



Loppuraportti

TIILIEN EIJÄNÄ IRROTTAMISEN KOKEILU

Helsingin Kaupunki Kiertotalouden klusteriohjelma

SPOLIA DESIGN OY

”Next Green Step”
Spolia Design Oy on purettujen materiaalien uudelleen käyttöön erikoistunut asiantuntijaorganisaatio, joka suunnittelee cleantech rakennushankkeita.
www.spolia.fi

perjantai 17. marraskuu 2023

Helsingin Kiertotalouden klusteriohjelma

Loppuraportti:

Tiilien ehjänä irrottaminen ja ominaisuuksien todentaminen

Kohde, jossa kokeilu on toteutettu ja testattavat tiilet irrotettu:

Hammaslääketieteenlaitos, Kytösuontie 9-11, Helsinki

Kohde on vuonna 1979 valmistunut Einari Teräsvirran suunnittelema Helsingin Yliopiston hammaslääketieteenlaitos. Julkisivumateriaalina on punainen poltettu reikätiili.

Laatinut: Petri Salmi
040-7078191
petri@spolia.fi

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	4
2	LÄHTÖTILANNE	5
3	IRROTUSKOKEILUN SUORITTAMINEN	6
3.1.	TIILIENTÄNÄ IRROTAMINEN	6
3.2.	ÄNÄ IRROTAMISEN TULOKSET	9
3.3.	TIILIENTÄHUS	9
4	UDELLENÄYTTÄVIEN TIILIENTÄTUKIMUKSET	17
4.1.	TIILIENTÄMEKANINEN TESTAUS	17
4.2.	TIILIENTÄMIKROBITÄTUKIMUKSET	18
5	TÄTUKIMUSTULOSTEN VERTAILU	21
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	22

1 JOHDANTO

Spolia Design Oy on tutkinut Helsingin kiertotalouden klusteriohjelman toimeksiannosta tiilien ehjänä irrottamista Kytösuontien purkukohteessa kesän 2023 aikana. Koeirrotus toteutettiin purku-urakoitsijan Purkupiha Oy toimesta 5.7.2023 ja puhdistustoimenpiteet 10.-12.7.2023 Purkupihan ja Spolia Design henkilöstön toimesta. Spolia Design on vastannut irrotuksen testi-järjestelystä, hankkeen kokonaisuuden koordinoinnista ja raportoinnista.

Tiilien mekaaniset ominaisuudet on testattu Swecon testilaboratoriossa Vantaalla ja tiilien mikrobipitoisuudet TAKLAB:in toimesta. Testitulokset on esitetty raportin seuraavissa luvuissa ja liitteissä.

Koeirrotuksen tarkoituksena oli saada tietoa tiilien irrottamisen ja puhdistuksen onnistumisesta, tehokkuudesta ja eri menetelmistä. Saatuja kokemuksia ja tietoja voidaan hyödyntää jatkossa tiilien ehjän irrottamisen ja uudelleenkäytön liiketoiminnan kehittämisessä ja käytettyjen tiilien hyödyntämisessä uusissa käyttökohteissa.

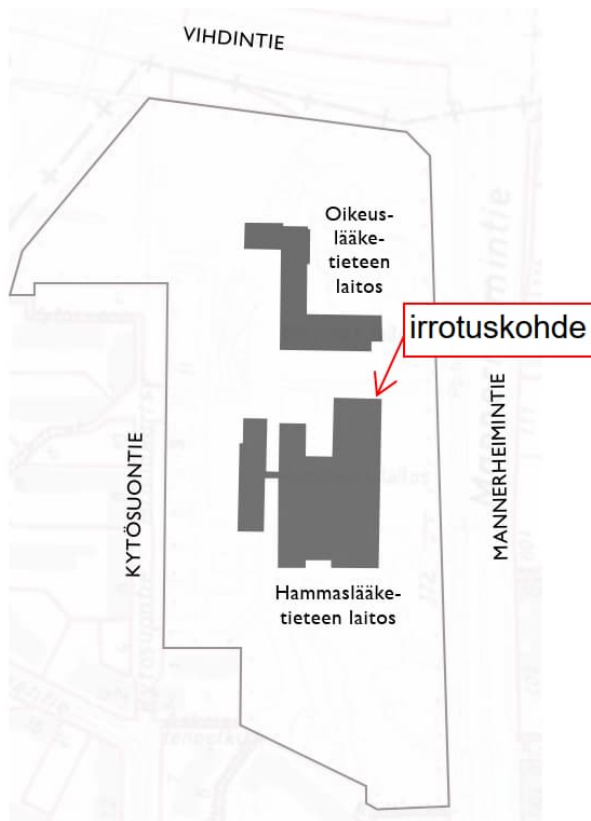
Tähän raporttiin tarkasteltiin joitakin lähteitä ja standardeja ja verrattiin varsinaisten tutkimustuloksia näihin.

Toimeksianto sisälsi optiona erillisen tarkastelun ainetta rikkomattomien menetelmien hyödyntämisestä tiilien ominaisuuksien tutkimisessa. Tarkastelu ja toimenpidesuositukset menetelmien jatkokehittämiseksi on esitetty tämän raportin liitteessä 1, Tiilen ominaisuuksien todentamisen ainetta rikkomattomat testimenetelmät_231114.

.

2 LÄHTÖTILANNE

Purkutyöt kohteessa käynnistyivät keväällä 2023. Irrotuskokeilun alkaessa heinäkuun alussa, Oikeuslääketieteenlaitoksen rakennukset olivat jo purettu ja hammaslääketieteenlaitoksen sisäpurkutyöt olivat käynnissä. Irrotuskokeilun paikaksi valikoitui Hammaslääketieteenlaitoksen pohjoispääty, joka on korkeudeltaan n.14m ja kokonaisleveydeltään 20m. Koepurkualue oli n.7x14m eli n.100m².



Kuva 1 Kokeilun sijaintikartta

3 IRROTUSKOKEILUN SUORITTAMINEN

Kokeilu toteutettiin kahdessa osassa niin, että 38tn kaivinkoneella purkukouralla tehty tiilien ehjänä irrottaminen toteutettiin 5.7.2023 ja tiilien puhdistus ja pakkaus 10.-12.7.2023.

3.1. TIILIEN EIJÄNÄ IRROTTAMINEN

5.7.2023

Purkukauhalla tehdylle koepurulle valittiin rakennuksen pohjoispäädyn 7m leveä ja 14m korkea sivusta. Purkaminen aloitettiin seinärakenteen yläreunasta. Testissä testattiin neljää erilaista purkutyyliä, jossa pääasiallinen tarkkailu oli työn kestossa. Tarkastelussa ei erikseen pystytty selvittämään, mitkä tiilet rikkoutuvat irrotuksessa ja mitkä tiilet pudotessa tiilikasaan. Ehjänä irrottamisen kokeilussa pyrittiin irrottamaan tiiliä mahdollisimman ehjänä.

Purkukalustona toimi Volvo ec380E, jonka nostokyky oli 6-7tn ja ulottuma n.15m. Varustuksena oli hydraulinen 1,2m leveä purkukoura.



Kuva 2 Koeirrotuksen seinärakenne ja ensimmäisen purun kappaleita

Jo yläreunan aloituspurun yhteydessä todettiin, ettei yksittäisten tiilien purkaminen ehjänä oleisolla koneella mahdollista. Tiili murtuu, jos sitä yrittää raskaalla kaivinkoneella irrottaa yksittäisenä. Irrotustyössä keskityttiin irrottamaan tiiliä mahdollisimman isoissa lohkoissa.

Tiilien irrotus irrotuksen tulokset ja havainnot kirjattiin muistiin. Irrotustavan saavutus muodostuu irrotuksen pinta-alan ja työn keston mukaan.

Purku 1: klo12.15-12.25

Menetelmä: Normaali irrotus. Koeseinän yläosasta purettiin aluksi 3m x7m kerros (seinän korko välillä 11-14m), jotta kouralla yletyttäisiin purkamaan seinää hallitusti. Tiilet putosivat osin lohkoissa ja osin yksitellen alas. Yksittäiset tiilet putosivat rikkoutuneina tai rikkoutuivat pudottuaan toisten tiilien päälle. Lohkot pysyivät aluksi pääosin ehjinä, kun putosivat pehmeälle alustalle.

Havainnot:

- Purkukoura oli testissä n1200mm leveä. Kuljettajan mukaan se voisi olla4-5m leveä, koneen nostokapasiteetti riittää hyvin.
- lastaus suoraan lavalla ilman pudottamista nopeuttaisi tiilen lastausta tilanteessa, jossa se kuljetetaan työmaalta jatkokäsittelyyn
- Tiilet pysyvät ehjänä pudotuksessa, jos ne putoavat pehmeälle alustalle esim.hiekka. Tiilet hajoavat pudotessaan toistensa päälle.

Työsaavutus: purkunopeus 21m²/10min-> **120m²/h->n.5000kpl/h**

Purku 2: klo 12.35-12.55, 3x7m alue (seinän korko välillä 8-11m)

Menetelmä: Varovainen irrotus. Puretaan kouralla mahdollisimman ehjänä

1.nosto 1/3 jää kouraan

2.nosto 2/3 jää kouraan

3.nosto kaikki jää kouraan

Kaikkia nostoja ei erikseen analysoitu.

Havainnot: Puretuista tiilistä n.puolet saatiin nostettua ehjänä työalueen sivuun ja toisesta puoliskosta n.puolet putosi ehjänä maahan ja loput rikkoutuivat. Ehjänä pysyi havaintojen mukaan siis 75% tiilistä.

Työsaavutus: 21m²/20min-> **60m²/h->2500kpl/h**

Kommentit: Konekuskin tuntemuksen mukaan tiiliseiteet pitävät betoniseinässä kovaa kiinni. Pilari-palkki- rakenne, jossa tiiliseiteet ovat kiinni toisessa tiiliseinässä, on nopeampi ja helpompi purkaa. Tällaisessa rakenteessa kouran saa paremmin työnnettyä tiilen taakse eristeen rakoon ja samalla kaataa sisäseinä sisäänpäin.

Purku 3: klo13.00-13.05, alue 3mx7m=21m² (seinä korkeusvälillä 5-8m)

Menetelmä: Tiilet nostettiin kasalle alas seinän viereen

Työsaavutus: 21m²/5min->**250m²/h->11250kpl/h**

Purku 4: klo13.10-13.15, alue 1x7m, (seinä korkeusvälillä 4-5m), purettiin tiiliseinää lisää ennen viimeisen erän purku varten. Ei mitattu erikseen purkunopeutta tai tiilien määrää.

Purku 5: klo13.18-13.20, Seinä korkeusväli 3-0m, 3mx7m=21m²

Menetelmä: Nopea irrotus. Tiilet irrotettiin seinästä purkamalla suoraan seinään viereen kasalle mahdollisimman nopeasti. Tiilet irtosivat tehokkaasti ja pysyivät pääosin lohkoissa. Tiilistä rikkoutuivat murtumiskohdan tiilet ja osa maassa olleista tiilistä iskun voimasta.

Työsaavutus: 21m²/2min->**630m²/h->28000kpl/h**

Huomiot kokonaisuudesta:

Kehitysehdotuksena nyt käytetyn 1,2m leveän purkukauhan paranteluun nähtiin mahdollisena jopa 4-5m leveän kauhan valmistaminen, jolla minimoidaan tiililohkojen murtokohdasta rikki menevien tiilien lukumäärä. Purkukauhan päihin on mahdollista tehdä stopparit, jotka estävä kuorman putoamisen kauhan päästä. Optimaalinen lohkokoko olisi tällä kouramallilla 0,5x5m, jossa olisi n.100 kpl tiiliä. Yhden kourallisen nosto seinältä lavalle tai kasalle kestää n.30s eli 0,3s/tiili. Huomioiden siirtymät purkunopeus voisi olla n.60s/100kpl tiiliä. Tällöin keskimääräinen purkunopeus olisi 24s/1m² eli 150m²/h>6000kpl/h (40kpl tiiliä/m²), jota kuvataan taulukossa potentiaalisen irrotuksen kohdassa.

Purkukustannus 200€/h tuottaisi tiilien irrotukselle hintaa 1,33€/m² joka vastaa n.3,3c/tiili.

	Varovainen irrotus	Normaali irrotus	Nopea irrotus	Potentiaalinen irrotus
Tiilen irrotus lohkoihin	2500kpl/h, purku sivuun tai lavalle rauhallisesti	5000kpl/h, purku maahan rauhallisesti	28000kpl/h, purku maahan mahdollisimman tehokkaasti	6000kpl/h, purku suoraan lavalle
Irrotuskulu [200€/h]	8c	4c	0,7c	3,3c

Taulukko 1: Irrotuksen kustannus yksikköä kohden

Laastin osuus purkumassasta on 1,5kg/tiili ja tiilen paino n.5kg/kpl. Tällöin yhteen kasettikuormaan (50tn) menee 7700kpl tiiliä.

Keskeisimpinä havaintoina tiilien ehjänä purkamisesta voi todeta, että

- Irrotusnopeus ei suoraan vaikuttanut tiilien ehjänä pysymiseen.
- Tiilien siirto ja asettelu puhdistusalueelle hidasti merkittävästi työsuoritusta
- Tiilipurun päiväsaavutus (8h/tp) irrotuksessa on 1200-2000m² ja tiiliä 48000-80000kpl
- Purkukalustoa kehittämisellä voidaan parantaa irrotustyön laatua

- Irrotustehokkuus ei sulje pois mahdollisuutta päästä kilpailukyiseen lopputuotteen hintaan

3.2. EHJÄNÄ IRROTTAMISEN TULOKSET

Purkukerrostien 2 ja 3 tiilet nosteltiin ajotien toiselle puolelle lohkoina mahdollisimman levälleen toisistaan. Nostelluista tiilistä laskettiin ehjänä säilyneiden tiilien osuus kaikista puretuista tiilistä. Tiiliä oli n.580kpl joista rikkoutuneita oli arvon mukaan 80kpl eli 13%. Rikkoutuneista tiilistä arviolta 90% eli n.70kpl oli rikkoutunut irrotuksen yhteydessä ja 10% eli 10kpl rikkoutui tiilien irrottelussa yksittäisiksi tiiliksi. Tiilien rikkoutumiset ovat syntyneet lohkon murtokuvion saumaan, jossa lohko murtui n.45-asteen kulmassa seinälle jäävään tiilimuuraukseen nähden.



Kuva 3: Puhdistettuja tiiliä pakattuna

3.3. TIILIEN PUHDISTUS

Tiilet olivat koneellisen irrotuksen jäljiltä lohkoina ja yksittäisinä tiilinä sekä seinän vierustalla että ajotien toisella puolella työalueella. Tiilien irroteluun yksittäisiksi tiiliksi sekä tiilen saumalaastien ja reikien puhdistukseen kokeiltiin useita eri irrotus- ja puhdistusmenetelmiä.

Hyvin pian puhdistustyön aloituksen jälkeen havaittiin, että puhdistustyötä varten tarvitaan työtaso, johon tiilet on helppo asettaa työstöä varten ja jossa tiili pysyy paikoillaan. Työtasoa kehitettiin havaintojen perusteella niin, että pöytään voitiin kerralla asettaa useita tiiliä, ja reikin puhdistuksesta irtoavat laastijäämät piti huomioida työtason rakenteessa. Työkalut ja menetelmät on esitelty tarkemmin jokaisen työvaiheen kohdalla.

Tiilien irrotus yksittäisiksi tiiliksi

Tiiliä irrotettiin maassa lohkoista useilla eri menetelmillä: kuminuijalla, muurarinvasaralla, piik-
kauskoneella ja lankusta tehdyllä juntalla.

Havaintona oli, että kuminuija oli hieman liian kevyt ja nuijalla piti lyödä tiililohkoa 10+ kertaa voimakkaasti, ennen kuin tiili irtosi. Kuminuijan työpöytä oli siis. ti. Irrotuksen kesto n.15s/tiili. Teoreettinen irrotusnopeus toisistaan on **240kpl/h**. Työ käy pidemmän päälle raskaaksi.

Muurarinvasaralla tiilen saumaan piti lyödä melko lujaa 5-10kertaan, ennen kuin tiili irtosi. Lyönnit eivät aina osuneet saumaan, vaan välillä ne osuivat tiileen aiheuttaen tiileen lohkeamia. Samoin laastin ja tiilen sirpaleita lenteli hallitsemattomasti. Irrotuksen kesto n.15s/tiili eli yhtä nopea kuin kuminuijalla. Teoreettinen irrotusnopeus toisistaan on **240kpl/h** Työmenetelmä on pidemmän päälle hyvin raskas.

Tiilien irrottelu pienellä piikkauskoneella ei ollut niin tehokasta kuin olisi voinut kuvitella. Tiilet ovat vahvasti saumalaastilla kiinni toisissaan ja reikiin pursunnut laasti esti tiilen irtoamisen toisistaan tehokkaasti. Irrotuksen kesto toisistaan oli n.20s/ tiili. Teoreettinen irrotusnopeus toisistaan on **180kpl/h**

Tiilien irrotus puujuntalla mahdollisti ergonomisen työasennon, jossa työtä pystyi tekemään seisoen. Pudottamalla n.2kg junttaa vapaasti ilman lisävoimaa tiililaatan näkyvältä puolelta 15kertaa tiili irtosi 1min 40s, nurjalta puolelta tehtynä pudotuksia tarvittiin 13kpl tiilen irtoamiseen ja kesto oli sama 1min40s.

Tiilien irrottaminen toisistaan puujuntalla tehokkaasti edellytti voiman lisäämistä lyöntiin, jolloin 23kpl tiilen irrotus kesti 1min25s eli hieman alle 4s/kpl. Tässä yhteydessä kolme tiiltä rikkoutui. Teoreettinen irrotusnopeus toisistaan on **900kpl/h**

	Kuminuija ja muurarin vasara	piikkauskone	Puujuntta	Potentiaali
Tiilen irrotus yksittäisiksi tiiliksi	15s	20s	4s	Ei tarkempaa menetelmäkuvausta, linjastomaisella ratkaisulla tuotantolaitoksessa, arvio 2s

Taulukko 2: Tiilien irrottaminen yksittäisiksi tiiliksi, työmenetelmien kestot

Tiilen siirto puhdistukseen:

Tiilet siirrettiin irrottelun jälkeen työpisteelle kantamalla. Kantaminen tehtiin yksittäin tai maksimissaan kaksi tiiltä kerralla. Siirtomatka oli 5-10m, johon meni aikaa edes takainen liikkuminen huomioiden 30s. Tiilen asettaminen paikolleen yksitellen vei aikaa 10s.

Siirto ja asettelu vei yhteensä aikaa n.30s/tiili, jolloin saavutus **120kpl/h**. Tiiliä pystyi laittamaan työpisteelle 6-8kpl kerrallaan.

Toisena päivänä tiilien liikutteluun hankittiin 5m pitkä hihnakuuljetin. Hihnalle lastaus kesti n.5s/. Hihnakuuljetin toimii 230V jännitteellä ja on pienikulutusinen. Kuljetushihnaa pystyi liikuttamaan vähän kerrassaan, jolloin puhdistuspisteellä oli aina tiili oikealla korkeudella valmiina, helposti otettavissa ja ilman turhaa liikkumista.

Tehokkaan puhdistamisen mahdollistamiseksi tiilien siirrot tulee suorittaa koneellisesti hihnalla sekä työkohteeseen että siitä eteenpäin.

	Kantamalla, matka 5-8m	Liukuhihnalla, matka 5-8m	Potentiaali
Tiilen siirto työpisteelle	30s	5s	Pidempi linjasto ja yhdistäminen tiilen irrottamisen vaiheeseen, arvio 3s

Taulukko 3: Tiilien siirron kesto työpisteelle

Tiilen päätyjen puhdistus:

Tiiliin on jäänyt saumalaastia sekä tiilen päätyihin että vaakapintoihin. Tiilen päädyt piti puhdistaa ensin, jotta tiili saatiin laitettua työpöydällä olevaan telineeseen. Päädyn puhdistamista tehtiin sekä muurarin vasaralla, että pienellä piikkauskoneella. Päätyjen puhdistamiseen meni aikaa 5-15s/tiili, keskimäärin 10s. Laasti irtosi päädyistä hyvin, koska tiilen päätypinta on sileä.

	Muurarin vasara	Piikkauskone	Potentiaali
Tiilen päätyjen puhdistus	15s	15s	Yhdistäminen muuhun puhdistamiseen, arvio 5s

Taulukko 4: Tiilien päätyjen puhdistaminen laastista, työn kestot

Tiilen vaakapintojen puhdistus:

Tiiliin on jäänyt saumalaastia sekä tiilen päätyihin että vaakapintoihin. Tiilen vaakapinnat piti puhdistaa, jotta tiilen reikiin jääneet laastit saatiin puhdistettua. Tiilessä oli pääsääntöisesti laastia yhdellä sivulla ja keskimäärin pintojen puhdistamiseen meni aikaa n.30s/tiili. Tiilen pinnoja puhdistettiin muurarin vasaralla ja pienellä piikkauskoneella. Työn kesto oli molemmilla työkaluilla suunnilleen sama, mutta piikkauskoneella työskentely oli selkeästi kevyempää työn pitkittyessä. Kehitysversiossa vaakapintojen laasti poistettiin samassa yhteydessä reiän puhdistamisen kanssa, jossa poraamalla reikien läpi alapuolella ollut vaakapinnan laasti murtui irti tartunnasta ja tiili puhdistui samalla kertaa. Vaakapintojen puhdistaminen pitää toisaalta toteuttaa jokaisella tiilellä kaikissa tapauksissa. Reikien puhdistamisen tarpeellisuutta tulee arvioida loppukäyttäjien kokemusten perusteella erikseen.

Potentiaalikohtassa on arvioitu tuotantolinjastoon kytkeytyvät puhdistuksen mahdollisuudet. Työmenetelmiä voivat olla jrsintä, piikkaus, timanttileikkaus tai vesipiikkaus.

	Muurarin vasara	Piikkauskone	Poralla reikien puhdistuksen yhteydessä	Potentiaali
Tiilen vaakapintojen puhdistus	30s	30s	3s	Yhdistäminen muuhun puhdistamiseen, arvio 5s

Taulukko 5: Tiilien vaakapintojen puhdistus, työn kestot

Tiilen reikien puhdistus:

Tiilet olivat reikätiiliä, jossa muurauksen yhteydessä tiilen reikiin oli mennyt laastia. Tiilien reiät ovat syntyneet tiiliteollisuuden tarpeesta säästää materiaalia, keventää tiiltä ja saada tiileen taiseampi polttotulos. Reiät lisäävät oletettavasti jonkun verran tiilen tartuntaa, mutta teknisessä mielessä tällä tartunnalla ei ole vaikutusta muurauksen tekniseen laatuun. Tämä pohdinta on tarpeen, kun mietitään reikien puhdistamisen tarpeellisuutta yleensäkin. Rei'issä oleva muurauslaasti on kuivumiskutistumisen seurauksena osin irtonainen. Mikäli reikiä ei putsataisi, saattaa se aiheuttaa hankaluuden tiilien pakkaamiseen ja muuraukseen, jos reiässä oleva laastin palanen lähtee liikkeelle ja jää tiilen saumaan kantamaan.

Tämä pohdinnan perusteella koe-erän tiilet päätettiin puhdistaa kauttaaltaan myös reikien osalta. Tiilien uudelleenkäytön kehittämisessä on arvioitava tarkemmin, onko reikiä ylipäättään tarpeen puhdistaa, jolloin yksi merkittävästi puhdistustyötä hidastava työvaihe voitaisiin jättää pois.

Reikien puhdistamista tehtiin mekaanisesti lyömällä kuminuijalla ja muurarinvasaralla metallitappia reikä kerrallaan. Samalla tavoin reikiä puhdistettiin pienellä piikkauskoneella ja piikkauskärjellä. Reikien puhdistusta varten kehitettiin myös omavalmisteenä naulalevystä ja tiilen reikien mukaan ryhmitellyistä pulteista "lyöntikampa", jossa työkalun asettamisen jälkeen pultteja lyötiin moskalla.

Testissä otettiin aikaa muuten valmiiksi puhdistettujen tiilien reikien puhdistamiseen. Kaikille neljälle henkilölle annettiin neljä tiiltä.

Testistä nopeimmin selvisi omavalmisteen pulttilevy, jolla 4kpl puhdistaminen kesti 2min44s eli 164s=**41s/kpl**. Työsaavutus tällä menetelmällä **88kpl/h**.

Toiseksi nopein menetelmä oli piikkauskone piikkauskärjellä, jolla 4kpl puhdistaminen kesti 3min 180s=**45s/kpl**. Työsaavutus tällä menetelmällä **80kpl/h**.

Metallitapilla ja moskalla tehty puhdistaminen kesti pisimpään, jolla 4kpl puhdistaminen kesti 4min20s eli 260s=**65s/kpl**. Työsaavutus tällä menetelmällä **55kpl/h**.

Toisena testipäivänä testattiin reikien puhdistusta poraamalla. Porausta tehtiin samalla koneella kuin piikkausta, mutta kone oli säädetty kivipora asentoon, jossa on pyörytyksen lisäksi

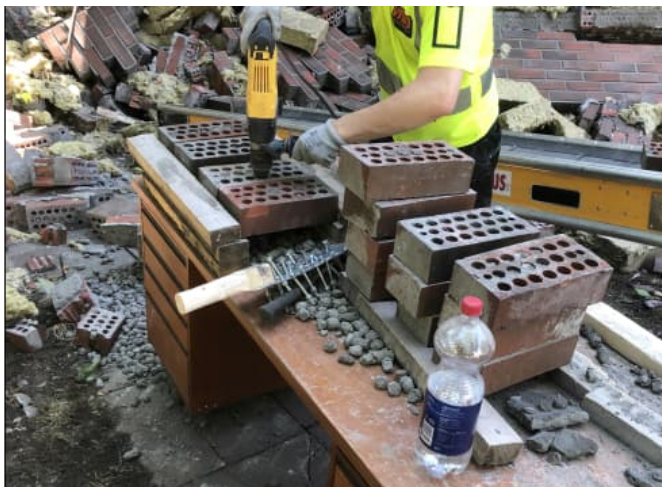
iskevä ominaisuus. Koneeseen kiinnitettiin d16mm kivipora. Porausta varten työpöytään tehtiin paikat neljälle tiilelle rinnakkain.



Kuva 4: Tiilen reikien puhdistus omavalmisteisella työkalulla

1. Testipuhdistus poralla:

Testissä puhdistettiin 14kpl tiiliä. Yhdessä tiilessä on 20kpl reikiä eli yhteensä reikien puhdistamiseen tarvittiin 280porausta. Testierän puhdistuksen kesto 8min 10s eli 490s->35s/tiili, 1,75s/poraus. Työsaavutus tällä menetelmällä **103kpl/h.**



Kuva 5: Tiilen reikien puhdistus iskevällä porakoneella

2. Testipuhdistus poralla:

Testissä puhdistettiin 4kpl tiiliä. Tässä testissä tiilen päädyt oli puhdistettu, jotta ne mahtuu pöydässä olevaan telineeseen, mutta tiilen vaakapinnassa olevaa laastia ei oltu puhdistettu. puhdistuksen kesto 2min 10s eli 130s->33s/tiili. Työsaavutus tällä menetelmällä **110kpl/h.** **Huomioitavaa** on, ettei tässä menetelmässä synny ylimääräistä työvaihetta vaakapinnan puhdistamisesta, jolloin säästö on n.30s/tiili. Tämä työsuoritus pystyttiin toistamaan useita kertoja

testin aikana. Laskelmassa on arvioitu vaakapinnan laastin hidastavaksi vaikutukseksi 3s/tiili ja varsinaisen reikien puhdistamisen ajaksi 30s/tiili.



Kuva 6: Tiilen puhdistusta porakoneella

Tiilen reikien puhdistus:

Menetelmä 1 lyöntitappi

Menetelmä 2 piikkauskone

Menetelmä 3 omavalmiste lyöntilevy, naulalevy ja tiilen reikien mukaan ryhmitellyt pultit

Menetelmä 4 porakone

	Menetelmä 1	Menetelmä 2	Menetelmä 3	Menetelmä 4	Potentiaali
Tiilien reikien puhdistus, 4kpl	260s=65s/kpl	180s=45s/kpl	164s=41s/kpl	120s=30s/kpl	Yhdistäminen muuhun puhdistamiseen, arvio 10s

Taulukko 6: Tiilen reikien puhdistus, työn kestot menetelmittäin

Tiilen pinnan viimeistely:

Tiilien puhdistetut pinnat viimeisteltiin käsihiomakivi rahinalla. Pieni määrä laastia tiilen pinnalla ei haittaa uudelleen muurausta, vaan päinvastoin parantaa tiilen ja laastin tartuntaa. Laastin poistamisella on vaikutusta ennen kaikkea tiilien käsiteltävyyteen ja pakkaukseen. Tiilen

pinnan viimeistelyssä rahinalla riitti 5 edestakaista pyyhkäisyä /puoli, jolloin yhden tiilen käsittely vei aikaa **n.10s**. Samaan saavutukseen pääsee koneellisella hionnalla. Työsaavutus näillä menetelmillä **360kpl/h**. Työn tuottavuuteen vaikuttaa se, että tiiltä joudutaan pyörittelemään käsissä. Työn tehostamiseksi hionta ja pinnan viimeistely tulee toteuttaa koneellisesti ilman, että tuotetta käsitellään käsin.

	Käsihionta kivellä	Teräsharjalla	Ei käsittelyä	Potentiaali
Tiilen pinnan viimeistely	10s	30s	0s	Linjastomainen viimeistely/edellisten vaiheiden yhteydessä, arvio 1s

Taulukko 7: Tiilen pinnan viimeistely, työn kestot eri menetelmillä

Tiilen lastausvaihe:

Puhdistetut tiilet lastattiin EUR- lavalle, jonka mitat ovat 800x1200mm. Lastauksessa yhteen kerrokseen lastattiin 27kpl tiiliä ja lavalle 5-7kerrosta eli lavan painon on 675-945kg.

Tiilien lastauksessa suurin osa ajasta meni siirtymiseen työpisteeltä lavalle. Pakkaus kesti n.10s/ tiili, eli työsaavutus tällä menetelmällä **360kpl/h**. Lavan valmistuttua tiililetka kelmutettiin muoviin, työn kesto **2min**.

Työtehoa on mahdollista kasvattaa sillä, että puhdistuspisteeltä pakkauspaikalle tiili siirretään kuljettimella. Työtehon parantamiseksi pakkaus on mahdollista automatisoida, jolloin työteho voisi nousta jopa 10- kertaiseksi.

Tulevaa muurausta varten tiilet pitäisi pakata normaaleille tiililetkoille, jotka on nostettavissa telineille ja muurauskelkkaan ja asetella lavoille samoin päin muurausta varten valmiiksi.

	Tiilen siirto ja pakkaus	Tiilen pakkaus hihnalta	Potentiaali
Tiilen pakkaus	10s	4s	Automatisoitu pakkaus, arvio 1s

Taulukko 8: Tiilen pakkauksen kestot eri menetelmillä

Tiilien ehjänä irrottamisen kokonaiskesto:

Työn kokonaiskesto on arvioitu alla taulukkoon 9. Työn perusversiossa on arvioitu työn kestot niillä menetelmillä, joilla työtä pääasiassa tehtiin. Kehitysversiossa on huomioitu työn kestot, kun menetelmät olivat tämän kolmen testipäivän aikana kehittyneet. Potentiaalikohtaisesti on arvioitu työmenetelmien mahdollistamaa työsaavutuksen kehittymistä ja edellyttä

puhdistusmäärien merkittävää kasvattamista. Arviot ovat teoreettisia kestoja ja niiden saavuttaminen edellyttää jo itsessään systemaattista työskentelyä. Todellisen työtahdin on arvioitu olevan puolet hitaampaan, kuin teoreettisen työsaavutuksen, jota myös testissä aikaansaatu todellinen saavutus puoltaa.

	Perusversio [s/kpl]	Kehitysversio [s/kpl]	Potentiaali [s/kpl]
Tiilen koneellinen irrotus	0,5	0,2	0,1
Tiilien irrotus kasalta yksittäisiksi tiiliksi	30	4	2
Tiilien siirto työpisteelle 5-8m	30	5	3
Tiilen päätyjen puhdistus	15	15	5
Tiilen vaakapintojen puhdistus	30	3	5
Tiilen reikien puhdistus	41-65	30	10
Tiilen pinnan viimeistely	10-30	10	1
Tiilen pakkaus	10	4	1
Kokonaiskesto teoreettinen/kpl	2min46s-3min 30s	1min11s	27s
Kokonaiskesto todellinen /kpl	5min 32s	2min 22s	54s
Työsaavutus teoreettinen, kpl/h	18-22kpl/h	50kpl/h	133kpl/h
Työsaavutus todellinen, kpl/h	10kpl/h	25kpl/h	67kpl/h

Taulukko 9: Tiilien ehjänä irrottamisen kokonaiskesto

Keskimäärin testissä oli mukana 3-4hlö. Työtunteja 10.-12.7.2023 tehtiin yhteensä 32+32+18=83h, josta työn aloitukseen, lopetukseen ja keskeytyksiin meni arviolta 6h/tp. Tehokasta työaikaa puhdistukseen käytettiin 65h. Lopputuloksena tiiliä puhdistettiin yhteensä 760kpl eli 12kpl/h.

Kustannuksia laskettaessa on käytetty verollista tuntihintaa 50€/h, johon sisältyy pientyökoneet. Kulu ei huomioi liiketoiminnan muita kiinteitä kuluja tai katetta. Potentiaalikohtassa tulee lisäksi huomioitavaksi teollisen toiminnan vaatimat investoinnit, kuten tuotantotilat ja -laitteet.

Työsaavutus todellinen, kpl/h	10kpl/h	25kpl/h	67kpl/h
Kustannus 50€/h	5€/kpl	2,5€/kpl	Henkilötyö 0,75€/kpl + laitosinvestoinnit

Taulukko 10: Ehjänä irrotettavan tiilen yksikkökustannukset

4 UUELLEENKÄYTETTÄVIEN TIILIEN TUTKIMUKSET

Kytösuontien tiilien tutkimukset toteutettiin soveltaen Antti Kopsen Helsingin kiertotalousklusterille laatimaa uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden kelpoisuudenosoittamistaulukkoa, joka löytyy ajantasaisena Helsingin kaupungin Tesbedin verkkosivulta osoitteesta:

<https://testbed.hel.fi/kiertotalous/kirjasto/ehjana-irrotettujen-rakennustuotteiden-uudelleenkaytton-nyt-helpompaa/>

Tiilet testattiin taululukon, poltettu julkisivutiili, ei kantava- rakenne osion mukaan.

Taulukon vähimmäistutkimuksien lisäksi tutkittiin tiilien pakkaskestävyys ja mikrobit. Mekaaninen testaus toteutettiin Swecon tutkimuslaitoksella Vantaalla, loppuraportti liitteenä 2. Mikrobitestaus toteutettiin TAKLAB:in laboratoriossa Tampereella, tutkimusraportti liitteenä 3.

4.1. TIILIEN MEKAANINEN TESTAUS

Kytösuontien poltetut testattiin lokakuun 2023 aikana standardin SFS 7001 (9.12.2013) mukaisesti:

Testitulokset on koottu taulukkoon, tarkempi testikuvaus on esitetty liitteessä. Ainetta rikkomattomien testimenetelmien tuloksia on kuvattu ja analysoitu erillisessä dokumentissa, joka on liitteenä 1. Vertailutiilenä on käytetty erään suomalaisen tiilivalmistajan tuotetta, joka mitoitetaan ja tyyppiltään lähes vastaava nyt testattuun tiileen.

Testi	Vertailu, uusi tiili (RT 285*135*75)	Testattu tiili (poltettu reikätiili 50v julkisivu)
Mitat	EN772-16 Esitettävä	KY1 (258,0 124,0 73,0)

(leveys mm, syvyys mm, korkeus mm)		KY8 (264,0 127,0 73,0) KY16 (261,0 126,0 73,0)
Kappaleen muoto	Esitettävä	Reikätiili
Puristuslujuus	Testaus EN772-1 Uusi poltettu 30MN/m ²	ka.21,8 MN/m ²
Vedenimukyky	Testaus EN 772-21 Uusi tiili max.10%	Ka.2,4%
Veden alkuimukyky	1,8-3,6 kg/(m ² xmin)	ka.0,4% (KY11, KY12, KY13) = 0,76kg(m ² xmin)
Tiheys	1410 kg/m ³	Ka.1590 kg/m ³
Vesihöyrynläpäisevyys	EN1745 taulukkoarvo	5/10
Jäädytys-sulatus	SFS 7001	100 % täyttää testin
Murtovoima		853kN (KY1, KY8, KY16) 1419 kN (KY3, KY14, KY17) 1532 kN (KY2, KY9, KY18) jäädytys-sulatus testin jälkeiset tiilet
Vetolujuus	0,15MN/m ² , todellisuudessa laastinvalmistaja ilmoittaa	KY19 0,5 MN/m ² , KY20 0,1MN/m ² , KY21 0,1MN/m ² Kaikki näytteet irtosivat laastin ja tiilen saumasta
Mikrobit	Ei vaatimusta (ulko)	KY6 ja KY15 sisältävät kasvustoa

Taulukko 11: Uudelleenkäytettävän tiilen tutkimustulokset

4.2. TIILIEN MIKROBITUTKIMUKSET

Tiilistä otettiin lisätutkimuksena mikrobinäytteet. Yleisesti ottaen ulkona olleista rakennustuotteista tiedetään aina löytyvän mikrobeja eikä mikrobitestejä ole tarkoitettu ulkotilassa oleville tuotteille, ellei niitä ole tarkoitus viedä sisätilojen rakenteisiin. Testattavat tiilet valittiin tiilien puhdistamisen yhteydessä 12.7.2023 ja niistä erilliset näytteet irrotettiin 15.9.2023. Tiiliä säilytettiin välivarasto-olosuhteissa Spolian varastolla Kerassa. Näytteet toimitettiin testattavaksi 15.9.2023 Helsinkiin, josta ne siirrettiin Tampereelle laboratorioon 18.9.2023 ja niille tehtiin tarkastelu ja suoraviljely.

Näytteet otettiin kahdesta tiilestä KY6 ja KY15. Näytteet otettiin sekä ulkopinnasta että tiilen sisäpinnasta. KY6 näytettä ei käsitelty ennen näytteen ottoa. KY15 näyte pestiin puhtaalla vedellä ja harjalla ennen näytteenottoa.



Kuvat 7 ja 8: Yleiskuva tiilistä, joista mikrobinäytteet on otettu.

Mikrobinäytteen analysointi varten näytetiilistä otetut näytekappaleet nimettiin ja kirjattiin tussilla näytekussin pintaan. Merkintöinä käytettiin seuraavia tunnuksia:

KY6U = ulkopinta

KY6S = sisäpinta

KY15PU = pesty ulkopinta

KY15PS = pesty sisäpinta





Kuvat 9, 10, 11 ja 12: Näytepusit KY6U, KY6S, KY15PU, KY15PS

Tutkimustulokset:

Tarkemmat tutkimustulokset löytyvät liitteestä 3, mutta testi osoitti, että kaikissa näytteissä havaittiin kasvustoa.

Näytteissä KY6U, KY6S, KY15PU voitiin kokonaisuutenaan katsoa esiintyvän kasvustoa.

Näytteen KY15PS tulokset voivat viitata kasvustoon.

Huomioitavaa on, että tiilen ulko- ja sisäpinnan välillä ei ole merkittäviä eroja kasvusto määrässä. Kasvustopitoisuudet ovat vaihdelleet 0 - ++++ asteikolla välillä + - +++ ja eivät näin ollen ole näyteottoasteikon ylimmässä kategoriassa ++++. Jos otetaan huomioon tiilien sijainti ulkoilmassa ja kasvillisuuden läheisyydessä, tulos ei yllätä tai sitä voidaan pitää jopa hyvänä.

Laboratorion analysiraportin sivulla 6/6 on todettu toimenpiderajoja koskevissa tarkennuksissa seuraavaa:

Toimenpiderajat eivät koske näytettä (esim. lämmöneristeet), mikäli se on ollut suorassa kosketuksessa ulkoilman ja/tai maaperän kanssa eikä materiaalin sijaintirakenteesta ole varmistettua ilmayhteyttä sisätiloihin.

Samaa tarkennusta voidaan käyttää julkisivussa olleen tiilen tapauksessa. Julkisivussa olleet tiilet tulee ensisijaisesti käyttää julkisivuina. Uusissa rakenteissa tulee varmistaa riittävä tuuletusrako tiilimuurauksen ja eristeen välissä. Ilmavuodot tulee sulkea ja uusi rakenne tulee muutenkin tehdä nykyisten määräysten ja vaatimusten mukaisesti. Normaalia rakennustapaa ja rakenneratkaisuja käyttäen purettujen tiilien uudelleenkäytölle ei ole estettä.

5 TUTKIMUSTULOSTEN VERTAILU

Kytösuon Hammaslääketieteenlaitoksen vastaavat mm. tiheyksiltään julkisivumateriaalin vaatimuksiin. Kuitenkin muurattu rakenne on kokonaisuus ja valittu laasti, teräkset ja toteutus vaikuttavat rakenteiden lopulliseen toimintaan ja vaatimuksien vastaavuuteen.

Tiilien puhdistuksessa tiileen jäävät vähäiset laastijäämät tai kolhut pinnassa eivät vaikuta heikentävästi tulevan muurauksen laatuun, jopa päinvastoin. Valitulla laastilla ja sen ominaisuuksilla on vaikutusta muuratun rakenteen lopputulokseen. Tanskassa mm. Gamle Mursten on tehnyt testejä erilaisille uudelleenkäytettäville tiilille. Liitteen 4 taulukoista on saatavilla suuntaa antavia lisätietoja tiilien ominaisuuksiin, esimerkiksi vedenalkuimunopeuteen.

Purkukohteen tiilien tiheydet ovat arvoiltaan sellaisia, että niitä voitaisiin käyttää julkisivuissa ja sateelta suojaamattomissa rakenteissa. Lujuuatta arvioidaan rakenteiden vaatimuksilla eli tässä tapauksessa julkisivurakenteiden vaatimuksilla. Uudelleenkäytettävän tiilen on vastattava rakennuskohteen ja käyttötarkoituksen vaatimuksiin kuten uudenkin rakennusosan.

Tiilien pakkasenkestävyys on hyvä. Suuri vedenimukyky on vanhalle tiilelle tyyppillistä, mutta tässä tapauksessa imukyky oli varsin pieni. Tätä tukee tiilen verrattain suuri tiheys. Vedenimukyky tulee huomioida laastin valinnassa ja valmistuksessa ja määrittää laastin notkeus siten, ettei tiili jää kellumaan laastin päälle. Soveltuvuus on syytä varmistaa koemuurauksilla. Käyttö- ja huolto-ohjeissa voidaan esittää tarkastustoimenpiteitä tiilijulkisivujen kunnon seurantaan. Uudessa käyttökohteessa on myös mahdollista jatkaa uudelleenkäytettävien tiilien tutkimista ja koota havaintoja toiminnasta uusissa rakenteissa.

Tiilien puristuslujuuksissa oli suurta hajontaa. Varsikin pelkästään puristuslujuustestiin valituissa tiilissä hajonta oli suurta. (10,4 – 11,4 – 43,7 MN/m²). Erot tiilien puristuslujuuksien välillä voi johtua tiilen muodosta suora vs. taipunut tiili, sisäisistä vaurioista purun aikana tai tiilen alkuperäisistä ominaisuuksista. Visuaaliset havainnot eivät tukeneet tiilen vaurioitumisen olevan osasyynä alhaiseen tulokseen. Testauslaboratorion päällikön kanssa keskusteluin varmistettiin, että puristuslujuuden arvoksi määrittyy ensimmäinen muodonmuutoksen hetki, joka voi olla esim. katkeaminen. Tiiliä eri puristeta välttämättä rikki saakka. Mikäli tiilissä olisi ollut silmin havaittuja vaurioita tai halkeamia ennen testiä, ne olisi kirjattu raporttiin. Suuri hajonta voi edellyttää lisätestien tekemistä, varsinkin mikäli ominaisuus vaikuttaa tuotteen toimintaa uudessa käyttötarkoituksessa.

Kaikissa tiilinäytteissä on sisäilmassa olevien mikrobipitoisuuksien raja-arvot ylittäviä arvoja. Tiilet soveltuvat ulkokäyttöön.

Vastaava rakennesuunnittelija tai rakennusvalvonnan hyväksymä taho tekee lopullisen tarkastelun tiilien soveltuvuudesta uudiskohteen käyttötarkoituksiin.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kytösuon tiilet ovat teknisesti hyvässä kunnossa.

Kytösuontie tiilet soveltuvat uudisrakennuksien julkisivuihin ja säälle alttiisiin ei kantaviin rakenteisiin. Uudisrakennuksien ulkoseinä- ja julkisivurakenteet suunnitellaan tiiviiksi ja tuulettuviksi, jotta vesi ja kosteus eivät pääse rakenteisiin ja tarpeettomasti kastele julkisivun pintaa.

Ulkokäytöstä ulkokäyttöön tulevien tiilien mikrobitestauksella ei saavuteta erityistä hyötyä tiilen laadun varmistamisessa eikä sen suorittaminen ole tarpeen, ellei sitä erikseen haluta. Eriksen tulee arvioida tiilet, jotka menevät sisäkäyttöön ja ovat peräisin muualta kuin sisätiloista tai ovat peräisin sisätiloista, joissa on todennettua kosteusvauriota tai sisäilmaongelmia.

Tiilien uudelleenkäyttö sisältää useita vaiheita, joista jokainen vie aikaa. Tehokas irrottaminen ja tiilien puhdistaminen edellyttää linjastomaista rakennetta ja vakiinnutettuja työpisteitä. Joka projektiin vaihtuva työryhmä ei mahdollista tehokkaan puhdistusmenetelmän kehittymistä.

Kustannustehokkuuden ja laadunvarmistamisen kannalta käsityö tiilien puhdistamisessa on saatava minimiin ja tuotannosta tehtävä teollisen mittakaavan toimintaa, jolloin siitä olisi alustavan arvion mukaan saatavissa kannattavaa liiketoimintaa.

Tiilien uudelleenkäytön kehittyminen edellyttää kiinteistön omistajien ja kiinteistöjä rakentavien tilaajien vahvaa tahtotilaa kysynnän edistämiseen. Uudelleenkäytettyjen tiilien hyödyntämiselle ei nähdä esteitä uudiskohteiden toteutuksessa.

Pilotteihin ja kokeiluihin pitää valjastaa alansa parhaat tekijät ja ammattilaiset mukaan ja pilottien määrän sijaista tulee keskittyä laatuun ja kasvattaa niiden laajuutta ja vaikuttavuutta.

Uudelleenkäytön pilotointi tulee liittää osaksi todellisia hankkeita, jotta uudelleenkäytön koko ketju päästään testaamaan alusta loppuun. Esimerkiksi tämän kokeilun tiilet olisi pitänyt pystyä hyödyntämään uudessa kohteessa.

Ainetta rikkomattomat menetelmät tiilien ominaisuuksien testaamiseen vaatii runsaasti lisää tutkimusta ja testiaineistoa, jotta korrelaatio äänenkorkeuden ja ultraäänitutkimusten ja mekaanisten testitulosten välille voidaan varmentaa, vaikka joitain suuntaa antavia yhteyksiä oli havaittavissa. Ainetta rikkomattomien menetelmien johtopäätelmät on esitetty tarkemmin Tiilen ainetta rikkomattomat testit raportissa. Sinällään tutkimusasetelmasta voi syntyä hyvinkin mielenkiintoinen ja laajojen testiotantojen tekeminen aineita rikkomattomilla menetelmillä tuo varmuutta tuotteiden ominaisuuksista tuottamatta mekaanisesta testauksesta syntyvää hävikkiä.

Liitteet:

Liite 1 Tiilen ominaisuuksien todentamisen ainetta rikkomattomat testimenetelmät_231114

Liite 2 Raportti_25010882_Tiilien suorituskyvyn arviointi

Liite 3 Mikrobitestit MB 230915-527 Kytösuontie 9-11, Helsinki

Liite 4 Uudelleenkäytettyjen tiilien ominaisuuksia

Liite 5 Tiilien resonanssitaajuuden mittaaminen