



Loppuraportti TIILIEN EHJÄNÄ IRROTTAMISEN KOKEILU

Helsingin kaupunki,
Kiertotalouden klusteriohjelma

SPOLIA DESIGN
OY

”Next Green Step”
Spolia Design Oy on
purettujen materiaa-
lien uudelleen käyt-
töön erikoistunut
asiantuntijaorgani-
saatio, joka suunnit-
telee cleantech ra-
kennushankkeita.
www.spolia.fi

1	JOHDANTO	3
2	KOKEILUN ESITTELY	3
3	KOKEILUN TAVOITTEET	4
4	TIILIEN IRROTUSKOKEILU JOHTOPÄÄTELMÄT	4
5	ORGANISAATIO	5
6	AIKATAULU	5
7	KOKEMUKSET TOTEUTETUISTA HANKKEISTA JA HANKINTAMÄÄRITTELYT	6
7.1	Ehjänä irrottamisen kokemukset Suomessa	6
7.1.1	Circuit	6
7.1.2	Kymenlaakso KINNO ja XAMK, REUSE-hanke 2019-2020	8
7.1.3	Suomen kansallisteatteri ja Aalto Yliopisto Works 3K, Otaniemi	8
7.1.4	Merenneidontie 28, Espoo	9
7.1.5	Heikkiläntie 10, SATO	10
7.2	Uudelleenkäytön kokemukset ulkomailta	11
7.2.1	Lendager Group	11
7.2.2	Göteborgin kaupunki ja Akademiska hus	12
7.2.3	Oslo kaupunki	12
7.2.4	Gamle Mursten, Tanska (City Loops)	12
7.3	Tiilivalmistajien ajatukset uudelleenkäytöstä	13
8	IRROTUSKOKEILU HÄMEENLINNAN VANHA VANKILA	15
8.1	Kohde-esittely	15
8.2	Purkumenetelmien määrittelyt	15
8.3	Irrotuskokeilun valmistelevat työt	16
8.4	Irrotustyön suorittaminen	16
8.4.1	Koneellinen irrotus	16
8.4.2	Käsinpurku	18
8.4.3	Tiilien puhdistus	21
8.5	Kriteerien määrittely	23
8.6	Tiilien pakkaaminen	24
8.7	Kustannustietoa ja jatkosuosituksia kokeiluhankkeen havaintojen perusteella	26
9	SUOSITUKSET JATKOON	28

1 Johdanto

Rakentamisen kiertotalous ja materiaalien uudelleenkäyttö on edellytys kansallisten ja kansainvälisten ilmastotavoitteiden saavuttamisen kannalta. Talousmalli, jossa materiaali pidetään kierrossa mahdollisimman pitkään, on tärkeää maapallon rajallisten resurssien ja luonnon monimuotoisuuden säilymisen kannalta. Osana tätä merkityksellistä siirtymää lineaaritaloudesta kohti kiertotalouden ratkaisuja, Helsingin kaupungin kiertotalouden klusteriohjelma on kutsunut 2021 alkaen toimijoita edistämään yhteistyötä ja kiertotalouden uusia kokeiluja.

2 Kokeilun esittely

Spolian ja klusterin 8.2.2022 pidetyn neuvottelu perusteella on tarjottu tiilien ehjänä irrottamisen käytännön kokeilua, jossa selvitetään eri irrotusmenetelmien tehokkuutta, kustannuksia ja vaikutusta tiilen ehjänä pysymiseen. Kokeilu sisältää ehjänä irrottamisen esiselvityksen, jossa paneudutaan tutkimuksiin, kokeiluihin ja havaintoihin Suomessa tehdyissä tutkimushankkeissa. Mukana on myös kokemuksia ulkomaisilta toimijoilta, niiltä osin, kun niitä on ollut aikataulu ja selvityksen resurssien huomioiden ollut mahdollista selvittää.

Selvityksen käytännön osuutena tehdään 3–4 erilaiseen irrotusmenetelmään perustuva irrotuskokeilu, jossa tutkitaan menetelmien vaikutusta tiilien ehjänä säilymiseen, ajalliseen keston ja tätä kautta kustannustehokkuuteen.

Selvityksen tarkoituksena on määrittää kaupallisesti kannattavia menetelmiä irrottaa ja käsitellä uudelleenkäytettäviä tiiliä.

Selvityksessä oli alun perin tarkoitus tutkia tiiliä Helsingin Hammaslääketieteen laitoksen purkutyön yhteydessä. Kyseisen kohteen purkuajankohtaan tuli kuitenkin viivästystä, ja kokeilua varten hankittiin uusi kohde, joka oli Senaatti-kiinteistöjen Hämeenlinnan vanha naisvankila.

Alustavana tarkoituksena oli päästä testaamaan reikätiilien ja sementtisaumalaastin yhdistelmän irrottamista, koska sitä on tutkittu vähemmän verrattuna umpitiilien ja kalkkilaastin yhdistelmään, josta on kaupallisen toiminnan esimerkkejä esimerkiksi Tanskasta.

Hämeenlinnan vankilan julkisivussa on käytetty keltaista KAH1-umpitiiltä ja muuraukseen lujuudesta päätellen sementtilaastia. Tiilen tai laastin ominaisuuksien selvittämistä ja osoittamista ei tässä irrotuskokeilussa tehty. Havainnot irrotuskokeilusta kirjattiin raporttiin visuaalisin perustein.

Raportin lopussa tullaan esittämään yhteenveto tiilien irrotuskokeiluiden tilanteesta Suomessa ja ehdotetaan jatkotoimenpiteitä seuraavia tiilien irrotuskokeiluita varten.

3 Kokeilun tavoitteet

Hankkeen tavoitteena on selvittää eri irrotusmenetelmien vaikutusta tiilen ehjänä pysymiseen ja irrotuksen tehokkuuteen. Kokeilujen havaintojen perusteella voidaan määrittää tavoitteet seuraavien kokeilujen tehokkaalle suunnittelulle ja alaa eteenpäin vievälle ja kaupalliseen tiilien irrotukseen tähtäävälle toiminnalle.

4 Tiilien irrotuskokeilu johtopäätelmät

Yhteenvedona voidaan mainita, että raportissa esitetyistä tiilien irrotuskokeiluista oli hyvin vähän tietoa saatavilla. Pääasiassa tietoa saatiin haastatteleamalla henkilöitä ja hankkeet, jotka ovat käynnissä, eivät ole vielä toimittaneet loppuraporttejaan eikä tiedot ja kokemukset näistä hankkeista olleet vielä käytävissä.

Irrottamisessa voidaan teoreettisella tasolla päästä kohtuulliseen tehoon myös käsin purkamalla. Tällöin työryhmä on mitoitettava oikein ja tiilien siirtoon työmaan sisällä seinältä puhdistukseen ja edelleen lavoille tarvitaan apuvälineitä. Isossa kuvassa kustannustehokkaaseen toimintaan vaaditaan teollisen mittakaavan tekemistä.

Muissa Pohjoismaissa ollaan kiertotaloudessa suunnilleen samassa vaiheessa kuin Suomessa. Monessa asiassa painitaan samojen haasteiden kanssa ja seuraavia isompia läpimurtoja kiertotalouden edistämiseksi tarvitaan. Tanska on meistä ehkä pisimmällä, jossa mm. uudelleenkäytettäviä tiiliä tuotetaan teollisella prosessilla. Mietitään täällä meilläkin, millä toimintatavalla uudelleenkäytöstä voidaan tehdä mahdollisimman tehokkaasti toteutettavaa liiketoimintaa ja ryhdytään tekemään niin.

Kokeilun aikana vastaan tulleet haasteet ja niiden taklaaminen tulevissa hankkeissa: Kokeiluun sitoutettava kaikki osapuolet purkukiinteistöstä uudelleenkäyttöön. Muodostetaan tiivis hankeryhmä, joka ohjaa ja seuraa toimintaa ja vertaa toteumaa asetettuihin tavoitteisiin.

Kokeilun ennakkosuunnittelu vietävä toteutussuunnitelmatasolle. Karkea sisältö ei riitä, kun työtä ohjeistetaan tekijöille, toteumatiedon kerääjille ja tuloksia läpikäyville. Eri kohteissa tehtävien kokeilun tiedon vertailtavuutta parannettava, jotta tuloksista voidaan tehdä samankaltaisia johtopäätelmiä.

Kokeiluissa pitää selvittää kaikki oleellinen tieto, joka liittyy yksittäisen lopputuloksen aiheutumiseen. Esimerkkinä tästä kokeilusta, tiilien käyttäytyminen irrotusvaiheessa on riippuvainen tiilen ja laastin ominaisuuksista. Koska tiilien ja laastin ominaisuuksia ei testattu, ei kokeilun onnistumisesta voida vetää suoraan johtopäätöksiä miten seuraavassa kohteessa ko. aikakauden tiili ja muuraus käyttäytyy purettaessa ja mikä purkutulokseen vaikuttaa eniten.

Kokeiluissa on erittäin tärkeää kirjata ylös ja dokumentoida myös ne asiat, mitkä ovat epäonnistuneet. Esimerkkinä eräästä selvityksessä käsitellyistä hankkeista: Jos ehjänä irrotettava tiilielementti on rikkoutunut käsiteltäessä,

olisi tärkeä tietää esim. oliko kaikki rikkoutuneet elementit samasta kohteesta, mikä oli tiilityyppi, mikä oli laastityyppi ja mikä oli rakennuksen ikä. Nyt tätä tietoa ei löydy dokumentoituna raporteista eikä ehkä kokeiluun osallistuneiltakaan. Kokeiluiden tarkoitus on juuri nostaa esiin havainnot kaikessa rehellisyydessään, jotta niistä voidaan oppia.

Irrotuskokeilun sisältö ja mitattavat erät ja suureet tulee määrittää yksityiskohtaisesti ennen työhön ryhtymistä, jotta tulokset saadaan halutussa muodossa ja kaikki suunnitellut asiat tulee kirjatuksi.

5 Organisaatio

Työn tilaajana on Helsingin kiertotalouden klusteriohjelma.

Mira Jarkko, projektipäällikkö
Helsingin kaupungin kiertotalouden klusteriohjelma
mira.jarkko@hel.fi
040 3341629

Spolia Design Oy puolesta hankkeessa ovat toimineet
Petri Salmi, petri@spolia.fi, 040-7078191,
Anne-Marie Mäntylä, Anne-marie@spolia.fi ja Janne Hukkavaara

Senaattikiinteistöjen puolesta yhteyshenkilönä on ollut Tarja Hietaniemi.
Purkukohteessa purkutöitä suoritti Purkupiha Oy ja kohteessa käytännön ohjeistuksen ja työn suorittamiseen liittyvät asiat käsiteltiin työnjohtaja Mikko Hulpion kanssa.

6 Aikataulu

Tiilien irrotuksen selvityshankkeen toteutusaika on 04-10 / 2022, jossa tiilien irrottaminen ajoittuu arviolta 07-09 / 2022 väliselle ajalle.

Elokuun aikana paikaksi varmistui Senaattikiinteistöjen omistama Hämeenlinnan vanha naistenvankila, jossa tehtiin tutustumiskäynti 15.8.2022. Varsinainen purkukokeilu suoritettiin 27.-28.9.2022.

Irrotuskokeiluun liittyen muiden tiilien irrotusta kokeilleiden hankkeiden, tiilenvalmistajien ja purkajien kanssa on pidetty palavereita 09-11 / 2022 aikana.

Kokemuksiin tiilien uudelleenkäytöstä on liitetty myös Kiertotalousklusterin Pohjoismaiselta kiertotalousmatkalta saadut tiedot ja havainnot. Matkan ajankohta oli 25.-27.10.2022 ja kohteina kolme merkittävää kiertotalouskaupunkia, Kööpenhamina, Göteborg ja Oslo.

7 Kokemukset toteutetuista hankkeista ja hankintamäärittelyt

7.1 Ehjänä irrottamisen kokemukset Suomessa

Ennen on käytetty Suomessakin poltettua umpitiiltä ja muurauslaastina kalkkisementttilaasteja, jolloin tiilen irrottaminenkin käy kätevästi. Umpitiilet olivat 1939 saakka ainoita tiili, tämän jälkeen reikätiilet tulivat mukaan markkinoille. Kalkkisementistä on siirrytty betonipohjaisiin laasteihin 1960-luvulle tultaessa, jolloin tiilen irrottaminen on vaikeampaa. Nykyiset muurauslaastit ovat todella lujia ja tiili ennemmin hajoaa purettaessa. Suomessa on myös käytetty ja käytetään paljon reikätiiltä, joka ei ole yhtä kestävä kuin umpitiili. Vaikuttaa siltä, että vanhat umpitiilet kalkkisementttilaastilla muurattuina on rakenne, joka on helpoin purkaa. Huolellisesti suoritettuna käsin ja koneellisestikin purettuna, umpitiili pysyy ehjänä.

Purku-urakoitsijat kertovat, että reikätiilet on mahdollista saada pysymään purussa ehjänä, jos purkaa tehdään käsin tai koneellisesti, jos käytössä on kalkkilaasti. Sementttilaastilla muuratuissa reikätiilissä tiilet on mahdollista saada ehjänä hyvällä prosentilla, koneellisessa purussa vaurioitumisprosentti on suurempi. Uusimpien sementttilaastilla muurattujen reikätiileistä tehtyjen rakennusten tiilirakenteet olisivat mahdollista sahata ja purkaa elementteinä. Työmenetelmiä tuleekin kehittää eri kohteissa ja hankkeissa kiihtyvällä tahdilla ja siirtyä yhä suurempiin kokonaisuuksiin.

7.1.1 Circuit

Circuit-hankkeessa on tehty ainakin kaksi eri kokeilua tiilien uudelleenkäyttöön.

Paviljonkikoulun varaston tiilet 2021

Ensimmäinen oli vuonna 2021, jossa Tikkurilan paviljonkikoulun piharakennuksessa käytettiin Kansallisteatterin remontissa purettuja tiiliä. Circuit-hankkeen osapuolen, Vantaan kaupungin, koordinaattori Kimmo Nekkula on kirjoittanut kokemuksista blogikirjoituksen, joka löytyy osoitteesta:

<https://www.vantaa.fi/fi/blogit/kestava-ja-kukoistava-vantaa/kiertotalouden-tuomien-rakennushankkeisiin-vaatii-totuttujen-kaytantojen-muuttamista>

Oppeja tiilikokeilusta oli, että uudelleenkäyttökohde pitäisi olla hyvissä ajoin tiedossa. Suunnittelu aloitettiin hyvissä ajoin vuonna 2020 mutta, kun sopiva käyttökohde löytyi, purkukohteita ei ollut saatavilla. Sitten kun oli purkukohde, ei ollut sopivaa käyttökohdetta eli hyvin tiedossa oleva ajallinen haaste tarpeen ja tarjonnan välillä toteutui. Keskustelussa Nekkulan kanssa nousi esiin tarve toimijalle, joka voisi välivarastoida materiaaleja ja samalla kunnostaa tai ehostaa niitä käytettäväksi uudiskohteissa. Purku-urakoiden kilpailuttamisessa on mahdollista lisätä vaatimuksia uudelleenkäyttöön ja näitä myös Circuitin purkuhankinnassa harjoiteltiin. Kirjauksista pitäisi tulevaisuudessa pystyä tekemään velvoittavampia ja sitovampia, jotta uudelleenkäyttöön menevien materiaalien käsittely ja irrottaminen saadaan osaksi urakkahintaa. Tämä edellyttää myös nykyistä tarkempia määrittelyjä työn laadusta ja laajuudesta sekä ohjeistusta irrotustyöhön ja jatkokäyttöön.

Circuit-hankkeen muiden hankeosapuolien kokemuksista päästään lukemaan 2023 aikana, kun hanke päättyy. Esimerkkinä markkinapaikoista Nekkula nosti Lontoossa toteutetun Material Reuse -portaalin (<https://materialreuseportal.com/>). Suomessa materiaalien hyödyntämisen alustaa kehittää Motiva, josta Materiaalitori on ensimmäinen käytössä oleva versio.

Nekkulan mukaan uudelleenkäyttöä on selkein toteuttaa omista kohteista omiin kohteisiin, mutta kaupallisia toimijoita tarvitaan.

Tulevaisuudessa Suomen ilmasto- ja kiertotaloustavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan teollisen mittakaavan uudelleenkäyttöä, jossa pilottihankkeet ja kokeilut ovat tärkeä esivaihe, mutta kunnianhimoa ja vaatimustasoa pitää jatkuvasti nostaa.

Muuntajien tiilien irrotus 2022



Tiilet on irrotettu Espoossa purettujen puistomuuntajien julkisivuista osana Circuit-hanketta. Purkajana toimi Umacon Oy ja purkuajankohta oli vk 46–47 / 2022. Tiilet irrotettiin kahdesta eri muuntajasta siten, että yksi sivu purettiin käsipiikkauksella ja toinen koneellisesti purkukauhalla. Tiilien puhdistamisessa käytettiin apuna muurarin vasaraa ja pientä piikkauskonetta peltitaltalla.

Tiilet ovat 1960-luvun rakenteesta, poltettua reikätiiltä mitoiltaan 270x130x60.

Tiiliä irrotettiin yhteensä n.1500 kpl, josta ehjänä kahdelle lavalle pakattiin yhteensä 479 kpl tiiliä. Puhdistamisessa ja pakkaamisessa kului aikaa kahdelta henkilöltä n. 4 h / lava eli n. 2 min / tiili.

Irrotus tehtiin normaalilla purkutyylillä ja tiilet pudoteltiin maahan ja kasattiin lavalle normaalin purkutyön tyylillä, eli niitä ei py-

rity erikseen purkamaan ehjänä. Alustavan arviona n. 2/3 tiilistä rikkoutui purun yhteydessä. Huolellisella ja varovaisella purulla olisi purkajan mielestä mahdollista päästä yli 90 % ehjänä irrotukseen, mutta tätä ei kyseiseen kokeiluun sisältynyt. Tiilien irrotuksen tarkemmasta sisällöstä ja lopputuloksista lisätietoja saa hankkeen tutkijoilta Satu Huuhka @tuni.fi ja Emmi Salmio @tuni.fi.

Circuit-hanketta Suomessa koordinoi HSY ja hankepäällikkönä Henna Teerihalme. <https://www.hsy.fi/ymparistotieto/projektit-ja-hankkeet/circuit-hanke/> Kimmo Nekkula, Vantaan kaupunki.

7.1.2 Kymenlaakso KINNO ja XAMK, REUSE-hanke 2019–2020

Kymenlaakson alueella on Kouvola Innovationin ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tutkimushankkeessa selvitetty ehjänä irrotettavien tiielelementtien hyödyntämistä meluseinärakenteissa. Tavoitteena oli toteuttaa Lendagerin kohteen periaattein meluseinää Kymenlaakson alueelle. Lopulta toteutettiin yksittäinen elementti, joka löytyy tällä hetkellä Valkealasta ja toimii nimiseinänä. Elementtiä varten irrotettiin ehjänä useasta Kymenlaakson alueen purettavasta julkisesta rakennuksesta tiiliä, jotka valettiin Joutsenon betonin (ent. Kouvolan betoni) elementtitehtaalla elementtiin kiinni. Tiilipalasten koot olivat n. 500x500 mm ja ne leikattiin timanttisahaamalla ja siirrettiin käsin kuljetusta varten. Haasteena oli tiilisiteiden puutteelliset katkaisumenetelmät, jotka aiheuttivat jonkin verran muutostarpeita elementtien katkaisukoossa. Toinen haaste oli elementtien ehjänä pysyminen ja osa elementeistä murtui osiin nostettaessa elementin molemmista päistä. Työturvallisuusasioihin ja saumalaastin kestävyys selvittämiseen tulee kiinnittää huomiota.

Elementtitehtaalla tiiliin kiinnitettiin kemiallisella ankkurimassalla raudoitustartuntoja, jotka toimivat kiinnityksenä valettavaan elementtiin.

Hankkeessa tiilien irrotuksen toteutti Terrainfra Oy, Mika Porvari @terrainfra.fi Hanketta veti Ville Rätty, Kinno Oy ja Katja Ahola XAMK, jotka molemmat työskentelevät tällä hetkellä eri tehtävissä kuin kokeilun aikaan.



REUSE-HANKE 10/2018 – 11/2020
Rahoittajana Kymenlaakson Liitto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Kuva 2: REUSE-hankkeen meluseinäelementistä.

7.1.3 Suomen kansallisteatteri ja Aalto Yliopisto Works 3K, Otaniemi

Umacon Oy on ollut toteuttamassa tiilien ehjänä irrottamista useammassakin pääkaupunkiseudulla toteutetuissa saneeraushankkeissa. Umaconin työjohtajalla Timo

Kareisto, @umacon.fi, on tuntemusta ja osaamista käsin tehtyyn ehjänä purkuun ja tiilien puhdistamiseen.

Kansallisteatterin saneerauksessa purettua tiiltä on puhdistettu työmaalla ja siitä on muurattu uusia seinärakenteita. Tiilet ovat olleet umpitiiliä ja on ollut muurattu alun perin kalkkilaastilla ja tässä tapauksessa laasti on irronnut helposti. Samoja tiiliä on hyödynnetty Circuit-hankkeen piharakennuksen julkisivussa.

Otaniemessä Aalto-yliopiston saneerauksen yhteydessä tilaaja on määrittänyt tiilien ehjänä irrottamista ja puhdistamista varaosiksi. Puhdistettavia tiiliä oli joitain tuhansia. Tiiliä on käytetty myös saneerauksen yhteydessä uudestaan muurattuina.

Karkeana arvion tiilien ehjänä irrottamiselle ja puhdistamiselle on kohteesta sekä tiili- ja saumalaastityypistä riippuen arvioitu 2–5 € / kpl kustannus. Hintatieto on kuitenkin vain yksittäisten ja pienien kokeilujen lopputulema, joka ei edusta ehjänä irrottamisen tulevaisuutta, jossa irrotus-, käsittely- ja puhdistusmenetelmät koneellistuvat ja volyyymi mahdollistaa investointien tekemisen näihin tekniikoihin.

Kokemukset tiilien puhdistamisesta ja kustannuksista osoittavat, että käsin puhdistamalla on mahdollista puhdistaa erikoistiiliä ja tilaajan erikseen määrittelemään käyttöön tulevia tiiliä tilanteissa, joissa ko. tiilityypin valmistus on jo päättynyt ja hyvin pienien lisäerien teettäminen on sekä kalliimpaa kuin ehjän irrottaminen ja puhdistaminen, mutta myös tiilen estetiikka ja ulkonäkö edellyttää alkuperäisen aikakauden hengen säilyttämistä.

7.1.4 Merenneidotie 28, Espoo

Kohde on seitsemästä erillisestä kaksikerroksisesta paritalosta koostuva taloyhtiö, joka on rakennettu v.1980. Julkisivu rapautunut pakkasrasituksesta, jota osaltaan on kiihdyttänyt aikanaan seinän pintaa pitkin kasvanut kasvillisuus. Toinen julkisivulle ylimääräistä rasitusta aiheuttanut tekijä oli lyhyet päätyräystäät, jotka on jatkettu 2010-luvun alussa.

Tiili on keltaista poltettua reikätiiltä, mitat 280x85x85.



Vieressä kuva 3: Ehjiä näkyy kuvassa päällimmäisenä n. 35 kpl ja rikkonaisia 7 kpl. Epävarmoja tiiliä ei laskettu.

Tiiliä ei ole purettu ehjänä purun näkökulmasta, vaan mahdollisimman tehokkaasti uuden julkisivun rakentamista varten. Havaintona on se, että kyseinen tiili-laasti-yhdistelmä mahdollistaa tehokkaan ehjänä purun. Irrotetuista tiilistä vajaa 80 % on pysynyt ehjänä, kun vajaa 20 % on mennyt irrotuksessa rikki.

Tiilisenä purettiin päivän (10 h aikana) yksi pääty, joka on n. 60 m². Päädyssä on tiiliä 2500 kpl, josta tulee yhden tiilen irrotusajaksi

ilman pakkausta ja puhdistusta n. 15 s. Puhdistukseen voi olettaa menevän vähintään sama aika, eli yhden tiilen irrottamiseen ja puhdistamiseen menee aikaa 30 s. Työryhmässä on kaksi henkilöä, joten teoreettinen työsaavutus on n. 60 tiiltä / h. Osa saumalaasteista lähti käsin murentamalla irti, joten tarttuvuus tiilen pintaan ei ole ollut kovinkaan tiukka.

7.1.5 Heikkiläntie 10, SATO

Kohde sijaitsee Lauttasaareissa Heikkiläntie 10 osoitteessa ja on SATO:n omistuksessa. Kyseinen kohde on yksi Vattuniemen alueen kuudestatoista kiinteistöstä, jotka ollaan purkamassa alueen kaavamuutoksen jälkeen. SATO:lla on tarkoitus uudelleen käyttää tulevassa uudessa kiinteistössä piharakennuksissa ja ajoluiskan pinnoissa purettavan kohteen julkisivutiiliä. Kohteeseen ollaan suunnittelemassa tiilien irrotuskokeilua vastaavalla tekniikalla, kuin Kööpenhaminassa Lendager Groupin toteuttama Resource Rows.

Irrotuskokeilun tavoitteina on:

- Saada varmuus tiilien irrotettavuudesta ehjinä lohkoina
- Saada varmuus tiilien ominaisuuksista ja soveltuvuudesta suunniteltuun käyttöön
- Saada selvitettyä toimivat ja kustannustehokkaat työmenetelmät irrotukseen, siirtoihin ja käsittelyyn

Kokeilun hankintaa tehdään 12/2022–01/2023 aikana ja toteutus on arviolta 04/2023. Kokeilun valmistelussa hankkeen osapuolille määritetään tehtävät ja vastuut. Vaikka tällainen n. 10 m² irrotuskokeilu on määrällisesti pieni, on se valmisteltava ja toteutettava huolella ja suunnitellusti. Kokeiluun valmistellaan suunnitelmat ja työohje tilaajan toimesta, urakoitsijalta edellytetään työvaihekohtaisen irrotussuunnitelman tekemistä ja lohkojen nostamiseen kehitetään erillinen kehikko. Kokeilussa huomiota

kiinnitetään työn turvalliseen suorittamiseen, työmenetelmiin sekä leikkauksessa että tiilisiteiden katkaisussa, pakkaamisessa ja elementtien käsittelyssä. Myöhemmässä vaiheessa elementin modifioidaan ja varustellaan uuteen käyttöön.

Tiilien ja saumalaastin kunto ja tyyppi tarkastetaan ja selvitetään ennen työn suorittamista.

Hankkeesta lisätietoja saa Helsingin kiertotalouden klusteriohjelmasta ja kohteesta vastaa Kirsi Ojala, SATO Oyj.

7.2 Uudelleenkäytön kokemukset ulkomailta

7.2.1 Lendager Group

Lendager Groupin tiilien uudelleenkäyttökohde Kööpenhaminassa on suomalaiselle kiertotalouspiirille tuttu esittelykohde lukuisista seminaareista ja webinaareista v. 2019 lähtien. Helsingin kiertotalouden klusteriohjelma ja allekirjoittanut vieraili kohteessa lokakuun lopussa 25.10.2022 alkaneella kierroksella.

Keskustelu kohteen toteutuksesta oli mielenkiintoinen ja esiin nousi mitä moninaiempia tapahtumia, kokemuksia ja oppeja, joita pioneerityö oli tuonut tullessaan hankkeen eri vaiheissa. Ymmärrettävästi koko hanketta ei olisi saatu toteutettu ilman hankkeen toteutukseen intohimoisesti suhtautunutta arkkitehtitoimistoa, joka sai kiinteistösijoittajan vakuuttumaan hankkeen onnistumisesta. Periksiantamaton tekemisen asenne auttoi kääntämään epäilijät hankkeen puolelle, ja toteutuksessa vastaan tulleet haasteet olivat onnistuneesta lopputuloksesta kerrottaessa muuttuneet jo hymyilyttäväksi kokemuksiksi, jotka pitikin kokea.

Tiilien irrotukseen liittyi monta kehitystoimenpidettä, joista yksi merkittävimmistä oli elementtien nostoon kehitetty nostolaite. Nostolaitteen avulla 1 m² elementit saatiin turvallisesti seinältä alas pakattavaksi. Pakkaaminen tehtiin pystyasentoon puulaivoille ja elementtien väliin asennettiin pehmusteet.

Elementtien toteutukseen ei löytynyt kuin yksi toimija ja sekin usean sadan kilometrin päästä. Tämä kertoo osaltaan uuden menetelmän aiheuttamasta epäilyksestä alan toimijoiden keskuudessa. Irrotuksen yhteydessä yhdessä kohteessa viereisen työmaan toimesta katkaistiin Lendagerin työryhmältä vedet ja sähköt. Neuvotteluilla asia saatiin kuitenkin rauhoittumaan.

Neuvottelutaitoja vaati myös lupaviranomaisten kanssa käyty keskustelu siitä, kuinka lopullisen näköiset julkisivut pitää esittää lupavaiheessa. Tiedossa oli, ettei julkisivu tule toteutumaan kuitenkaan yksi yhteen esitetynlaisena, jos kohteet, joista tiiliä irrotetaan eivät nekään lupavaiheessa olleet vielä täysin selvillä. Tuotantovaiheessa arkkitehdin luontoa koeteltiin eriväristen ja -tyyppisten tiilien asettelun onnistumisessa. Tarkkaan laaditut suunnitelmat eivät istuneet tuotannon tekemiseen suoraan, vaan elementtien valmistajille piti antaa väljemmät raamit, joiden perusteella tiilielementit asennettiin muotin pohjalle värisävyjen mukaan. Lopputulos oli kuitenkin onnistunut

ja värisävyjen ”Fender-kitaran tyyppinen” liukuminen sävystä toiseen istui lopulta ark-kitehdin silmään paremmin kuin hyvin. Uudelleenkäyttö haastaakin toimijat sietämään hieman normaalia enemmän epävarmuutta, kun tuotevalintoja ja visuaalista lopputulosta ei voi täysin etukäteen suunnitella.

Epävarmuutta hallitaan sillä, että määritellään etukäteen asiat ja kohdat rakenteissa ja suunnitelmissa, jotka tarkentuvat myöhemmin, määritetään niille tarkka sisältö ja aikataulu ja seurataan niiden toteutumista. Kokonaisuus käydään eri osapuolien kanssa etukäteen läpi niin, että kaikki ymmärtävät asian samalla tavalla ja ovat siihen sitoutuneet.

Lendagerin kohdetta käsitellään mm. Aki Forsellin opinnäytetyössä ”VANHOJEN TIILIJULKISIVUJEN UUSIOKÄYTTÖMAHDOLLISUUDET MODUULEINA RAKENNUKSISSA SUOMESSA” vuodelta 2020.

<https://www.theseus.fi/handle/10024/160876/browse?type=author&value=Forsell%2C+Aki>

7.2.2 Göteborgin kaupunki ja Akademiska hus

Vierailu Akademiska husin tiloissa 26.10.2022 ja kuunneltiin yliopiston kokemuksia uudelleenkäytöstä. Uudelleenkäyttökokeiluja on tehty yliopiston remontin ja uudisrakennuksen yhteydessä. Uudelleenkäytön edistämistä jatketaan edelleen uuden kaupakorkeakoulukiinteistön kohdalta puretun vanhan Handelsin purkuhankkeessa, josta irrotettiin ehjänä suuret määrät marmoria, kuparia ja tiiliä.

7.2.3 Oslon kaupunki

Vierailu Oslon kaupungilla 27.10.2022. Heillä uudelleenkäyttöä on lähdetty viemään osaksi julkisia hankkeita. Tiiliä on uudelleenkäytetty uuden koulun seinissä ja tukimuureissa. Kaupungissa ei ole omaa kiertotaloustoimijaa ja osa tiilistä oli käytetty Tanskassa puhdistettavana. Toimijoita tarvitaan niin siellä kuin täälläkin. Oslo näki julkisen puolen rakentajien roolin erittäin tärkeänä ja merkittävänä kiertotalouden kiihdyttäjänä, esimerkiksi kaupunki suurena rakennuttajana edistää markkinaehtoisinkin toiminnan syntymistä ja kasvamista.

7.2.4 Gamle Mursten, Tanska (City Loops)

Tanskassa on kaksikin yritystä, jotka tuottava uudelleenkäytettyjä tiiliä markkinoille. Toinen näistä on Gamle Mursten, joka on kehittänyt tiilien puhdistuksesta teollista liiketoimintaa. Heidän patentoimalla tekniikalla pystytään puhdistamaan ja pakkaamaan jopa 7000 tiiltä päivässä. Pääasiassa heidän käsittelemät tiilet ovat vanhoja, ennen 1960-lukua valmistettuja tiiliä ja muurattu kalkkilaastilla. Umpitiilet ovat heille se tärkein materiaali.

Gamle Mursten on vahvasti mukana ohjeistamassa purkutilaajia hankinta-asiakirjojen laadinnassa sekä työmaalla ohjeistaa urakoitsijoille oikeaa purkutekniikkaa. Jotta puhdistaminen olisi kannattavaa, tulee purkutyö suorittaa oikein, niin, että tiilet irtoavat toisistaan jo purun yhteydessä ja vastaanotto paikalle jää pääasiassa laastin irrottaminen ja tiilen puhdistaminen.

Gamle Mursten on tutkinut kohteissaan erilaisten rakenteiden ja irrotusmenetelmien vaikutusta tiilien ehjänä säilymiseen. Eräässä purkukokeilussa saatiin noin puolet tiilistä pysymään ehjinä ja osa näistä jouduttiin vielä hylkäämään käsin puhdistuksen yhteydessä. Käsin puhdistuksessa on selvitetty, että yksi henkilö saa puhdistettua n. 30kpl tiiliä / tunti. Suhteutettuna tämä työntekijä tuntihintaan tiilen hinta kohoaa korkeammaksi kuin uuden tiilen hinta. Toisaalta uusien tiilien osalta hintavaihtelun on merkittävää ja onkin arvioitava, mihin käyttöön uudelleen käytetyt tiilet menevät ja mitä arvoja ja ominaisuuksia näillä tiilillä on verrattuna täysin uusiin tiiliin. Ainakin hiihijäljälki on uudelleen käytettävissä tiilissä merkittävästi pienempi.

Gamle Mursten on myös esittänyt kiinnostuksensa tuotantolaitosten perustamisesta myös Suomeen. Sitä varten he ovat pyytäneet City Loopsilta kartoitusta soveltuvien purkukohteiden määristä sekä käytetyistä tiili- ja laastityypeistä.

City Loops -hanke ja siinä MIKSEI Mikkeli on alkuvuodesta 2022 haastatellut Gamle Murstenin toimitusjohtajaa ja laatinut samalla tanskalaisista lähteistä koosteen tiilien irrotuksen kokemuksista hintoineen ja tekniikoineen. Haastattelu ja koonti ei ole vielä julkisessa jakelussa, mutta dokumentit ovat varmasti saatavilla pyydettyäessä, Miksei Mikkelin porukalta, yhteys henkilö Raimo Lilja ja Kimmo Haapea.

7.3 Tiilivalmistajien ajatukset uudelleenkäytöstä

Irrotuskokeilun selvitykseen haastateltiin kahta suomalaista tiilen valmistajaa. Keskustelun sisältö oli vapaamuotoista ja keskusteluissa nousi esiin näkökulmia usealta kantilta.

Tiileri

Heikki Ryöppy ja Jari Kalervo Seppälä ovat tehtaiden johtajia, jotka pyörittävät tehtaita Suomessa. Heikki kertoi, että he ovat laastitoimittajan kanssa kehittämässä uutta muurauslaastia, joka ei olisi liian lujaa, jotta tiilet saataisiin eheinä irrotettua uudelleen käytettäväksi.

Heikki Ryöppy näki kannatettavana kehityshankkeena juuri muuraustarvikkeiden kuten laastin kehityksen, jotta tiiltä voitaisiin sitten helposti purkaa ja uudelleen käyttää. Kehitettävä laasti sopisi myös reikätiilille niin, että purkaminen helpottuisi ja tiilet saataisiin uudelleen käytettyä. Nykyiset betonilaastit ovat olleet niin lujia, että tiilet haajoavat, kun niitä yrittää irrottaa. Tiileri näkisi mielellään jonkin pilottikohteen, minne ko. laastilla tuotettaisiin rakenteita ja tutkittaisiin pitkäaikaiskestävyyttä ja ehkä jopa muutos rakenneltaisiin ja kokeiltaisiin irrottamista ja taas uudelleenmuurausta. Tiilien uudelleenkäytön edistämiseksi esitettiin liikuteltavaa konttituotantolinjaa, jota olisi

kätevää kehitellä ja liikutella purkutyömailla ja jossa sitten umpitiiltä putsattaisiin ja lavattaisiin myyntiin.

Wienerberger

Haastateltiin toimitusjohtaja Jari Berglund ja Juha Karilainen tiilien uudelleenkäyttöön liittyen. Wienerberger on aikanaan putsannut omalla vanhalla tehtaalla ennen 1960 valmistettuja umpitiiliä. Materiaalia ei tullut kuitenkaan riittävästi ja toiminta lopetettiin. Sama ongelma tulevaisuudessakin, vanhoja tiilirakennuksia puretaan vähemmän ja vähemmän. Pitää pystyä hyödyntämään myös uudemmat reikätiilet, esim. paloihin leikkaamalla. Valmistaja näkee tarpeen erilliselle kiertotalouden toimijalle.

Ennen vuotta 1939 käytettiin vain umpitiiliä ja reikätiilet tulivat mukaan tästä eteenpäin. Ennen 1939 rakennettiin 2 tiilen paksuisia tiiliseiniä umpitiilillä. 1939–1960 umpitiiliseinien paksuus 1,5 tiiltä, käytettiin reikätiiliä ja muurukseen kalkkilaastia. Sementtlaasti tullut 1960 ->. Vanhemmissa kohteissa tiivistysaineena saattaa olla kreesoottia, joten on aina tutkittava.

Kohteita, joissa on käytetty uudelleen tiiliä esim. Lahden moottoripyörämuseo ja Oulun Toppilassa punainen mylly, jossa 30 000 kpl tiiliä putsattiin ja muurattiin uudelleen. Muurarit kertoivat tuolloin, että muuraus onnistui hyvin ja putsauskin oli helppoa. Tiilillä oli lyhyt kuljetusmatka, koska ne käytettiin samaan sijaintiin tulleeeseen uuteen rakennukseen. Tiilistä testattiin myös joitain ominaisuuksia esim. pakkasenkesto.

Tiilikokeiluista Tanskan Lendagerin malli voisi toimia myös Suomessa, jossa tiilet irrotetaan purkukohteesta isompina laattoina.

Wienerberger käyttää valmistuksessa omat sivuvirtansa ja voisivat ottaa tiiltä ja keraamiikkaa raaka-aineeksi, jos saadaan ilman merkittäviä laastijäämiä ja virta on taasaista.

Hollannissa SIKLOBRIK tekee betonimurskaa ja tiilimurskaa, erottaa laastin tiilestä puhaltamalla.

Wienerberger ei suurena konsernina ole kiinnostunut perustamaan omille tuotanto-tehtailleen REuse-tiilen tuotantolinjaa vaan haluavat ennen kaikkea keskittyä omaan ydintoimintaan, uusien tiilien valmistukseen, mutta näkivät mahdollisuuden toimia uudelleenkäytön kehittämistyössä esim. neuvonantajana ja asiantuntijana. Yhtenä haasteen uudelleenkäytettävien tiilien tuotantolinjalle he näkevät materiaalien tasaisen saatavuuden.

8 Irrotuskokeilu Hämeenlinnan vanha vankila

8.1 Kohde-esittely

Irrotuskokeilun kohteeksi valittiin Hämeenlinnan vanha naistenvankila, joka on rakennettu vuonna 1972. Kohteessa oli käynnissä rakennuksen kokonaispurkutyöt. Kokeilussa kohteessa irrotettiin julkisivutiiltä, joka oli keltasävyistä kalkkihiekkatiiltä mitoitetaan 270x130x75. Muurauslaastina oli käytetty sementtilaastia ja saumaukseen sävytettyä saumauslaastia, joka oli lujuudestaan päätellen myös sementtipohjaista. Saumaukset ja tiilet oli päällisin puolin hyvässä kunnossa, joskin tiilien pinnassa oli pientä rapautumaa. Tiilien ja laastin ominaisuuksia ei testattu kokeilun yhteydessä. Jatkossa ehjänä irrottamiseen liittyviin kokeiluihin tulisi sisällyttää tiilien ja laastin ominaisuuksien testausta.

8.2 Purkumenetelmien määrittelyt

Irrotuskokeilun purkumenetelmiä määriteltiin hankkeen valmisteluvaiheessa 03-04/2022. Tarkoituksena oli testata eri menetelmien tehokkuutta. Irrotuskokeilu eteni pääpiirteissään ennakkosuunnitelman mukaan. Määrien ja toistojen suhteen ei nähty irrotuskokeilun puitteissa mahdollisuutta nopeuttaa tai tehostaa toimintaa ilman merkittäviä työtekniikoiden kehittämistä, joten määrät jäivät n. 10–15 m² suuruiseksi. Koneellisen purun menetelmistä purku tehtiin purkukouralla, joka soveltui tehtyyn kokeiluun erinomaisesti. Kyseinen lisälaitte on myös perinteisessä purussa se työkalu, jolla puretaan tämän tyyppiset rakenteet, jotka vaativat materiaalien erottelua.

Menetelmät

Yleistä: Jokaista menetelmää testataan kolmessa erässä, yhden erän suuruus n.5m²/200kpl. Kokonaismäärä testauksessa n.2000kpl. Tiilet voidaan irrottaa yhdestä seinästä, työssä tarvitaan sähköä, työmaatoimistoa, työalue 100m² tiilien puhdistukseen ja lastaukseen kuljetusta varten ja mahdollisesti henkilönostinta. Purkujäte ja laasti jää työmaalle purkuliikkeen jatkokäsitteltäväksi.

Työn suorittaja merkattu, PL=purkuliike ja ET=erillinen toimija/toimijat. Työn suorittaja vastaa tarvittavasta kalustosta ja työn suorittamisen kustannukset sovitaan ennen työn suorittamista. Irrotuksen testauksesta vastaa erillinen toimija, joka ohjeistaa ja dokumentoi testin suorittamisen. Purkuliike ohjeistaa ja perehdyttää työmaan toiminnat ja vastaa työmaan velvollisuuksista ja työmaapalveluista sopimuksensa mukaisesti.

A. Perinteinen kaivinkoneella purku

- Irrotus kaivinkoneen kauhalla maahan kasalle, (PL)
- tiilien siirto puhdistusalueelle työmaan sisällä, (PL)
- puhdistus ja lastaus kuormalavalle, (PL / ET)

B. Perinteinen miestyövoimalla purku

- Irrotus käsityökoneella maahan esim.piikkauskone, (PL / ET)
- tiilien siirto puhdistusalueelle työmaan sisällä, (PL / ET)
- puhdistus ja lastaus kuormalavalla, (PL / ET)

C. Puretaan käsin

- Puretaan käsin apuvälineitä käyttäen, (PL / ET)
- Lastataan purusta suoraan kuormalavoille telineillä tai maassa, (PL / ET)

D. Puretaan monitoimikauhalla / purkukouralla tai muu koneellinen menetelmä (PL/ET)

- Siirretään puhdistusalueelle työmaan sisällä (PL/ET)
- Puhdistus ja lastaus kuormalavoille (PL / ET)

Spolia design

Kuva 4: Alustava menetelmämäärittelmä

Johtopäätös:

Irrotuskokeilun sisältö ja mitattavat erät ja suureet tulee määrittää yksityiskohtaisesti ennen työhön ryhtymistä, jotta tulokset saadaan halutussa muodossa ja kaikki suunnitellut asiat tulee kirjatuksi.

Kokeiluissa työsaavutukset eivät välttämättä ole suunnitellun kaltaisia. Silloin alkuperäinen toteutusbudjetti ja -aikataulu alkaa ohjaamaan kokeilun toteutusta: laajuutta muutetaan, työtapaa muutetaan, jotain jätetään pois. Näiden muutosten hallintaan tarvitaan menettelyt ja priorisointi. Siksi on tärkeää, että tilaaja on tiiviisti mukana kokeiluissa, jotta päätöksentekokykyä löytyy lyhyellä varoitusajalla ja kokeilun lopputulokset vastaavat tavoitteita. Kokeilussa jotain asiaa tehdään yleensä ensimmäistä kertaa tai kokeilun työvaiheen toteutumisesta ei ole riittävää ennakkotietoa. Kokeilussa pitää varautua riskeihin ja tekemisen aikana tuleviin vastoinkäymisiin.

8.3 Irrotuskokeilun valmistelevat työt

Kokeilua varten purkuliikkeen kanssa sovittiin ajankohta, resurssitarve ja kokeilun sijainti. Irrotustyötä varten rakennuskonevuokraamosta varattiin riittävät työkalut tiilien irrottamiseen ja puhdistamiseen.

Irrotuskokeilu kohteessa aloitettiin perehdyttämällä, jossa suoritettava työ käytiin työnjohdon kanssa läpi. Työturvallisuudessa huomioitiin oikeanlaiset työvaatteet, suojavarusteet ja työkalut.

Irrotuskokeilun sijanniksi valikoitui käynnissä olevasta purkukohteesta riittävän kaukana oleva osa, rakennuksen itäseinustalta, moottoritien puolelta. Rakennus on vuodelta 1972. Rakennus on paikallavalurunkoinen pilari-palkki-laattarakenne. Ikkunalinjojen väliset kaistaleet ovat tiili-villa-tiilirakenteella. Ikkunalinjojen päällä olevat muuraukset lähtevät betonirakenteen päältä. Tiiliseiteitä oli verrattain tiheästi n. k/k 600 jaolla.

Valmisteluvaiheessa tiilet oli määritelty irrotettavaksi julkisivusta. Työn edetessä irrotustyö kuitenkin eteni myös sisemmän kuoren tiilirakenteeseen, jota ei olisi vielä saanut purkaa. Onkin tärkeää, että työn laajuus ja rajoitteet käydään etukäteen tarkkaan läpi ja työn aikana pysytään sovitussa laajuudessa. Mikäli purkutyö vaikuttaa rakennuksen sisätiloihin, tulee ennen purkutyöhön ryhtymistä varmistaa, ettei rakennuksen sisällä ole muita työryhmiä, jotka voisivat päästä vapaasti purkualueelle. Työalueet ja rajaukset tulee esittää visuaalisessa muodossa suunnitelmapohjilla tai valokuviiin merkkäamalla.

8.4 Irrotustyön suorittaminen

8.4.1 Koneellinen irrotus

Tiilien irrotus aloitettiin massiivipurulla ylemmän ikkunalinjan alapuolelta, jolloin yläreunaan jäävään tiiliverhoukseen ei koskettu, joten se jäi turvallisesti paikoilleen.



Kuva 5: Irrotusta kaivinkoneella ja purkukouralla

Purkukouralla irrotettiin ikkunapellit erilleen, jonka jälkeen alkoi tiiliseinän purku. Kouralla nosteltiin muutama kourallinen tiiliä erilleen kasalle nurmikolle hieman etäämmälle seinästä. Suurin osa tiilistä purettiin kasalle seinän viereen. Kouralla tiiliä irrotettiin n. 15 m² eli 600 kpl. Tehokas tiilien irrotustyö kesti n. 10 min, joten tiiltä kohden irrotusaika oli n. 1 s.

Kaivinkoneella tehdyssä purussa erikseen sivuun pehmeälle alustalle kerätyissä tiilissä laastin irtoamisen jakauma:

Eräkoko 100 kpl tiiliä

Täysin puhtaita 68 kpl -> 68 %

Laastia yhdellä sivulla 18 kpl -> 18 %

Laastia kahdella sivulla 8 kpl -> 8 %

Laastia 3-4 sivulla 4 kpl -> 4 %

Rikkoutuneita tiiliä 2 kpl -> 2 %

Kaikissa tiilissä kolhuja, ei yhtään täysin ehjää sivua.

Kaivinkoneella tehdyssä purussa n. 3 m korkeudesta seinän viereen kasalle purettujen tiilien laastin irtoamisen jakauma:

Eräkoko 145 kpl tiiliä

Täysin puhtaita 117 kpl -> 81 %

Laastia yhdellä sivulla 18 kpl -> 12 %

Laastia kahdella sivulla 0 kpl -> 0 %

Laastia 3-4 sivulla 0 kpl -> 0 %

Rikkoutuneita tiiliä 10 kpl -> 7 %

Kaikissa tiilissä kolhuja, ei yhtään täysin ehjää sivua.

Koneellinen purku	Seinän viereen pudotus	Kasalle sivuun
Ilman laastia	117	68
Laastia yhdellä sivulla	18	18
Laastia kahdella sivulla	0	18
Laastia 3-4 sivulla	0	4
Rikki	10	2

Taulukko 1: Tiilien puhtausaste purkukauhalla tehdyn purun jälkeen



Kuva 6: Seinän vieressä on havaittavissa kaivinkoneella tehdyn irrotuksen jälkeen tiilistä itsestään irronnut laasti ja ehjien tiilien määrä. Suurin osa oli ehjiä ja lähes laastittomia.

Johtopäätös:

Korkeammalta kasaan pudotetut tiilet ovat puhtaampia laastista, kuin maahan erikseen kerätyt tiilet. Havaintona on, että sopivan suuruinen mekaaninen isku nopeuttaa tiilien puhdistamista merkittävästi, vaikka hieman useampi tiili menisi rikki.

8.4.2 Käsinpurku

Käsinpurkua suoritettiin maasta käsin seinän alaosassa. Työkaluina olivat perinteinen taltta ja moska sekä kaksi eri kokoista piikkauskonetta.



Kuva 7: Käsin irrotukseen käytetyt taltta ja moska

Käsin purkua tehtiin kolmenkymmenen kappaleen erä.
Irrotuksen kokonaiskesto 32 min.

Keskimääräinen irrotusaika peruspuhtaaksi tiileksi oli 64 s.

Tiilet irtosivat laastista kohtuuhelposti, mutta saumalaasti oli erittäin kovaa. Tiilet puhdistettiin irrotuksen yhteydessä muurauspuhtaiksi. Tiilien irrotus käsipelissä on myös kohtuullisen raskasta, joten työtahdin ylläpitäminen vaatii reipasta tekijää. Keskimääräisesti voi ajatella yhden tiilen irrottamiseen kuluvan reilu 1 min eli tunnissa saavutus 50–60 tiiltä. Tiilen irrotus ei sisältänyt valmisteluja, tiilen pakkaamista eikä lopullista puhdistamista, jos sellaista tarvittaisiin. Huolimatta käsin tehdystä irrotuksesta, koska tiiltä ja laastia jouduttiin irrottamaan pädystä ja pitkiltä sivuilta, tuli tiilen jokaiselle sivulle jonkinasteisia kolhuja. Täysin virheetöntä tiiltä ei saatu irrotettua.

Todellista työsaavutusta arvioitaessa voidaan työttehoksi laskea puolet tehokkaasta eli 30 tiiltä tunnissa. Lisäksi tiilien puhdistamiseen ja pakkaamiseen tarvitaan toinen henkilö, jonka työsaavutuksella voidaan palvella kahta irrottajaa.

Tiilien irtoamiseen vaikuttavia tekijöitä, jotka tulee selvittää tapauskohtaisesti.
Tiilen tyyppi, reikätiili vai umpitiili
Saumalaastin tyyppi
Muurauslaastin tyyppi



Kuva 8: Käsin irrotuksessa käytetty pieni piikkauskone

Koneellisen irrotuksen kokeilussa tavoiteltiin tiiliä, jotka ovat suoraan muurattavissa. Kevyempi kalusto on Dewaltin D25134K tyyppinen kaksitoiminen poraus-piikkaustyökalu, joka soveltuu kevyeen tiilien ja muurausten sekä betonin piikkaukseen. Kone oli kevyt käsitellä (koneen paino 3,5 kg). Irrotuskärkenä oli n. 20 mm leveä taltta. Irrotuksessa saumalaastin kovuus ja hyvä tartunta tuli hyvin esiin. Osassa tiiliä laasti rapsahti irti koko tiilen saumasta 2-3 osassa, mutta osaa laastista jouduttiin piikkaamaan tiilestä syvemmältä, jolloin työtaho hidastui. Laastin irtoamisessa ei ollut merkittävää eroa taltalla irrottamiseen.

Koneellinen irrotus, kevyt kalusto, kolmekymmenen kappaleen erä.
Irrotuksen kokonaiskesto 16 min 50 s

Keskimäärin tiilen irrottaminen peruspuhtaaksi kesti ripeällä työtahdilla n. 35 s.



Kuva 9: Käsiniirrotuksessa käytetty iso piikkauskone

Raskaampi kalusto on Dewaltin D25951K tyyppinen raskaampi (13 kg) piikkaustyökalu, joka soveltuu raskaaseen piikkaukseen. Kone oli painonsa ja kokonsa puolesta raskas ja hankala käsitellä. Kone on tarkoitettu pääasiassa alaspäin suuntautuvaan piikkaukseen eikä tarkkuutta vaativa vaakatasossa tehtävä piikkaus ollut koneen ominaisuudet huomioiden optimaalinen. Irrotuskärkenä oli n. 50 mm leveä taltta.

Koneellinen irrotus, raskas kalusto, kolmenkymmenen kappaleen erä.
Irrotuksen kokonaiskesto 14 min 30 s

Keskimäärin tiilen irrottaminen peruspuhtaaksi kesti ripeällä työtahdilla n. 29 s. Tässä irrotuksessa 3 tiiltä meni rikki, mitä muilla käsin tehdyillä menetelmillä ei tapahtunut.

Menetelmä	Käsiniirrotus	Pieni käsikone	Iso Käsikone
Kesto / 30 kpl	32 min	16 min 50 s	14 min 30 s
Kesto / 1 kpl	64 s	35 s	29 s
Rikkoutuneet tiilet	0	0	2
Työergonomia	+	+	--
Mielekkyys	--	++	+

Taulukko 2: Käsiniirrotuksen työsaavutukset ja mielekkyys. Menetelmien työergonomiaa ja mielekkyyttä on arvioitu kolmen miinuksen ja kolmen plussan väliltä. Mitä enemmän miinusta, sen huonompi ja mitä enemmän plussaa, sen parempi.

Johtopäätökset:

Kevyemmistä purkumenetelmistä pienen käsikoneen käyttö oli mielekkyydeltään paras, eikä työsaavutus jäänyt merkittävästi ison koneen työsaavutuksesta. Sen lisäksi pienellä käsikoneella kaikki tiilet säilyivät ehjänä. Ison käsikoneen käyttö rikkoi useamman tiilen, jolloin työ niiden tiilien osalta oli turhaa eikä etua nopeudesta juuri ole. Paras käsityökalu irrotukseen on sähköinen

piikkauskone, jossa on pieni piikki tai taltta. Työskentelymukavuudessa akku-käyttöinen kone olisi vielä mukavampi.

Jatkokehitystarpeena tulee tiilien irrotusta kokeilla erilaisilla piikeillä ja taltoilla. Teräväkärkinen piikki olisi voinut olla kiilausvaikutuksen ansioista jopa tehokkaampi irrotusmenetelmä kuin taltta. Piikkiä ei kuitenkaan suositella tiilen näkyviltä sivuilta käytettäväksi, koska siitä jää iskemäjäljet tiilen nurkkiin.

8.4.3 Tiilien puhdistus

Kaivinkoneella tehdyn irrotuksen seurauksena hyvin suuri osa saumalaasteista irtosi jo purkuvaiheessa tiilien pudotessa kasaan. Tiilien saumalaastien mekaaninen puhdistus tehtiin piikkauskoneella, jonka jälkeen tiilessä oli enää vähäisessä määrin laastia.



Kuva 11: Kuvassa purkukauhalla irrotetuissa tiilissä havaittavia pieniä laastijäämiä. Puhdistuksessa kätevä väline on muurarin vasara. Tiilessä olevat laastinkappaleet lähtevät sillä hyvin.

Kokeilussa testattiin myös erilaisten koneellisten hiontavälineiden tehokkuutta. Pienen kulmahiomakoneeseen kiinnitettyä sekä timanttilaikka että hiontakivi olivat tehokas, mutta varsin pölyinen toimenpide. Muurattujen sivujen puhdistus pienistä laastijäämistä tapahtui kertapyyhkäisyllä ja yhden tiilen käsittelyyn neljältä muurattulta sivulta sekä näkyvältä hieman rapautuneelta sivulta meni aikaa n. 30 s.

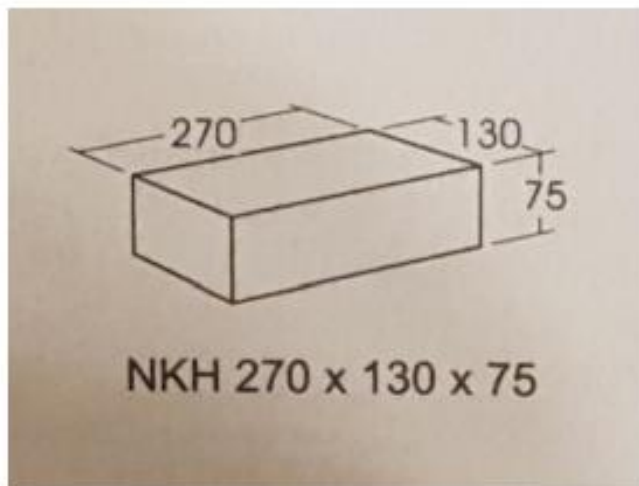
Hiontatyössä on huomioitava työturvallisuus, henkilökohtaiset suojaimet ja pölynhallinta. Tiilien puhdistaminen isommassa mittakaavassa tarvitsee tuotantolinjaston ja työtapojen kehittämistä, mutta näin on kustannustehokkaammin käsiteltävissä isompia määriä.



Kuva 12: Puhdistusvälineenä kulmahiomakoneeseen kiinnitettävät timanttilaikka ja hiontakivi. Muita välineitä oli rahi, teräsharja ja muurarinvasara.

Laadunvarmistusmenettelyt

Tiilet ovat kooltaan 270x135x75 keltaisia umpitiiliä. Tiilet ovat keltasävyisiä kalkkihiekkatiiliä.



Kuva 13: Puretun tiilen mitat

Muuraussauma koostui vaaleasta muurauslaastista ja tummemmalla sävytetystä saumauslaastista. Irrotuskokeilussa tarkastellaan tiilien kunto irrotuksen jälkeen. Samoin arvioidaan irrotusmenetelmän vaikutus tiileen jäävään laastiin. Kyseisellä sivustalla tiilen ulkopinnassa oli ohut rapautunut kerros, joka lähti irtoamana työhansikkaalla hierottaessa.



Kuva 14: Tiilen ulkopinta oli kevyesti rapautunut

Tiilille tai saumalaasteille ei tehdä erillistä kelpoisuudenmäärittelyä tai laaduntestausta. Jatkossa irrotuskokeiluihin tulee lisätä tarkastelu laastin laadusta, tyypistä sekä tiilien ominaisuuksista. Näillä selvityksillä voidaan parantaa liiketoiminnan kehittymistä tiilien uudelleenkäytön ympärille, kun jatkossa voidaan jo ennakkotestein saada luotettava esitys kannattavasta irrotusmenetelmästä ja materiaalien kunnosta.

8.5 Kriteerien määrittely

Kriteerien määrittely on tärkeä osa uudelleenkäytettävien tiilien hyödyntämistä. Kriteerit kohdistuvat tiilien ominaisuuksiin ja ulkomuotoon ja määrittelevät soveltuvan käyttökohteen. Lähtökohtaisesti uudelleenkäytettävien tiilien ominaisuuksia verrataan uusin tiilien ominaisuuksiin.

Helsingin kiertotalouden klusteriohjelman toimeksiannosta, Antti Koponen Rasek Consulting, on laatinut taulukon eri rakennustuotteiden kelpoisuuden osoittamiseen, jossa on otettu kantaa testausmääriin, testauksen toteuttamiseen standardeja soveltaen ja testattaviin ominaisuuksiin. Taulukkoa on esitelty TOPTEN-rakennusvalvontojen ryhmässä 15.12.2022 ja siitä on pidetty Motivan johdolla esittelytilaisuus 15.12.2022 iltapäivällä. Taulukon saa Antti Kopeselta pyytämällä, anttianttero.koponen@gmail.com.

Olennaiset perusominaisuudet	
Julkisivutiili, Ei kantava	Sisäväliseinätiili, Ei kantava
Mitat ja sallitut mittapoikkeamat	Mitat ja sallitut mittapoikkeamat
Kappaleen muoto	Kappaleen muoto
Puristuslujuus	Puristuslujuus
Vedenimukyky	Palokäyttäytyminen
Vesihöyrynläpäisevyys	Vaarallisten aineiden päästöt
Jäätymis-sulamiskestävyys	

Taulukko 3: Esimerkkejä kahden eri tiilen todennettavista perusominaisuuksista Antti Kopesen taulukon perusteella.

Tiilien uudelleenkäytön selkeyttämiseksi tiilille voitaisiin kehittää laatuluokat tai kategoriat. Tiukimmat kriteerit kohdistuisivat tiiliin, joita käytetään olennaisia perusominaisuuksia vaativissa ulko- ja sisä rakenteissa uusien tiilien tapaan. Toisen kategorian tiilet soveltuvat käyttöön esim. piharakennuksiin ja -rakenteisiin ja kohteisiin, joihin ei kohdistu olennaisia perusominaisuuksia. Kolmannen kategorian tiilet käytettäisiin ensisijaisesti kierrätysmateriaalina tai toimitettaisiin jatkokäsittelyyn AHA-kartoituksen ja hyötykäyttöselvityksen mukaisesti.

Tiilin tuleva käyttötarkoitus vaikuttaa valittavaan purkutapaan. Tiilen tyyppi vaikuttaa purkutapaan. Reikätiilet saadaan varmimmin ehjänä käsin purkuna. Samoin vanhat kalkkilaastilla muuratut tiilet. Kustannustehokas purku on myös yksi kriteeri ja varsinkin hyödynnettävien tiilien suuri määrä suhteessa tarvittaviin uudelleenkäytettäviin tiiliin puoltaa koneellista purkua ja käsin puhdistusta.

Ulkonäöllisesti uudelleenkäytettävät tiilet saavat näyttää käytetyiltä. Yleensä rosot ja käytön jäljet ovat osa uudelleenkäytettävien tiilien viehätystä ja käyttäjä määrittää ulkonäölliset kriteerit. Tiilien eheydessä arvioidaan kahden virheettömän sivun toteutu- vuutta eri irrotusmenetelmillä. Saumalaastin osalta tutkitaan tiileen irrotuksessa jää- vän laastiin määrää. Uudelleenkäyttöön sopivan tiilen pinnoissa voi olla vähäisiä laas- tijäämiä, jotka eivät jää kantamaan uudessa muurauksessa eivätkä vaikuta muuraus- työhön. Vanhan laastin jäämät voivat vaikuttaa myös laastin tartuntaan, joten laastin määrälle on annettava kriteeri.

8.6 Tiilien pakkaaminen

Tiilien pakkaaminen kannatta tehdä normaaleille kuormalavoille. Tiilien pinnalle jää irrotuksen jälkeen laastijäämiä, jotka tekevät tiilen pinnasta hieman epätasaisen. Uu- den tiilet pakataan normaalisti pienemmille lavoille, jotta niitä on helppo siirrellä työ- maalla ja nostaa telineille ja muurauskelkkoihin. Lavapaino on noissa n. 300 kg.

Kuormalavalle pakattaessa pakkauskorkeus pysyy maltillisena. Yleisimmät lavat ovat EUR-lava, jonka mitat ovat 1200x800mm ja kantavuus 1200 kg ja FIN-lava, jonka mitat ovat 1200x1000 ja kantavuus 1800 kg. Mikäli tiiliä varastoidaan trukkihylyillä, hyllyjen tyyppillinen lavan maksimipaino on 800 kg.

Käsiteltävyyden ja lastin stabiliteetin kannalta käytettyjen tiilien lavoja ei kannata las- tata liian täyteen. Suositeltava lavapaino voidaan pitää 800–1000 kg.

Tiilien lastaus lavoille tehdään lappeelleen, leveä pinta lavaa vasten. Pystyyn ladot- tuna tiilet eivät pysy yhtä hyvin paikoillaan.



Kuva 15: tiilien pakkaamista, kuorman parempaan vakauteen päästään limittämällä joka toisen kerroksen saumat eri kohtaan.

Lastauksessa kannattaa eri kerrokset lastata limittäin, jotta ladonta sitoo eri kerrokset paremmin toisiinsa. Lavalle voi painon puolesta lastata 8–10 kerrosta. EUR-lavalle ladottaessa yhteen kerrokseen menee 27 kpl tiiliä (270x130). Yhden tiilen paino on tiilityypistä riippuen 3–4 kg. Painavimpia ovat umpitiilet.

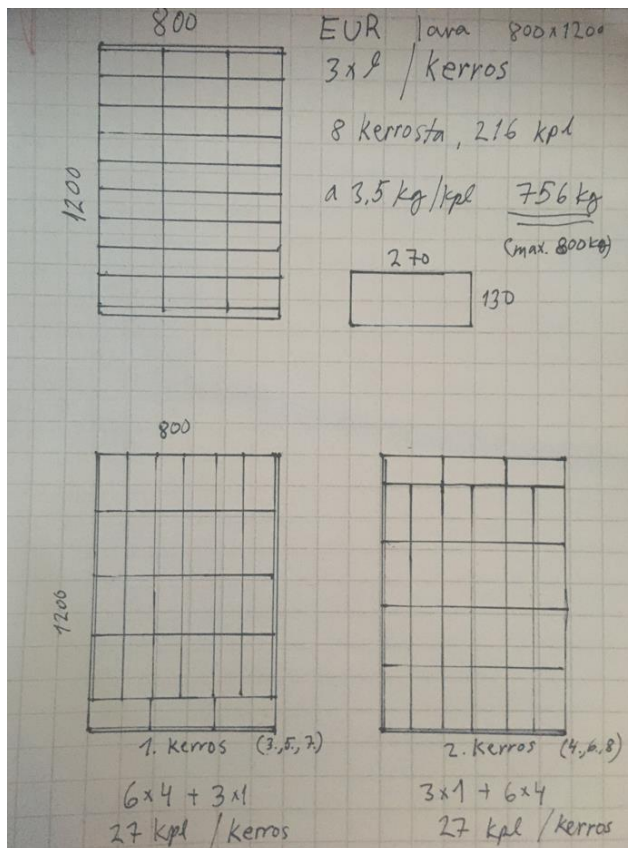
Tiilien ladonta ja lastaus lavoille tulee suunnitella ja ohjeistaa etukäteen hyvin, jotta kuljetus ja kuorman käsittely on turvallista ja lasti pysyy kasassa. Etukäteen suunniteltu lastaus nopeuttaa ja selkeyttää myös pakkaajan työsuoritusta.

Lavalle lastatut tiilet kieputetaan pakkausmuovin sisään. Huomioiden tavoitteet jätemäärien pienentämiseksi, lastin sitomiseen tulee miettiä ja kehittää sidonta- ja tuentatapoja, jotka ovat uudelleenkäytettävissä, jolloin syntyvä jätemäärä vähenee. Tällaisia voivat olla kestmateriaalista tehdyt huput ja lavojen puukaulukset. Kuormalavoja voidaan käyttää uudelleen, kun niitä käsitellään asianmukaisesti.

Tiilikokeilun yhteydessä tehtiin pienimuotoinen lastauskokeilu. Puhtaiden tiilien kasausta kannettiin tiilet 5 m etäisyydellä olevalle lavalle. Lastauksessa 27 kpl tiiliä lastattiin, kuten ne lastattaisiin lavalle. Yhden kerroksen kasaamiseen meni aikaa 185 s eli hieman yli kolme minuuttia. Yhden tiilen lastausaika n. 7 s. Tiiliä kannettiin kaksi kappaletta kerralla eli siirtymisaika edestakaisin oli 15 s.

Vastaavalla tahdilla yhden lavan lastaamiseen, 8 kerrosta, kuluu aikaa 25 min. Tämä on tehokas teoreettinen pakkaus aika, kun tiilet ovat puhtaat.

Jos samalla tahdilla pakattaisiin käsin tiiliä liukuhihnalta käsin, olisi päiväsaavutus pakkauksessa 16 lavaa eli 3456 kpl. Tässä huomioitu 5 min kuorman tuenta ja siirto.



Kuva 16: esimerkkejä ladonnoista

Kuvassa erilaisia ladontoja EUR-lavalle. Jos lavassa halutaan käyttää puisia kauluksia, pitää ladontaa muuttaa. Ladonta lavalle tulee tarkastella myös, jos se tehdään FIN-lavalle tai tiilet ovat eri kokoisia.

8.7 Kustannustietoa ja jatkosuosituksia kokeiluhankkeen havaintojen perusteella

Kokeilun kustannuksista on laadittu arviot eri purkumenetelmille irrotuksesta valmiiksi käytettäväksi tuotteeksi ilman tuotehyväksyntää. Työryhmänä irrottamisessa, puhdistamisessa ja pakkaamisessa on käytetty 3 hlön työryhmää ja kokeilusta saatuja tehokkaan työajan kestoja oletuksella, että 2/3 hlöä tekee koko ajan tehokasta työtä 8 h/pv. Henkilötyön tuntihintana on käytetty 40 €/h, kaivinkoneella tehdyn purun hinta 150 €/h. Hinnat ovat alv 0 %. Kaivinkonetyössä huomioitu lisäajalla kaluston siirtoihin menevä aika. Työn valmistelevia töitä, aloituksia, lopetuksia ja työmaan yleisiä kuluja ei ole huomioitu.

Menetelmä	Kesto / tiili	Saavutus / pv	Kulu / pv	Kulu / yks.
Irrotus kaivinkone	1 s + 2 s	28800 kpl / 3	1200 €	0,13 €
Irrotus käsitaltta	64 s	450 kpl x 2	960 €	1,06 €
Irrotus pieni kone	35 s	823 kpl x 2	960 €	0,58 €
Irrotus iso kone	29 s	994 kpl x 2	960 €	0,48 €
Puhdistus	30 s	960 kpl x 2	960 €	0,50 €
Pakkaus	8 s	3600 kpl x 2	960 €	0,14 €

Kustannuksesta huomataan, että kaivinkoneella irrottaminen on ylivoimaisen kustannustehokas irrotustapa verrattuna käsin tehtäviin työvaiheisiin. Käsin tapahtuvassa irrotuksessa on huomionarvoista sementtipohjaisen laastin lujuus, joka hidastaa merkittävästi tehtävää työtä. Kaivinkoneella tehdyssä irrotuksessa saumat raksahtelivat irti yllättävänkin tehokkaasti ja siististi.

Toinen aikaa vievä toimenpide oli tiilien puhdistaminen, joka hidastui selvästi, jos tiileen oli jäänyt laastia kiinni. Laastittomissa tiilissä tiilien pyörittely hiontaa varten vei eniten aikaa, kun kerta pyyhkäisy laikalla riitti itsessään poistamaan vähäiset laastijäämät tiilen pinnasta.

Pakkaus on mahdollista saada myös henkilötyönä tehokkaaksi, mutta monotoninen työ päivästä toiseen tulee syömään tehoja ja varsinkin työn mielekkyyttä. Teollisen mittakaavan toiminnassa pakkaamiseen kannattaa hankkia automatisoitu pakkaus-koura.

Tehokkuutta on mahdollista nostaa kehittämällä tiilien puhdistamiseen erillinen linjasto, johon tiilet lastataan koneellisesti ja jossa tiilen sivut käsitellään mekaanisesti laastijäämien poistamiseksi. Mahdollisia irrotusmenetelmiä laastille on mekaaninen isku vrt. piikkauskoneen taltat tai timanttisahaus. Viimeistelyssä on mahdollista käyttää erillisiä hiontamenetelmiä. Teollisessa toiminnassa tulisi huomioida kappaleiden käsittely mahdollisimman automatisoidusti.

Teollisen tuotantolaitoksen perustaminen on todennäköisesti kannattavinta tehdä kiinteään toimipisteeseen, jolloin tuotantolaitoksen käytöstä ja logistiikasta tulee lisäkustannuksia, mutta tiilien käsittelyn kuluja on mahdollista pienentää. Myös liikkuvien tuotantolaitosten käyttö on mahdollista, joskaan kumpaankaan edelliseen ei vielä ole valmista konseptia käytössä, ainakaan Suomessa.

Julkisivun tiilissä ei pääsääntöisesti ole pinnoitteita, ainakaan molemmin puolin. Julkisivutiilet, ja varsinkin umpinaiset KAHI-tiilet, ovat tästä syystä kiinnostava uudelleen-käytön kohde.

Sisätiloissa olevat KAHI-tiilet ovat yleensä vähintään maalattuina ja yleensä kahdelta puolelta. Sisäkäytössä olleiden tiilien hyödyntäminen vaatii puhdistuksen myös näkyvien pintojen osalta. Sinällään tiilien irrottamisessa ja käsittelyssä pätee samat periaatteet kuin julkisivutiilienkin osalta.

Johtopäätökset:

KAHI-tiilien hyödyntäminen julkisivusta julkisivuun ja sisäseinästä sisäseinään vaikuttaa teknisesti mahdolliselta toteuttaa. Suositus jatkoon onkin, että tiilirakennuksien purkukartoitusten yhteydessä umpitiili ja KAHI-tiilirakenteet nostetaan uudelleenkäytettävien tuotteiden joukkoon, joiden jatkohyödyntämiseen kannattaa panostaa jatkotutkimuksin ja koepuruin, jotta hankintaan on mahdollista lisätä ohjeet ehjänä irrottamiseen. Riittävän isot hankkeet mahdollistavat tuotantomenetelmien kehittämisen ja kehittymisen. Lisäksi

alan toimijoille jatkuvuuden ennustettavuus on tärkeä osa, kun mietitään investointeja uusiin tekniikoihin. Tässä yksityisillä ja etenkin julkisilla hankkijoilla on tärkeä rooli.

9 Suositukset jatkoon

- Määritetään suomalaiselle tiilien uudelleenkäytölle tavoitteet. Kokeilujen tulee edistää tavoitteiden toteutumista ja tuottaa vaadittavaa tietoa kiihtyvällä tahdilla kohti teollista ja markkinaehtoista uudelleenkäyttöä.
- Tuotteiden kelpoisuuden osoittamiseen on saatu ensimmäiset ohjeistukset, jotka on esitelty rakennusvalvonnan TOPTEN-ryhmälle. Ryhdytään tulevilla hankkeilla tekemään laadunosoittamista käytössä olevien ohjeistuksien pohjalta, jotta saadaan jaettavaa kokemusta ja kasvatettua osaamista eri osapuolien kesken.
- Jatketaan avointa ja rehellistä tiedonjakoa hankkeista. Loppuraporttien lisäksi, varsinkin pitkistä kansainvälisistä hankkeista, tarvitaan kokeilujen päätteeksi väliraportit ja viimeisimmät tiedot uusien ja käynnistettyjen kokeilujen tueksi. Hankkeiden välistä yhteistyötä tulee edistää.
- Kokeiluiden loppuraporttien yhteyteen määritetään esittämään TOP3 haasteet tai epäonnistumiset ja oppeina miten tulevilla hankkeilla kyseiset tapahtumat voitaisiin hoitaa paremmin.
- Edetään kokeiluissa isompiin kokonaisuuksiin. Uuden käyttökohteen mukana löytäminen ja hyödyntäminen kokeilussa lisää merkittävästi kokeilun tulosten merkittävyyttä.
- Sitoutetaan tilaajat ja toimijat kiinteämmin osaksi kokeiluja. Määritetään etukäteen vastuut ja roolit kokeilussa, jotta tieto hankkeen tuloksista välittyy ilman välikäsiä. Myös pienissä kokeiluissa on syytä olla luotuna hankkeen ohjausryhmä, jossa kokeilun etenemistä käsitellään säännöllisesti.
- Kokeilujen ennakkosuunnitteluun pitää panostaa merkittävästi enemmän, jotta kokeilusta saadaan irti ne asiat, joita on lähdetty tavoittelemaan. Liian yleisellä tasolla olevat työohjelmat jättävät kokeilun toteutusvaiheeseen liikaa epäselviä kohtia, jolloin kokeilussa tehdyt havainnot, kirjaukset ja tulokset osoittautuvat puutteellisiksi tuloksia analysoidessa.
- Kokeilujen hankintoja ja toteutusta varten tarvitaan valmiita dokumentteja, asiakirjoja ja kirjausohjeita hankinta-asiakirjoihin. Selkeillä papereilla tarjouspyynnöstä lähtien, saavutetaan kaikkien osapuolien kannalta parhaat lopputulokset.
- Kiertotaloushankkeille ja kokeiluille yksi yhteinen dokumenttikirjasto, josta tieto voi hakea. Tällä hetkellä haasteena on aineiston pirstaloituminen lukuisiin eri sijainteihin.

- Tiilien irrotuskokeiluihin mukaan tiilien ominaisuuksien testaus, Antti Koposen tuotehyväksyntätaulukon mukaisesti. Mahdollisuuksien mukaan testauksiin mukaan Tampereen yliopiston, Aapo Räsäsen, tutkimat epäsuorat tutkimusmenetelmät, joissa testataan materiaalia rikkomattomien menetelmien korrelaatiota tiilen testattuihin ominaisuuksiin puristuslujuudesta, veden alkuimukyvystä ja sulamisjäätymiskestävydestä.
- Laaditaan alan toimijoiden käyttöön uudelleenkäytön suunnitteluohje ja yhteisiä mallikirjauksia hankinta-asiakirjoihin. Valmistelussa mukaan eri osapuolia omistajasta hankinnoista vastaavaan ja suunnittelijasta purkajaan ja rakentajaan.

Raportin aineiston kasannut ja laatinut Anne-Marie Mäntylä ja Petri Salmi
Raportin tarkastanut Petri Salmi
Spolia Design Oy

Espoossa 19.1.2023

Petri Salmi