkäyttöpotentiaaliin. Rakennusosien sisältämällä haitta-aineilla tunnistettiin olevan yleisesti uudelleenkäytön mielikuvia heikentävä vaikutus, mutta uudelleenkäytöllä saavutettavalla kulttuurihistorian säilyttämisellä arvioitiin olevan oleellisesti merkittävämpi rooli kohteen rakennusosien uudelleenkäytöstä muodostuvassa mielikuvassa.

Taulukko 13. *Poltettujen tiilien kiertotalouden sosiaaliset ajurit*

Sosiaaliset tekijät		
Mahdollistajat	Rajoitukset	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tampereella arvostetaan alkuperäisiä punatiilirakennuksia ja teollista historiaa</li> <li>• Kiertotaloussiirtymän ja pilotoinnin ympärillä on paljon positiivista yhteiskunnallista tukea.</li> <li>• Purettavan rakennuksen ja alueen historiaan sidottuja uudisrakennuksia arvostetaan</li> <li>• Pilottihankkeella saavutetut ympäristöhyödyt korostuvat ja aikaansaavat positiivisen mielikuvan rakennusosien uudelleenkäytöstä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rakennusosien uudelleenkäyttöön ja niiden laatuun liittyy ennakkoluuloja. Uudelleenkäyttö saatetaan yhdistää halventamiseen</li> <li>• Tietoisuus haitta-aineiden vaikutuksista on laajasti tunnettua, jolloin haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäyttö saattaa näyttäytyä tarpeettomana riskinä</li> <li>• Rakennusosien uudelleenkäyttöä kohtaan on skeptisyyttä rakennusalan toimijoiden keskuudessa, mikä vaikeuttaa uudelleenkäyttöprosessia</li> </ul>	
Vaikutus kiertotalouden toteutumiseen:	Kriteeri:	Edistää
	Arvo:	+ +

### 6.6.5 Ympäristötekijät

Uudelleenkäyttämällä poltettuja tiiliä sekä graniittisia sokkelikiviä kyettiin säästämään neitseellisiä luonnonvaroja, graniittikivien louhinnan ympäristövaikutukset sekä punatiilien polttoon tarvittava lämpöenergia. Rakennusosien uudelleenkäytön lisäksi huomattava osa rakennuksen betonirakenteista kyettiin hyödyntämään murskattuna materiaalivirtana rakenteiden laajasta pilaantuneisuudesta huolimatta. Suorien positiivisten ympäristövaikutusten lisäksi pilottikohde antoi arvokasta kokemusta ja näkyvyyttä kiertotaloudella saavutettavissa olevista ympäristöarvoista. Case-kohteen haitta-aineitasisältävien rakennusosien uudelleenkäytöllä saavutettuja ympäristöhyötyjä voidaan korostaa, mikä edistää hankkeen kiertotaloustavoitteiden lisäksi myös koko kiertotaloussiirtymää. Kohteen haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäyttö lisäksi osoittaa, että ympäristöarvoja voidaan saavuttaa myös haastavista lähtökohdista.

Kohteen uudelleenkäytettävistä osista ei tunnistettu merkittäviä rajoitteita ympäristötekijöiden osalta. Osien sisältämät haitta-aineet voisivat aiheuttaa ympäristöön päästessään ympäristöhaittoja, mutta tätä ei nähty erityisen suurena riskinä. Uudelleenkäytettävien osien haitta-ainepitoisuudet alittivat huomattavasti hyödyntämiskelpoisuuden raja-arvot, jolloin riski ympäristön pilaantumiselle arvioitiin olevan vähäinen.

Taulukko 14. *Poltettujen tiilien kiertotalouden ympäristön ajurit*

Ympäristötekijät		
Mahdollistajat	Rajoitukset	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uudelleenkäytöllä saavutetaan merkittäviä säästöjä luonnonmateriaalien käytössä sekä päästöissä</li> <li>• Pilottihankkeella saavutetut ympäristöhyödyt korostuvat vertailukohtana ollessa uudisosia käyttävät rakennushankkeet</li> <li>• Pilottihanke osoittaa, että saastuneestakin rakennuksesta kyetään uudelleenkäyttämään rakennusosia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uudelleenkäytettyjen osien sisältämien haitta-aineiden päästöjen ympäristöhaitat, erityisesti jos voimakkaasti pilaantuneita materiaaleja päätyy uudelleenkäyttöön</li> </ul>	
Vaikutus kiertotalouden toteutumiseen:	Kriteeri:	Kannustaa
	Arvo:	+++

### 6.6.6 Uudelleenkäyttöpotentiaalitarkastelun tulokset

Viitekehyskohtaiset potentiaaliarviot ja tiilien painotuskertoimet on esitetty kaavassa 6 ja kaavan 4 mukaan lasketut rakennusosakohtaiset uudelleenkäyttöpotentiaalien arviot on esitetty kuvissa 20–22. Poltettujen tiilien painotuskertoimilla painotettiin teknisiä, sosiaalisia sekä ympäristön vaikutuksia taloudellisten vaikutusten kustannuksella hankkeen kiertotaloustavoitteiden mukaisesti. Tiilien painotuskertoimet valittiin kuvaamaan hankkeen kiertotaloustavoitteita ja ne noudattivat taulukon 2 ohjeellisia rajoja. Paikallavaletujen betonirakenteiden ja graniittikivien uudelleenkäyttöpotentiaalia ei nähty tarpeellisenä painottaa.

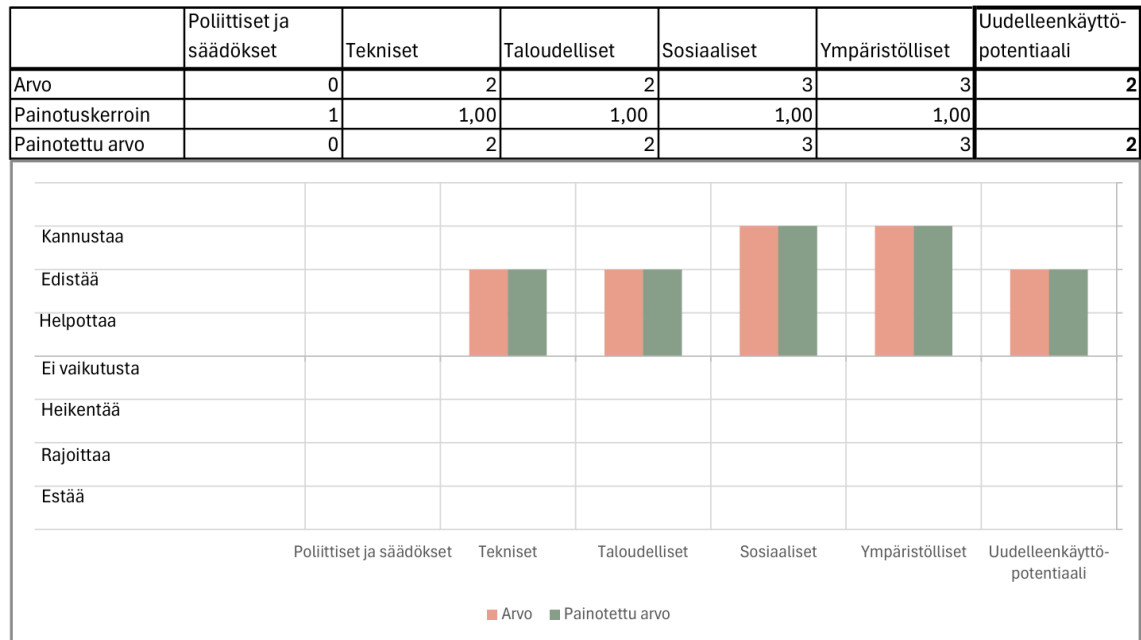
$$\mathbf{x}_{\text{tiili}} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ -2 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{k}_{\text{tiili}} = \begin{bmatrix} k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \\ k_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1,15 \\ 0,50 \\ 1,15 \\ 1,20 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{x}_{\text{graniitti}} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ 2 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x}_{\text{betoni}} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ -3 \\ -3 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$$

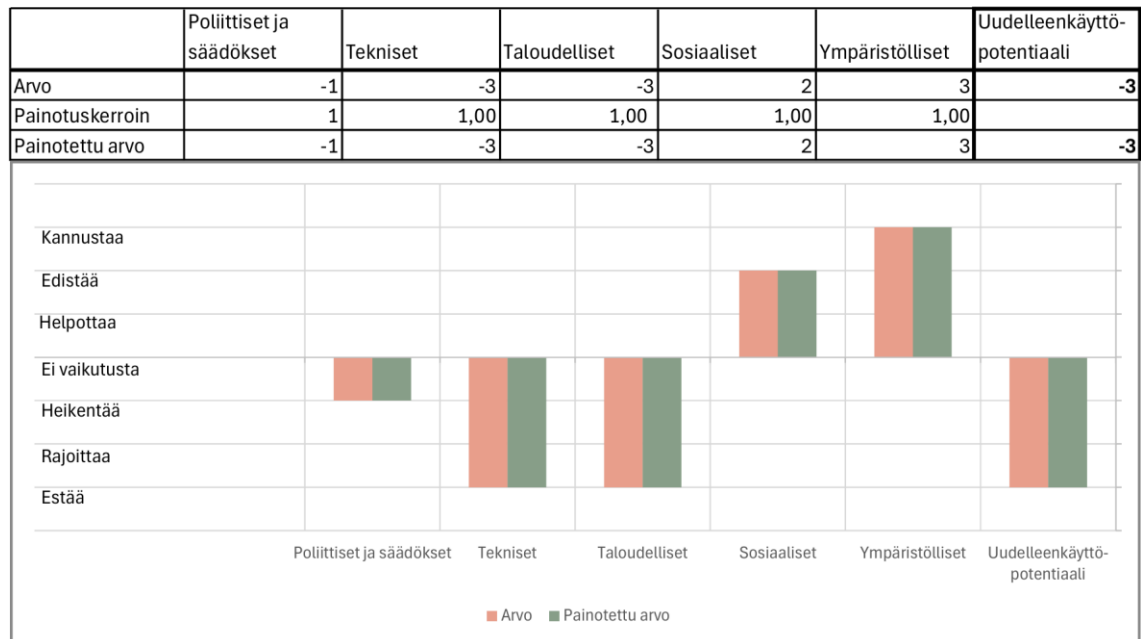
(6)



**Kuva 20.** Case-kohteen poltettujen tiilien uudelleenkäyttöpotentiaali



**Kuva 21.** Case-kohteen graniittisten sokkelikivien uudelleenkäyttöpotentiaali



**Kuva 22.** Case-kohteen paikallavalettujen betonirakenteiden uudelleenkäyttöpotentiaali

Poltettujen tiilien uudelleenkäyttöpotentiaalin painottamattomaksi arvoksi saatiin 0,2 eli ominaisuuksiensa puolesta tiilet ovat uudelleenkäytettäviä, mutta potentiaailtaan melko neutraaleja. Painotuskertoimilla korjatuksi potentiaalin arvoksi saatiin 0,55, joka nosti uudelleenkäyttöpotentiaalin lähemmäs uudelleenkäyttöä edistävää tasoa. Pilottihankkeen kannalta positiivista potentiaalin arvoa pidettiin hyvänä lähtökohtana uudelleenkäytön edistämiseksi, kun huomioidaan hankkeen alkuperäiset arviot haitta-aineiden vaikutuksista tiilien uudelleenkäyttökelpoisuuteen.

Graniittisokkeleiden uudelleenkäyttöpotentiaalin arvoksi menetelmää käyttäen saatiin 2,0. Potentiaalin mukaan graniittisokkeleiden ominaisuudet tukivat vahvasti niiden uudelleenkäyttöä ja niiden uudelleenkäyttämistä olisi kannattanut edistää joka tapauksessa ilman hankkeen pilottiluonnettakin. Potentiaali olisi noussut jonkin verran, jos sitä olisi korjattu poltettujen tiilien painotuskertoimilla, mutta sille ei nähty tarvetta.

Paikallavalettujen betonirakenteiden uudelleenkäyttöpotentiaaliarvion tulos oli -3 eli ne eivät arvion mukaan olleet uudelleenkäyttökelpoisia. Sekä teknisten että taloudellisten ominaisuuksien arvioitiin estävän uudelleenkäytön, joten potentiaalin arviointimenetelmän mukaisesti koko potentiaalin arvoksi tulee suoraan -3. Paikallavaletut betonirakenteet pyrittiin kuitenkin hyödyntämään murskeena haitta-ainetutkimusten perusteella puhtaiksi määritellyiltä alueilta.

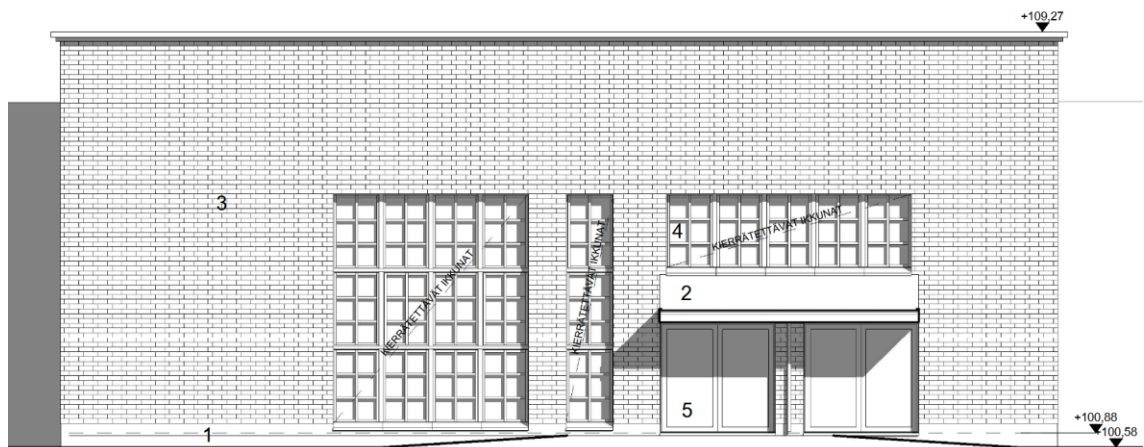
## 6.7 Case-kohteen kiviaineisten rakennusosien kiertotalouden toteuma ja riskien hallinta

Kokonaisuudessaan case-kohteen kiertotaloustavoitteet onnistuttiin pääosin saavuttamaan laajoista haitta-ainepitoisuuksista huolimatta. Uudelleenkäytettävistä tiili- ja luonnonkivirakenteista suurin osa tullaan käyttämään tontille rakennettavassa uudisrakennuksessa, mikä toteutetaan purkuhankkeen yhteydessä. Osien uudelleenkäyttäminen samalla tontilla ja saman tahon toimesta mahdollistaa niiden tuotekelpoisuuden osoitusprosessin suoraviivaistamisen uuden rakennushankkeeseen ryhtyvän ja vanhan rakennuksen omistajan ollessa sama taho. Lisäksi samalla tontilla osien uudelleenkäyttäminen vähentää osien logistiikasta ja välivarastoinnista syntyviä kuluja sekä ympäristövaikutuksia edistäen kiertotaloutta. Sisäänkäyntirakennuksen tarpeiden lisäksi puhdistettuja tiiliä toimitettiin myös muiden hankkeiden tarpeisiin. Taulukossa 16 on esitetty uudelleenkäyttö- ja hyödyntämiskelpoisten rakennusosien määrien tutkimusten mukaiset arviot.

Taulukko 15. *Uudelleenkäyttö- ja hyödyntämiskelpoisten rakennusosien määrä*

Rakennusosa	Uudelleenkäyttö	hyödyntäminen	hyödyntämiskelpoton ja vaarallinen jäte
Poltetut tiilet	>20000 kpl	1300 tn	0 tn
Betonirakenteet	0 tn	7100 tn	11 000 tn
Graniittisen sokkelikivet	36,5 tn ~150 jm	0	0

Case-kohteen kiviaineisten rakennusosien keskeinen uudelleenkäyttökohde tulee olemaan puretun rakennuksen paikalle rakennettava sisäänkäyntirakennus. Sisäänkäyntirakennuksen julkisivu on esitetty kuvassa 23. Kaikki julkisivun verhomuurauksessa käytetyt tiilet sekä sokkelin verhousrakenteet ovat puretusta rakennuksesta irrotettuja ja uudelleenkäytettyjä osia. Lisäksi sisäänkäyntirakennuksen ikkunat ovat uudelleenkäytettyjä. Julkisivun verhomuuraukseen tullaan uudelleenkäyttämään noin 10 000 tiiltä. Sisäänkäyntirakennuksen lisäksi vähintään noin 10 000 tiiltä tullaan uudelleenkäyttämään muissa kohteissa.



**Kuva 23.** Sisäänkäyntirakennuksen julkisivu

### 6.7.1 Poltetut tiilet

Case-kohteen poltettujen tiilien todettiin haitta-ainepitoisuudet huomioiden soveltuvan pääosin hyvin uudelleenkäyttöön. Ne täyttivät teknisiltä ominaisuuksiltaan pääosin vaaditut suoritustasot ja muurauksessa käytetyn kalkkilaastin verrattain heikon tartunnan vuoksi niiden irrottaminen oli verrattain helppoa. Tiilien tuotekelpoisuuden osoitukselle ei nähty erityisiä esteitä, kunhan haitta-aineiden aiheuttamat rajoitteet huomioitiin uudelleenkäyttökohteen valinnassa.

Tiilien uudelleenkäytön ja tiilien sisältämien haitta-aineiden riskienhallinta perustui uudelleenkäyttökohteen valintaan sekä uudelleenkäytettävien tiilien alueellisen valikointiin. Haitta-ainetutkimusten perusteella sisäkuoren yläosat sekä ulkokuoren tiilet alittivat öljyhiilivetytyypitoisuuksille asetettu raja-arvot. Sisäänkäyntirakennuksessa uudelleenkäytettyjen tiilien sisältämien öljyhiilivetyjen päästöjen riskienhallinta ei edellyttänyt erityisiä toimia. Mahdollisten matalien päästöjen vaikutusten arvioitiin olevan merkityksettömiä puolilämpimässä pelkkää läpikulkuliikennettä palvelevan rakennuksen julkisivuverhouksessa. Sisäänkäyntirakennuksen paikallavalurunko voitiin toteuttaa niin ilmatiiviinä, etteivät tiilien mahdolliset päästöt vaikuta rakennuksen sisäilmaan. Lisäksi rakennuksen

läheisyydestä ei oteta raitisilmaa luolastoon tai ympäristön muihin rakennuksiin. Rakennuksen välittömään läheisyyteen ei tule ulko-oleskelualueita, joilla ulkopuoliset käyttäjät voisivat altistua haitta-ainepäästöille, ja tiilien öljyhiilivetypitoisuudet ovat niin matalia, etteivät niiden päästöt ylittäisi hajukynnystä. Rakennuksen luonteen, tiilien kohtuullisen matalan pilaantuneisuuden sekä käyttöympäristön ominaisuuksien vuoksi tiilien öljyhiilivetypitoisuuksilla ei selvityksissä nähty olevan sellaisia vaikutuksia käyttökohteen terveellisyyteen tai turvallisuuteen, jotka olisivat este tiilien tuotekelpoisuudelle.

Hankkeen oman tarpeen yli jäävät tiilet pyrittiin ohjaamaan mahdollisimman tehokkaasti uudelleenkäyttöön. Haitta-ainetutkimusten perusteella ylimääräisten tiilien öljyhiilivetyjen kokonaispitoisuudet vaihtelivat keskimäärin 50–790 mg/kg välillä, mutta ne noudattivat samaa alueellista jakaumaa, missä korkeimmat pitoisuudet olivat sisäseinien alaosissa. Tulosten perusteella öljyhiilivety-pitoisuudet aiheuttaisivat todennäköisesti haitallisia päästöjä sisäilmakontaktissa ja oleskelualueiden läheisyydessä, mutta ne alittavat hyödyntämiskelpoisuuden raja-arvot. Tiilien haitta-ainepitoisuuksista ei ole hyödyntämiskelpoisuuden raja-arvojen alituksen vuoksi vaaraa ympäristölle, joten tiilien uudelleenkäytölle ulkotiloissa ei nähty ehdotonta estettä. Tuotekelpoisuuden osoittamiseksi sekä turvallisuuden ja terveellisyyden uskottava arvioinnin vuoksi uudelleenkäyttökohde on kuitenkin määriteltävä tarkasti. Potentiaalisia uudelleenkäyttökohteita olisivat esimerkiksi erilaiset ulkotilojen muuri- ja seinärakenteet. Lisäksi vanhojen poltettujen tiilien saataavuus on heikkoa kysyntään nähden, ja niillä on kysyntää erityisesti muiden vanhojen punatiilien rakennusten korjaushankkeissa.

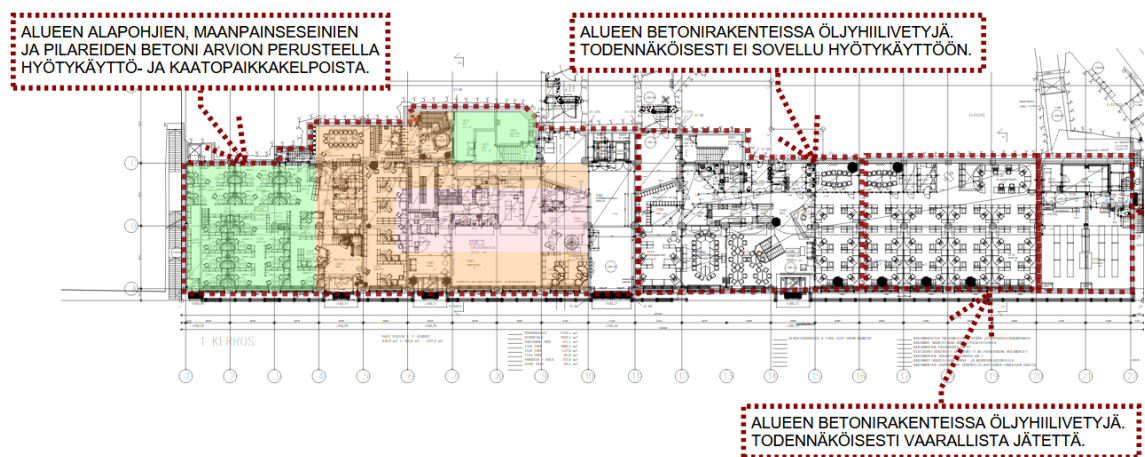
### **6.7.2 Betonirakenteet**

Kohteen paikallavalettujen betonirakenteiden uudelleenkäyttöä ehjänä ei lähdetty edistämään tunnettujen haitta-ainepitoisuuksien sekä lujuuspuutteiden vuoksi. Purettavan rakennuksen ala- ja välipohjarakenteet olivat kauttaaltaan kerroksellisia, mikä osaltaan vaikeuttaisi uudelleenkäyttöä sekä tuotekelpoisuuden osoittamista haitta-ainepitoisuuden sijainnin sekä itse rakenteen kerrosten stabiliteetin epäselvyyden vuoksi. Tuotekelpoisuuden osoittamiseksi tarvittavat tutkimukset olisivat olleet kohtuuttoman raskaat uudelleenkäytöllä saavutettaviin hyötyihin nähden. Lisäksi betonirakenteiden uudelleenkäyttö ja tuotekelpoisuuden osoittaminen ei todennäköisesti olisi käytännössä mahdollista laajojen lujuuspuutteiden vuoksi, vaikka osille olisi tiedossa uudelleenkäyttökohde.

Rungon paikallavaletut osat soveltuvat heikosti uudelleenkäyttöön myös runkojärjestelmän vuoksi. Rakennuksen runko koostuu monoliittisista pilari- ja palkkirakenteista, joiden dimensiot ovat suuria. Välipohjien ylälaattapalkiston uudelleenkäyttö kantavana rakenteena ei nykytiedon valossa ole mahdollista. Ylälaattapalkiston rakenteen toiminta

perustuu palkistojen ja ylälaatan liittorakenteeseen, jonka irrottaminen, siirtäminen ja uudelleenasetus on teknisesti ja taloudellisesti käytännössä mahdotonta. Ylälaattapalkiston osien uudelleenkäyttö erillisinä rakenteellisina osina on haastavaa, sillä laatasto on suunniteltu toimimaan monoliittirakenteena, ja ylälaatan sekä palkkien raudoitteet jatkuvat ristiin osien välillä. Laataston osia voidaan periaatteessa uudelleenkäyttää erillisinä ei-kantavina rakennusosina esimerkiksi piharakenteissa, ulkoalueiden tukirakenteissa tai maatalouden konehallien lattiarakenteissa. Rakennuksen pystyrakenteiden uudelleenkäytölle ei nähty juurikaan edellytyksiä. Paikallavalettujen pilareiden irrotus ja uudelleenasetus on teknisesti haastavaa, eikä niiden rakenteellisia ominaisuuksia pystytä käytännössä hyödyntämään. Ulkoseinien pilasterit toimivat osittain liittorakenteena muurattujen ulkoseinien kanssa, ja keskialueen pilareiden yli metrin läpimitta ja lähes kymmenen metrin pituus tekee pilareiden irrottamisesta ja logistiikasta hyvin haastavaa.

Kohteen kiertotaloustavoitteiden mukaisesti betonirakenteita pyrittiin kuitenkin hyödyntämään mahdollisimman suurelta osin MARA- tai EEJ-asetuksen mukaisesti. Eri vaiheissa otettujen haitta-ainenäytteiden öljyhiilivetyanalyysitulosten perusteella betonirakenteet jaettiin kolmeen alueluokkaan: Hyödyntämiskelvoton ja vaarallisen jätteen raja-arvon ylittävä alue, hyödyntämiskelvoton mutta vaarallisen jätteen raja-arvon alittava pysyvän jätteen kaatopaikalle kelpaava alue ja hyödyntämiskelpoinen alue. Paikalla valetut betonirakenteet jaoteltiin samalla jaolla ja ne merkittiin samoihin aluejakokaavoihin vaarakonstruktioiden kanssa. Kuvassa 24 on esitetty esimerkki laaditusta aluejaosta sekä alueelta otettujen poralieriönäytteiden öljyhiilivety määritysten tulokset, joihin aluejako perustuu.



**Kuva 24.** Rakennuksen 1.kerroksen paikallavalettujen betonirakenteiden hyödyntämiskelpoisuuden ja jätemäärityksen aluejako.

Öljyhiilivety pitoisuuksien todettiin vaihtelevan huomattavasti alueellisesti. Lähekkäisten näytteenottopisteiden pitoisuudet vaihtelivat paikoin suuresti, mikä hankaloitti aluejaon laadintaa. Toisaalta riskinhallinnan kannalta korkeimmat öljyhiilivetyjen pitoisuudet olivat

tutkimusten perusteella kuitenkin suhteellisen paikallisia, jolloin riskiä pilaantuneen betonin päätyemisestä hyödyntämiskäyttöön huomattavissa määrin pidettiin melko pienenä. Lisäksi kaikkien ala- ja välipohjien päälle peruskorjausten yhteydessä valetut paksuhkot puhtaiksi oletetut pintalaatat lisäsivät vaakarakenteiden puhtaan betonin osuutta. Aluejaossa on huomioitu pelkkien haitta-ainepitoisuuksien lisäksi myös alueiden erottelevaa purettavuutta. Alueet pidettiin mahdollisimman suoraviivaisina ja laajoina alueina purkujärjestyksen sekä erottelevan purkutekniikan mahdollistamiseksi. Purun aikana purkubetonin öljyhiilivetyjen pitoisuutta suunniteltiin seurattavan kenttätestaamalla materiaalia PetroFLAG-analysaattorilla. Kenttätestauksella pyritään varmentamaan, että hyödynnettäväksi toimitettavan betonijätteen öljyhiilivetyypitoisuudet alittavat vaaditut raja-arvot, ja ettei tavanomaisen jätteen kaatopaikalle toimiteta vaarallisen jätteen raja-arvot ylittävää materiaalia.

### **6.7.3 Luonnonkivirakenteet**

Tutkimusten perusteella ei löydetty rajoitteita purettavan rakennuksen sokkelin verhouskivinä käytettyjen graniittikivien uudelleenkäytölle vastaavassa käyttötarkoituksessa. Tuotekelpoisuuden osoituksen valmistelussa noudatettiin samaa prosessia, kuin poltetujen tiilienkin kanssa. Graniittikivien uudelleenkäyttöön ei myöskään arvioitu kohdistuvan mitään erityisiä kiertotalouteen liittyviä riskejä, joten niiden osalta ei suoritettu erityisiä riskienhallinnan toimenpiteitä.

Purettavan rakennuksen graniittikivet eivät olleet altistuneet samassa mittakaavassa muita rakenteita pilanneille öljyvuodoille eikä niistä tehty muitakaan haitta-ainehavainnotoja. Mahdollisilla vähäisillä öljyhiilivedyillä ei katsottu olevan samankaltaista materiaalia saastuttavaa vaikutusta kuin tiili- ja betonirakenteissa. Arvio perustui siihen, että ulko-kuorien tiilirakenteiden öljyhiilivetyypitoisuudet alittivat graniittikiville asetettu raja-arvot. Graniittikivien öljyhiilivetyjen raja-arvona käytettiin betonin EEJ-asetuksen 500 mg/kg raja-arvoa, sillä sen katsottiin vastaavan uutta käyttöympäristöä asetuksen salliessa raja-arvot alittavan materiaalin käytön myös peittämättömissä pintakerroksissa. Lisäksi graniitti on melko tiheä ja yhtenäinen kivilaji, jossa ei ole merkittävää haitta-aineiden leviämistä edesauttavaa huokosverkostoa, ja sokkelin verhouskivet olivat ehjiä, hyväkuntoisia ja halkeilemattomia. Graniittikivien ei katsottu luonnostaan sisältävän sellaisia haitta-aineita, joilla olisi vaikutusta uudelleenkäyttöön samassa käyttötarkoituksessa.

Vähäisen haitta-ainealtistumisen ja graniitin materiaaliominaisuuksien perusteella haitta-aineilla ei nähty olevan oleellista vaikutusta kivien uudelleenkäyttöön tai tuotekelpoisuuteen vastaavassa käyttötarkoituksessa. Kivien käyttöä sisäilmayhteydessä ei selvitetty

tarkemmin tarpeettomasti, sillä kiviä oltiin uudelleenkäyttämässä nykyisen kaltaisessa ympäristössä samassa käyttötarkoituksessa.

Sokkelikivet irrotettiin purkutyön yhteydessä ehjänä ja ne varastoitiin omalle tontille odottamaan uudelleenkäyttöä. Suuren koon sekä painon vuoksi kiviä ei lähdetty siirtämään välivarastointialueelle. Ulkovarastoinnilla ei ollut kivien ominaisuuksien tai suoritustensojen säilyvyyden kannalta merkitystä. Kivien vaihtelevien paksuuksien ja epämääräisten pituuksien vuoksi niitä joudutaan todennäköisesti muokkaamaan rakennuspaikalla ennen uudelleenkäyttöä, mutta sillä ei nähty olevan oleellista vaikutusta uudelleenkäytön kannalta. Purettavan rakennuksen kaikki sokkelikivet tullaan uudelleenkäyttämään tontin uudisrakennuksissa. Sisäänkäyntirakennuksesta yli jääneet kivet käytetään tontin seuraavissa uudisrakennuskohteissa.

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennusosien uudelleenkäyttö on noussut aivan viime vuosina laajempaan tarkasteluun, ja sen edistämiseksi on tehty töitä niin päättäjien, tutkijoiden kuin rakennusteollisuudenkin toimesta. Uudelleenkäyttöön, sen mahdollisuuksiin, kannattavuuteen ja menetelmiin liittyvää teoreettista tutkimustietoa löytyy jo kohtuullisesti. Kuitenkin suurimmassa osassa aiemmista tutkimuksista haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäyttö on pääosin ohitettu mahdottomana tai kannattamattomana. Tässä tutkimuksessa kyettiin osoittamaan, etteivät haitta-ainepitoisuudet muodostaneet ehdottomia esteitä uudelleenkäytölle ja että pilaantuneillakin rakennusosilla voi olla rooli kiertotaloudessa.

Tutkimuksen keskiössä oli haitta-aineiden vaikutusten tarkastelu uudelleenkäyttöpotentiaaliin. Uudelleenkäyttöpotentiaalin yleinen merkitys on yleisesti ymmärretty, mutta sen tarkempi määritelmä eroaa eri lähteiden välillä. Tässä tutkimuksessa uudelleenkäyttöpotentiaalilla tarkoitettiin osan uudelleenkäyttökelpoisuutta mahdollisuudet ja rajoitteet huomioiden. Potentiaali määriteltiin uudelleenkäyttöön liittyvien viitekehystarkastelujen yhteistuloksena. Jakamalla potentiaali eri viitekehysiin, voitiin haitta-aineiden vaikutusta eri tekijöihin tarkastella erillisinä kokonaisuuksina. Viitekehysjako noudatti aiemmissä tutkimuksissa käytettyä jaottelua. Potentiaalin tarkastelu jaettiin poliittisiin, lainsäädännöllisiin, teknisiin, taloudellisiin, sosiaalisiin ja ympäristöllisiin viitekehysiin. Rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaalia arvioitiin tarkastelemalla viitekehyskohtaisesti osan ominaisuuksien uudelleenkäyttöä mahdollistavia sekä rajoittavia tekijöitä. Haitta-aineilla ei ole uudelleenkäyttöä tukevia ominaisuuksia, joten niiden vaikutusta uudelleenkäyttöpotentiaaliin tarkasteltiin pelkkien rajoitteiden näkökulmasta. Uudelleenkäyttöpotentiaalin tarkastelun lisäksi tutkimuksessa arviointiin kirjallisuuslähteiden perusteella haitta-aineiden vaikutusta uudelleenkäyttöprosessiin ja erityisesti tuotekelpoisuuden osoitukseen.

Tutkimuksen aikana kehitettiin yksinkertainen uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmä, jotta haitta-aineiden vaikutuksia uudelleenkäytön kokonaisuuteen voitiin tarkastella. Oma arviointimenetelmä päädyttiin kehittämään olemassa olevien menetelmien puuttuessa. Menetelmä tarjoaa pohjan rakennusosan uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointiin viitekehyskohtaisesti seitsemän portaisella arviointiasteikolla. Arviointimenetelmä mahdollistaa eri viitekehysten vaikutusten painotuksen, jolloin potentiaalia voidaan painottaa hankkeen kiertotaloustavoitteiden ja -vaatimusten mukaisesti. Arviointimenetel-

mää voidaan hyödyntää erityyppisten rakennusosien uudelleenkäyttöpotentiaalin arvioinnissa, mutta tässä tutkimuksessa keskityttiin rajauksen mukaisesti tarkastelemaan haitta-aineiden vaikutusta potentiaaliin.

Kirjallisuuskatsauksessa nykyisen lainsäädännön todettiin periaatteen tasolla mahdollistavan rakennusosien uudelleenkäytön, mutta samalla asettavan sille huomattavia rajoitteita. Merkittävimmät lainsäädännölliset haasteet uudelleenkäytölle muodostivat jätelaki sekä rakennusosien tuotekelpoisuuden osoittaminen. Jätelain mukaisesti jätteeksi määritelty osa on käsiteltävä jätteenä, eikä sitä saa käyttää rakennusosana. Haitta-aineita sisältävän rakennusosan jäteluonteen määrittäminen on nykyisen jätelain perusteella tulkinnanvaraista, sillä jätelain mukaan osa muuttuu jätteeksi, mikäli sen omistaja on velvoitettu poistamaan se käytöstä. Jätelakiakin suurempi haaste haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäytölle on tuotekelpoisuuden osoittaminen. Uudelleenkäytettävien rakennusosien tuotekelpoisuuden osoittamisen ainoa vaihtoehto nykyisellä lainsäädännöllä on rakennuspaikkakohtainen tuotekelpoisuuden osoitus.

Case-kohteen kiertotalousprosessin aikana tehtyjen havaintojen, viranomaisten julkaisujen sekä aiempien kokemusten perusteella viranomaisilla on kuitenkin tahtoa edistää kiertotaloutta sekä valtiojohtoon kiertotaloussiirtymätavoitteen perusteella myös kannuste edistää rakennusosien kiertotaloutta mahdollisuuksien mukaan. Jätelain tulkinnaasta vastaa aluehallintovirasto, ja jätestatuksen määrittämisestä voi neuvotella viranomaisen kanssa. Jätestatus voidaan usein välttää, mikäli uudelleenkäytettävän osan käyttötarkoitus ei muutu oleellisesti. Rakennuspaikkakohtaisen kelpoisuuden osoituksen käsittelee paikallinen rakennusvalvontaviranomainen, mikä asettaa koko rakennusosien uudelleenkäytön epätasa-arvoiseen asemaan paikkakuntien välillä. Rakennusvalvontaviranomaisen toimiessa tuotekelpoisuuden hyväksyvänä toimijana, voi haitta-aineita sisältävien osien tuotekelpoisuuden osoittaminen osoittautua haastavaksi.

Rakennusosien uudelleenkäyttöön ja uudelleenkäyttöprosessiin vaikuttavat pitkälti samat haitta-aineet kuin korjausrakentamiseenkin. Haitta-aineiden vaikutuksia rakennusterveyteen tunnetaan yleisesti, ja niiden uudelleenkäyttöä rajoittava vaikutus on tunnistettu laajasti. Kuitenkin, kuten aiheeseen liittyvässä kirjallisuusaineistossakin todettiin, erityisesti rakennusosan uudelleenkäyttökelpoisuuteen liittyviä raja-arvoja ei ole saatavilla. Nykyisissä käytössä olevissa uudelleenkäyttöön liittyvissä materiaalinäytteiden raja-arvoissa, kuten MARA- tai EEJ-asetukseen liittyvissä vaatimuksissa, korostuu ympäristöhaittojen minimointi, eikä niinkään rakennusterveyden näkökulma. Korjausrakentamisessa rakennusterveyden arvioimiseksi yleisesti käytettyjä emissiotutkimuksia voidaan hyödyntää rajallisesti uudelleenkäytön arvioinnissa tutkimusten korkeiden kustan-

nusten sekä uudelleenkäyttökohteen olosuhteiden vaikutusten vuoksi. Tässä tutkimuksessa koottiin rakennusosan uudelleenkäyttöön ja kiertotalouteen liittyviä haitta-aineita sekä niiden saatavilla olevia raja-arvoja kirjallisuuslähteiden perusteella yhteen taulukoon, jonka avulla voidaan tehdä alustavia päätelmiä uudelleenkäytettävän osaan sovellettavasti raja-arvoista.

Uudelleenkäytettävän osan teknisten suoritustasojen sekä haitta-aineiden tutkiminen todettiin case-kohteen uudelleenkäyttöhankkeen aikana sinänsä yksinkertaiseksi, mutta tulosten tulkinta sekä tutkimusten laajuuden määrittäminen osoittautui haastavaksi. Case-kohteen kiviaineisten rakenteiden kerroksellisuus sekä hyvin alueelliset haitta-ainepitoisuudet asettivat haasteen tutkimusten näytteenottomäärien tasapainotteluun, tutkimuskustannusten sekä tutkimustulosten luotettavuuden välillä. Toisena selvänä haasteena oli kohteen haitta-aineita sisältävien rakennusosien uudelleenkäyttöön soveltuvuuden, turvallisuuden, terveellisyyden sekä tuotekelpoisuuden arviointi selvien haitta-aineiden raja-arvojen puuttuessa. Tekniset rajoitteet onnistuttiin ohittamaan case-kohteen osalta pääasiassa uudelleenkäyttökohteen valinnalla. Kohteen poltettuja tiiliä sekä graniittikiviä käytettiin uudelleen ulkoseinärakenteissa rakennuksessa, joka toimi liikennöintiväylänä, eikä rakennuksessa tai sen välittömässä lähteisyydessä ollut oleskelutiloja. Uudelleenkäyttökohteen valinnalla haitta-aineiden aiheuttamat riskit tilan terveellisyyteen ja turvallisuuteen kyettiin hallitsemaan minimoimalla oleskeluaika rakennuksessa, jolloin osien sisältämien pienien öljyhiilivetytypitoisuuksien sisäilmavaikutusten riski onnistuttiin minimoimaan.

Rakennusosien uudelleenkäytön taloudellisilla vaikutuksilla todettiin olevan keskeinen merkitys kiertotaloussiirtymässä. Tässä tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan osan uudelleenkäyttökelpoisuuden ja tuotekelpoisuuden osoittamisen edellyttämiin tutkimuksiin sekä irrotustyöhön liittyviä kustannuksia sekä vertaamaan niitä osan rahalliseen arvoon. Haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäytön taloudellinen yhtälö todettiin haastavaksi. Nopeasti korkeaksi nousevat tutkimuskustannukset sekä haitta-aineiden aiheuttamat uudelleenkäyttökohteen rajoitukset rasittavat osien taloudellisia edellytyksiä. Tutkimuskustannusten hillitsemisellä esimerkiksi tutkimuksia vaiheistamalla ja harkitulla kohdentamisella todettiin olevan merkittävä vaikutus uudelleenkäytön taloudellisten edellytysten parantamiseksi. Kiertotaloussiirtymän alkuvaiheen pilottikohteissa, kuten tämän tutkimuksen case-kohteenkin kohdalla, taloudelliset edellytykset ovat usein hankkeen toteutumisen kannalta toissijaisia, ja selvästi tärkeämpää on hankkeen aikana saatava kokemus kustannuksista sekä taloudellisista mahdollisuuksista. Kirjallisuuslähteiden mukaan todellisen kiertotaloussiirtymän toteutumisen edellytyksenä on markkinaeh-

toisen toiminnan kehittyminen. Uudelleenkäytettävien osien kaupallisen markkinan puuttuessa, haitta-aineita sisältävien osien taloudellisista mahdollisuuksista markkinavetoisessa kiertotaloudessa ei ollut saatavilla tietoa tai kokemuksia. Tämän tutkimuksen perusteella haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäyttö pelkästään taloudellisesta näkökulmasta tulee olemaan haastavaa, ja uudelleenkäytöllä on saavutettava muita arvoja, kuten huomattavia ympäristöhyötyjä tai rakennushistoriallisia arvoja. Kiertotalouden ja sen menetelmien sekä käytäntöjen kehittyessä tilanne voi kuitenkin muuttua.

Rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyy teknisten ja taloudellisten ominaisuuksien lisäksi keskeisellä tavalla osien uudelleenkäytöstä muodostuvat sosiaaliset tekijät. Lähdekirjallisuuden perusteella uudelleenkäyttö voi synnyttää niin positiivisia kuin negatiivisiakin mielikuvia niin rakennusteollisuuden sisällä kuin yleisessä yhteiskunnassa sen ulkopuolellakin. Uudelleenkäyttö voidaan kokea joko ympäristöarvoja luovana tai rakennushistoriallista arvoa säilyttävänä positiivisena toimintana, tai se voi näyttäytyä rakentamisen laadun polkemisena ja rakennusterveyden vaarantamisena. Rakennusosia on totuttu nykyisessä lineaaritaloudessa pitämään kertakäyttöisinä tuotteina, jotka hävitetään tai korkeintaan murskataan rakennuksen käyttöiän päätteeksi. Erityisesti uudisrakentamisessa on yleisesti totuttu siihen, että kaikki osat ovat uusia, mahdollisimman nykyaikaisia ja ehdottoman turvallisia. Uudelleenkäytöllä saavutettavia arvoja ei välttämättä kyetä tunnistamaan, jolloin uudelleenkäytetty osa voidaan nähdä arvoltaan ja laadultaan alempiarvoisena. Haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäyttö todennäköisesti vahvistaisi tätä mielikuvaa, ellei uudelleenkäytöllä saavutettavia arvoja kyetä osoittamaan riittävän vakuuttavasti. Lisäksi haitta-aineiden aiheuttamat riskit rakennusterveyteen on laajasti tunnettuja, jolloin haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäyttö voidaan kokea tarpeettomina riskeinä. Rakennusosien uudelleenkäytön mielikuvista on kuitenkin saatavilla tällä hetkellä melko rajallisesti tutkimustietoa laajempien uudelleenkäyttöön liittyvien kokemusten puuttuessa. Case-kohteen osien uudelleenkäytön sosiaalisia vaikutuksia arvioitiin pääasiassa yleisesti tunnistettujen tekijöiden kautta. Hankkeessa tunnistettiin alueen yleinen arvostus vanhoja punatiilisiä teollisuusrakennuksia kohtaan. Lisäksi kohteen ympäristön teollisen historian säilyttämisellä on alueella vahva kannatus. Casekohteessa haitta-aineilla ei arvioitu olevan merkittävää uudelleenkäyttöä sosiaalisesta näkökulmasta rajoittavaa vaikutusta uudelleenkäyttökohteen ollessa läpikulkuliikenteen käytössä, mutta toisaalta näkyvällä paikalla.

Viimeisenä tarkasteltiin osan ominaisuuksien vaikutusta uudelleenkäyttöpotentiaalın ympäristötekijöihin. Ympäristötekijät ovat kiertotalouden kokonaisuuden kannalta keskeisiä tarkasteltavia asioita. Tämän tutkimuksen rajauksen perusteella ympäristövaiku-

tuksista arvioitiin tarkemmin pääasiassa osan sisältämien haitta-aineiden ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten arvioimiseksi on olemassa kattavasti raja-arvoja, mutta niiden soveltaminen rakennusosien uudelleenkäyttöön on melko rajallista. Haitallisia ympäristövaikutuksia aiheuttavat haitta-ainepitoisuudet ovat yleensä jo niin korkeita, ettei niitä voida käyttää ihmisten läheisyydessä olevissa rakennusosissa. Erityisesti haihtuvien ja ihokosketuksessa ihmiseen siirtyvien yhdisteiden kohdalla ihmiselle haitallisten pitoisuuksien raja-arvot alittavat ympäristölle vaaralliset pitoisuuksien raja-arvot.

Kiertotaloussiirtymän ollessa hyvin alkuvaiheessa, ei tarpeettomien riskien ottaminen uudelleenkäytettävien osien terveellisyyden ja turvallisuuden kustannuksella ole kenellekään kannattavaa. Vastuukysymysten ratkaisujen ja ongelmatilanteiden käytännön toimenpiteiden kokemuksien sekä ennakkopäätösten puutteen vuoksi kiertotalouteen liittyvien ongelmien ratkaiseminen on aikaa vievää sekä kallista. Lisäksi riskien realisoituminen voisi tarkoittaa rakennusosien uudelleenkäytön vastustuksen lisääntymistä ja koko kiertotaloussiirtymän hidastumista.

## 8. POHDINTA

Kokonaisuutena tutkimuksessa haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäytön osoitettiin olevan mahdollista, mutta haastavaa tutkimusoletuksen mukaisesti. Rakennusosien uudelleenkäytön nykytilanne huomioiden haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäytön edellytykset ovat heikkoja. Puhtaisiin osiin verrattuna haitta-aineet aiheuttavat huomattavia lisäkustannuksia sekä haasteita tuotekelpoisuuden osoitukselle. Tässä tutkimuksessa osoitettiin kuitenkin, että haitta-aineet eivät ole ehdoton este osien uudelleenkäytölle. Tutkimuksessa havaittiin, että haitta-aineiden rajoitukset kiteytyivät taloudellisiin vaikutuksiin ja teknisten suoritusasteojen määrittelemään uudelleenkäyttökohteeseen. Havaintojen perusteella uudelleenkäyttöä voidaan ohjata hankkeen kiertotaloustavoitteilla, jotka on määritelty tahtotilan ja taloudellisten mahdollisuuksien perusteella. Uudelleenkäytön todettiin olevan useina mahdollista korkealla taloudellisella panostuksella sekä uudelleenkäyttökohteen sovittamisella osan haitta-aineiden määrittelemien rajoitteiden puitteissa. Haitta-aineita sisältävien osien uudelleenkäyttö voi nykytilassa olla perusteltua esimerkiksi rakennushistoriallisesti merkittävässä kohteissa tai pilottihankkeissa, joissa on tavoitteena kartuttaa kokemusta ja tutkimustietoa.

Rakennusosien uudelleenkäyttöprosessin todettiin hakevan vielä yleistä vakioitunutta muotoa kokemusten puutteen sekä viranomaisvaatimusten epäyhtenäisyyden vuoksi. Tämän tutkimuksen tekoaikana julkaistiin ensimmäinen kattava ohjekokonaisuus uudelleenkäyttöprosessista, mitä hyödynnettiin laajasti tässä tutkimuksessa. Haitta-aineiden todettiin lisäävän oleellisesti osien uudelleenkäyttöselvitykseen vaadittujen tutkimusten kustannuksia sekä tuotekelpoisuuden osoittamisen haasteita. Tutkimuksen perusteella haitta-ainetutkimuksien näytemääriä voidaan hallita tarkalla tutkimussuunnitelman laadinnalla sekä vaiheistamalla ja kohdentamalla tutkimuksia edellisten vaiheiden tulosten mukaisesti. Rakennusosien tuotekelpoisuuden osoittamiseen liittyy huomattavia alueellisia haasteita kelpoisuuden osoituksen ollessa nykyilainsäädännöllä paikallisen rakennusvalvontaviranomaisen rakennuspaikkakohtaisen kelpoisuudenosoituksen varassa. Rakennusvalvontaviranomaisilta voi puuttua tarvittava osaaminen ja kokemus tuotekelpoisuuden hyväksynnästä, mikä korostuu pienempien kuntien rakennusvalvontaviranomaisten kanssa. Tutkimuksessa voitiin kuitenkin osoittaa, etteivät haitta-aineet muodosta uudelleenkäyttöprosessille ylitsepääsemättömiä esteitä, mutta niiden rajoitteiden vaikutukset uudelleenkäytön kokonaisuuteen voivat olla merkittäviä.

Haitta-aineiden osan uudelleenkäytölle asettamia rajoitteita tarkasteltiin osan uudelleenkäyttöpotentiaalin kautta ja niiden todettiin asettavan merkittäviä rajoitteita uudelleenkäyttöpotentiaalille kaikissa tarkastelluissa viitekehyksissä. Rajoitteissa korostui uudelleenkäyttöön liittyvän lainsäädännön, käytäntöjen, raja-arvojen, vaatimusten sekä kokemusten puute. Useissa tapauksissa todellinen rajoite ei liittynyt suoraan haitta-aineisiin, vaan niiden vaikutusten määrittämiseen sekä käytännön selvitystyön epäselvyyksiin. Monet tekijät olivat periaatteen tasolla mahdollisia, mutta rajoitteita asetti tarkan määrittelyn puute. Tutkimuksen havaintojen perusteella suurin selittävä tekijä oli käytännön kokemuksen puute koko uudelleenkäyttöprosessiin liittyvien toimijoiden keskuudessa. Rakennusosien uudelleenkäytön yleistyessä ja kokemusten karttuessa huomattava osa tämän tutkimuksen havainnoista voi kuitenkin muuttua epäolennaisiksi. Erityisesti uudelleenkäyttöön liittyvä lainsäädäntö tulee todennäköisesti kehittymään oleellisesti tulevaisuudessa.

Tutkimuksessa kiviaineisten rakennusosien uudelleenkäyttöä ja sekä siihen liittyvää prosessia tarkasteltiin laajasti. Haitta-aineiden vaikutuksia rakennusosiin tarkasteltiin lähtökohtaisesti kiviaineisten osien näkökulmasta ja haitta-ainetutkimusten sekä haitta-aineiden raja-arvojen koonnissa keskityttiin kiviaineisten rakennusosille ominaisiin tutkimusmenetelmiin sekä haitta-aineisiin. Lisäksi tutkimuksessa hyödynnetyn case-kohteen tarkastelu rajattiin käsittelemään pelkkiä kiviaineisia rakennusosia. Tutkimuksen tuloksia ja muita havaintoja voidaan kuitenkin yleistää harkinnan mukaan myös muihin rakennusmateriaaleihin sekä esimerkiksi elementtirakenteisiin. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin suuri osa uudelleenkäyttöön liittyvistä positiivisista vaikutuksista tutkimuksen tavoitteen ollessa haitta-aineiden asettamien rajoitteiden tarkastelussa. Tutkimuksen havainnot haitta-aineiden asettamista uudelleenkäytön rajoitteita eivät lähtökohtaisesti koske puhtaisten rakennusosien uudelleenkäyttöä. Lisäksi mikrobit ja muut biologiset haitalliset päästölähteet rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Tässä tutkimuksessa kehitetty uudelleenkäyttöpotentiaalin arviointimenetelmä kehitettiin tutkimuksen havaintojen esittämisen apuvälineeksi sekä työkaluksi eri viitekehysten välisten vaikutusten esittämiseen. Kehitetyn menetelmän tavoitteena oli mahdollistaa haitta-aineiden vaikutuksien sekä uudelleenkäyttötavoitteiden mukaisten painotusten visuaalinen esittäminen. Menetelmä oli käyttötarkoitukseensa hyvin käyttökelpoinen, mutta sitä tulisi hyödyntää harkiten yksityiskohtaisempaan potentiaalin määrittämiseen. Yksityiskohtaisemmassa useita muuttujia sisältävässä tarkastelussa virhearviointien riski kasvaa menetelmän perustuessa subjektiivisiin arvioihin eri tekijöiden vaikutuksista. Menetelmä edellyttäisi jatkokehitystä, mikäli tarkastelun tarkkuutta haluttaisiin parantaa.

Esimerkiksi erilaisilla rakennusosan teknisillä ominaisuuksilla, kuten liitoksilla ja irrotettavuudella ja uudelleenkäytöllä saavutettavalla todellisella ympäristövaikutuksella on oleellinen merkitys uudelleenkäyttöpotentiaalin tarkemmassa määrittämisessä. Kehitetty menetelmä tarjoaa kuitenkin pohjan, jonka ympärille on mahdollista kehittää kattavampi potentiaalin arviointimenetelmä.

Tutkimuksen teon yhteydessä törmättiin hyvin usein erilaisiin rakennusosien uudelleenkäyttöön liittyviin tietoaaukkoihin ja puutteelliseen tutkimustietoon. Erityisesti haitta-aineiden vaikutuksista oli saatavilla heikosti käyttökelpoista tutkimustietoa. Useissa tutkimuksissa haitta-aineita ja niiden vaikutuksia oli käsitelty yleisellä tasolla. Haitta-aineisiin liittyvät riskit oli usein tunnistettu, mutta käytännön tason tutkimusnäyttöä oli niukasti saatavilla. Erityisen heikosti tutkimustietoa oli saatavilla haitta-aineiden huomioimisesta tuotekelpoisuuden osoituksessa ja uudelleenkäyttöön liittyvistä haitta-aineiden raja-arvoista. Lisäksi uudelleenkäytön teknisten ratkaisujen toimivuuden tai uudelleenkäyttökohteiden seuranta- ja koontitutkimuksia ei käytännössä ollut saatavilla.

On selvää, että rakennusosien uudelleenkäytön edistämiseksi ja yleistymiseksi uutta tutkimustietoa tarvitaan runsaasti lisää. Erityisesti erilaiset pilottihankkeet ja seuranta- sekä koontitutkimukset tarjoaisivat runsaasti tarpeellista tutkimustietoa. Pilottihankkeet, kuten tämän tutkimuksen case-kohde, tarjoavat erinomaista kokemusta uudelleenkäytön käytännön toiminnasta ja toteutuksesta sekä vaaditusta toimijoiden välisestä yhteistoiminnasta. Erilaisilla seuranta- ja koontitutkimuksilla saadaan kartutettua koottua tutkimustietoa uudelleenkäytön käytännön toteutumisen onnistumisista, vaikutuksista ja haasteista. Lisääntyvä tutkimustieto on ehdottoman tärkeässä roolissa mahdollistamassa rakennusosien uudelleenkäytön yleistymistä ja rakennusalan kiertotaloussiirtymää.

## LÄHTEET

- António, C. Azevedo, Fernando A.N. Silva, João M.P.Q. Delgado, Isaque Lira. 2023. *Concrete Structures Deteriorated by Delayed Ettringite Formation and Alkali-Silica Reactions*. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-12267-5>
- Adams, K., Osmani, M., Thorpe, T., Thornback, J. 2017. *Circular economy in construction: current awareness, challenges and enablers*. Waste and Resource Management, Vol. 170, <https://doi.org/10.1680/jwarm.16.00011>
- Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA, 2024. *Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö, kierrätys ja jätehuolto*. Verkkosivu. Julkaistu 6.6.2022, päivitetty 19.11.2024. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/fi/rakennettu-ymparisto/rakentaminen/kiinteistojen-yllapito-ja-korjaaminen/rakennusmateriaalien-uudelleenkaytto-kierratys-ja-jatehuolto> [Viitattu 26.8.2025].
- Benachio, G., Freitas, M., Tavares, S. 2020. *Circular economy in the construction industry: A systematic literature review*. Journal of Cleaner Production 260. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046>
- Berner n.d.. *Lannoiteteollisuus*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.bernerindustries.fi/lannoiteteollisuus/> [Viitattu 16.7.2025].
- Betoniteollisuus ry. (2025). *Kiertotalous*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.beton.com/betoni-ja-ymparisto/kiertotalous/> [Viitattu 18.7.2025]
- Buildings As Material Banks a. 2012. *Circular building assessment prototype*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.bamb2020.eu/post/cba-prototype/> [Viitattu 16.7.2025].
- Buildings As Material Banks b. 2012 b *Reuse potential*. Verkkosivu. Saatavilla: [https://www.bamb2020.eu/topics/circular-built-environment/common-language/reuse-potential/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.bamb2020.eu/topics/circular-built-environment/common-language/reuse-potential/?utm_source=chatgpt.com) [Viitattu 16.7.2025].
- Circhubs. n.d. 2018. *Uudelleenkäyttöön soveltuvat rakennusosat*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://circhubs.fi/tietopankki/uudelleenkayttoon-soveltuvat-rakennusosat/> [Viitattu 16.7.2025].
- Etelä-Karjalan Jätehuolto Oy. 2025. Jätehierarkia. [verkkosivu]. [viitattu: 25.7.2025]. Saatavilla: [https://ekjh.fi/vahenna\\_jatetta/](https://ekjh.fi/vahenna_jatetta/)
- Euroopan komissio. (2020). Komission tiedonanto Euroopan uudesta kiertotalouden toimintasuunnitelmasta COM(2020)98 final – *Puhtaamman ja kilpailukykyisemmän Euroopan puolesta* 11.3.2020. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098> [Viitattu 16.7.2025].
- Euroopan parlamentti ja Euroopan neuvosto. (2006). *Asetus (EY) N:o 1907/2006, annettu 18. joulukuuta 2006, rekisteröinnistä, arvioinnista, lupamenettelystä ja rajoituksesta kemikaalien suhteen (REACH)*. EU:n virallinen lehti L 396, 30.12.2006, s. 1–849. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=celex%3A32006R1907> [Viitattu 18.7.2025].
- Euroopan parlamentti ja Euroopan neuvosto. (2019). *Asetus (EU) 2019/1021, 20. kesäkuuta 2019, pysyvistä orgaanisista yhdisteistä (recast)*. EU:n virallinen lehti L 169, 25.6.2019, s. 45–77. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX:32019R1021> [Viitattu 18.7.2025]
- Euroopan parlamentti ja neuvosto. (2024). *Asetus (EU) 2024/3110 rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien sääntöjen yhdenmukaistamisesta ja asetuksen (EU) N:o*

- 305/2011 kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti, L-sarja, 18.12.2024. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:32024R3110> [Viitattu: 6.8.2025].
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011, annettu 9. päivänä maaliskuuta 2011, rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaisamisesta ja neuvoston direktiivin 89/106/ETY kumoamisesta. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32011R0305> [Viitattu 17.7.2025].
- Euroopan parlamentin ja Euroopan neuvoston direktiivi 2008/98/EY Euroopan parlamentin ja neuvoston jätepuitedirektiivi – jätteen ehkäiseminen ja kiertotalouden järjestelmät. EU:n virallinen lehti L 312, 22.11.2008, s. 3–30. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX:32008L0098> [Viitattu 17.7.2025].
- Euroopan parlamentti. (2023 a). *Euroopan parlamentin mietintö ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi rakennustuotteista (A9-0207/2023)*. Saatavilla: [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0207\\_EN.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0207_EN.html) [Viitattu 17.7.2025].
- Euroopan parlamentti. (2023 b) *Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä*. [verkko] Julkaistu ja päivitetty 30.6.2023. Saatavilla: <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta> [Viitattu 16.7.2025].
- Guerra, B. & Leite, F. 2021. *Circular economy in the construction industry: An overview of United States stakeholders' awareness, major challenges, and enablers*. Resources, Conservation & Recycling. Vol. 170
- Guldager, K., Sommer, J. & Sommer, J. (2019) *Building a Circular Future*. 3. painos. Kööpenhamina: Arkitektens Forlag. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105617>
- Halonen, T., Räsänen, A., Jonker-Hoffrén, P., Huuhka, S., Malmqvist, T., Al-Najjar, A., Vullings, M., Wijte, S., Fischer, J. & Henschel, C. (2024) *Legal and technical requirements in reusing precast concrete*. Tampereen yliopisto. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13829045>.
- Hassinen E, 2021. *Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö – sittenkin mahdollista!* Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.rakennustarkastusyhdistys.fi/rakennustuotteiden-uudelleenkaytto-sittenkin-mahdollista/> [Viitattu 17.7.2025].
- Hernandez, A.C., Sanjurjo-Sánchez, J., Alves, C. & Figueiredo, C.A.M. (2024) *Study of the Geochemical Decay and Environmental Causes of Granite Stone Surfaces in the Built Heritage of Barbanza Peninsula (Galicia, NW Spain)*. *Coatings*, 14(2), 169. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/coatings14020169>.
- Huuhka, S, Aarikka-Stenroos, L, Lahdensivu, J, Jonker-Hoffrén, P, Arnold, V, Stenberg, E, Blok, R, Gudmundsson, K, Teuffel, P & Mettke, A. 2023, *Recreating the construction sector for circularity: Catalysing the reuse of prefabricated concrete elements*. in H Lehtimäki, L Aarikka-Stenroos, A Jokinen & P Jokinen (eds), *The Routledge Handbook of Catalysts for a Sustainable Circular Economy*. Routledge, pp. 42-66. <https://doi.org/10.4324/9781003267492-4>
- International Organization for Standardization (ISO). (2020). *ISO 20887:2020 Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability – Principles, requirements and guidance*. Julkaistu: 28.1.2020. Saatavilla: <https://www.iso.org/standard/69370.html> [Viitattu 16.7.2025]
- Jätelainsäädäntö. n.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Saatavilla: <https://ym.fi/jatelainsaadanto> [Viitattu 17.7.2025].

- Jätelaki 646/2011. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2011/646> [Viitattu 17.7.2025].
- Kanters, J. 2020. *Circular building design: An analysis of barriers and drivers for a circular building sector*. Buildings, 10(4), 77. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/buildings10040077>
- Kinnunen R, 2024. *Uutta elämää rakennusosille* Verkkosivu. Julkaistu 19.12.2024. Saatavilla: <https://www.kieriva.fi/uutta-elamaa-rakennusosille> [Viitattu 17.7.2025]
- Kirchherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. 2017. Conceptualizing the circular economy: Analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Komulainen J., Sääntti, J., Huttunen J. (2011). Haitalliset aineet rakennuksissa ja niiden hallinta. Rakentajain kalenteri 2011
- Komulainen J., Sekki P., Wuokko P., Leino K., Saarinen A., Torikka-Jalkanen K. 2020. Rakenteisiin imeytyneiden öljyhiilivetyjen vaikutus sisäilman laatuun. Sisäilmayhdistys ry, raportti 38. Sisäilmastoseminaari 2020.
- Komulainen, J., Pitkäranta, M., Sekki, P., Wuokko, P., Helin, A., Parshintsev, E., Santonen, T. 2024. Rakennusmateriaalien sisältämien PAH-yhdisteiden vaikutus sisäilman laatuun (PAHSIS). Saatavissa: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-94-8968-8>
- Kunnas T. 2023. *Betonimurske – jätettä vai ei? Ja mitä väliä sillä on? Betoni-verkkolehti 3/2023*. Saatavilla: [https://betoni.com/lehti/wp-content/uploads/sites/4/2023/03/BET\\_2301\\_86-91.pdf](https://betoni.com/lehti/wp-content/uploads/sites/4/2023/03/BET_2301_86-91.pdf) [Viitattu 17.7.2025].
- Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 954/2012. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2012/954#L5P17> [Viitattu 17.7.2025].
- Leino, K., Hovi, H., Parshintsev, E., 2019. *Kuinka arvioida materiaaliemissioiden vaikutusta sisäilman kemialliseen laatuun*. Rakennusfysiikka seminaarijulkaisu s. 451 – 456.
- Lisci, C., Sitzia, F., Pires, V., Aniceto, M. & Mirão, J. (2023) *Stone Endurance: A Comparative Analysis of Natural and Artificial Weathering on Stone Longevity*. Heritage, 6(6), 4593–4617. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/heritage6060244>.
- Luscuere, L. M. (2017) *Materials Passports: Optimising value recovery from materials*. Proceedings of Institution of Civil Engineers: Waste and Resource Management. Verkkolehti. Vol. 170:1, s. 25–28. Saatavilla: <https://doi.org/10.1680/jwarm.16.00016>
- Maijala, J.-P. & Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakentamistalouden laitos. 2002. *Elohopea ja PCB Suomen rakennuskannassa*. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.
- Mäntyranta, H. 2015. *Sulfaattisellu (kraft pulp)*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://forest.fi/fi/sanasto/sulfaattisellu-kraft-pulp/> [Viitattu 17.7.2025].
- Nordby, A.S. 2019. *Barriers and opportunities to reuse of building materials in the Norwegian construction sector*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 225(1), 012061. Saatavilla: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012061> [Viitattu 17.7.2025].
- Nußholz, J. Nygaard Rasmussen, F. Whlaen, K. Plepys, A. 2019. *Material reuse in buildings: Implications of a circular business model for sustainable value creation*. Journal of Cleaner Production 245.
- Palomäki, E. 1993. *Rakennusmateriaalit ja terveys*. Helsinki: Rakennustieto Oy.

- Pirtonen, H. (2023). *Kiertotalouden edistyminen vaatii tuekseen tietoa jätemäärien kehityksestä – mutta edistäminen edellyttää aktiivista toimintaa*. Tieto & trendit, Tilastokeskus, 13 kesäkuuta 2023. Saatavilla: <https://stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2023/kiertotalouden-edistyminen-vaatii-tuekseen-tietoa-jatemaarien-kehityksesta-mutta-edistaminen-edellyttaa-aktiivista-toimintaa> [Viitattu 17.7.2025].
- Pitkäranta, M. 2016. Ympäristöopas 2016. *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavilla: <https://ym.fi/-/odotettu-opas-rakennusten-kosteus-ja-sisailmaongelmien-tutkimisesta> [Viitattu: 7.8.2025]
- Pomponi, F. & Moncaster, A. (2017). *Circular economy for the built environment: A research framework*. *Journal of Cleaner Production*, 143, 710–718. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.055>
- Psarommatis, F., May, G. & Azamfirei, V. 2025 *Product reuse and repurpose in circular manufacturing: A review of value retention processes*, *Journal of Remanufacturing*, 15(1), pp. 1–25. doi:10.1007/s13243-025-00153-y.
- Rahla, K.M., Mateus, R. & Bragança, L. (2021). *Implementing Circular Economy Strategies in Buildings—From Theory to Practice*. *Applied System Innovation*, 4(2), 26. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/asi4020026>
- Rakennuslehti. 2025. *Rakennusosien uudelleenkäyttö – tätä se meiltä vaatii*. Lehtiartikkeli. Julkaistu Rakennuslehdessä 16.5.2025 nro 16.
- Rakennustarkastusyhdistys. 2023. *Rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittaminen*. Topten Rava. Verkkosivu. Saatavilla: <https://toptenrava.fi/tulkintakortti/rakennustuotteiden-kelpoisuuden-osoittaminen-b/> [Viitattu 17.7.2025].
- Rakennustietosäätiö RTS. 2025 a. *Hanke-esittely UURAKET, uudelleenkäytettävien rakennusosien käytön edistäminen talonrakentamisessa*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.rts.fi/project/uudelleenkaytettavien-rakennusosien-kayton-edistaminen-talonrakentamisessa-uuraket-hanke/> [Viitattu 17.7.2025]
- Rakennustietosäätiö RTS. 2025 b. *Opas uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden ja soveltuvuuden selvittämiseen sekä suunnitteluun (UURAKET-opas)*. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS sr. Saatavilla: <https://www.rts.fi/wp-content/uploads/2025/06/Uuraket-opas-2025.pdf> [Viitattu 17.7.2025]
- Rakennustietosäätiö RTS. 2025 c. *UURAKET-hankkeen loppuraportti: Uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden käytön edistäminen talonrakentamisessa*. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS sr. Saatavilla: <https://www.rts.fi/wp-content/uploads/2025/06/Uuraket-loppuraportti.pdf> [Viitattu 17.7.2025]
- Rakennustuoteasetuksen päivitys. n.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Saatavilla: <https://ym.fi/-/rakennustuoteasetuksen-paivitys> [Viitattu 17.7.2025]
- Rakennustuotteet. n.d. Ympäristöministeriö. Verkkosivu. Saatavilla: <https://ym.fi/rakennustuotteet> [Viitattu 17.7.2025]
- Rakentamislaki 751/2023. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskoelma/2023/751> [Viitattu 17.7.2025]
- Rakentamislaki 751/2023. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskoelma/2023/751> [Viitattu 17.7.2025]
- Rakhshan, K., Morel, J. C., Alaka, H., & Charef, R. (2020). Components reuse in the building sector - A systematic review. *Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 38(4), 347–370. <https://doi.org/10.1177/0734242X20910463>
- Ratu 82-0347. (2010) *Asbestia sisältävien rakenteiden purku*. Rakennustieto. <https://korkistot.rakennustieto.fi/>

- RT 07-11299. (2018) *Sisäilmastoluokitus*. Rakennustieto. Saatavilla: <https://kortistot.rakennustieto.fi/>
- RT 10-11255. (2017) *Talonrakennushankkeen kulku. Riskien- ja laadunhallinta*. Rakennustieto. Saatavilla: <https://kortistot.rakennustieto.fi/>
- RT 103501. (2022). *Haitalliset aineet rakennuksissa. Tutkijan ohje*. Rakennustieto. Saatavilla: <https://kortistot.rakennustieto.fi/>
- Räsänen, A., Lahdensivu, J., Vullings, M.W.F., Dervishaj, A. & Huuhka, S. (2024) *Procedure for quality management of reclaimed concrete elements*. The ReCreate project. Saatavilla: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13828914>.
- Sitra & Innolink. (2021). *Kiertotalouden tunnettuustutkimus 2021*. Helsinki: Sitra. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/wp/wp-content/uploads/2021/02/sitra-kiertotalouden-tunnettuustutkimus-2021.pdf> [Viitattu 16.7.2025]
- Sitra, n.d. *Kiertotalous. Tulevaisuussanasto*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/kiertotalous/> [Viitattu 16.7.2025]
- Sosiaali- ja terveysministeriö. (2025). *HTP-arvot 2025 - Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet* (STM julkaisu 2025:4). Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/166151/STM\\_2025\\_4\\_J.pdf?sequence=1](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/166151/STM_2025_4_J.pdf?sequence=1) [Viitattu 18.7.2025].
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2015/545> [Viitattu 16.7.2025]
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 55/2025. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2025/55> [Viitattu 16.7.2025]
- Suomen virallinen tilasto (SVT): *Jätetilasto* [verkkójulkaisu]. Viiteajankohta: 2023. ISSN=1798-3339. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 16.7.2025]. Saantitapa: <https://stat.fi/julkaisu/cm1htqu3a3rjj07w5tidijuz>
- Talotekniikkainfo. n.d. 2025. *Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas*. Saatavilla: <https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas> [Viitattu 16.7.2025]
- Terveydensuojelulaki 763/1994. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/1994/763> [Viitattu 16.7.2025]
- Toorikka, A. & Tähtinen, K. (2024). *KIRA-alan näkemyksiä rakennusosien uudelleenkäytöstä sisäympäristöissä* (Sisäilmastoseminaari 2024 -raportti). Rakennustietosäätiö RTS. Saatavilla: [https://uutiset.rakennustieto.fi/wp-content/uploads/2024/03/Sisailmastatoseminaari-2024\\_Toorikka-ja-Tahtinen.pdf](https://uutiset.rakennustieto.fi/wp-content/uploads/2024/03/Sisailmastatoseminaari-2024_Toorikka-ja-Tahtinen.pdf) [Viitattu 17.7.2025]
- Tuhkanen, T., Kuusisto, S., Lindroos, O., Palukka, T., Hellman, S., Priha, E. & Rantio, T. 2007. *PCB-yhdisteet rakennuksissa ja niiden saneeraamisen aiheuttamien työhygieenisten riskien vähentäminen*. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto.
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto n.d. a (Tukes). *Rakennustuotteen käyttö*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://tukes.fi/rakennustuotteet/rakennustuotteen-kaytto> [Viitattu 17.7.2025]
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto n.d. b(Tukes). *Painekyllästetyn puun käyttö ja hävittäminen*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://tukes.fi/kemikaalit/biosidit/biosidien-turvallinen-ja-kestava-kaytto/kyllastetty-puun-kayton-rajoitukset> [Viitattu 17.7.2025]
- Työturvallisuuslaki 738/2002. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2002/738> [Viitattu 17.7.2025]

- Työ- ja elinkeinoministeriö 2022. *Kiertotalouden digitalisaatio ja ekosysteemit – Nykytila, tavoitearkkitehtuuri ja toimenpiteet* (TEM julkaisu 2022:66). Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164500/TEM\\_2022\\_66.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164500/TEM_2022_66.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Viitattu 18.7.2025]
- Uusitalo, J., Ihanamäki, J., Rajala, R. & Vallin, O. 2002. *Betonityöt*. 11. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Valtioneuvosto. (2021). *Periaatepäätös kiertotalouden strategisesta ohjelmasta* 8.4.2021. Saatavilla: <https://ym.fi/documents/1410903/42733297/Valtioneuvoston+periaatepaat%C3%A4t%C3%B6s+8.4.2021+kiertotalouden+strategisesta+ohjelmasta.pdf> [Viitattu 16.7.2025]
- Valtioneuvoston asetus betonimurskeen jätteeksi luokittelun päättymisen arviointiperusteista 466/2022. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskoelma/2022/466> [Viitattu 17.7.2025]
- Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017. Saatavilla: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2017/843> [Viitattu 17.7.2025]
- Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskoelma/2013/331> [Viitattu 17.7.2025]
- Valtioneuvoston asetus kiinteän betoniaseman ja betonituotetehtaan ympäristönsuojeluvuorokäytöstä 858/2018. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskoelma/2018/858> [Viitattu 17.7.2025].
- Vyhláška č. 294/2005 Sb. Saatavilla: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-294#2936999> [Viitattu 17.7.2025]
- Wahlström, M., Hradil, P., Teittinen, T. ja Lehtonen, K. 2019a. *Purkukartoitus – opas laatijalle*. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:30. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-037-8>
- Ympäristöministeriö. 2022. *Rakennustuotteiden uudelleenkäyttö on Suomessa mahdollista rakennuspaikkakohtaista varmentamista käyttäen*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. Tiedote. Saatavilla: <https://ym.fi/-/rakennustuotteiden-uudelleenkaytto-on-suomessa-mahdollista-rakennuspaikkakohtaista-varmentamista-kayttaen> [Viitattu 17.7.2025].
- Ympäristöministeriö. 2019. *MARA-asetuksen soveltamisohje* (Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 843/2017). Saatavilla: [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/MARA\\_soveltamisohje\\_versio\\_020719-76828F77\\_2CD0\\_40E6\\_90ED\\_8D4ABBD81EC8-148047.pdf](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/MARA_soveltamisohje_versio_020719-76828F77_2CD0_40E6_90ED_8D4ABBD81EC8-148047.pdf) [Viitattu 17.7.2025] theseus.fi+11ym.fi+11
- Ympäristöministeriö a. 2024. *Purkumateriaali- ja rakennusjätteselvitys vahvistaa rakentamisen kiertotaloutta*. Ympäristöministeriö. Tiedote. Saatavilla: <https://ym.fi/-/purkumateriaali-ja-rakennusjateselvitys-vahvistaa-rakentamisen-kiertotaloutta> [Viitattu 17.7.2025].
- Ympäristöministeriö b. 2024. *POP-jätteen käsittelyopas*. Ympäristöministeriön julkaisuja 2024:24. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165706/YM\\_2024\\_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165706/YM_2024_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Viitattu 18.7.2025]
- Pitkäranta, M. 2016. Ympäristöopas 2016. *Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus*. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavilla: <https://ym.fi/-/odotettu-opas-rakennusten-kosteus-ja-sisailmaongelmien-tutkimisesta> [Viitattu: 7.8.2025]
- Ympäristöministeriö. (n.d.). *Rakentamisen kiertotalous*. Verkkosivu. Saatavilla: <https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous> [Viitattu 16.7.2025]

Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013.  
Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2013/555> [Viitattu 17.7.2025].

Ympäristöministeriön asetus purkumateriaali- ja rakennusjätteselvityksestä 1089/2024.  
Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2024/1089> [Viitattu 17.7.2025].

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. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-253-4> [Viitattu 16.7.2025].

## LIITE A: HAITTA-AINEIDEN RAJA-ARVOTAULUKKO

Taulukkoon on merkitty haitta-ainekohtainen toimenpide- tai raja-arvo yksikköineen, mikäli se on mainittu lähdemateriaalissa. Haitta-aineen sarakkeeseen on merkitty X, mikäli lähteessä aine on määritetty tutkittavaksi, mutta sille ei ole esitetty toimenpide- tai raja-arvoa. Sarakkeen merkintä 0 tarkoittaa, että haitta-ainetta ei saa esiintyä lainkaan uudelleenkäytettävässä osassa. Lähteinä on osittain sovellettu jätteen vaarallisuuden arviointikriteerejä ja kaatopaikkakelpoisuutta. (RT 103501, 2022; Zhu et al., 2022; Vna 466/2022; Wahlström et al., 2019; Vna 331/2013; Vna 591/2006; Vyhláška č. 294/2005)

Haitallinen aine	RT 103501 1)	PURATER 2)	EEJ-asetus 3)	MARA-asetus 4)	Pysyvän jätteen kaatopaikka 5)	Vaarallisen jätteen kaatopaikka 5)	Norja EEJ 6)	Ruotsi EEJ 6)	Tanska EEJ 6)	Belgia EEJ 6)	Tšekki, peittämätön jäte 7)
<b>Pitoisuus [mg/kg]</b>											
Antimoni (Sb)	X		0,2	0,3	0,06						
Arseeni (As)	X		0,1	0,5	0,5	25	15	10	20		10
Barium (Ba)	X		5	20	20	300					
Kadmium (Cd)	X		0,02	0,04	0,04	5	1,5	0,7	0,5		1
Kromi (Cr)	X		0,6	0,5	0,5	70	100	40	500		200
Kupari (Cu)	X		1	2	2	100	100	40	500		
Lyijy (Pb)	X	X	0,1	0,5	0,5	50	60	60	40		100
Molybdeeni (Mo)	X		0,7	0,5	0,5	30					
Nikkeli (Ni)	X		0,3	0,4	0,4	40	75	35	30		80
Seleeni (Se)	X		0,2	0,4	0,1	7					
Sinkki (Zn)	X		4	4	4	200	200	120	500		
Vanadiini (V)	X		0,3	2							
Elohopea (Hg)	X		0,01	0,01	0,01	2	1	0,3	1		0,8
Kloridi (Cl <sup>-</sup> )	X		200	800	800	25000					
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	X	X	300	1200	1000	50000					
Fluoridi (F <sup>-</sup> )	X		12	10	10	500					
Liuennot orgaaninen hiili (DOC)	X			500	500	1000					
Liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS)	X				4000	100000					
Bentseeni	X	X		0,02						0,5	
TEX	X	X		25						15/15/5	

BTEX	X	X			6						0,4
Naftaleeni	X	X		5						20	
PAH(16)	X	X	30	30	40	200	2		4	10-400	6
Fenoliset yhdisteet	X			5							
PCB(7)	X	X	1	1	1	50	0,01		0,3	0,5	0,2
Öljyhiilivedyt C10-C40	X	X	500	500/300	500		100			1000	300
Orgaanisen hiilen kokonaisuusmäärä (TOC)	X				30000						
Hekikutushäviö (LOI)	X					10 %					
Haponneutralointikapasiteetti (ANC)	X										
POP-yhdisteet (esim. SCCP, PBDE, HBCD)	X										
<b>Esiintymä</b>											
Asbesti	O	O									
Kelluvat epäpuhtaudet	X										
pH	X										

## Lähteet:

- 1) RT 103501, 2022
- 2) Zhu et al. 2022
- 3) Vna 466/2022
- 4) Vna 591/2006
- 5) Vna 331/2013
- 6) Wahlström et al., 2019
- 7) Vyhláška č. 294/2005