

Aki Forsell

# VANHOJEN TIILIJULKISIVUJEN UUSIOKÄYTTÖMAHDOLLISUUDET MODUULEINA RAKENNUKSISSA SUOMESSA

Opinnäytetyö  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

2020



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Aki Forsell	Insinööri (AMK)	Kesäkuu 2020
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		
Vanhojen tiilijulkisivujen uusiokäyttömahdollisuudet moduuleina rakennuksissa Suomessa		69 sivua 8 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Oy		
<b>Ohjaajat</b>		
Katja Ahola, Valtteri Perälähti		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Kierrättämisen yleistyessä rakennusalalla, Tanskassa kehitettiin uudenlainen menetelmä hyödyntää vanhoja tiilijulkisivuja. Siinä tiiliseinät irrotetaan paloina ja niistä valmistetaan kierrätettäviä tiilibetonielementtejä uudelleen käytettäviksi rakennuksissa. Suomessa tällaista Tanskan mallia ei ole vielä tiedettävästi kokeiltu.</p> <p>Tässä työssä arvioitiin tiiliverhoiltujen julkisivujen uudelleen käyttömahdollisuuksia Suomessa. Lisäksi tutkittiin, mitkä syyt voivat vaikuttaa niiden käyttöön. Syitä voivat olla muun muassa ekologisuus, kysyntä, kustannukset, kierrätettävien tiiliseinäelementtien saatavuus, sekä logistiset asiat. Selvitys tehtiin kyselylomakkeen avulla. Kyselylomake kohdistettiin kaikille Suomessa toimiville ja päätoimipaikkaansa pitävillä hybridiyrityksille eli betonielementtitehtaille, jotka sekä valmistavat, että asentavat julkisivuelementtejä asuntotuotantoon.</p> <p>Suurin osa yrityksistä ei osannut sanoa, olisiko Suomessa kysyntää tai käyttömahdollisuuksia kierrätetyille tiilibetonielementeille. Osa näki käyttömahdollisuuksia jonkin verran ja osa melko vähän tai ei lainkaan. Asia on toisaalta niin uusi, että siihen ei ole helppo ottaa kantaa. Vastaajien mielestä tiiliseinäelementit voisivat toimia esimerkiksi meluvalliseinäinä. Tärkeimpänä kriteerinä tiiliseinäelementtien uudelleen käytölle pidettiin ekologisuutta ja toiseksi tärkeimpänä kustannuksia. Lähes puolet vastaajista eivät nähneet kierrätettyjen tiiliseinäelementtien valmistamista tiilibetonielementeiksi kannattavana purkamiset ja siirrot huomioiden. Yritysten arviot kierrätettyjen tiiliseinäelementtien saatavuuden osalta vaihtelivat jonkin verran. Alle puolet vastaajista oli innostuneita kokeilemaan kierrätetyn tiilibetonielementin valmistamista. Tilaaja onkin avainasemassa purkukohteiden löydyttyä. Kuntien ja kaupunkien olisi hyvä myös hyväksyä erilaisia rakennustapavaihtoehtoja. Elementtitehtaille tämä on ensisijaisesti rinnakkainen tuotantotapa, koska materiaalia ei ole välttämättä koko ajan saatavilla. Jatkossa voisi myös varmistaa, onnistuisiko kierrättävien tiiliseinäarakenteiden liittäminen osaksi BES-järjestelmää. Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi tiiliseinäarakenteiden kierrättämisen kehittämistyössä. Työn avulla onnistuttiin siis kartoittamaan yritysten tämän hetkisiä mielipiteitä kierrätettävistä tiilibetonielementeistä ja lisäksi työ tekee aiheesta tutummaksi yrityksille. Tunnettavuutta lisäisivät myös esimerkiksi ekskursionmatkat Tanskaan ja vastaavan rakennuskohteen esittely asuntomessujen yhteydessä.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
betonielementti, tiilijulkisivu, kierrätetty tiilibetonielementti, kyselylomake, Suomi		

Author	Degree	Time
Aki Forsell	Bachelor of Engineering	June 2020
<b>Thesis title</b>		69 pages
Possibilities for reusing old brick facades as modules in buildings in Finland		8 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
South-Eastern Finland University of Applied Sciences Ltd.		
<b>Supervisors</b>		
Katja Ahola, Valtteri Perälähti		
<b>Abstract</b>		
<p>Recycling has become more common in construction business and a new method to utilize old brick facades was developed in Denmark. In that model, the brick facades are cut to large pieces and are manufactured to re-usable brick façade concrete elements in buildings. There is not any information about using this kind of method in Finland so far.</p>		
<p>The objective of the thesis was to estimate if there would be demand or possibilities for reusing old brick facades as concrete elements in buildings in Finland. Potential reasons were also enquired. These reasons can be for example ecology, demand, costs, availability of brick facades and logistic things. The research was done by a questionnaire. It was headed for companies with headquarters in Finland which both manufacture and mount façade elements for house production.</p>		
<p>Most of the companies could not say if there are demand or possibilities for reusing old brick facades as concrete elements. A part of companies saw some possibilities and the rest quite little or not at all. The subject is so new that it is not easy to take a stand on it. According to the answerers reused brick concrete elements might work as sound barriers. The most important criterion for reusing brick facades as concrete elements was ecology and the second one was costs. Almost half of the companies said it is not lucrative to manufacture reused brick facades as concrete elements including demolition and transport costs. Estimates for the availability of reused brick facades changed repeatedly to some extent. Fewer than half of the companies were interested in trying to manufacture reused brick concrete elements. However, a constructor has an important role. It would be recommendable if policymakers accepted construction methods of a different kind. For element factories, this is firstly an adjacent method of production due to the accessibility of re-usable brick facades. In the future it can be verified, if it is possible to connect re-usable brick concrete elements as a part of the BES-system. The results of examination can be utilized for example when developing re-usable brick facade structures. The research helped to examine thoughts of the companies about reused brick facades as concrete elements. The topic is also better known now. Awareness can also be increased for example by excursion visits to Denmark and the introduction of a residential building made from reused brick concrete elements in a housing exhibition.</p>		
<b>Keywords</b>		
concrete element, brick facade, reused brick concrete element, questionnaire, Finland		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	KIERTOTALOUS.....	8
2.1	Rakennusmateriaalien uudelleen käyttäminen.....	8
2.2	Vanhojen tiilijulkisivujen uusiokäyttö moduuleina Tanskassa.....	9
3	YLEISTÄ BETONISTA .....	11
3.1	Betonin käyttö julkisivumateriaalina Suomessa .....	11
3.2	Betonin käyttö julkisivumateriaalina muualla Euroopassa .....	12
3.3	Betonituotteet .....	13
3.4	Erilaisia betonijulkisivuelementtejä .....	13
3.5	Betonin ja betonijulkisivuelementtien valmistaminen.....	15
3.6	Betonijulkisivuelementtien laaduntarkkailu.....	18
3.7	Betonijulkisivuelementtien säilyttäminen ja kuljettaminen .....	19
3.8	Betonijulkisivuelementtien asentaminen .....	19
3.9	Betonielementtitekniikan kehittyminen Suomessa .....	21
4	TIILISEINÄT .....	25
4.1	Tiilen alkuperä .....	25
4.2	Tiilen käyttö julkisivumateriaalina Suomessa .....	26
4.3	Tiilen käyttö julkisivumateriaalina muualla Euroopassa .....	26
4.4	Tiilityyppejä.....	27
4.5	Erilaisia poltettuja tiiliä .....	28
4.6	Erilaisia kalkkihiekkatiiliä .....	30
4.7	Muurauskivien laadun tarkkailu .....	32
4.8	Tiilten nykyiset asennustekniikat julkisivuverhouksessa .....	33
5	KIERRÄTETTY TIILIBETONIELEMENTTI.....	34
5.1	Vanhan tiilijulkisivun uusiokäyttöön liittyvät haasteet .....	34
5.2	Kierrätettyjen tiiliseinäpalojen hankinta .....	36
5.3	Tiilijulkisivun uusiokäytöstä aiheutuvat kustannukset.....	37

5.4	Uuden tiilijulkisivuverhoilun kustannukset .....	39
5.5	Kierrätetyn tiilibetonielementin valmistaminen ja kustannukset.....	39
6	TUTKIMUS.....	42
6.1	Tietojen kerääminen .....	42
6.2	Tutkimuksen suorittaminen.....	43
7	TUTKIMUSTULOKSET .....	43
7.1	Yrityksen koko .....	43
7.2	Kiinnostus rakennusmateriaalien kierrättämiseen .....	44
7.3	Kierrätettävien rakennusmateriaalien käyttäminen .....	44
7.4	Kiinnostus tiiltä kohtaan rakennusmateriaalina .....	45
7.5	Tiiliverhoiltujen julkisivujen uudelleen käyttö tiilibetonielementtinä .....	46
7.6	Halukkuus kokeilla edellä mainittua menetelmää.....	46
7.7	Tiilibetonielementin valmistamiseen arviolta kuluva aika .....	47
7.8	Arvio kierrätetyn tiilibetonielementin kustannuksista .....	47
7.9	Tiiliseinäelementtien uudelleen käyttämisen kannattavuus .....	48
7.10	Kierrätettävien tiielelementtien siirtomatka.....	49
7.11	Kierrätettyjen tiilibetonielementtien käytön kannattavuus .....	50
7.12	Kierrätettävien tiielelementtien varastointimahdollisuudet .....	50
7.13	Halukkuus varastoida kierrätettäviä tiielelementtejä.....	51
7.14	Tiiliverhoiltujen julkisivurakenteiden riittävyys .....	51
7.15	Halukkuus asentaa kierrätettyjä tiilibetonielementtejä.....	52
7.16	Tiilibetonielementtien uudelleen käytön kysyntä tai käyttömahdollisuudet Suomessa.....	53
7.17	Tärkein kriteeri kierrätettyjen tiiliseinäelementtien käytölle.....	54
7.18	Muut kommentit tiielelementtien uudelleen käytöstä .....	55
8	YHTEENVETO .....	56
	LÄHTEET .....	61
	KUVALUETTELO .....	66
	TAULUKKOLUETTELO .....	68

## LIITTEET

Liite 1. Kyselylomake

Liite 2. Taulukko tiiliverhoilun purkamisesta ja tiiliseinäpalojen talteen ottamisesta syntyvistä kustannuksista timanttisahaamalla

Liite 3. Taulukko tiiliverhoilun muuraamisen kustannuksista

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on arvioida tiiliverhoiltujen julkisivujen uudelleen käyttöä ja vastata tutkimuskysymykseen, olisiko vanhoille tiilijulkisivuille uusiokäyttömahdollisuuksia moduuleina rakennuksissa Suomessa? Lisäksi tarkastellaan, mitkä syyt voivat vaikuttaa sen käyttöön. Syytä voivat olla muun muassa kiinnostus rakennusmateriaalien kierrättämiseen ja kierrättämisen määrä tähän mennessä. Lisäksi syytä saattavat olla kiinnostus tiiltä kohtaan rakennusmateriaalina ja kierrätettyjen tiiliseinäelementtien käyttö Tanskan mallin mukaisesti. Tämä tarkoittaa kierrätettyjen tiilijulkisivujen valmistamista tiilibetonelementeiksi ja käyttämistä uusien rakennusten materiaalivaihtoehtona. Selvitys tehdään kyselylomakkeen (liite 1) avulla. Kyselyllä kartoitetaan lisäksi, olisiko kierrätettyjen tiilijulkisivuelementtien valmistaminen taloudellisesti kannattavaa ja olisiko yrityksellä mahdollisuus varastoida tiilielementtejä. Lisäksi tutkitaan tiilielementtien saatavuutta yrityksen toimialueilla ja mahdollista kysyntää kierrätetyille tiilibetonelementeille. Kyselylomake kohdistetaan kaikille Suomessa toimiville ja päätoimipaikkaansa pitävälle hybridiyrityksille eli betonelementtitehtaille, jotka sekä valmistavat, että asentavat julkisivuelementtejä asuntotuotantoon.

Työn alussa käydään läpi kierrättämistä rakennusalalla. Lisäksi työ sisältää myös tietoa betonin ja betonelementtien valmistamisesta ja asentamisesta, koska kierrätetyt tiiliseinäpalat kootaan elementeiksi betonelementtitehtailta. Opinnäytteessä arvioidaan myös elementtitekniikkaa ja mahdollisesti siihen liittyviä kehitystarpeita tiilibetonelementtejä ajatellen. Lisäksi tuodaan tiiltä esille kierrätettävänä rakennusmateriaalina ja sitä minkälaisia tiilityyppejä tiilijulkisivuissa Suomessa on eniten käytetty. Tiilten yleisimpiin asennustekniikoihin perehdytään lyhyesti, sillä niiden kautta voidaan tutustua mahdollisten kierrätettävien tiilibetonelementtien ulkonäköön.

Työssä tullaan lisäksi käymään lävitse sitä, mitä haasteita vanhojen tiilijulkisivujen uudelleen käyttöön liittyy. Lisäksi käydään läpi kustannusten koostumista kuvitteellisen tiiliverhoillon rakennuksen purkamisesta tiilipaloina, jotta lukijalle selviäisi arvioidut purkukustannukset. Kustannuksia arvioidaan myös uuden tiilijulkisivuverhoillon muuraamisesta, jotta on mahdollista tarkastella

näiden hintaeroja lähtökohtaisesti. Lisäksi pohditaan kustannusten koostumista, mikäli tiilipalapurun tilalle asennettaisiin kierrätetyt tiilibetonielementit. Niiden valmistamista, rakennetta ja kustannuksia käydään myös läpi.

## **2 KIERTOTALOUS**

Alla olevassa luvussa kerrotaan kiertotaloudesta yleisesti suomalaisessa rakentamisessa. Lisäksi otetaan esille aiemmin mainittu Tanskan malli. Siinä käydään läpi pääpiirteittäin, mitä Tanskassa tehtiin kiertotalouden edistämiseksi tiilijulkisivujen osalta.

### **2.1 Rakennusmateriaalien uudelleen käyttäminen**

Rakennusmateriaalien uudelleen käyttöä voidaan lähestyä kolmen vaihtoehdon, uudelleen käytön, hyödyntämisen ja jätehuollon kautta. Uudelleen käytössä yksittäinen rakennustuote tai jokin osa otetaan toisessa kohteessa suoraan käyttöön purkua vastaavassa tilassa. Hyödyntäminen tarkoittaa rakennusmateriaalien uusiokäyttöä erilaisina tuotteina. Esimerkiksi betoni- ja muut kivituoitteet ovat suosittuja kierrätysmateriaaleja teitä rakennettaessa. (Rakennusmateriaalien uudelleen käyttö, kierrätys ja jätehuolto 2013.) Rakennusjätteisiin laitetaan yleensä puu- ja metallitavaroita. Rakennustyömaalla tulisi olla jonkinlainen suunnitelma jätteiden viemisestä jättepisteisiin ja oikeanlaisesta lajittelemisesta. (Rakennusmateriaalien kierrätys, lajittelu ja uusiokäyttö tukee kestäväää kehitystä 2019.) Kaikille rakennusmateriaaleille täytyy kuitenkin järjestää jätehuolto, joko edellä mainituilla tavoilla tai esimerkiksi toimittamalla jäte energiakäyttöön (Rakennusmateriaalien uudelleen käyttö, kierrätys ja jätehuolto 2013).

Rakennusalalla kiertotalous on vielä alkutekijöissään, mutta sen merkitys myös rakentamisen yhteydessä on nousemassa hiljalleen yhä merkittävämmäksi. Rakentaminen on elänyt hyvässä noususuhdanteessa etenkin 2010-luvun jälkimmäisellä puolikkaalla, ja kaiken kaikkiaan sekä uudis- että korjausrakentaminen ovat olleet hyvässä vauhdissa. Ennen vuotta 2020 uudisrakentamisesta jääneistä raaka-aineista hyödynnettiin 50-60 %, mutta vuoden 2020 alusta voimaan tulleen lain mukaan jätteestä täytyy hyödyntää vähintään 70 %. (Häkkinen 2018, 18.)



Suomen Itsenäisyyden juhlarahasto Sitra laati Suomeen ensimmäisenä toimijana maailmassa vuonna 2017 ns. ”tiekartan”, jonka pohjalta kiertotaloutta lähdetään edistämään Suomessa. Lista on koostettu silloin toimineen hallituksen kanssa. Se sisältää 97 kiinnostavinta Suomessa toimivaa kiertotalousyritystä, joiden se halusi toimivan esimerkkinä muille. Tavoitteena oli tuoda erilaisia kiertotalouden ympärillä toimivia liiketoimintamalleja esille yleiseen tietoisuuteen. Sitran tavoitteena oli myös herättää ajatuksia materiaalien elinkaariajattelusta muun muassa minimoimalla ylimääräisten rakennustarvikkeiden suoraa käytöstä poistamista ja pohtia niiden uusia käyttötapoja niiden saavuttaessa alkuperäisen maksimi-ikänsä. (Häkkinen 2018, 19.)

## 2.2 Vanhojen tiilijulkisivujen uusiokäyttö moduuleina Tanskassa

Tiiliverhoiltuja julkisivuja on alun perin päätetty kierrättää eli käyttää uudestaan ensimmäisenä maailmassa ns. ”Resurssi-rivitalot”- nimikkeellä Orestad Sydin kaupunginosassa, Kööpenhaminassa, Tanskassa. Kyseinen asuinalue (kuva 1) on yksi Kööpenhaminan uusista asuinalueista ja Kööpenhaminaan on rakennettu vuosien 2015 ja 2019 välillä uusi asuinalue kierrätysmateriaaleista, muun muassa vanhoista tiiliverhoilluista julkisivuista kootuista elementeistä. (Vanhat tiilijulkisivut moduuleina uuteen taloon 2018, 28-29.)



Kuva 1. Tiiliverhoilun uudelleenkäyttö moduuleina Tanskassa. (Forsell 2020)

Tanskassa julkisivuista irrotetut tiielelementit on koottu rakennustyömaalla kuormalavojen päälle (kuva 2) ennen elementtitehtaalle kuljetusta. Rakennusten yhteenlaskettu pinta-ala on 9148 m<sup>2</sup>. Hanke saatiin päätökseen vuonna 2019. Kaikki rakennukset ovat asuinkäytössä. (Vanhat tiilijulkisivut moduuleina uuteen taloon 2018, 28-29.)



Kuva 2. Tiilipaloja irrotettuna ja odottamassa pois kuljetusta Tanskassa. (Lendager 2018)

Tanskassa hanketta on ideoinut arkkitehtitoimisto Lendager Groupiin kuuluva Lendager ARC ja rakentamiseen tarvittavat materiaalit on hankkinut samassa yrityskokonaisuudessa oleva Lendager UP. Mukana hankkeessa ovat olleet myös tiilimoduulielementtien rakennesuunnittelun tehnyt suunnittelutoimisto Moe A/S ja rakennusurakointialalla toimiva Arkitektgruppen A/S, joka tunnetaan nykyään nimellä AG Gruppen A/S. Tiilet Orestadin ”Resurssi-talo” -hankkeeseen on kerätty monista erilaisista paikoista Tanskassa, muun muassa tuotantolaitoksista kuten Carlsbergin vanhalla olutpanimolta ja kouluista. (Vanhat tiilijulkisivut moduuleina uuteen taloon 2018, 28-29.)

Tanska ja tanskalaiset ovat tällä tavoin lähteneet mukaan vastaamaan muuan muassa kaupungistumiseen ja sitä myöten maaseudun tyhjenemisen osaltaan antamiin uusiin mahdollisuuksiin. Kun maaseutualueet tyhjenevät ja yhä suurempi osa ihmisistä muuttaa kaupunkialueille tai niiden läheisyyteen, niin maaseuduille rakennetuista asuin- ja muista rakennuksista kertyy suuri määrä jätettä, joten he ovat päätyneet vanhojen rakennusten osalta ajatukseen siirtää

mahdollisimman suuri osa purettavista rakennusmateriaaleista mukanaan uusille rakennettaville sijainneille. (Mts. 28-29.)

Rakennusmateriaalien uusiokäytöllä tanskalaiset uskovat voivansa säästää noin 70 % hiilidioksidipäästöistä, koska käytetyiltä materiaaleilta löytyy pitkä elinkaari vanhoilta sijoituspaikoiltaan. Tanskassa asia tiilien irrottamisesta moduuleina on lähtenyt liikkeelle siitä, että muurauslaastin laatu on muuttunut kestävämmäksi 1960-luvun jälkeen ja näin ollen tiilien irrottaminen yksittäisinä tiilinä on tullut haastavammaksi. (Vanhat tiilijulkisivut moduuleina uuteen taloon 2018, 28-29.)

Lendager Group pyrkii kääntämään haasteet mahdollisuuksiksi ja se yrittää keksiä ratkaisuja kierrätettyjen rakennusmateriaalien kannattavuuden edistämiseksi. Arkkitehti Ditte Lysgaard Vindin mukaan Resurssitalohankkeeseen on kohdistunut paljon mielenkiintoa ja kysyntää, mikä on saanut yhtiön suunnittelemaan uusia vastaavanlaisia kohteita kuin mitä Orestad Sydin kaupunginosaan rakennettiin. Yhtiön mukaan erilaisia ideoita kannattaa rohkeasti kokeilla. Viranomaistahot eivät olleet asettaneet hankkeelle ennakoon esimerkiksi liian tarkkoja ulkonäkövaatimuksia rakennusten julkisivujen osalta. Niitä oli mahdollisuus toteuttaa vapaasti eli ne saivat olla esimerkiksi 70 %: sesti punaisia tai 30 %: sesti keltaisia. (Simola 2020, 5-6.)

### **3 YLEISTÄ BETONISTA**

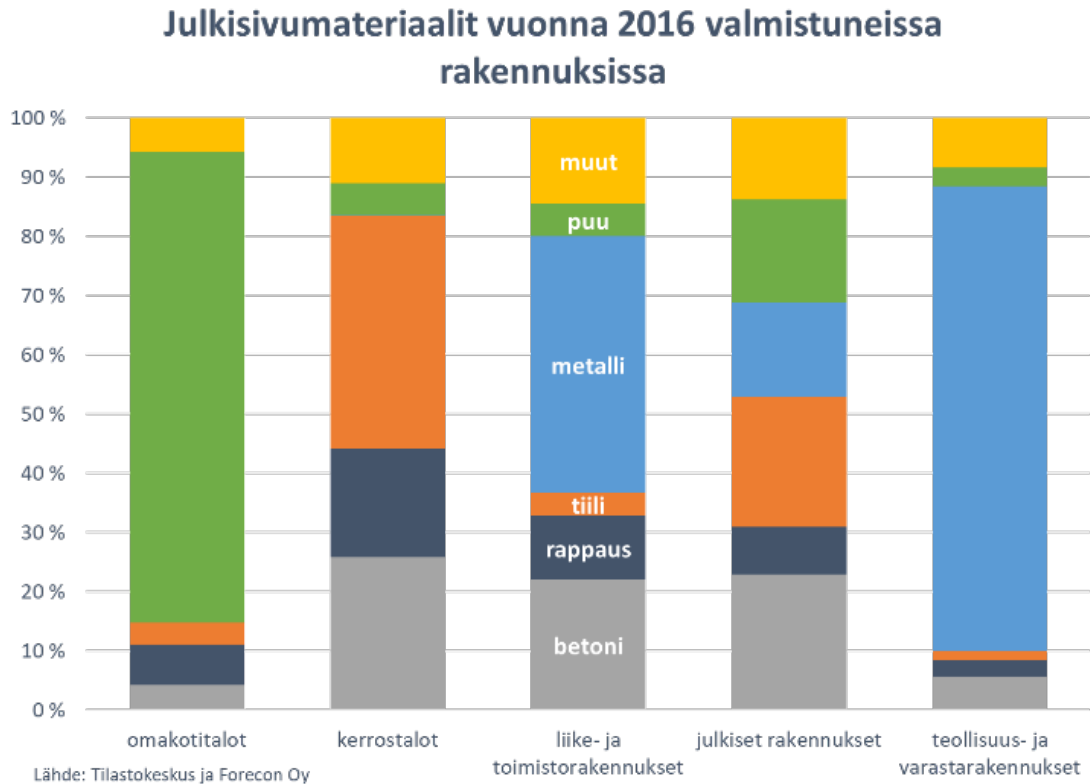
Kierrätettävät tiilibetonielementit valmistetaan betonielementtitehtaalla. Elementtitehdas on olennaisessa osassa kierrätettävien tiilibetonielementtien valmistamisessa, joten tässä työssä tarkastellaan myös laajemmin betonia ja elementtien valmistamiseen liittyviä seikkoja. Lisäksi pohditaan betonielementtien asentamista ja elementtitekniikkaa.

#### **3.1 Betonin käyttö julkisivumateriaalina Suomessa**

Vuoden 2016 tilastojen mukaan betoni on toiseksi yleisin julkisivumateriaali tiilen jälkeen kerrostaloissa noin 25 %:n osuudella (taulukko 1). Myös liike- ja toimistorakennuksissa sekä julkisissa rakennuksissa sitä on käytetty julkisissa lähes yhtä paljon, hieman yli 20 %. Sen sijaan teollisuus- ja varastora-

kennuksissa sekä omakotitaloissa Suomessa se on ollut harvinaisempi julkisivumateriaali. Sillä on vain noin viiden prosentin osuus niissä. Rakennusmateriaalien käytön määrä julkisivumateriaalina erilaisissa rakennuksissa, kuten toimistorakennuksissa vaihtuu melko harvoin ja hitaasti. (Laitinen 2017.)

Taulukko 1. Rakennusmateriaalien käyttö rakennusten julkisivuissa Suomessa vuonna 2016. (Laitinen 2017)



### 3.2 Betonin käyttö julkisivumateriaalina muualla Euroopassa

Benelux-maihin kuuluvissa Hollannissa ja Belgiassa on paljon ison mittaluokan elementtirakentamista. Betonielementtien ja muiden betonituotteiden toimialoihin kuuluvien yritysten määrä on Hollannissa noin 200 ja Belgiassa noin 250 kappaletta. Hollanti on panostanut erityisesti infrapuolen elementtien tekkoon. Kumpikin maa valmistaa kuitenkin julkisivuelementtejä monipuolisesti. Belgialaiset suosivat kuorielementtien ja tiililaattapintaisten elementtien (kuva 3) valmistamista. Sekä Hollannissa, että Belgiassa on ominaista julkisivuelementteihin liittyvät oikeat mittatarkkuudet. Elementtitehtailta löytyy omat elementtien suunnittelijat ja tuotteiden osakohtaisten kauppojen yhteydessä ne sopivat myös täysimääräisesti rakennesuunnittelusta. Myös kierrätysasiat ovat hoidossa ja CE-merkinnät käytössä. Belgiassa Dekomonin tehdas tekee osan

tiililaatta- tai tiilipintaisten elementtien saumoista tai kaikki muuraukset jälkivaiheessa tuotantopaikassaan. (Suikka 2011, 1-2.)



Kuva 3. Tiililaattapinnan ja luonnonkiven yhdistelmä julkisivuelementissä. (Suikka 2011)

### 3.3 Betonituotteet

Betonia toimitetaan sekä valmisbetonina, että valmisbetonituotteina. Valmisbetoni tehdään useimmiten kauempana rakennustyömaasta erillisellä betonityöasemalla. Sieltä se siirretään säiliöauton avulla työmaalle ja pumpataan työmaalla tarvittavaan kohteeseen, esimerkiksi runkorakenteiden sekaan. (Betonin valmistus 2020.)

Valmisosiksi kutsutaan betonielementtejä, jotka valmistetaan tehtaalla ennakoon, kunnes ne viedään rakennustyömaalle asennettaviksi. Valmisosia on monenlaisia, mutta yleisesti tiedetyimpiä tuotteita ovat muun muassa julkisivuelementit, ontelolaatat ja paalut. Lisäksi oma lukunsa ovat betonituotteet, joita ei yleensä valmisteta samalla tehtaalla kuin elementtejä. Niitä ovat esimerkiksi kaivot, pihalaatat ja betonikattotiilet. (Betonin valmistus 2020.)

### 3.4 Erilaisia betonijulkisivuelementtejä

Betonijulkisivuelementtejä valmistetaan muun muassa sandwich- ja kuorielementteinä, yhdistelmäjulkisivuina, tehdasrapattuina julkisivuelementteinä ja laattapintaisina betonijulkisivuina (Betonielementtijulkisivut 2020).

Sandwich-elementti tehdään kokoamalla ulko- ja sisäpuolen elementit sekä lämmöneriste yhtenäiseksi elementiksi. Kuorten paksuudet ovat yleensä seuraavanlaisia: sisäkuori on pääosin 0,08 m silloin, kun kyseessä on ns. ei-kantava kuori. Ulkokuoren paksuus on tyypillisesti 0,15 m elementin ollessa kantava. (Betonielementtijulkisivut 2020.) Sandwich-elementit ovat sallittujen kuljetuskorkeuksien takia maksimissaan 3,6–4,2 m korkeita. Muun muassa mahdolliset lämpötilavaihtelut asettavat pituuden yleensä korkeintaan 6 m:iin. Asennuskaluston takia massa on yleensä enintään 10 tonnia. (Sandwich-julkisivut 2010.)

Kuorielementtien koko on yleensä vastaavan kaltainen kuin sandwich-elementtien. Niille voidaan tehdä myös halutunlainen pintakäsittely. (Kangas ym. 1998, 22.) Ne kiinnitetään työmaalla sisäkuorena olevaan elementtiin ja niitä on mahdollista asentaa toistensa päälle. Tällöin ne ottavat tukea perustuksista, sisemmästä kuoresta ja toisista elementeistä. Niitä ei tarvitse asentaa samanaikaisesti, kuin muita runkorakenteita. (Betonielementtijulkisivut 2020.)

Yhdistelmäjulkisivu tarkoittaa erilaisten pintamateriaalien yhteiskäyttöä. Tällöin sisäkuori on betonia ja ulkokuorena voi olla esimerkiksi tiiliverhous, metallikasetit tai lasielementit. (Betonielementtijulkisivut 2020.) Yhdistelmä koostuu seuraavasti: betonia olevasta sisäkuoresta, jonka paksuus on 0,12–0,15 m, lämmöneristeestä paksuuden ollessa 0,17–0,19 m, tuulensuojalevystä (0,03–0,05 m), tuuletusraosta (0,03–0,05 m), sekä julkisivun kiinnitysrakenteista ja julkisivumateriaalista (Yhdistelmä rakenteet 2010).

Tehdasrapattu elementti valmistetaan siten, että mineraalivillaan tehdään jo yksi rappaus elementtien tuotantopaikassa. Täten se edesauttaa lämmöneristeen suojauksessa rakentamisen aikana mahdollisesti tulevilta säärasituksilta. Työmaaolosuhteissa elementtiin laitetaan vielä sauma- ja pintarappaus. (Betonielementtijulkisivut 2020.)

Laattapintainen julkisivu päällystetään useimmiten 10–15 mm paksuilla laatoilla, jotka liimataan tai kiinnitetään elementtiin mekaanisesti. Mekaanista kiinnitystä käytettäessä paksuus on enimmäkseen 30 mm. (Betonielementtijulkisivut 2020.) Elementin maksimipituus on 4,5 m ja korkeus 3,6–4,2 m (Betonijulkisivut 2007, 26).

### 3.5 Betonin ja betonijulkisivuelementtien valmistaminen

Tänä päivänä betonia tehdään sementistä, vedestä ja kiviaineksesta, joista sementti on oleellisin. Valmistamisessa voidaan käyttää normaalia vesijohtovettä. Betoni kovettuu, kun sementtirakeet ja vesi reagoivat. Sementti koostuu luonnonmineraaleista, erityisesti kalkkikivestä. Sitä tehdään jauhamalla raaka-aineet ja laittamalla ne uuniin 1 450 asteen Celsius-lämpötilassa. Kuumentumisen seurauksena raaka-aineet sulavat reagoiden toistensa kanssa. Tällöin hiilidioksidi poistuu kalkkikivestä. Sementti on vaaleanharmaata ja se saa värinsä rautayhdisteistä. Sitä tarvitaan myös valmistettaessa laasteja ja tasoitteita. (Betonin valmistus 2020.)

Julkisivubetonielementit valmistetaan käyttämällä muotteja. Niiden pintojen on suositeltavaa olla mittatarkkoja ja sietää kosteutta, sillä niiden on hyvä pysyä kunnossa useiden valujen jäljiltä. Hyviä muottivaihtoja ovat esimerkiksi kertopuu, filmipintainen vaneri, ja teräsohutlevyt. Muottien tiiveys ja laatu ovat keskeisiä tekijöitä elementin pinnan ulkonäköä koskien. Muottien laatu täytyy tarkastaa heti sen jälkeen, kun sen kasaamiseen ja elementin tekoon tarvittavien osien asennukset on tehty niihin. Sitä arvioidaan esimerkiksi tarkastelemalla päämittoja, aukkoja ja läpivientejä sekä niissä olevia kiinnityksiä. Lisäksi katsotaan, että esimerkiksi aukkokohtat ovat suoria. Muotit voidaan pitää hyvässä kunnossa, kun niiden pintoja ei rikota kiinnitettäessä niihin osia. Esimerkiksi liimaus pitää niitä paremmin ehjinä ja vastaavasti hitsaustoimenpiteet voivat rikkoa niitä. Niiden pinnat kannattaa puhdistaa jokaisen käyttökerran jälkeen sekä huoltaa tietyin välein. Mikäli muottia ei tarvita hetkeen, niin sen pinta on hyvä käsitellä esimerkiksi ruosteenestoaineella. Niiden tiivistys tehdään elastisilla tiivistysaineilla muovilistoilla, joissa on reunapehmennykset. Öljyn osalta muotteihin vaikuttavat myös seuraavat asiat: muottiöljyä ei tule laittaa ruiskulla raudoitettuun muottiin, vaan tarvittaessa on oltava kangasliina. Laattapintoja sisältäviin muotteihin ei tule laittaa öljyä sen jälkeen, kun laatat on asetettu niihin. Liian suuren öljymäärän laittaminen muottipintaisiin elementteihin on melko yleistä. Se täytyy poistaa hyvin kangasliinalla. Laatta- ja pesubetonipintaisissa betonielementeissä öljytään ne osat, jotka voidaan käyttää edelleen ja öljyminen tulee tehdä vain muottiosien ulkopuolisessa tilassa. (Kronlöf ym. 1998, 49.)

Ulkokuorten raudoitteina käytetään enimmäkseen vakioverkkoja ja pieliteräksiiä. Raudoituksina kannattaa käyttää teräksiä, jotka eivät ruostu. Vakioverkkojen koot vaihtelevat neljän millimetrin ja 150 millimetrin väliltä. Pieliteräkset ovat pääosin kooltaan seitsemän millimetriä ja niiden etäisyyden tulee olla 40 mm reunakohdasta. Ne täytyy kiinnittää vakioverkkoihin ja etäisyys reunaosasta tulee tehdä välikkeiden avulla. Teräkset kiinnitetään ruostumattomien lankojen avulla. Muottien pinnan ja verkkojen täytyy olla toisistaan irrallaan ja siihen käytetään esimerkiksi rengasvälikkeitä. Niiden käyttömäärä on neljästä viiteen kappaletta neliometriä kohden. Ansaat eli sideraudoitukset, joilla elementtien sisä- ja ulkokuoret yhdistetään, vaihtelevat diagnonaalisista ansaistikas- ja kruunuansaisiin. Ansaiden ulkopaarteissa sekä eristeet läpäisevissä kohdissa on oltava ruostumattomia teräksiä. Paikat ja tyypit ansaille ilmoitetaan piirustusten kautta. Raudoitustyötä tehdessä työn laatua valvotaan esimerkiksi siten, että asennetut välikkeet jaksavat kannattaa raudoitukset ja ne ovat oikeanlaisia. Myös vakioverkkojen osalta täytyy varmistaa, että ne ovat oikeanlaisia ja niihin ei ole tullut säilytyksen tai siirtojen aikana muotoihin vaikuttavia seikkoja. Lisäksi pieliterästen kiinnitykset ja reunaetäisyydet tulee varmistaa ja että ne ovat oikeanlaisia. Myös kiinnitysten jatkokset on syytä muistaa varmentaa. Valua tehdessä ei tule liikkua raudoitusten, eristeiden tai massan seassa. (Kronlöf ym. 1998, 50.)

Esimerkiksi sandwich-elementtien eristysmateriaalina on mineraali- tai lasivillat, polyuretaanit ja polystyreenilevyt. Niitä täytyy säilyttää huomioimalla muun muassa levyjen pakkaustapa eli että ne pysyvät kuivina. Pakkauksissa saattaa olla aukkoja tai ne voivat olla avonaisia. Myös niiden kuljetukset ja muut toimenpiteet ennen niiden käyttöön ottamista on hyvä pyrkiä tekemään kolhimatta niitä. Kukin materiaali asennetaan omalla tavallaan, mutta pääosin asennukset tehdään leikaten ne ensin sopivan kokoisiksi. Leikkaukset tehdään enimmäkseen vannesahalla levyjen reunojen saamiseksi suoriksi. Varsinainen asentaminen on hyvä aloittaa elementtien reunoilta. On myös huolehdittava, että levyt jäävät keskenään tiiviiksi. Niiden jatkokohtien alueille ylä- ja alareunaan elementeissä tulee leikata vaakasuuntaan nähden uria. Liikkuminen elementin päällä ei ole sallittua. Elementtejä suojataan muovikalvoilla, jotka asennetaan niiden reunoille yläosiin. Ne edesauttavat niitä pysymään kuivina muun muassa säilytyksen, siirtojen ja niiden asennusten yhteydessä.



Kalvot täytyy ottaa pois elementeistä viimeistään sitten, kun sen päälle aiotaan asentaa uusi elementti. Eristeitä asennettaessa on varmistettava, että tuuletus toimii eristeiden saumauskohdissa, mahdollisten aukkojen sekä elementtien reuna-alueilla. (Kronlöf ym. 1998, 51.)

Valutyön jälkeen betonipintaan voi aiheutua halkeilua esimerkiksi plastisen kutistuman takia. Kutistumalla tarkoitetaan sitä, kun betonin pintaosista haihtuu kosteutta. Sitä voi estää suojaamalla betonipinta esimerkiksi muovilla kahdeksan tunnin ajaksi siitä, kun valu on tehty. Lisäksi pintaa on hyvä kastella. Väri- ja pintahoitoja hoidetaan pääosin samalla tavalla kuin tavallista betonipintaa. (Kronlöf ym. 1998, 57-58.)

Muotit täytyy irrottaa elementistä yhden vuorokauden kuluessa valusta. Elementillä tulee olla mahdollisuus kutistua, kun se jäähtyy. Tällä tavalla voidaan välttää esimerkiksi lämpötilojen vaihtelusta johtuvat muodonmuutokset. Kun elementit on poistettu muoteista, täytyy ne pestä lämpimällä vedellä tai niitä täytyy jäähdyttellä. Valmistamisen jälkeen niitä kannattaa pitää lämpimissä tiloissa kesällä yhden päivän ajan ja talvella myös toinen päivä. Tämä tehdään, jotta lämmön muutokset ehtisivät tasoittua. Erilaisten elementtien tekotavat ovat kuitenkin keskenään erilaisia, kuten mahdollisten kerroksien valmistusjärjestys tai valuun ja tärytykseen liittyvät kuviot (Kronlöf ym. 1998, 59, 81).

Nykyään atk:ta on myös hyödynnetty jonkin verran, sillä esimerkiksi Partek Betonila Oy:llä on tuotantoon kuuluva ohjausjärjestelmä ja tietojen siirto, jotka käyttävät automatiikkaa. Työvoiman hintapaineiden takia automaatiota on lisätty. Vanhoja kiintomuotteja käyttävät tehtaot toimivat paremmin vain massatuotannon kanssa. Haasteita ovat aiheuttaneet muun muassa eri työvaiheisiin kuluvan ajan muutokset, julkisivun valmistamisessa käytettävien osien lukumäärät ja yleisiin rutiineihin liittyvät asiat. Niihin lukeutuvat purku- ja valutyöt ja elementtien varustelu. Tietojen mukaan kiintomuotteja käyttävät tehtaot käyttävät runsaasti aikaa, mitä tulee tavaroiden ja työntekijöiden siirtymisiin. Julkisivuelementin tekeminen on sen verran monesta asiasta koostuva kokonaisuus, että siihen tarvitaan myös henkilötyövoimaa. Kyseisellä tehtaalla elementit kootaan solumuotoisesti kolmen pää- ja kolmen apuvaiheen kautta. Automaatio hoitaa työssä tarvittavat tarvikkeet soluihin, joissa tehdään henkilöstöä valmistavaa elementtejä vaiheittain omatoimisesti. Työvaiheiden erilaiset kestot

eivät haittaa, sillä järjestelmä seuraa tuotannon vaiheita jatkuvasti kuormituksen tarkastukseen ja suunnitteluun liittyvän ohjelman kautta. (Heng ym. 1996, 132-133.)

Elementeillä täytyy olla myös CE-merkintä (Certification of Europe) eli eurooppalainen tuotekohtainen standardi. Suurimmalle osalle Suomessa valmistettaville elementeille löytyy standardi Euroopan tasolta. Mikäli sellaista ei ole, niin niille voidaan yrittää saada maakohtainen kelpuutus, jollaisena esimerkiksi varmennustodistus voi toimia. CE-merkinnöillä varustettujen elementtien suunnittelu tehdään ensisijaisesti eurokoodeja käyttäen. (Haara ym. 2018, 464.)

### **3.6 Betonijulkisivuelementtien laaduntarkkailu**

Laitteita, joilla betonia tehdään, tulee puhdistaa aika ajoin. Esimerkiksi sekoittimia täytyy hoitaa joka päivä tai mahdollisimman useasti käyttökertojen välillä. Sen sijaan annostelulaitteita huolletaan minimissään vuoden välein tai muutoin tilanteen mukaan. Varsinaista betonimassaa valvotaan tarkastamalla siitä muun muassa notkeus, lämpötila, ilmamäärä ja tärytysaika. Kovasta betonista arvioidaan ensisijaisesti lujuutta, säänkestävyyttä ja elementtien pintojen esteettisiä kohtia. Muotteihin liittyen laadullisista seikoista on kerrottu myös luvussa 3.6. Elementtien valmistumisen jälkeen niistä on hyvä vielä varmistaa päämittojen pitävyys, aukkojen mittoja ja sijainteja, rakennepaksuuksia sekä sitä, että pinnat ovat suunnitelmien mukaisia. (Kronlöf ym. 1998, 79-80, 83.)

Kronlöfin ym. mukaan (1998, 83) tehtaassa täytyy kuitenkin varmentua siitä, että elementit voidaan kuljettaa myös eteenpäin ja sen pitää nimittää siihen henkilö. Laadunvalvonta jää enimmäkseen elementtien valmistajien vastuulle, minkä takia tuloksien ylös ottaminen laadun tarkkailemiseen liittyviin kokeisiin on tärkeää vähintään siltä osin, kuin rakennuttaja ja viranomaistahot niitä tarvitsevat. Kirjauksien täytyy olla tarvittaessa myöhemmin katsottavissa, joten niiden on oltava riittävän laajoja ja selkeitä. Mittauksia kannattaa kirjata elementtikohtaisesti erilliseen korttiin RTL 101 luokittelun A- ja A1 mukaan. Elementtien pinnat ja niiden laatu on järkevää tarkistaa mallielementeistä. Se tehdään yleensä yhteisesti eri tahojen kanssa suorittamalla vierailutilaisuuksia

valmistuspaikkaan. Voi olla myös järkevää pitää katselmuskierros aivan projektin alkuvaiheessa, kun tuotantoa ei ole vielä aloitettu.

### **3.7 Betonijulkisivuelementtien säilyttäminen ja kuljettaminen**

Säilytyspaikan tulee olla pohjansa osalta tasainen kestävä maaperä. Elementtitelineiden ja -pukkien täytyy olla jäykkiä, eivätkä ne saa liikkua. Ne täytyy säilyttää pystyasennossa ja siten, että ne eivät osu toisiinsa, kun niitä käsitellään tai siirrellään. (Kronlöf ym. 1998, 64.)

Lastatessa ja kuormatessa elementtejä alustan täytyy olla riittävän suora ja riittävän kova, että se ei painu. Sään vaihtelevuuden takia elementtien päälle on hyvä laittaa suojaukset, kun siirtoa tehdään. Elementtikuorman purkaminen yritetään suorittaa päinvastaisessa järjestyksessä verrattuna lastaukseen. (Kronlöf ym. 1998, 64-65.) Betonielementtien kuljettamisessa, nostoissa ja väliaikaisessa säilyttämisessä on toimittava valmistajan tietojen mukaan. Tiedot ovat tuotekohtaisia. (Elementtien asennus 2020.)

Rakennusmateriaalien, muun muassa betonin, tiilen ja elementtituotteiden siirtomatka valmistuspaikalta on ollut vuonna 2017 keskimäärin 102 kilometriä. Kuormausaste on ollut tuolloin 75 %. (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2017.)

### **3.8 Betonijulkisivuelementtien asentaminen**

Betonielementtien asentamisessa tulee noudattaa valtioneuvoston asetusta VNa 205/2009. Se sisältää tietoa elementtien suunnittelemisesta ja asentamisesta. Valmistajan tulee ilmoittaa riittävät tiedot esimerkiksi elementtien purkamista, varastointia sekä lisäksi nostoja ja asentamista koskien. Rakennuttajan tulee huolehtia siitä, että hankkeella on työturvallisuuskoordinaattori. Sen täytyy myös ilmoittaa suunnittelijalle työturvallisuusasiakirjassa tarvittavat tiedot muun muassa hankkeesta. Rakennesuunnittelija on vastuussa asentamissuunnitelmasta, johon kuuluvat muun muassa elementtien asentamisjärjestys, tilapäinen tukeminen ja niiden kiinnittäminen. Tietoja täytyy olla myös siitä, miten elementit voidaan nostaa turvallisuutta ylläpitäen, elementtien käsittelemisestä ja mahdollisista rakennustelineistä. Muun muassa nostolaitteiden ja niiden yhteydessä mahdollisesti käytettävien välineiden on sisällettävä tiedot nostettavista maksimimassoista. (Elementtien asennus 2020.) Elementtien

nostaminen ja asentaminen tapahtuu yleensä torni- ja ajoneuvonostureilla. Nostoapuvälineinä toimivat muun muassa nostolenkit ja -raksit. (Heiska & Koskenvesa 2010, 25-26.)

Lisäksi kaikissa elementeissä täytyy olla merkittynä muun muassa niiden massat, tieto tuotteen valmistajasta ja elementin valmistusajankohta. Työmaan tulee säilyttää asentamista koskevaa asennuksista tehtyä suunnitelmaa. Sen täytyy olla päärakennesuunnittelijan, asennustöitä valvovan johtajan sekä työmaan vastaavan työnjohtajan allekirjoittama. Ennen asennustöiden aloittamista osapuolten täytyy pitää aloituskokous, jossa varmennetaan muun muassa työturvallisuuteen liittyvät asiat, rakennushankkeen aikataulu ja kerrataan asentamista varten tehty suunnitelma. Asennustöiden työnjohtajalla tulee olla pätevyys töiden johtamiselle. Lisäksi asennuksia suorittavat henkilöt täytyy opastaa työmaan käytäntöihin ja turvallisuusasioihin. Asennustöissä on käytettävä suojaavaa kypärää. (Elementtien asennus 2020.)

Eniten kehitystä asennustöissä on tapahtunut työturvallisuuteen liittyvissä asioissa. Muun muassa henkilönostinten käyttäminen on luonut turvallisuutta sen sijaan, että tarvitsisi kiipeillä tai olla muutoin riskialttiissa paikoissa. Betoniteollisuus on panostanut siihen, että koko ketju hankkeiden alkuvaiheesta rakennuksen pystyyn saamiseen asti olisi kunnossa. Yleensä sen on ajateltu loppuvan siihen, kun elementit ovat olleet valmiita. Ajoittain toiminta hiljenee elementtien valmiiksi saamisen jälkeen. Laatuasiat nousevat myös usein pinnalle. Mikäli prosessissa tapahtuu virheitä, ne ovat esillä vasta asennusvaiheessa. Yhtä lailla niin toimintapuoleen kuin teknisiin seikkoihin olisi hyvä kiinnittää huomiota koko prosessissa arkkitehtien työstä alkaen. Ainakin rungon asennukseen kuluva aika voi nopeuttaa viidenneksellä tällä tavoin. (Jalonen ym. 1996, 46.)

Asennustöiden hinnat koostuvat tehtaalla valmistettujen osien asentamisesta ennakkoon määriteltynä aikana kaikki siihen kuuluvat vaatimukset huomioiden. Asentamisesta aiheutuvat kulut riippuvat työhön kuluva ajasta, käytettävästä apulaitteistosta ja muista tarvikkeista. Kulujen osuus on 8-15 %:n välillä elementtien kokonaisarvosta. Asuinrakennukseen kohdistuvia kuluja ovat työryhmän palkat sosiaalikulujen kanssa 60 % ja laitteiston eli esimerkiksi

nostokaluston käytön arvo 20 %. Lisäksi muiden asennuksiin tarvittavien väli-  
neiden kulut ovat 10-15 % ja kiinteiden kulujen ja asennustyönjohdon osuus  
on 5-10 % (Laitinen 1996, 158.)

### **3.9 Betonielementtitekniikan kehittyminen Suomessa**

Alun perin betonielementtien edeltäjinä toimivat kooltaan suuret ja ontoiksi si-  
säpuolelta jätetyt betonitiilet, joissa oli raudoitukset. Betonitiiltien koloihin lisät-  
tiin eristykset eli koksikuonaa vasta muurauksen jälkeen. Tiilissä oli myös tyh-  
jiä koloja, jotka täytettiin betonilla kiinnittäen niihin samalla pystysuunnassa  
kulkevia raudoituksia. Niiden avulla seinää pidettiin yhtenäisenä. Suomeen ra-  
kennettiin tällä menetelmällä eli metrin pitkällä ja 0,25 m:ä korkealla Tapani-  
tiilellä runsaasti kerrostaloja Turun alueelle 1920-luvun aikana. Varsinaisesti  
siinä oli jo kaksi kuorta, mutta asennuskorkeuksien ollessa suuria eriste laitet-  
tiin vasta elementtien paikalle laitton jälkeen niihin. (Kaila 1997, 182-183.)

Virallisesti betonielementeistä rakennettiin asuintaloja 1950-luvulta eteenpäin  
ja ensimmäisiä niistä tehtiin Espoon Tapiolaan. Täyslementtitalot rakennettiin  
ensimmäisen kerran Helsingin Puotilaan vuosien 1960-1961 aikana. Betonia  
pidettiin ensisijaisena rakennusmateriaalina asuintaloja rakennettaessa, sillä  
sen ajateltiin olevan huomattavasti kustannustehokkaampaa verrattuna tiilira-  
kentamiseen. Tiilen käyttö kustansi kuusi kertaa enemmän betoniin verrattuna  
ja työaika kului neljä kertaa enemmän. Suurille rakentajille elementtitekniikka  
oli hyödyllinen, pienemmille sen sijaan esimerkiksi tiili. (Kaila 1997, 183, 185.)

Rakentamistapojen ja toimintojen nopeuttaminen vaati niiden muuttamista te-  
ollisemmiksi. Aiemmin, jo vuosikymmenen 1940-alkupuolella kehitetty Valtion  
Teknillinen tutkimuslaitos (VTT) ehdotti valmisosien standardisointia. Tuotan-  
toa olisi tällöin siirretty tehdastiloihin. Vakioidut valmistuskoot ja tuotannon siir-  
ttäminen pois työmailta nopeuttaisivat työsuorituksia ja siten vähentäisivät  
myös rakennusaikaista ajankäyttöä. Tiilien osalta siitä oli jo kokemusta. Ele-  
menttipuolen edustajilla oli valmiuksia jo ennestään tuottaa valmisosia myös  
nopeammin, mutta tuottajilla oli keskenään hyvin erilaisia valmistustapoja. Ne  
toimijat, joilla oli mittajärjestelmiä käytössään, olivat etupäässä rakennusura-  
koitsijoita. Niillä oli omia tuotantopaikkoja. Suomalaiset tekivät vierailuja myös

muihin maihin, muun muassa Ranskaan, Ruotsiin, Tanskaan ja Itä-Eurooppaan etsimään tietoa elementtijärjestelmistä. Suomessa muut, kuin urakoitsijoiden tehtaat, tekivät elementtejä suunnittelutoimistojen tietojen mukaan tilauskohtaisesti. Muun muassa vakioimattomat mittakoot ja monesti erilaiset muottien muutokset nostivat hintoja. Täten myös rakennushankkeessa tilaajina toimineiden henkilöiden tai yritysten hinnat suunnittelun osalta olivat korkealla. (Hytönen & Seppänen 2009, 21-22, 91.)

Betonielementtistandardisoinnin (BES) alkuvaiheessa erilaisia järjestelmiä pohdittiin tarkkaan. Kansainvälisesti niitä oli käytössä monia tuhansia, mutta ei kovin paljon avoimina järjestelminä. Suomessa näistä seulottiin ensin 25 vaihtoehtoa, joista nostettiin neljä mahdollista kokoonpanoa. Ne olivat: kantavat seinät-, tilaelementti-, pilari-laatta- ja pilari-palkki-systeemi. Kyseinen vaihtoehto toimi ajatuksena kotimaiselle jatkokehitystyölle. Suomessa päädyttiin kantavat seinät -versioon, sillä se olisi hyvin yhteensovitettavissa jo käytössä olleisiin tekniikoihin. BES-järjestelmään kuuluvat kantavat pääty- ja väliseinät, välipohjat pitkälaatoista ja ruutuelementit ei kantavina julkisivuina. Sekä lisäksi parvekkeet vapaasti seisovina tornimaisina osioina. (Hytönen & Seppänen 2009, 96-97.)

Uusi elementtijärjestelmä tarvitsi lisäksi mittajärjestelmän. Sen avulla tehtaat pystyisivät valmistamaan asuntojen- ja talojen osia sarja- tai massatuotannon kaltaisesti. Mittatekniikan kehittämisen jälkeen myös varsinaisen elementtien valmistamisen pystyi standardisoida. Mittatavaksi eli mittamoduuliksi kantavat seinät-järjestelmällä päätettiin ottaa runkorakenteiden osalta 12M-mittatapa ja muiden sen kanssa yhteensovitettavien osien suhteen 3M. Kantavien rakenteiden ollessa poikittaissuunnassa ja erotellen huoneistoja, sai kyseinen järjestelmä nimensä. Kokonaisstandardisointiin kuuluivat rakenteisiin liittyvät mittamoduulit sekä toleranssit ja liitokset. BES-kehitystyö oli tehty 1970. Suomalainen malli toimi esikuvana myös kansainvälisesti, sillä se oli perusteellisesti tehty. Lisäksi se oli keskittynyt avoimena mallina olevan aihion jatkokehitystyöhön. Se jätti tekijöille harkittavaksi myös asuntojen suunnittelun. Järjestelmän hyödyntämisessä ja kehittämisessä tärkeässä roolissa olivat suunnittelijat, rakennusosateollisuus ja rakennusurakoitsijat. Pilari-laatta-systeemi oli käytössä muun muassa 1970-luvun puolen välein tienoilla. (Hytönen & Seppänen 2009, 98, 118, 120.)

BES mahdollisti 1970-luvulta alkaneen nopeamman asuntojen rakentamisen. Järjestelmän käyttöä ja kehittämistä auttoivat kuitenkin asuntoihin kohdistuva kysyntä ja työnteon hintojen voimistuminen. Tehtaat pystyivät järjestelmän tulojen jälkeen keskittymään paremmin oman kiinnostuksensa mukaan eri tuotteisiin, sillä aiemmin ne olivat tuottaneet varmuuden vuoksi monenlaisia elementtejä. BES-järjestelmää oli aluksi ajateltu lähinnä runkorakenteisiin liittyen, mutta teollisuuden ja arkkitehtien taholta alettiin pohtia myös esimerkiksi Julkisivu-BES:ä. Alkuperäinen tuotantotapa oli ajateltu niin helpoksi, että uudenlaisten julkisivuelementtien keksiminen ei ollut välttämätöntä. Niihin liittyvä kehitystyö käynnistyi kuitenkin 1970-luvun aikana. Muun muassa hiotut julkisivut olivat kysytyjä huolimatta siitä, että ne olivat kustannuksiltaan suurempia kuin muut. Niiden valmistaminen vaati tekijältä enemmän aikaa johtuen esimerkiksi tarkkuudesta. Työsuoritusten jälki näkyi elementistä, joten niiden ulkonäkö saattoi vaihdella. (Hytönen & Seppänen 2009, 173, 175, 298-299.)

Julkisivuihin liittyvä kehitysohjelma hahmoteltiin vuoden 1980-loppupuolella. Jälkikäteen sitä alettiin kutsua Julkisivu-BES-nimellä. Vuoden 1982 puolella aloitettu tutkimus sisälsi Hytönen & Seppänen (2009) mukaan seuraavia asioita: ”mitä mahdollisuuksia olisi suunnitella entistä monimuotoisempia betonis- ja julkisivuelementtejä, ja miten uusia mahdollisuuksia voitaisiin toteuttaa teollisessa tuotannossa liiketaloudellisesti järkevin menetelmin”. Tutkimus oli jaettuna useampaan osioon. Yksi niistä oli arkkitehtuurin liittyvät suunnitteluasiat, toinen oli betonista tehtyjen julkisivujen tekniikkaan ja taloudelliseen puoleen liittyvät seikat ja kolmas oli niiden kehitystyö teknisesti. Tutkimukseen kuului myös toinen vaihe, jossa etsittiin vastauksia muun muassa siitä, miten julkisivuvaihtoehtojen käyttö muuttaa niiden teollisen tuotannon hinnoittelua. Lisäksi sitä, pystytäänkö niitä hallitsemaan ja asettaa kustannukset selkeästi jollekin tasolle riippumatta siitä, kuinka tiheällä aikavälillä niitä valmistetaan. Tutkimusten mukaan sarjatuotanto ei ollut pakollinen ajatusmalli valmistamisen osalta. Erilaisia julkisivuratkaisuja ajatellen riittäisi, että tarvittavien muutosten valmistamiseen liittyvät asiat pystyttäisiin hoitamaan normaalin valmistamisen vuorokausikiertosysteemin raameissa. (Hytönen & Seppänen 2009, 179-181.)

Varsinainen tutkimus valmistui 1985 ja siinä arvosteltiin standardisoitujen mittojen käyttämistä. Tutkimusta ei ollut tarkoitettu suoraan noudatettavaksi vaan

tausta-aineistoksi suunnittelijoille ja teollisuudelle tuotteiden kehittämiseksi. Ajatuksena oli, että tuotantotekniikoita voisi käyttää monipuolisemmin ja valmistaa tuotteita rohkeammin uusia ideoita pohtien. Suuntaukseksi kannattaisi ottaa tuotannon toimintatapojen kehitystyö, ei niinkään tuotteisiin liittyvää kehitystä. Tutkijoiden mielikuvissa oli lisäksi erilaisten toimintatapojen ja rakennusmateriaalien rinnakkain etenevä valmistusvaihtoehto, jonka he ajattelivat olevan jatkossa mahdollista. Aluksi eri toimijoiden välillä yhteistyö ei kuitenkaan sujunut. Toisaalta se johti kuitenkin esimerkiksi arkkitehtiväen vierailuihin Läntiseen Eurooppaan katsomaan muualla tehtyjä arkkitehtonisia ratkaisuja. Myöhemmin muun muassa muotti-, pintakäsittely- ja materiaalitekniikka kehittyivät. (Hytönen & Seppänen 2009, 181-182.)

Hytösen & Seppäsen mukaan (2009, 166) julkisivuelementtien pintoja tehtiin useilla tavoilla 1980-luvulle tullessa. Vuosikymmenen alkupuolella sandwich-elementeistä yli 50 %:lle laitettiin pesupinta. Tuolloin harjatun pintavaihtoehdon oli tilannut hieman yli 20 % tilaajista. Tiili- ja klinkkeripinnoitteet alkoivat olla myös tuolloin hieman tunnetumpia, joiden molempien menekki oli myös yli 20 % kokonaismäärästä. Ne olivat myös hitaita valmistaa, koska ne vaativat kädentaitoja muita enemmän. Toisaalta niille tuli myös enemmän kysyntää, kun julkisivujen yksilöllisyys sai nostetta. Sen sijaan harjatut ja pesubetonipinnoitteiset elementit oli mahdollista tehdä kohtalaisessa ajassa ja niiden kustannukset olivat pienempiä.

Elementtien valmistamiseen voitaisiin ottaa oppeja myös autoteollisuuden puolelta, erityisesti elementtiteollisuudessa ja suunnittelijoina toimivien henkilöiden. Esimerkiksi yksilöllisen rakennuksen rakentaminen elementtejä käyttämällä voi vaatia viiden paksuudeltaan erilaisen seinän tekoa ja monia rauditusvaihtoehtoja. Muottien valmistaminen tällä tavalla nostaa kuluja kaikki hinnoitteluun liittyvät asiat mukaan lukien 10-30 % ja samalla estää käyttämästä tai vähentää automaatiota. Autoteollisuus käyttää kustannuksiltaan samanhintaisia valmiiksi tehtyjä osia, joiden kokoonpanoa vaihtelemalla saadaan yksilöllisiä autoja hintojen kuitenkin pysyessä melko tasaisina. Toimintatapaa voitaisiin kokeilla myös elementtien valmistamisessa. (Heng ym. 1996, 133.)



## 4 TIILISEINÄT

Koska työn tarkoituksena on tutkia kierrätettyjen tiiliseinäelementtien uusiokäyttömahdollisuuksia moduuleina, perehdytään työssä myös tiileen ja sen käyttöön julkisivumateriaalina. Siihen vaikuttaa osaltaan esimerkiksi se, kuinka paljon tiiltä on käytetty rakennusmateriaalina Suomessa julkisivuissa. Lisäksi kierrätettävän tiilibetonielementin ulkonäkö riippuu myös valituista tiilistä ja niiden asettelemisesta muottiin.

### 4.1 Tiilen alkuperä

Muuraustekniikalla on pitkä historia. Ilmakuivatettuja tiiliä on valmistettu savesta jo esihistoriallisella aikakaudella ja niitä kuivatettiin auringon valossa. Oletusten mukaan poltettujen tiilien historia ulottuu 10 000 – 20 000 vuoden taakse, mutta kaivausten perusteella tiili on tullut tunnetuksi 2000 – 3000 eKr. Alkuperää ja rajausta polttamattomien ja poltettujen tiilien osalta on ollut haastavaa linjata muun muassa polttoasteissa olevien muutoksien takia. Tiilen alkuperä paikkojen ja valtioiden osalta juontaa juurensa nykyisen Lähi-Idän ja Koillis-Afrikan alueelle. Egyptissä ja Mesopotamiassa on valmistettu tiiliä ensimmäisen kerran, kuivattamalla auringossa. (Siikanen 2001, 76.)

Siikasen mukaan (2001, 76) Euroopassa tiilet olivat alun perin käytössä roomalaisilla, Antiikin Rooman aikana. Heidän muuraustapansa vaihtelivat poltettujen tiilien ja luonnonkivien välillä ja heidän käyttämänsä tiilet olivat enimmäkseen laattamaisia. Tiilet saivat nykyisen muotonsa Pohjois-Italiasta, jossa roomalaisten aloittamaa tiiliarkkitehtuuria pidettiin yllä, etenkin Venetsiassa ja Lombardiassa. Italian pohjoisosista muuraustaidon tekniikka eteni edelleen Keski-Eurooppaan, josta taidot ovat levinneet myös Suomeen ja Ruotsiin.

Suomessa tiiltä alettiin käyttää ja valmistaa vuosien 1230-1280 välillä. Suomen vanhimpiin muurauksiin kuuluvat piispanlinna Stenbergä Maskussa, Hakoisten linna Janakkalassa, Vanhalinna Liedossa sekä Nousiaisissa ja Koroissa sijaitsevat kirkot. Yksi tunnetuimmista keskiajalta säilyneistä nykyisistä rakennuksista, jonka rakentaminen aloitettiin 1280-luvulla, on Turun tuomiokirkko. (Siikanen 2001, 76-77.)

Tiilien valmistaminen tehtiin Suomessa alkuvaiheessa käsityönä. Materiaalien,

joista kerrotaan lisää myöhemmin, hankkiminen ja valmistusprosessi tehtiin muurarimestarin antamien tietojen mukaisesti. Ennen uuden rakennuksen rakentamisen aloittamista rakennuksen sijoituspaikan lähialueelle perustettiin arvioiden mukaan ensin tiiliruukki. Se perustettiin ilmeisesti tilapäisesti vain kyseisen rakennushankkeen, yleensä kirkon takia ja ajaksi. Tuolloin tiiliä ei vielä suoranaisesti valmistettu kaupallisesti. Ensimmäinen kaupallinen tiilitehdas perustettiin Koroisille Varsinais-Suomeen vuonna 1755. Rautateiden tulo ja yleistymisen 1860-luvun myötä kehitti ja myötävaikutti tiiliteollisuuden kasvua eteenpäin. (Mts, 77.)

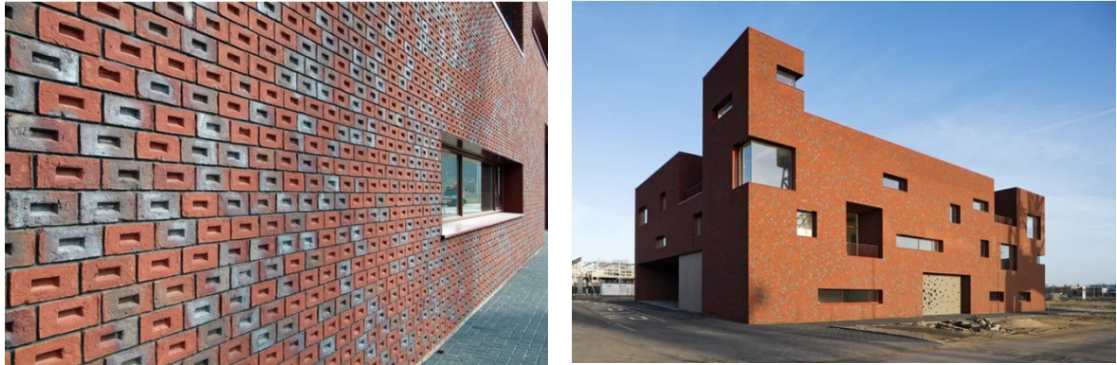
## **4.2 Tiilen käyttö julkisivumateriaalina Suomessa**

Siikanen (2001, 77) toteaa, että tiiliä on käytetty 1900-luvun alkupuolella ja 1960-luvulle asti lähinnä vain isojen rakennusten, esimerkiksi kerrostalojen kantavana materiaalina. Se toimi 1960-luvulle asti johtavana rakennusmateriaalina, kunnes betoniteollisuus otti johtavan aseman kantavien materiaalien osalta. Pientaloissa ja julkisissa rakennuksissa tiiltä on kuitenkin käytetty runsaasti 1970-luvulta eteenpäin julkisivuverhouksena. 1990-luvun loppupuolella tiiliverhoillut julkisivut saivat paremmin jalan sijaa myös osana betonirakenteisten kerrostalojen rakenteita. Kuten aiemmin esillä olleesta taulukosta 1 voidaan todeta vuoden 2016 tiedoista, tiilen osuus julkisivumateriaalina on noin 40 % kerrostaloissa Suomessa. Julkisissa rakennuksissa sitä on käytetty noin 20 %:ssa rakennuksista. Vastaavasti omakotitalojen, teollisuus- ja varastorakennuksien osalta sillä on vain noin viiden prosentin tai sen alle menevä osuus.

## **4.3 Tiilen käyttö julkisivumateriaalina muualla Euroopassa**

Tiilten koot poikkeavat maakohtaisesti. Suomessa käytössä olevista kokoluokista kerrotaan lisää alempana olevissa luvuissa. Muualla Euroopassa on esimerkiksi seuraavia kokoja käytössä: EF 215 mm x 102,5 mm x 65 mm, WDF 210 mm x 100 mm x 65 mm, DF 228 mm x 108 mm x 54 mm, NF 240 mm x 115 mm x 71 mm (Suomessa vakiintuneet tiilikoot 2020). Esimerkiksi Alankomaissa tiiltä on käytetty kauan rakennusmateriaalina. Se on arkkitehtien suosima materiaali ja sitä käytetään sekä perinteisellä tavalla muuraten rakennuksia, että myös uusia käyttökohteita kokeillen. Kuvassa 4 näkyvä Fort

Cortina- yhtiön päätoimipiste Amsterdamissa edustaa poikkeavaa arkkitehtuuria. Tiilet on asennettu rakennuksen ulkoseiniin lappeelleen ja lisäksi niiden ulkopuolelle jäävän puoliskon osalta tiilten keskiosiin on kaiverrettu syvänteet. (6 Projects Showcasing the Dutch Obsession With Brick 2020.)



Kuva 4. Vasemmalla näkyy lappeelleen asennetut tiilet Fort Cortina-yhtiön päätoimipisteen julkisivussa Amsterdamissa Hollannissa. Oikealla näkyy koko rakennus. (Architizer 2020)

#### 4.4 Tiilityyppejä

Lennartzin & Suonion mukaan (1999, 417) tiiliä on nykyään kahta eri lajityyppiä, poltettuja tiiliä ja kalkkihiekkatiiliä. Tiileksi nimitetään useimmiten suorakulmaisesta särmiön muotoista kappaletta, joka asennetaan rakenteeseen laastin avulla. Laasti toimii tiilien keskinäisenä liimana, joka kovettuu ajan myötä lujuksi. Laastia saadaan yhdistämällä sideaine, runkoaine, vesi ja muut mahdolliset lisäaineet. Tiilen ja laastin yhdistelmää kutsutaan tiilirakenteeksi tai muuratuksi rakenteeksi. Tiiliä on saatavilla myös tarpeen mukaan erilaisina muototiilinä.

Lisäksi tiiliä valmistetaan tiililaattoina ja kattotiilinä. Tiililaatoilla voidaan pinnoittaa betonielementtejä kuten luvussa 3.4 on mainittu tai niitä voidaan asennaa lattioiden- ja pihojen päällysteiksi. (Siikanen 2001, 85.) Tiilissä täytyy olla myös CE-merkintä (Certification of Europe) eli yhteiseurooppalaisen valmistustavan todentava tunnus. Merkintä auttaa suunnittelijoita ja rakennusvalvontaa varmentamaan tuotteiden käyttökelpoisuuden. (Tiilen CE-merkintä 2020.) Tiilien menekit kuvataan pääsääntöisesti siten, kuinka monta kappaletta niitä asennetaan yhden neliömetrin kokoiselle alueelle. (Tiilen ja muurauslaastin menekki 2020).

#### 4.5 Erilaisia poltettuja tiiliä

Poltettuja tiiliä valmistetaan useammassa eri kokoluokassa. Yleisimpiä ovat peruskokoinen täystiili (PT), peruskokoinen reikätiili (PRT), normaalikokoinen reikätiili (NRT) ja moduulikokoiset reikätiilet (MRT). (Siikanen 2001, 84-85.)

Siikasen mukaan (2001, 84) peruskokoista täystiiltä (kuva 5) käytetään tulisijoissa ja savupiippujen alaosien muurauksessa. Tiilimalli on rakenteeltaan massiivinen, joten se sitoo hyvin lämpöä ja savilaastin avulla se hyväksyy myös lämpöliikkeet. Tiilimalli on mitoiltaan 257 mm x 123 mm x 57 mm. Muurauksen saumauspaksuus on 10-13 mm välillä. Tiili voidaan limittää kolmen suuntavaihtoehdon mukaan.



Kuva 5. Kuvassa vasemmalla on peruskokoinen täystiili ja oikealla peruskokoinen reikätiili. (Suomen Tiiliteollisuusliitto ry 2019)

Peruskokoista reikätiiltä (kuva 5) käytetään tulisijoissa sekä savupiipuissa sään suhteen alttiiksi jäävien kohtien muurauksessa. Sitä on mahdollista käyttää kuitenkin myös julkisivuverhouksen teossa sekä kantavana rakenteena. Se on aiemmin tunnettu hormireikätiilenä. Mitoiltaan se on 257 mm x 123 mm x 57 mm. (Siikanen 2001, 84.)

Normaalikokoinen reikätiili (kuva 6) on käytössä kantavissa rungoissa, suurissa ulkoseinissä ja kuormitetuissa väliseinissä. Sen mitat ovat 270 mm x 130 mm x 75 mm. (Siikanen 2001, 84-85.)



Kuva 6. Vasemmalla puolella on normaalikokoinen reikätiili ja oikealla puolella on moduulireikätiili. (Suomen Tiiliteollisuusliitto ry 2019)

Moduulikokoisia reikätiiliä (kuva 6) käytetään julkisivuverhouksissa, kaksikerroksisissa rakennuksissa kantavina rakenteina ja ei-kantavissa väliseinissä. Moduulimitoitusta (M) 3M x M x M käytettäessä, jossa yhden mittayksikön suuruus on 100 mm, sisältäen sauman 15 mm paksuna, tiili on mitoiltaan 285 mm x 85 mm x 75 mm. Korkeutta sillä voi olla myös 60 mm. Tällöin neljän kiven yhdistelmä saumoineen on 3M. (Siikanen 2001, 85.)

Ohessa alapuolella olevassa taulukossa 2 on merkittynä edellä mainittujen tiilien käyttömäärät. Määrien avulla voidaan laskea niiden arvioidut kustannukset käyttökohteeseen. (Mattila 1999, 422.)

Taulukko 2. Yleisimpien poltettujen tiilien ja laastin menekit. (Mattila 1999, 422)

Tiilen koko	Käyttö/m <sup>2</sup>	Paino / kg / kpl	Laastin tarve / tiili / kg
PT (257x123x57mm)	55	3,6	1,2
PRT (257x123x57mm)	55	2,6	1,3
NRT (270x130x75mm)	42	3,9	1,7
MRT75 (285x85x75mm)	39	2,8	1,2

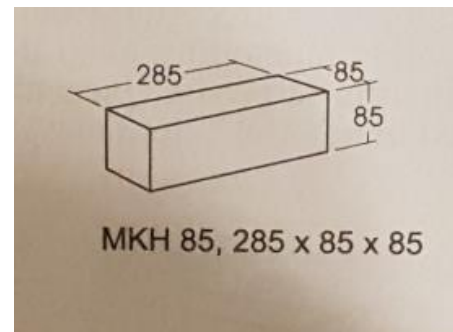
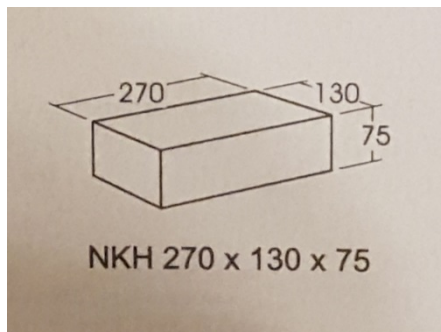
Kuten taulukosta 2 näkyy, niin peruskokoinen ja peruskokoinen reikätiilen käyttömäärät neliometriä kohden ovat samat. Myös laastia kuluu muurauk-

seen lähes sama määrä. Sen sijaan normaalikokoisten reikätiilten ja moduuli-reikätiilten määrät eroavat huomattavasti verrattuna perusreikätiilten ja normaalikokoisten reikätiilten käyttömääriin. Jälkimmäisiä menee suhteessa kahteen ensimmäiseen yli 10 kpl vähemmän. Laastia kuluu kuitenkin edelleen yhtä vähän lukuun ottamatta normaali kokoista reikätiiliä, joka tarvitsee n. 0,5 kg enemmän laastia samalle pinta-alalle.

#### 4.6 Erilaisia kalkkiahiekkatiiliä

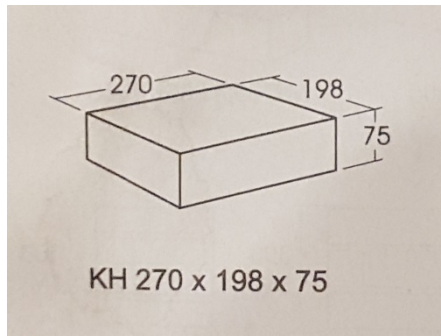
Yleisimmät Suomessa käytetyt kalkkiahiekkatiilet ovat normaalikokoinen kalkkiahiekkatiili (NKH), moduulikokoinen kalkkiahiekkatiili (MKH) sekä kalkkiahiekkatiili (KH). (Lennartz & Suonio 1999, 421).

Normaalikokoista kalkkiahiekkatiiltä (kuva 7) käytetään julkisivujen, väliseinien, pilareiden ja kantavien runkojen teossa. Moduulikokoinen kalkkiahiekkatiili (kuva 7) on käytössä lähinnä vain julkisivujen muuraamisessa (RT 35-10840, 1).



Kuva 7. Kuvassa vasemmalla on normaalikokoinen kalkkiahiekkatiili ja oikealla on moduulikokoinen kalkkiahiekkatiili. (Lennartz & Suonio 1999, 418)

Kalkkiahiekkatiiltä (kuva 8) käytetään vaakasuuntaan asennettuna desibelitiilenä, jolloin se toimii hyvänä ääneneristäjänä. Tällöin sen menekki on 42 kpl/m<sup>2</sup>. Samannimisenä tunnettu ohutsaumatiili asennetaan märkätilojen seiniin. (RT 35-10840, 1.)



Kuva 8. Kalkkiahiekkatiili (Lennartz & Suonio 1999, 418)

Taulukossa 3 kuvataan kalkkiahiekkatiilien määrää neliometriä kohden. Tietojen avulla voidaan arvioida rakennettavan kohteen kustannuksia.

Taulukko 3. Kalkkiahiekkatiilien menekit (Mattila 1999, 423).

<b>Tiilen koko</b>	<b>Käyttö/m<sup>2</sup></b>	<b>Paino / kg / kpl</b>	<b>Laastin tarve / tiili / kg</b>
NKH (270x130x75mm)	42	4,9	1,4
MKH (285x85x85 mm)	35	3,9	1
KH (198x75x270 mm)	42 tai 19	7,5	2,1 tai 0,1

Normaalikokoista kalkkiahiekkatiiltä ja kalkkiahiekkatiiltä kuluu yhtä paljon neliometriä kohden (taulukko 3), mikäli kalkkiahiekkatiili asennetaan desibelitiilenä. Tällöin molempia menee 42 kappaletta. Toisaalta taas, jos kalkkiahiekkatiiltä käytetään ohutsaumatiilenä eli poikittain asennettuna, niin sitä menee huomattavasti vähemmän per neliometri kuin normaalikokoista kalkkiahiekkatiiltä tai moduulikalkkiahiekkatiiltä. Tiilten massoilla on eroja, mutta ei merkittäviä eroja lukuun ottamatta kalkkiahiekkatiiltä, joka on yli 2,5 kg painavampi kuin normaalikokoinen kalkkiahiekkatiili ja moduulikokoiseen kalkkiahiekkatiileen verrattuna painaa 3,6 kg enemmän. Laastin tarve on melko samankaltainen (NKH) tiilellä ja (MKH) tiilellä, sen sijaan kalkkiahiekkatiili kuluttaa asennustavan mukaan 0,7-1,1 kiloa enemmän laastia kuin toiset tiilet tai vastaavasti 0,9-1,3 kiloa vähemmän kuin kaksi muuta.

#### 4.7 Muurauskivien laadun tarkkailu

Lennartzin & Suonion (1999, 421) tietojen mukaan sekä poltettujen että kalkki-hiekkatiilien laatua mitataan samoin kriteerein. Niihin sisältyy valmistajaa koskeva valvonta, ulkopuolinen tarkastus ja toimituserää koskeva tarkastus. Laatua valvotaan tuotelajikohtaisen periaatteen avulla, jossa tuotelajilla tarkoitetaan tyyppin, mittojen ja värin mukaan samanlaisia tiiliä. Tuotelajeja on hyvin paljon, joten ulkopuolista valvontaa käytetään lähinnä kattavien tuotelajien kohdalla, jotka ovat tehdaskohtaisia.

Valmistajan tai maahantuojan täytyy valvoa omia tuotteitansa. Laatua täytyy tarkkailla säännöllisesti ja jatkuvasti, käsittäen ainekset, valmistustavan ja tuotekohtaiset ominaisuudet. Tarkkailutulokset merkitään ”laadunvalvontaselosteeseen” ja sitä täytyy säilyttää 10 vuotta. (Mt.)

Lennartz & Suonio (1999, 421) ilmoittavat myös, että tehtaan omat näytteet voi ottaa tuotannon laadusta vastaava henkilö. Laadun tarkkailun ulkopuolisen näytteenottajan täytyy olla puolueeton, mikä tarkoittaa sitä, että asian hoitaa pääosin rakennustarkastaja. Ulkopuolisessa tutkimuspaikassa otetaan kantaa SFS 5513 -standardin mukaan vedenimukykyyn, tiheyteen, säänkestävyyteen, mittoihin, puristuslujuuteen ja vedenimunopeuteen. Tarkastus tehdään kattavien tuotelajien osalta minimissään puolen vuoden välein ja muiden suhteen vastaavasti minimissään yhden kerran vuoden aikana. Testauslaboratorioiden täytyy olla hyväksytyjä Ympäristöministeriön puolesta ja niitä ovat VTT ja Tiili-laboratorio.

Muurauskiviä ja laastia koskevaa laatua valvovat Ympäristöministeriön valtuuttama ”RIL:n muurattujen rakenteiden toimikunta”. Siihen kuuluvat valmistajista, käyttäjistä, tutkimuslaitoksista ja viranomaisista kootut edustajat. Kyseisen toimikunnan täytyy suorittaa tarkastus valmistajien laadun tarkkailuun yhden tai useamman kerran vuodessa ja raportoida tulos valmistaja kohtaisesti. (Mt.)

Mikäli ulkopuolista tarkastusta ei ole käytettävissä tai toimitettujen materiaalien laatua epäillään, niin tilaajalla on mahdollisuus selvittää tiiliä tai laattoja

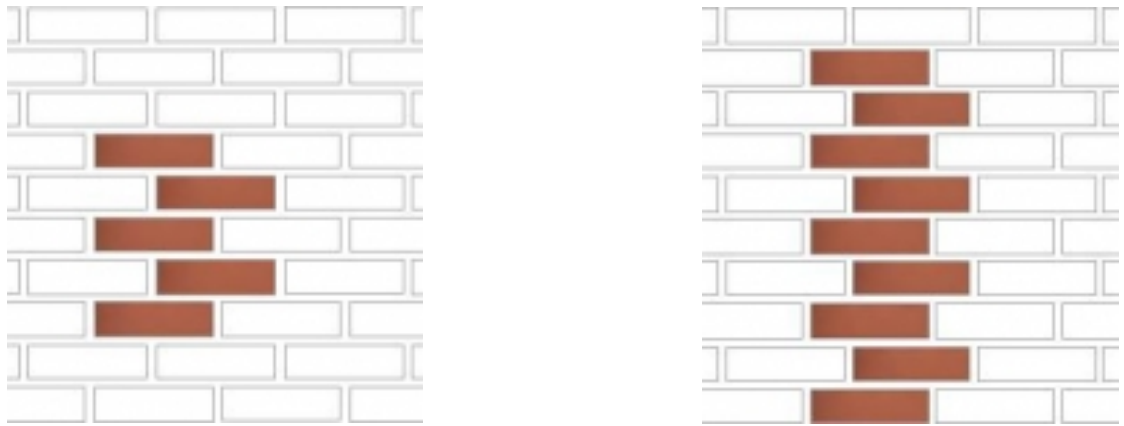


koskevan toimituksen sisältö. Tällöin näytteet täytyy ottaa ennen kuin niitä käytetään yhtään. (Mt.)

Lennartz & Suonio (1999, 417) kertovat, että muuraustöitä ohjataan seuraavilla standardeilla: SFS 5513 Muurauslaastien, muurauskivien ja muuratun rakenteen testaus, SFS 5514 Poltetut tiilet, SFS 5515 Kalkkihiiekkatiilet ja SFS 5516 Muurauslaastit.

#### 4.8 Tiilten nykyiset asennustekniikat julkisivuverhouksessa

Tiilien asentamiselle on useita erilaisia tapoja. Tyypillisimpiä Suomessa käytettyjä asennustapoja ovat kuvassa 9 näkyvä puolen kiven eli 1/2 limitys sekä 1/3 kiven limitys. (Mattila 1999, 422.)



Kuva 9. Vasemmalla tiilet 1/2 kiven limityksellä ja oikealla 1/3 limityksellä. (Suomen Tiiliteollisuusliitto ry 2019)

Mattilan (1999, 422) mukaan tiililimityksen mitoitus tehdään enimmäkseen 10 mm:n tai 15 mm:n saumakoon mukaan. Esimerkiksi normaalin tiilen, kooltaan 270 mm x 130 mm x 75 mm pituuden ollessa 270 mm ja tiilen sauman kokonaan 10 mm, kokonaispituudeksi kertyy 280 mm. Leveys on puolet tästä eli 130 mm + 10 mm. Kyseinen tiili muurataan 1/2 tiilen limityksellä.

Vastaavasti moduulitiilten, jotka ovat kooltaan 285 mm x 85 mm x 85 mm ja 15 mm:n saumausväliä käyttämällä kokonaispituudeksi tulee 300 mm ja kokonaisleveydeksi 100 mm. Tällöin muuraus tehdään yleensä 1/3 limityksellä. Ennen muuraustöiden aloittamista tiilet asetetaan yleensä asennettavan kohteen kohdalle laastitta, jotta limityksestä ja oikeasta mitoituksesta voidaan olla var-

moja. Tiiliverhous asennetaan rakennuksen runkoon kiinni pääosin käyttämällä apuna halkaisijaltaan neljän millimetrin paksuista sidelankaa, joita asetetaan 4 kpl/m<sup>2</sup> kohden. (Mattila 1999, 422.)

## **5 KIERRÄTETTY TIILIBETONIELEMENTTI**

Kierrätetyn tiilibetonielementin osalta alla olevassa luvuissa käydään läpi kierrätetyn rakennusmateriaalin hankkimiseen ja sen kustannuksiin liittyviä asioita. Lisäksi kerrotaan tiiliverhoillun julkisivun purkamisesta tiilipaloina ja samaa rakennusta koskien verrataan uuden tiiliverhoilun muuraamisen kustannuksia alustavasti. Luvussa pohditaan myös, miten uuden julkisivun kustannukset koostuisivat, jos ne tehtäisiin kierrätetyistä tiilibetonielementeistä.

### **5.1 Vanhan tiilijulkisivun uusiokäyttöön liittyvät haasteet**

Vanhan tiilijulkisivun uusiokäyttö perustuu siihen, että jokin vanha rakennus voidaan purkaa. Rakennus voi olla yhtä lailla niin julkisen kuin yksityisen toimijan omistuksessa. Sen täytyy olla jokin muu kuin museoviraston suojelema rakennus (Museovirasto 2020). Uudisrakentamisen tapaan rakennusvalvonnalta täytyy saada purettavan kohteen osalta purkulupa. Yksityisomistuksessa olevalle rakennukselle voidaan hakea purkulupaa omistajan päätöksellä purkaa rakennus. (Rakennusvalvonta 2020.) Ennen rakennuksen kokonaispurkua sille saatetaan etsiä vaihtoehtoisia käyttömuotoja. Rakennus voidaan kuitenkin purkaa myös vain osittain, jos se on mahdollista. Julkisen puolen, esimerkiksi kaupungin kiinteistölle tarvitaan kaupungin valtuuston päätös asiasta rakennuksen purkamiselle. (Lemin kunta 4/2015, 53.)

Ennen purkuluvan saantia saatetaan tehdä purkukatselmus, jonka yhteydessä tehdään muun muassa rakennuksesta saatavien materiaalien arvioitua määrälaskentaa sekä haitta-ainekartoitus (Lehtonen 2018, 4-5). Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö vaatii näin ollen alkuun muutamia työvaiheita enemmän verrattuna uudisrakennuksen rakentamiseen. Purettavien materiaalien hyödyntäminen vaatii niiden käsittelijältä ympäristöluvan (Opas rakennuksen purkajalle 2020, 5). Vanhojen rakennusmateriaalien uusiokäyttöön pyritään joka tapauksessa kannustamaan entistä enemmän (Talja 2014, 5).

Myös rakennuskohteen sijainti voi vaikuttaa siihen, minkälaisia materiaaleja

siellä voi käyttää. Esimerkiksi Kouvolassa Halkotorin alueen kortteleiden 1097 ja 1120 rakennusten kerrosmäärän tulee olla neljä ja niiden julkisivujen punaisilla tiilillä verhoiltuja. (Rakentamistapaohjeet ja julkisten ulkotilojen suunniteluohjeet 2010, 14.) Vastaavasti esimerkiksi Helsingin Vuosaaren Aurinkolahden länsiosassa julkisivujen täytyy olla enimmäkseen värillistä- tai valkobetonia, rapattuja tai slammattuja. Sävyiltään niiden tulee olla vaaleita. (Vuosaari 2000, 4.)

Mielestäni uudelleen käytöstä tekee haastavaa myös se, että uusiokäyttöä varten olevan kohteen pitäisi olla tiedossa ennen vanhan kohteen purkutyön aloittamista. Rakennuspurkutyön tekee yleensä erillinen purku-urakointiin erikoistunut yritys, joskus myös rakennusliike. Muutoin tiiliseinäpaloja pitäisi pysyttyä varastoimaan joko purkutyömaalla tai mahdollisesti lähialueella sijaitsevalla yhteistyössä toimivalla betonielementtitehtaalla niin kauan kunnes uusiokäyttökohde on tiedossa. Etäisyys lähimpään tehtaaseen ei tosin ole välttämättä automaattisesti lyhyt eli tehdas voi sijaita esimerkiksi useiden kymmenien kilometrien päässä suhteessa purkukohteen sijaintiin. Vastaavasti tehtaalta voi olla matkaa uudiskohteen sijaintiin yhtä lailla.

Betonielementtitehtaan yhteistyö asiassa eli esimerkiksi varastointi ja tiilibetonielementin valmistaminen on näkemykseni mukaisesti hyvä myös varmistaa etukäteen. Tiiliseinäpaloja voinee joutua säilyttämään tehtaalla mahdollisesti tuntemattoman ajan. Mikäli tiiliseinäpalojen säilyttämisestä pitäisi maksaa esimerkiksi vuorokausivuokraa, niin hanke ei välttämättä ole enää kannattava. Lisäksi betonitehtaalla luodut uudet elementit täytyy saada uuteen rakennettavaan kohteeseen ehjinä niin siirron osalta kuin rakennuspaikalla erilaisilla nostureilla tehtävien nostojen aikana. Tiilibetonielementin täytyisi olla tehtaalle edullisempaa valmistaa tai vähintään yhtä edullista valmistaa kuin perinteisen betonielementin. Tällöin muun muassa purettavan kohteen purkamiseen liittyvät kustannukset eivät saisi nousta liian korkeiksi. Vanhojen seinien purkaminen halutun kokoisina osina saattaa olla haasteellista ja aikaa vievää, mikäli rakennus on erityisen korkea tai mitoiltaan suuri. Jatkoa ajatellen ideana on se, että tehdas tai tehtaat ottaisivat tiilibetonielementin tuotannon betonielementtien rinnalle.

## 5.2 Kierrätettyjen tiiliseinäpalojen hankinta

Kierrätettävä rakennusmateriaali olisi hyvä onnistua purkamaan uudisrakennusta varten ns. elementteinä, joiden koko voi vaihdella. Timanttisahaus on yksi vaihtoehto tiilipalojen saamiseksi seinästä elementteinä. Ne pitäisi myös pystyä pitämään ehjinä sekä purkutilanteen jälkeen, että betonielementtitehtaalteelle siirron aikana. Tällöin purettavan rakennuksen tiiliä sitovan saumaustaastin täytyisi olla tarpeeksi vahvaa.

Timanttileikkauksessa käytettävät osat ovat teollisuustimantteja ja kovametalliseoksia (Rakennuspurku 2020). Timanttisahaukseen tarkoitettuja välineitä on monenlaisia. Käsivoimin käytettävissä olevia sahoja (kuva 10) ovat muun muassa sähkö-, hydraulii- ja polttomoottorikäyttöiset sahat, timanttivaijerisahat ja lisäksi pyörien avulla kulkevia holvisahat. Vaijerisahoilla sahattava syvyys on rajaton, pyöröteräsahalla on mahdollista sahata yli 50 cm:n syvyyteen (Uudenmaan Timanttisahaus ja -Poraus 2020.)



Kuva 10. Tiilipalojen leikkaus käsikäyttöisellä timanttisahalla Tanskassa. (Vanhat tiilijulkisivut moduuleina uuteen taloon 2018, 30)

Timanttisahausta käytetään kovien rakennusmateriaalien kuten tiilien, betonin tai asfaltin leikkaamiseen. Sahaus tehdään useimmiten pystysuoraan, esimerkiksi seinäosia leikatessa, mutta myös vinossa tai vaakatasossa olevia kohteita voidaan leikata. Timanttisahausten avulla kohdetta, esimerkiksi tiiliseinää voidaan irrottaa siistimmin, jättäen samalla leikkausalueen ympärillä oleva alue ehjäksi. Sahausten yhteydessä syntyy myös paljon pölyä, joten sen apuna käytetään monesti vettä, joka auttaa sekä pölynsidonnassa että terän

jäähdytyksessä (Rakennustapsa 2017.)

Useimmiten timanttisahaamalla leikataan seiniin aukkoja ikkunoita tai ovia varten ja tarvittaessa jo olemassa olevien aukkojen mittoja muutetaan eli aukot leikataan suuremmiksi. Sahausmenetelmällä voidaan toteuttaa myös muun muassa pilareiden ja palkkien katkaisu. Sitä käytetään ajoittain myös pienempien kohteiden korjaamiseen kuten elementin asennuspaikan mittojen suurentamiseen elementin asennuspaikan mittojen ollessa poiketessa alkuperäisistä kuvista. Vastaavasti myös elementin kokoa voidaan tarvittaessa muuttaa leikkaamalla sitä pienemmäksi. (Rakennustapsa 2017.)

### **5.3 Tiilijulkisivun uusiokäytöstä aiheutuvat kustannukset**

Arvioin kustannuksia seuraavanlaisen esimerkin avulla ja huomioin niissä vain tiiliverhoilun purkamisesta aiheutuvat kulut: neljäkerroksinen kerrostalo, joka on suorakulmaisen särmiön mallinen ja sen jokaisella neljällä sivulla on normaalikokoisella reikätiilellä, joka on 0,13 m leveä, tiiliverhoiltu julkisivu. Rakennuksesta tehtäviin laskelmiin ei ole huomioitu ovia ja ikkunoita. Jokainen kerros on korkeudeltaan kolme metriä, näin ollen kokonaiskorkeus on 12 metriä. Rakennus on 30 metriä pitkä ja 12 metriä leveä ja se puretaan kokonaan. Purkua varten rakennuksen ympärille on asennettu kauttaaltaan rakennustelineet, työn helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi. Rakennustelineitä kasaavat ja purkavat erilliset työntekijät, joita on kolme. Purkaminen suoritetaan timanttisahan ja kuormausnosturin avulla. Purkamiseen käytetään kolmen henkilön työpanosta, kaksi henkilöä suorittavat purkutyötä rakennustelineiltä ja yksi toimii maan tasalla käyttäen nosturia ja siirtäen tiilipalat esimerkiksi kuormalavojen päälle ja lastaamalla ne kuorma-auton lavalle.

Yksi pitkä sivu sisältää 29 kpl pystysuoria leikkauksia, koska esimerkissä on oletettu, että saumakohdat kuuluvat päätyseiniin. Yksi pitkä sivu sisältää 12 kpl vaakasuoria leikkauksia. Yksi päätysivu sisältää 13 kappaletta pystysuoria leikkauksia ja 13 kappaletta vaakasuoria leikkauksia. Tiilet irrotetaan 1 m x 1 m kokoisina tiilipaloina seinältä.

Tällöin leikkaus maksaa esimerkkinä olevan timanttisahaushinnaston seuraavasti: timanttisahausten hinta seinän paksuuden ollessa 0,11-0,15 m = 44,47

€/jm (juoksumetri). Oletuksena on, että timanttisahausta tehdään ylhäältä alaspäin, muutoin hinta on kaksinkertainen. (Uudenmaan Timanttiporaus Oy 2020.) Yhden aputyöntekijän hinta on 40 €/h (Uudenmaan Timanttiporaus Oy 2020).

Esimerkkirakennuksen kokonaispituus eli ympärysmitta on 84 m. Rakennustelineitä menee ko. kokoisen rakennuksen ympärille seitsemän kappaletta perustuen Skanska Oy:n vuokraamaan Perustelineiden kokoon, joka on 12 metriä pitkä ja 15 metriä korkea (Perusteline 15 x 12 m 2020). Rakennusammattimiehen keskimääräinen tuntipalkka on 37,50 €/h (Nopeutta rakennuskustannusten laskentaan! 2017).

Liitteenä 2 olevassa taulukossa on laskettu rakennustelineiden kasaamiseen kuluva aika työvuoroina (tv), rakennustelineiden kasauksen kustannukset euroina, rakennuksen purkamiseen kuluva aika ja kustannukset sekä rakennustelineiden purkamiseen kuluva aika työvuoroina ja kustannukset euroina esimerkin mukaisessa kohteessa (Heinolainen 2019, 24).

Esimerkin kokoisesta rakennuksesta tulee 1 008 tiiliseinäpalaa (liite 2). Tämän tiiliseinäpala- ja neliömetrimäärän mukaan rakennuksen kasaus ja purku kestävät molemmat yhdeksän työvuoroa, kukin kahdeksan tunnin mittaisina. Työvuorojen määrä on laskettu työntekijätuntia per neliömetri (tth/m<sup>2</sup>) laskukaavan mukaan kolmen työntekijän suorittamana. Tth tarkoittaa yhteen työsuoritukseen kuluvaa yhden tunnin pituista aikaa. Kokonaiskustannuksiksi rakennustelineiden osalta muodostuu täten 16 200 euroa. Varsinaista timanttisahausta suorittaa laskelmien mukaan vain yksi henkilö toisen henkilön ollessa avustamassa häntä telineillä. Lisäksi yksi henkilö hoitaa tiilten siirtoa maassa. Tällöin kustannuksiksi tulee kolmen henkilön työstä 56 921,24 euroa. Tiilten määrä tarvitsee 252:ta kuormalavaa ja näin ollen niiden siirtämisessä käytetään seitsemää ajoneuvoyhdistelmää (Kalusto 2020). Kuljetusten kokonaiskustannuksiksi muodostuu esimerkissä käytetyn hinnaston mukaisesti 2 805,88 euroa. Kokonaishinnaksi tiiliseinäpalojen purkamiselle kertyy työmaalta esimerkin mukaisen 0-15 km siirtomatkan mukaisesti 80 678,12 euroa (Kuljetushinnasto 2020).

#### **5.4 Uuden tiilijulkisivuverhoilun kustannukset**

Uuden tiiliverhoilun kustannuksia arvioidaan edellisen luvun esimerkkikohteen mukaan liitteessä 3. Kyseessä on arvio ja lähteessä oleva tiiliseinä sisältää 26 kappaletta ikkunoita, 6 kappaletta ulko-ovia ja 8 nurkkaa, joten tulokset ovat vain suuntaa antavia.

Uusi muuraus tehdään rakennustelineiltä kahden työntekijän voimin. Telineet ovat samoja, kuin kohdassa 5.3 (Perusteline 15 x 12 m 2020). Uusia tiiliä tarvitaan laskelmien mukaan 42 336 kappaletta hinnan ollessa 0,78 euroa kappaleelta, jolloin hinnaksi tulee 33 022,08 €. Muurauslaastia tarvitaan 71 971,2 kilogrammaa. Tiilijulkisivun muuraus kestää 54 työpäivää, joten kustannuksiksi tulee 33 022,08 €. Laastin kustannukset ovat 18 137,70 €. Muurauksen kokonaiskustannuksiksi muodostui 130 755,78 €.

Tiiliverhoilun purkaminen on noin 50 000 euroa edullisempaa, kuin uuden tiiliverhoilun tekeminen. Uuden julkisivun tekeminen moduuleista verrattuna tiilimuuraukseen riippuu kierrätetyn tiilibetonielementin valmistus- ja asennuskustannuksista. Elementin valmistuskustannukset olivat luvun 5.5 mukaan 393,93 euroa 18 m<sup>2</sup>:n kokoiselle elementille, joka tekee 7090,74 euroa elementtiä kohden. Asennuskustannuksia ei ole määritetty tarkasti.

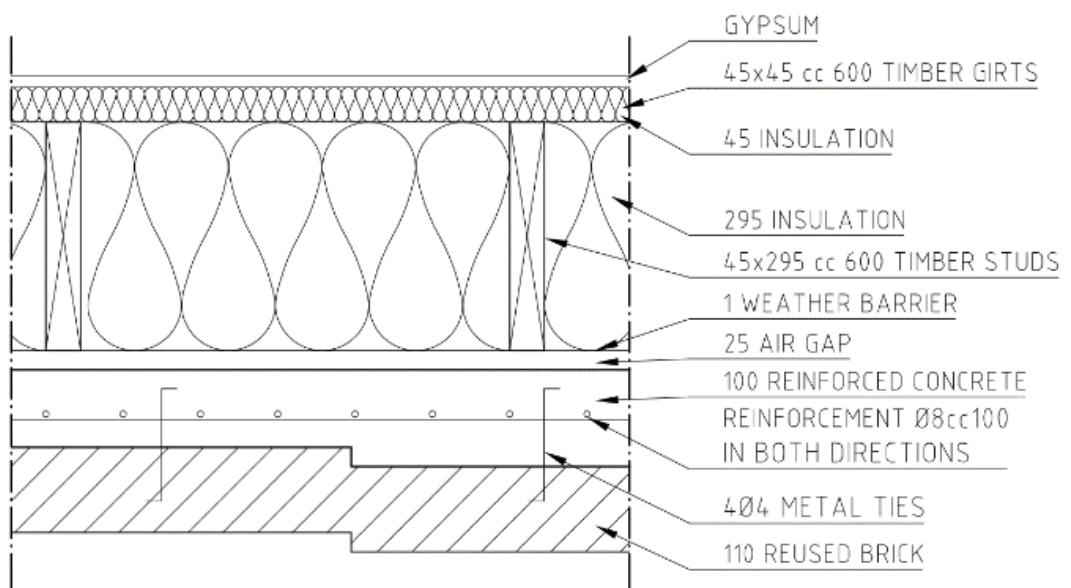
#### **5.5 Kierrätetyn tiilibetonielementin valmistaminen ja kustannukset**

Kierrätettyjä tiilibetonielementtejä tehtiin Tanskassa Lendager Groupin Ditte Lysgaard Vindin mukaan sandwich-elementtien tapaan (Simola 2020, 6). Elementtejä tehtiin kuvan 11 kaltaisesti laittamalla neliömetrin (1 m x 1 m) kokoisia tiiliseinäpaloja teräskehikkoon (Vanhat tiilijulkisivut moduuleina uuteen taioon 2018, 29). Lisäksi sinne sijoitettiin metallisiteitä, joiden jälkeen tiilipalojen päälle laitettiin 100 millimetrin kerros betonia sisältäen molempiin suuntiin olevat 8 millimetrin raudoitukset 100 millimetrin jaolla. Rakenteeseen lisättiin myös lämmöneristeet puurakenteen sekaan. Tiilipaloissa oli joitakin halkeamia Lendager Groupin tietojen mukaan, jotka paikattiin laastilla, mutta niitä ei ollut kovin paljon. Ympäristönäkökulma pääsee myös esille, sillä laastin käyttö vähenee uudelleen käytön myötä. (Gustafsson 2019, 14.)



Kuva 11. Kierrätetyn tiilibetonelementin valmistaminen. (Gustafsson 2019, 15)

Ohessa alapuolella näkyy kuvassa 12 kierrätetyn tiilibetonelementin rakennetyyppi. Se koostuu ylhäältä alaspäin tultaessa seuraavasti: kipsilevystä, 45 mm x 45 mm:n koolaustuista ja 45 mm:n eristeestä. Lisäksi siinä on 45 mm x 295 mm pystypuut 600 mm:n jaolla ja 295 mm:n paksuisilla eristeillä sekä höyrinsulkumuovi ja 25 mm:n ilmarako. Lopuksi siihen tulee vielä 100 mm:n paksuinen betonikerros yhdessä vaaka- ja pystysuuntiin olevien 8 mm:n paksuisten raudoitusten kanssa sekä sidelangat ja 110 mm:n paksuiset kierrätetyt tiilipalat. (Gustafsson 2019, 15.)



Kuva 12. Kierrätetyn tiilibetonelementin rakenne. (Gustafsson 2019, 15)



Resurssitalojen tiilipalojen purkuaika neljän neliömetrin eli neljän tiilipalan osalta kahden työntekijän tekemänä vaihteli yhdestä tunnista kahdeksaan tuntiin. Tästä muodostui kustannuksiksi 66,18 euroa per tunti yhden työntekijän osalta. (Valuuttamuunnin ja laskuri, 2020.) Yksi neliömetri sisälsi 52 tiiltä. (Gustafsson 2019, 15.) Kustannuksiksi kertyi 0,28 – 2,53 euroa tiiltä kohden (Valuuttamuunnin ja laskuri, 2020). Työn edistymiseen vaikuttivat merkittävästi veden ja sähkön saanti sekä purettavan kohdan sijainti. Purkutoimenpiteitä varten sähkön ja veden saatavuudesta täytyi varmistua etukäteen. (Gustafsson 2019, 16.) Kokonaishinnaksi tiilipalojen irrottamiselle tuli 14,62 – 131,24 euroa (Valuuttamuunnin ja laskuri, 2020). Purkukohteeseen pääsy oli ajoittain haastavaa, sillä niiden ympärillä olevan alueen maasto oli paikoin jyrkkää ja lisäksi niissä oli pensaikkoja ja puita. Lendager Groupin mukaan neljän tiilipalan purkuun menevää aikaa kahden työntekijän voimin on mahdollista minimoida yhteen tuntiin. (Gustafsson 2019, 16-17).

Tiilipalat kuljetettiin ajoneuvoyhdistelmillä Thisted-Fjerritslev Cementvarefabrik A/S:n betonielementtitehtaalle. Ne lastattiin kuormalavoille siten, että yhdelle kuormalavalle laitettiin neljä tiilipalaa ja yhdellä kuljetuksella siirrettiin 32 kuormalavaa. Tiilipaloja oli yhteensä 128 kappaletta. Tavallinen sandwich-tiililaatatbetonielementti on AG Gruppen A/S:n mukaan edullisempi kuin kierrätetty tiilibetonielementti. Kierrätetyn tiilibetonielementin kustannukset eivät sisältäneet tiilipalojen muottiin asettamista tai tiilipaloja. Hinnaksi sille muodostui Thisted-Fjerritslev Cementvarefabrik:n tietojen perusteella 393,71 euroa neliömetriä kohden elementin koon ollessa 18 m<sup>2</sup> (Gustafsson 2019, 16.)

Lendager UP on vastuussa Resurssitalojen käytettyjen kierrätettyjen tiilipalojen laadusta. Se ottaa vastuun materiaalien kelpoisuudesta yleensä muutenkin, ainakin Lendager Groupin mukaan. Resurssitalohankkeessa materiaalien kiertokulun mahdollisuuksia ja tietoisuutta niistä haluttiin korostaa, Lendager Group totesi. (Gustafsson 2019, 16.)

Kierrätettyjä tiilibetonielementtejä on asennettu Tanskassa ainakin torninostureiden avulla, kuten kuvassa 13 (Stort og ekte gjenbruksprosjekt 2018). Suomessa näiden asentamisesta ei ole tiedettävästi vielä kokemusta.



Kuva 13. Tiilibetonelementin nostaminen ja asentaminen Tanskassa. (Stort og ekte gjenbruksprosjekt 2018)

## 6 TUTKIMUS

Tutkimus tehtiin empiirisenä tutkimuksena, joka tässä työssä toteutettiin liitteenä 1 olevan kyselylomakkeen avulla. Se laadittiin tätä tutkimusta varten. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää vastaus tutkimusongelmaan, olisiko vanhoille tiilijulkisivuille uusiokäyttömahdollisuuksia moduuleina rakennuksissa? Kyselylomake suunnattiin Suomessa toimiville ja päätoimipaikkaansa pitävillä betonituotteiden hybridivalmistajille eli valmistajille, jotka sekä valmistavat, että asentavat betonijulkisivuelementtejä asuntotuotantoon.

### 6.1 Tietojen kerääminen

Koska hybridiyrittäjistä ei ole olemassa valmista listaa, aloitettiin tutkimukseen valittavien yritysten tietojen keräys kaikista Suomessa betonituotteita valmistavista yrityksistä. Lista saatiin Suomen Asiakastieto Oy:n yritystietokannasta ja se sisälsi 183 yritystä (Kukkonen 2020). Listalla mainittujen yritysten lisäksi internetin hakukoneiden kautta löytyi kaksi yritystä, jotka otettiin mukaan. Näin ollen yrityksistä oli yhteensä 185 kappaletta. Näistä karsittiin pois ne, jotka eivät valmistaneet betonijulkisivuelementtejä internet-sivujensa mukaan. Jäljellä jää-

neistä yrityksistä poistettiin lisäksi ne, jotka eivät asenna niitä ja tämä varmistettiin puhelimitse kysymällä asiaa ennen kyselyn tekemistä.

## **6.2 Tutkimuksen suorittaminen**

Tutkimus suoritettiin 7.-20.4.2020 välisellä ajalla. Tiedot tutkittavan asian osalta kerättiin kokonaisotantana ottamalla yhteyttä puhelimitse kaikkiin perusjoukon yrityksiin. Perusjoukolla tarkoitetaan kaikkia Suomessa toimivia hybridirytyksiä, jotka valmistavat ja asentavat betonijulkisivuelementtejä. Heille yritettiin soittaa kaksi-kolme kertaa yritystä kohden. Varsinainen haastattelu tehtiin vain, mikäli yrityksen yhteyshenkilö suostui kyselyn tekoon. Kunkin yrityksen osalta kyselyyn vastasi yksi henkilö.

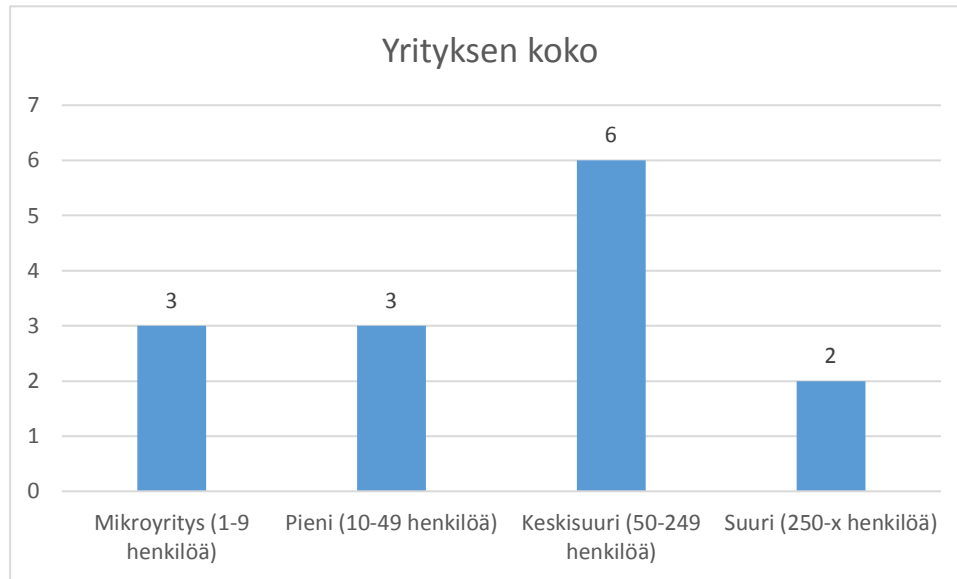
## **7 TUTKIMUSTULOKSET**

Tässä luvussa analysoidaan hybridibetonielementtitehtaille eli betonielementtejä valmistaville ja niitä asentaville yrityksille kohdistetun kyselylomakkeen aineistoja. Kyselylomake (Liite 1) sisältää 18 kysymystä, joista valtaosaan vastattiin Likertin viisiportaisella asteikolla. Vastaukset taulukoineen ja niiden analyysineen ovat alla olevissa alaluvuissa kysymyslomakkeen kysymysten mukaisessa numerojärjestyksessä. Tutkittavia yrityksiä oli yhteensä 185 kappaletta, joista 113 tavoitettiin. Kyselyyn osallistuneita yrityksiä on yhteensä 13-14 kappaletta, sillä yksi vastaajista vastasi vain kahdeksaan ensimmäiseen kysymykseen.

### **7.1 Yrityksen koko**

Kyselyyn vastanneita yrityksiä oli taulukon 4 mukaan kaikissa kyselyn vaihtoehtoina olleissa kokoluokissa ja niiden määrä jakautui mikroyritysten, pienten ja suurten yritysten kesken varsin tasaisesti ollen mikroyritysten ja pienten yritysten osalta molemmissa kolme kappaletta (21 %) ja suurten yritysten osalta kaksi kappaletta. Keskisuuret yritykset (50-249 henkilöä) erottautuivat joukosta, sillä niiden kokonaismäärä oli kuusi kappaletta (43 %). Se oli noin kaksinkertainen verrattuna muihin kokoluokkiin.

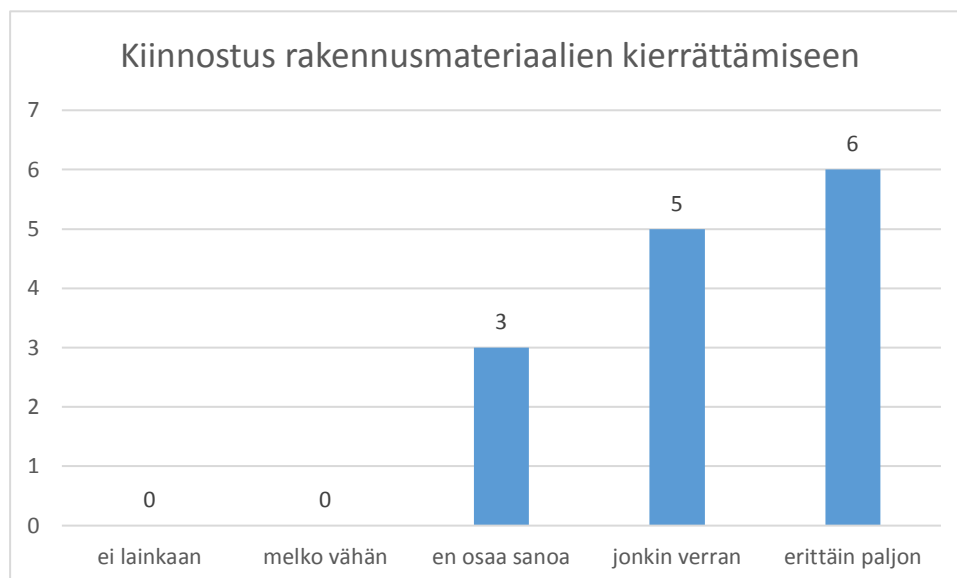
Taulukko 4. Yrityksen koko (Forsell 2020)



## 7.2 Kiinnostus rakennusmateriaalien kierrättämiseen

Kysymykseen, ”Kuinka kiinnostuneita olette rakennusmateriaalien kierrättämisestä?” 11 vastaajaa (79 %) ilmoitti olevansa kiinnostuneita asiasta jonkin verran tai erittäin paljon. Loput kolme vastaajista eivät osanneet sanoa kantaansa asiaan. Vastaajat olivat siis selkeästi kiinnostuneita kierrättämisestä taulukon 5 mukaan.

Taulukko 5. Kiinnostus rakennusmateriaalien kierrättämiseen. (Forsell 2020)

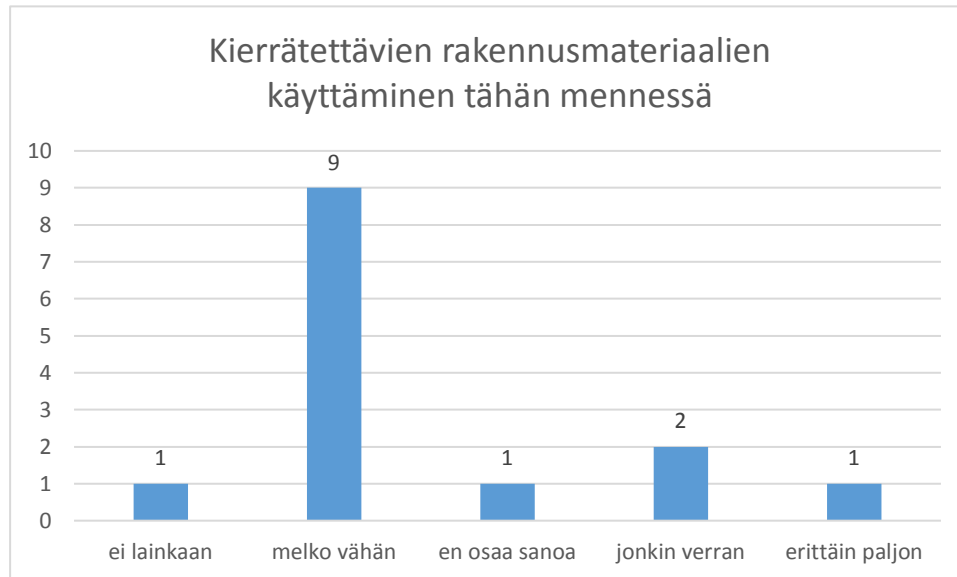


## 7.3 Kierrätettävien rakennusmateriaalien käyttäminen

Seuraavaksi vastaajilta kysyttiin kierrätettävien rakennusmateriaalien käyttämisestä tähän mennessä. Taulukossa 6 näkyvä selkeä enemmistö vastaajista,

yhdeksän yritystä (64 %), kertoivat käyttäneensä kierrätettäviä rakennusmateriaaleja melko vähän. Muiden vastausvaihtoehtojen osalta yritykset jakautuivat melko tasaisesti kaikkiin vaihtoehtoihin prosenttiosuuden ollessa 7-14 %.

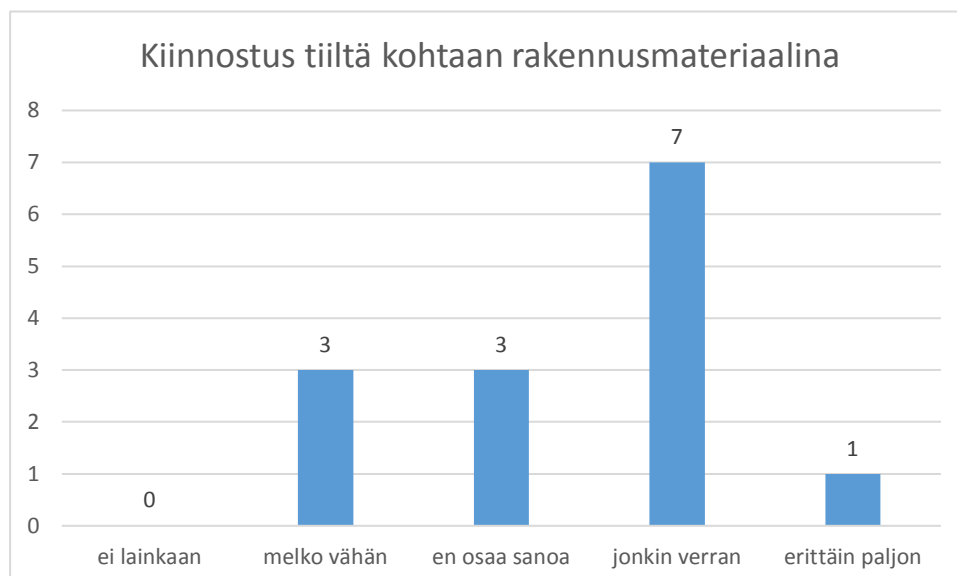
Taulukko 6. Kierrätettävien rakennusmateriaalien käytön määrä tähän mennessä. (Forsell 2020)



#### 7.4 Kiinnostus tiiltä kohtaan rakennusmateriaalina

Yli puolet vastaajista (57 %) kertoi olevansa jonkin verran tai erittäin paljon kiinnostuneita tiilestä rakennusmateriaalina. Vajaa puolet vastaajien kokonaismäärästä (43 %) ei osannut sanoa kantaansa tai olivat melko vähän kiinnostuneita tiilestä rakennusmateriaalina. Yrityksiä, jotka eivät ole ollenkaan kiinnostuneita tiilestä, ei ollut yhtään taulukon 7 mukaan.

Taulukko 7. Kiinnostus tiiltä kohtaan rakennusmateriaalina. (Forsell 2020)



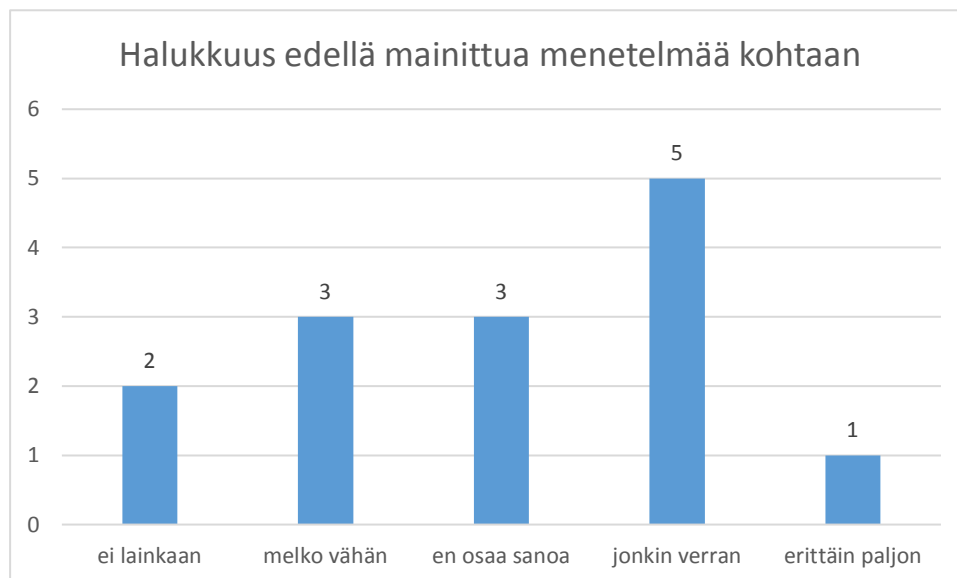
## 7.5 Tiiliverhoiltujen julkisivujen uudelleen käyttö tiilibetonielementtinä

Kysymykseen, ”Oletteko kuulleet Tanskasta lähtöisin olevasta mallista eli ajatuksesta purkaa tiiliverhoillut julkisivut ”elementteinä”, esimerkiksi kokoluokassa 1 m x 1 m ja käyttää niitä uudelleen tiilibetonielementiksi valmistettuna uudisrakennuksissa?” Vastausvaihtoehtoina olivat emme ole kuulleet ja olemme kuulleet. Lisäksi selvitettiin, jos olette kuulleet, niin mistä? Suurin osa yrityksistä eli 13 yritystä (93 %) vastasi kysymykseen, että ei ollut aiemmin kuullut tällaisesta ajatuksesta. Vain yksi kyselyyn vastanneista yrityksistä oli kuullut Tanskan mallista jossain vaiheessa ja oli huomionut asian rakennusalan lehdestä tai mainoksesta.

## 7.6 Halukkuus kokeilla edellä mainittua menetelmää

Vastaajilta kysyttiin myös, ”Kuinka halukkaita olisitte kokeilemaan edellä mainittua menetelmää?” Taulukkoon 8 vastauksia tuli kaikkiin vastausvaihtoehtoihin. Yrityksistä viisi (35 %) oli jonkin verran kiinnostuneita kyseessä olevasta mallista. Vain yksi vastaaja oli erityisen kiinnostunut kokeilemaan Tanskan mallia. Kolme vastaajaa (21 %) eivät osanneet sanoa kantaansa kysymykseen ja kolme vastaajaa olivat melko vähän kiinnostuneita asiasta. Yrityksistä kaksi (14 %) eivät olleet lainkaan innostuneita uudesta menetelmästä.

Taulukko 8. Halukkuus edellä mainittua menetelmää kohtaan. (Forsell 2020)



### 7.7 Tiilibetonielementin valmistamiseen arviolta kuluva aika

Taulukkoon 9 on koottu vastaajien arviot 0,3 m x 3 m x 3 m kokoisen tiilibetonielementin valmistamiseen kuluva ajasta tunteita. Vastaukset jaettiin kahden tunnin välein oleviin luokkiin. Vastaustapa oli vapaa, jotta kysely ei vaikuttaisi arvioihin.

Taulukko 9. Kierrätetyn tiilibetonielementin, kooltaan 0,3 m x 3 m x 3 m, valmistamiseen arviolta kuluva aika. (Forsell 2020)

Aika (h)	Vastaajat (kpl)
3-4	3
5-6	1
7-8	2
9-10	3
11-12	3
13-14	0
15-16	1
en osaa sanoa	1

Kolmen vastaajan (21 %) arviot tiilibetonielementin valmistamiseen kuluva ajasta olivat välillä 3-4 tuntia. Yksi vastaaja (7 %) arvio ajan olevan 5-6 tuntia. 7-8 tuntia aikaa valmistamiseen arvioi kuluva kaksi vastaajaa (14 %). Sekä luokkiin 9-10 tuntia, että 11-12 tuntia vastasi molempiin kolme yritystä per luokka. Yksi vastaaja harkitsi valmistamiseen kuluva 15-16 tuntia, samoin yksi vastaaja ei osannut sanoa valmistamiseen kuluva arvioitua aikaa.

### 7.8 Arvio kierrätetyn tiilibetonielementin kustannuksista

Kysyttäessä vastausta edellä mainitun kokoisen tiilibetonielementin valmistamisen kustannuksista ilman arvonlisäveroa, vastaus oli vapaa. Euromääräiset vastaukset ovat luokiteltu 500 euron välein alla olevaan taulukkoon 10.

Taulukko 10. Edellä mainitun kokoisen kierrätetyn tiilibetonielementin valmistamisen kustannukset. (Forsell 2020)

Kustannukset (ei sis. alv)	Vastaajat (kpl)
0-499	1
500-999	0
1000-1499	3
1500-1999	3
2000-2499	2
2500-2999	0
3000-3499	1
en osaa sanoa	4

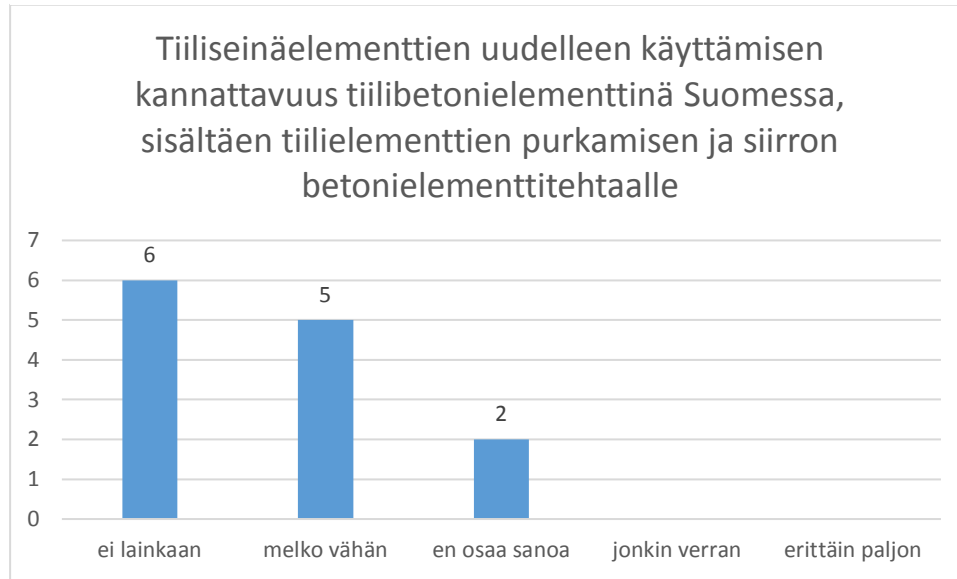
Vastaukset tiilibetonielementin valmistamisen kustannuksista jakautuivat hyvin paljon, tarkkojen summien ollessa välillä 121-3000 euroa ilman arvonlisäveroä. Yksi vastaajista ilmoitti kustannukseksi poikkeuksellisesti 121 euroa vastauksen sisältyessä pienimpään luokkaan 0-499 euroa. Kolme vastaajaa (21 %) puolestaan ilmoitti kustannusten olevan välillä 1000-1499 euroa. Lisäksi kolmen vastaajan (21 %) mielestä kustannukset asettuivat 1500 ja 1999 euron välille. Kaksi yritystä ilmoitti kustannuksiksi 2000-2499 euroa ja yhden yrityksen arvion mukaan kustannukset kohoavat 3000-3499 euroon. Neljä vastaajaa (29 %) ei osannut sanoa kantaansa.

### 7.9 Tiiliseinäelementtien uudelleen käyttämisen kannattavuus

Tästä kysymyksestä eteenpäin vastaajia on vain 13 yhteensä, koska yksi vastaaja joutui lopettamaan kyselyyn vastaamisen kesken. Enemmistö eli kuusi kappaletta vastaajista (46 %) eivät kokeneet taulukon 11 mukaan kierrätettävien tiilibetonielementtien käytön olevan lainkaan kannattavaa Suomessa ottaen huomioon purkamisesta ja siirrosta aiheutuvat kustannukset. Viisi vastaajaa oli samoilla linjoilla, ilmoittaen tiiliseinäelementtien uudelleen käyttämisen kannattavuuden melko vähäiseksi. Vastaajista kaksi ei osannut sanoa kantaansa asiaan. Tiilten käyttämistä uudelleen kierrätettäväksi tiilibetonielementiksi kukaan vastaajista ei pitänyt jonkin verran tai erittäin kannattavana.



Taulukko 11. Tiiliseinäelementtien uudelleen käyttämisen kannattavuus tiilibetonelementtinä Suomessa, sisältäen tiilielementtien purkamisen ja siirron betonelementtitehtaalle. (Forsell 2020)



### 7.10 Kierrätettävien tiilielementtien siirtomatka

Yrityksiltä selvitettiin myös ”Kuinka pitkä kierrätettävien tiilibetonelementtien siirtomatka betonelementtitehtaalle saisi mielestänne enintään olla?” Vastauksia toivottiin kilometreissä. Vastauksia tuli kuitenkin hyvin avoimesti ja vastaukset luokiteltiin taulukkoon 12 mahdollisimman selkeästi.

Taulukko 12. Kierrätettävien ”tiilielementtien” siirtomatka enimmillään betonelementtitehtaalle. (Forsell 2020)

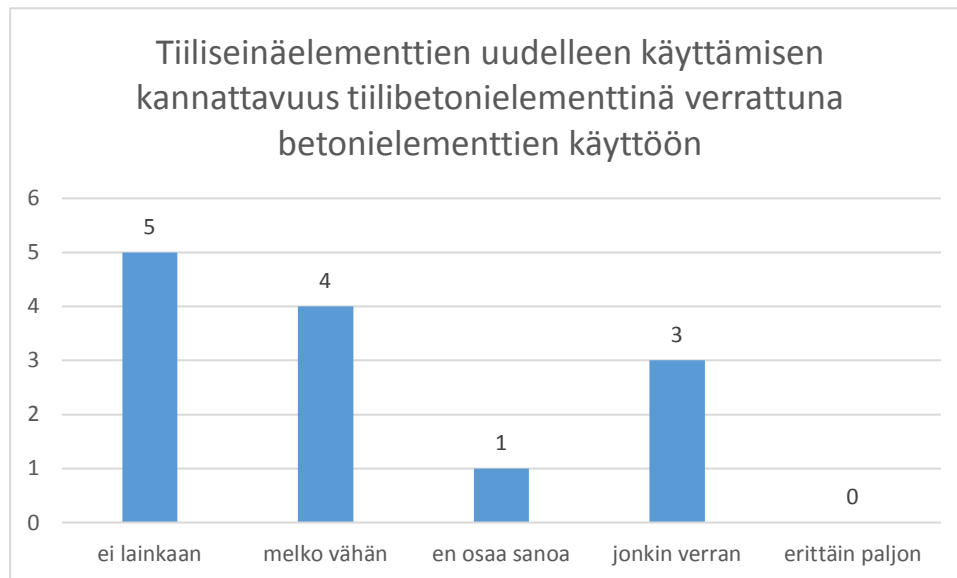
Matka (km)	Vastaajat (kpl)
0-99	3
100-199	4
200-299	1
300-399	2
siirtomatalla ei ole merkitystä	2
en osaa sanoa	1

Taulukossa 12 ensimmäiseen luokkaan 0-99 kilometriä, sijoittui kolme vastausta (23 %), joista kaksi annettiin kilometreissä ja yksi oli ”niin lyhyt kuin vain voi olla”. Neljä vastaajaa (31 %) ilmoitti, että siirtomatka saa olla enintään 100-199 kilometriä. Yksi yritys sanoi siirtomatkan enimmäispituudeksi 200-299 kilometriä. Kaksi vastaajaa ilmoitti siirtomatkaksi maksimissaan 300-399 kilometriä. Lisäksi kaksi kyselyyn osallistunutta yritystä sanoi, että siirtomatalla ei ole merkitystä. Yksi vastaaja ei osannut sanoa mielipidettään asiaan.

### 7.11 Kierrätettyjen tiilibetonelementtien käytön kannattavuus

Kierrätettyjen tiilibetonelementtien kannattavuus verrattuna betonelementtien käyttöön (taulukko 13) aiheutti vastauksissa hieman hajontaa. Joskin erittäin kannattavaksi asiaa ei kokenut yksikään vastaaja ja jonkin verran kannattavaksi asian koki yli viidesosa (23 %) vastaajista. Vastaavasti neljä vastaajaa koki käytön olevan melko vähän kannattavaa. Toisaalta yli yksi kolmasosa (38 %) ei kokenut kierrätettyjen tiiliseinäelementtien käyttöä betonelementtien käyttöön verrattuna lainkaan kannattavaksi.

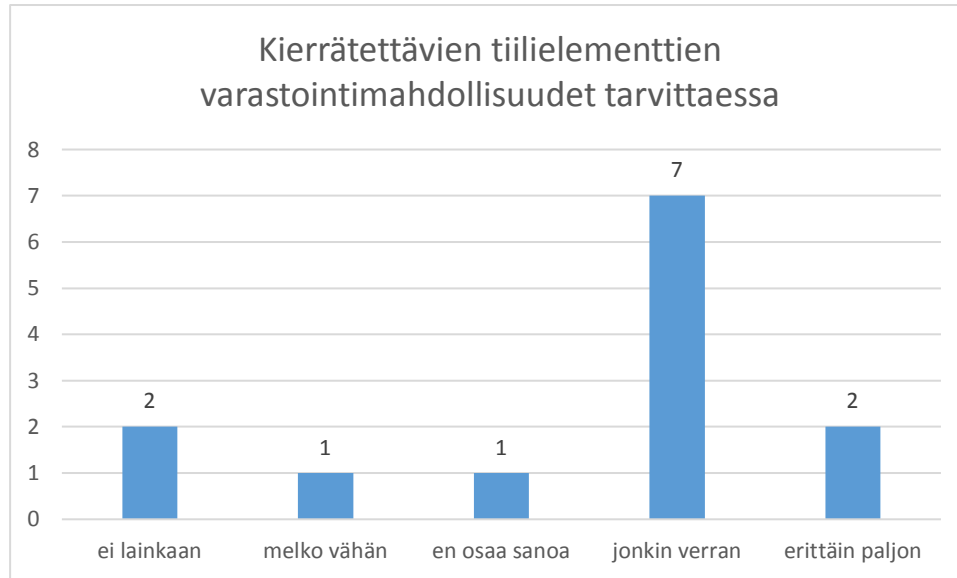
Taulukko 13. Kierrätettyjen tiilibetonelementtien käytön kannattavuus verrattuna betonelementtien käyttöön. (Forsell 2020)



### 7.12 Kierrätettävien tiilielementtien varastointimahdollisuudet

Yrityksillä on runsaasti kierrätettävien tiilielementtien varastointimahdollisuuksia tarvittaessa taulukon 14 mukaan. Noin kaksi kolmasosaa (69 %) vastasi, että heillä on mahdollisuus säilyttää tiilielementtejä jonkin verran tai erittäin paljon tiloissaan. Yksi vastaaja ei osannut sanoa kantaansa ja vain yksi ilmoitti, että varastointimahdollisuuksia on melko vähän. Pieni osa eli kaksi vastaajaa (15 %) kertoi, että heillä ei ole lainkaan varastointimahdollisuuksia.

Taulukko 14. Kierrätettävien tiilielementtien säilyttämisen varastointimahdollisuudet tarvittaessa. (Forsell 2020)



### 7.13 Halukkuus varastoida kierrätettäviä tiilielementtejä

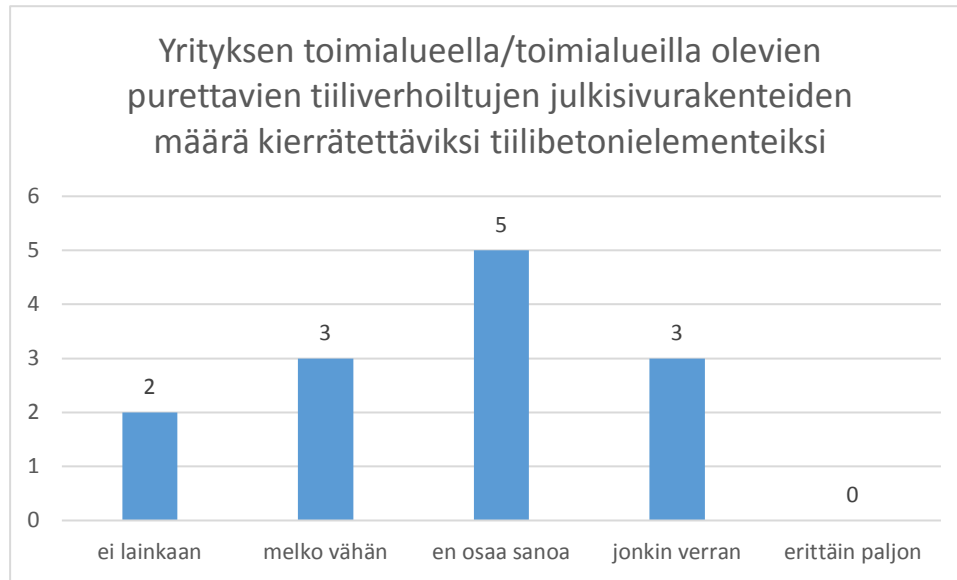
Kysymykseen ”Kuinka kauan olisitte enintään halukkaita varastoimaan kierrätettäviä ”tiilielementtejä” tiloissanne ennen niiden valmistamista kierrätettäviksi tiilibetonielementeiksi?” oli vapaamuotoinen vastausmahdollisuus. Yksi vastaajista ilmoitti, että ei ole ollenkaan halukas varastoimaan tiilielementtejä yrityksen tiloissa ennen niiden valmistamista tiilibetonielementeiksi. Toisaalta kaksi vastaajaa ilmoitti, että varastointiajan kestolla ei ole väliä. Näistä toinen ilmoitti, että ympäristöluvut saattavat vaikuttaa varastointiaikaan. Toinen taas lisäsi, että maksimivarastointiaika on vuoden verran tai sillä ei ole ollenkaan väliä. Yhden vastaajan mukaan varastointiaika saisi olla enimmillään kolme viikkoa ja yhden mukaan vastaavasti neljä viikkoa. Yksi vastaaja ilmoitti, että niitä voisi varastoida yhden kuukauden ajan, mikäli niitä valmistettaisiin aktiivisesti. Lisäksi yhden vastaajan mukaan tiilielementtejä voisi varastoida sisätiloissa hyvin pitkän ajan, mutta ulkotiloissa vain viikon verran. Noin kolmannes (31 %) vastaajista ilmoitti maksimivarastointiajan olevan enimmillään kaksi kuukautta. Eräs yritys mainitsi useita kuukausia kierrätettävien tiilielementtien enimmäisvarastointiajaksi.

### 7.14 Tiiliverhoiltujen julkisivurakenteiden riittävyys

23 %:n eli kolmen vastaajan mukaan (taulukko 15) yritysten toimialueella/toimialueilla oli melko vähän purettavia tiiliverhoiltuja julkisivurakenteita kierrätet-

täviksi tiilibetonielementeiksi. Kuitenkaan viisi vastaajaa (38 %) ei osannut sanoa kantaansa asiaan. Vastaajat, joiden mukaan purettavia julkisivurakenteita oli jonkin verran, on kolme. Kahden vastaajan (15 %) mukaan niitä ei ollut lainkaan.

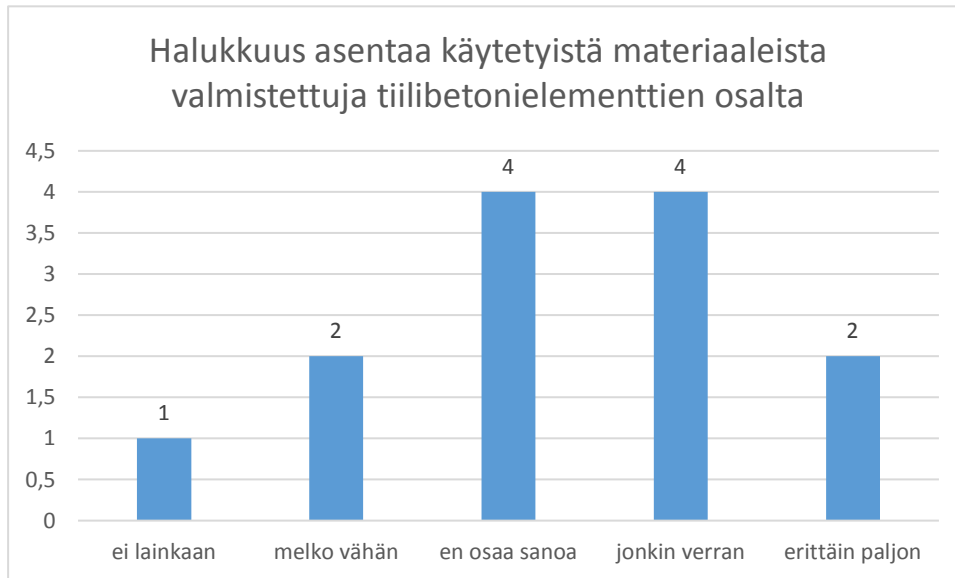
Taulukko 15. Yrityksen toimialueella/toimialueilla olevien purettavien tiiliverhoiltujen julkisivurakenteiden määrä kierrätettäviksi tiilibetonielementeiksi. (Forsell 2020)



### 7.15 Halukkuus asentaa kierrätettyjä tiilibetonielementtejä

Vastaukset halukkuudesta asentaa kierrätettyjä tiilibetonielementtejä (taulukko 16) jakautuivat kaikkien vastausvaihtoehtojen kesken. Lähes puolet (46 %) vastaajista ilmoitti olevansa halukkaita asentamaan tiilibetonielementtejä ja toisaalta neljä vastaajaa (31 %) ei osannut sanoa kantaansa. Vastaajista vain kaksi ilmoitti olevansa melko vähän halukkaita asentamaan niitä ja vain yksi vastaaja ei ollut lainkaan halukas asentamaan käytetyistä materiaaleista valmistettuja tiilibetonielementtejä.

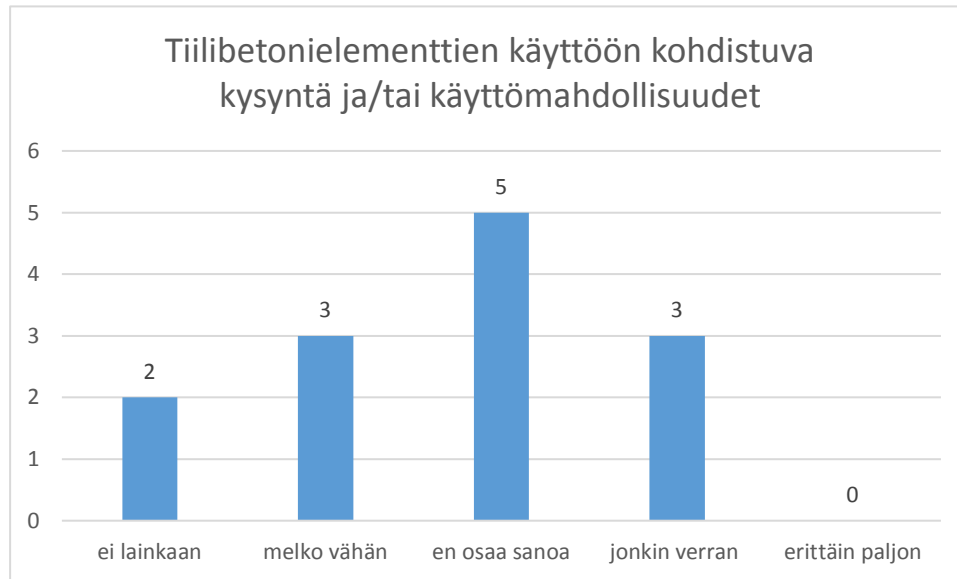
Taulukko 16. Halukkuus asentaa käytetyistä materiaaleista valmistettuja tiilibetonelementtejä. (Forsell 2020)



### 7.16 Tiilibetonelementtien uudelleen käytön kysyntä tai käyttömahdollisuudet Suomessa

Taulukon 17 mukaan kysymykseen, ”Kuinka paljon olisi mielestänne tiilibetonelementtien uudelleen käytölle kysyntää tai käyttömahdollisuuksia Suomessa?”, viisi vastaajaa (38 %) ei osannut sanoa mielipidettään. Kolme vastaajaa (23 %) ilmoitti kysyntää tai käyttömahdollisuuksia olevan jonkin verran ja toiset kolme vastaajaa melko vähän. Vastaajista kaksi ilmoitti, että tiilibetonelementeille ei ole lainkaan kysyntää tai käyttömahdollisuuksia Suomessa. Kukaan vastaajista ei nähnyt kierrätetyille tiilibetonelementeille erityistä kysyntää tai käyttömahdollisuuksia Suomessa.

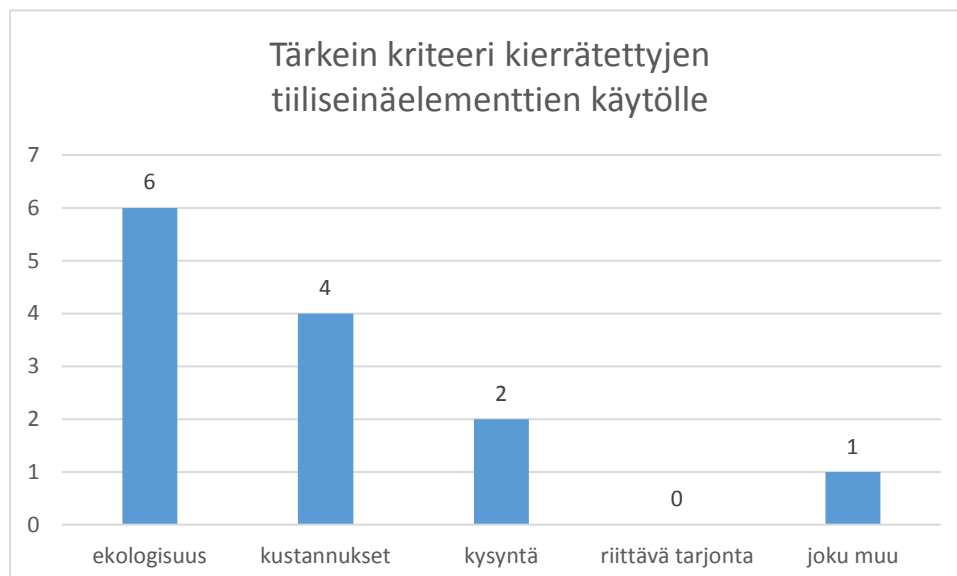
Taulukko 17. Tiilibetonelementtien uudelleen käytön kysyntä tai käyttömahdollisuudet. (Forsell 2020)



### 7.17 Tärkein kriteeri kierrätettyjen tiiliseinäelementtien käytölle

Lähes puolet vastaajista (46 %) piti ekologisuuksi tärkeimpänä kriteerinä kierrätettyjen tiiliseinäelementtien käytölle taulukon 18 mukaan. Vastaajista noin yksi kolmasosa (31 %) koki kustannusten olevan tärkein kriteeri. Sen sijaan yhtenä vastausvaihtoehtona olevaa kysyntää piti tärkeimpänä vain kaksi vastaajaa. Toisaalta riittävä tarjonta vaihtoehtoon ei vastannut yksikään vastaaja. Yksi vastaaja vastasi joku muu, mikä -kohtaan vastauksen ollessa: ”jos arkkitehti haluaa johonkin erikoispaikkaan”.

Taulukko 18. Tärkein kriteeri kierrätettyjen tiiliseinäelementtien käytölle. (Forsell 2020)



### 7.18 Muut kommentit tiielelementtien uudelleen käytöstä

Kyselyn viimeiseen kysymykseen, ”Mitä muuta haluaisitte kommentoida tiielelementtien uudelleen käytöstä?” oli vapaavalintainen vastautapa. Yksi vastaaja pohdiskeli paljon menetelmien toimivuutta eli, kuinka hyvin kaikki osat saadaan yhteen toistensa kanssa purkamisesta suunnitteluun ja edelleen uuden käyttökohteen löytämiseen. Yksi vastaaja ilmoitti, että ei osaa heti suoraan sanoa asiasta mitään, mutta asia kuulostaa ajatuksena järkevältä. Perusteena oli, että tiili on pitkäikäinen ja aikaa kestävä tuote. Eräs vastaajista totesi, että purkualan yritys voisi purkaa tiilet irtotiilinä, puhdistaa ne laastista ja myydä eteenpäin. Tällöin ne voitaisiin muurata uudestaan jossain toisessa kohteessa. Vastauksissa todettiin myös, että asia on kokeilemisen arvoinen, mutta vastaaja ei itse aio kokeilla tällaista. Yhdessä vastauksessa pohdittiin erityisesti tiilipalojen kuljettamista eli niiden saamista purkukohteesta tehtaalle irtotiilinä. Erään yrityksen edustaja ilmoitti, että esimerkiksi yliopiston ollessa halukas kokeilemaan malliseinäelementin valmistamista, häneen voi ottaa yhteyttä. Kyseinen vastaaja kertoi myös kierrätettyjen tiiliseinäelementtien voivan toimia muun muassa meluvalliseininä. Samoin ajatteli eräs toinen vastaaja, joka pohti kierrätettyjen tiiliseinäelementtien olevan mahdollisia myös esimerkiksi maatalousrakennuksissa. Eräällä kyselyyn osallistujalla ei ollut ylimääräistä lisättävää asiaan. Yksi vastaaja ilmoitti omaavansa yli 30 vuoden kokemuksen betonielementtitehtaalta, ja että tiilten käyttäminen uudelleen tiielelementteinä ei toimi. Samoin eräässä vastauksessa kerrottiin, että yritys ei ole halukas maksamaan kierrätettäviin tiiliseinäelementteihin liittyviä kustannuksia, eikä siten näe tätä tulevaisuudessa mahdollisena. Eräs vastaaja totesi, että asia voisi toimia hyvin, mikäli tiilipalat saadaan lähes suoraan tuotantoon niiden saapuessa tehtaalle, ja niille on jo uusi kohde tiedossa. Eräs yritys totesi, että tämä on hyvä idea. Yrityksen edustaja pohti samalla, kuinka hyvin tiiliseinäelementtien siirto elementtitehtaalle onnistuu ja kuka maksaa kokonaiskustannukset asian osalta. Yksi vastaaja totesi, että tiielelementeistä voisi rakentaa esimerkiksi pihapatioita vaaka-asennossa. Lisäksi tiiliseinäelementtejä voisi käyttää rakennuksen sisäänkäynnin edessä tai talon reunustalle asetettuna koristeena.

## 8 YHTEENVETO

Tutkimuksen tarkoituksena oli vastata tutkimuskysymykseen, olisiko vanhoille tiilijulkisivuille uusiokäyttömahdollisuuksia moduuleina rakennuksissa Suomessa? Työn aihetta ideoitiin Tanskan mallin osalta, jonka perusteella tehtiin kysely Suomessa betonijulkisivuelementtejä asuinrakennuksiin valmistaville ja asentaville yrityksille. Vastaajia oli eri puolilta Suomea kaikenkokoisista yrityksistä. Tanskassa rakennusmateriaalien kierrättäminen on hyvin yleistä, mutta myös Suomessa vastaajat ovat suurimmaksi osaksi hyvin kiinnostuneita siitä.

Tosin kyselyn mukaan suomalaiset yritykset eivät kuitenkaan ole toistaiseksi käyttäneet kovin paljon kierrätettyjä rakennusmateriaaleja. Poikkeuksena tähän oli yksi vastaaja, jonka yritys oli käyttänyt kierrätettyjä rakennusmateriaaleja erittäin paljon tähän mennessä. Kyseiseen vastaajaan oltiin yhteydessä vielä tutkimuksen teon jälkeen. Häneltä tarkennettiin vastauksen taustoja. Hän oli hyödyntänyt muun muassa suunnittelussa tapahtuneesta virheestä johtuvan liian korkean sandwich-mallisen tiililaattaelementin yläosat. Neljästä elementistä leikattiin timanttisahaamalla 0,6 m x 4 m kokoiset palat, jotka olisi muutoin laitettu jätteiden keräykseen. Vastaaja teki niistä asuinpaikkansa tontille tiililaattapintaiset aidat. Kierrätettyjen rakennusmateriaalien käyttämiselle onkin vielä paljon mahdollisuuksia.

Vanhoista tiiliseinistä saatuja tiilipaloja on tiedettävästi käytetty kierrättämällä uusiin asuinrakennuksiin ainakin Tanskassa, joten asiasta ei ole mittavaa kokemusta maailmalla. Vain yksi vastaajista oli aiemmin kuullut Tanskassa tehdystä kierrätetystä tiilibetonielementistä, joten tämä ei ole vielä kovin yleisesti tiedossa. Alle puolet vastaajista oli innostuneita kokeilemaan kierrätetyn tiilibetonielementin valmistamista. Tähän voi tietysti liittyä myös ennakkoluuloja esimerkiksi siltä osin, mikäli vastaajilla ei ole tietoa aiheesta. Monet vastaajista olivat kuitenkin kiinnostuneita kokeilemaan tiilibetonielementtien valmistamista, joten vastaajien olisi hyvä saada jatkossa lisätietoa menetelmästä.

Vuoden 2020 alusta voimaan tullut lakimuutos, jonka mukaan 70 % rakennusmateriaaleista täytyy kierrättää, ei ole välttämättä vielä ehtinyt vaikuttaa tämän kyselyn tuloksiin. Se voisi kuitenkin edesauttaa tiilten monipuolisempaa uudel-



leenkäyttöä. Vastaajista enemmistö oli kiinnostuneita tiilestä rakennusmateriaalina, joka voi kertoa siitä, että se saattaisi kiinnostaa myös kierrätettynä. Tämä voi johtua tosin myös siitä, että tiililaattapintaisille betonielementeille on ainakin jossain määrin kysyntää. Kyseinen elementti lienee lähimpänä kierrätettävää tiilibetonielementtiä.

Tiiltä voidaan ajatella olevan saatavilla, sillä sitä on käytetty runsaasti Suomessa julkisivuverhouksissa kuluneen 50 vuoden aikana. Kuitenkin vastaajien arviot saatavuuden osalta vaihtelivat jonkin verran, ja moni ei osannut ottaa kantaa asiaan. Toisaalta tiilirakentaminen on keskittynyt eri paikkakunnille tiiliruukkien myötä ennen teollista valmistamista. Tämä on voinut johtaa alueellisiin eroihin tarjonnassa, joka voi myös vaikuttaa siirtomatkoihin. Vastaajien mukaan tyypillisin kierrätettyjen tiilielementtien siirtomatka oli 100-199 kilometriä. Samalle välille sijoittuu myös uusien rakennusmateriaalien siirtomatkan pituus vuoden 2017 tietojen mukaan ollen 102 kilometriä.

Enemmistö vastaajista oli myös sitä mieltä, että kierrätettävien tiilibetonielementtien uudelleen käyttäminen ei ole lainkaan kannattavaa tai on vain vähän kannattavaa sisältäen tiiliseinäelementtien purkamisen ja siirron. Tanskassa tiilipalojen purkamiseen tiilielementteinä oli päädytty ainakin muurauslaastin vahvuuden takia, joten Tanskassa toimittiin rohkeasti ja ekologisuus edellä.

Työn pohjatiedoiksi yritettiin selvittää sähköpostitse Tanskassa Kööpenhaminan Orestad Sydin alueella kiertotaloushankkeessa mukana toimineilta yrityksiltä muun muassa mahdollisten pilottikohteiden määrää, kierrätetyn tiilibetonielementin valmistustapoja ja hieman myös taloudellista puolta. Vastauksia ei valitettavasti saatu. Kyselyn osalta tietoja 14:sta vastaajasta kustannusarvosta antoi 10 vastaajaa. Yhtä vastauksista ei kuitenkaan huomioida kustannusten keskiarvoa laskettaessa, koska se oli vain 150 euroa ja voisi vääristää tulosta. Tarkka keskiarvo 0,3 m x 3 m x 3 m kokoiselle tiilibetonielementille yhdeksän vastaajan osalta oli 1 821 euroa. Moodeja eli yleisimpiä vastauksia oli kaksi kappaletta. Yleisimmät vastaukset sijoittuivat 1000-1499 euron ja 1500-1999 euron välille. Betonielementin kustannuksiin verrattuna vastaajat eivät nähneet kierrätettyä tiilibetonielementtiä kovin kannattavana.

Ennakkoon voisi ajatella kustannusten olevan tärkein tekijä tiiliseinäelementtien uudelleenkäytölle, mutta vastaajat nostivat pienen enemmistön voimin ekologisuuden ykkösvaihtoehdoksi. He ovat näin ollen samoilla linjoilla myös tanskalaisten kanssa. On kuitenkin hyvä, että vastaajat arvostavat ekoluonnetta, sillä uskoisin kierrättämisen voimistuvan kaikkien rakennusmateriaalien osalta tulevaisuudessa.

Yritysten näkemykset vaihtelivat kierrätettyjen tiilibetonielementtien kysynnän tai käyttömahdollisuuksien osalta. Tuloksista kävi ilmi, että kierrätetty tiilibetonielementti on asiana uusi Suomessa ja jopa viisi vastaajaa 13:sta ei osannut sanoa, olisiko kierrätetyille tiilibetonielementeille kysyntää tai käyttömahdollisuuksia. Avointen vastausten perusteella uusiokäyttömahdollisuuksia voisi olla, mutta esimerkiksi kustannukset ja tiilten saanti mietitytti kyselyyn osallistuneita yrityksiä jonkin verran.

Elementtitekniikka kehittyy melko hitaasti, mutta sen kehittäminen ja soveltaminen myös kierrätettyjen materiaalien osalta voisi toimia. Ainakin betoni on saanut yleisen BES-järjestelmän avulla hyvin itsensä esille. Elementtitekniikan kehittäminen ja kehittyminen voivat olla keskeisessä roolissa myös kierrätetyn tiilibetonielementin kannalta. Hallintojärjestelmä voisi tukea paremmin kierrätettyjen rakennusmateriaalien käyttöä ja rakennusteollisuus voisi kehittää asiaa esimerkiksi ympäristöministeriön kanssa. Rakentaminen koostuu monen eri osapuolen yhteensovittamisista ja se on varmasti yksi tekijä, joka vaikuttaa asiaan. Kuten alkuperäisen BES-järjestelmän yhteydessä, niin suomalaiset betoniteollisuuden edustajat, arkkitehdit ja suunnittelijat voisivat tehdä ekskursiomatkoja Tanskaan tutustuakseen tiilibetonielementtirakentamiseen kierrätetyistä rakennusmateriaaleista. Kierrätettävien tiilibetonielementtien massatuotanto saattaisi tosin onnistua vain hetkittäin, koska purettavat kohteet voivat olla hyvin vaihtelevia rakennusmateriaalien osalta. Purettavien kohteiden löytyessä tilaaja onkin suuressa roolissa. Elementtitehtaille tämä on ensisijaisesti rinnakkainen tuotantotapa, koska materiaalia ei ole välttämättä koko ajan saatavilla.

Vastaajat arvioivat kierrätetyn tiilibetonielementin valmistusajaksi keskimäärin kahdeksan ja puoli tuntia. Yritysten vastaukset halukkuuteen varastoida kier-

rätettyjä tiiliseinäelementtejä tiloissaan ennen niiden valmistamista tiilibetonielementeiksi vaihtelivat kauttaaltaan. Yritykset ovat eri kokoisia ja niillä voi olla erilaiset tilat käytettävissä. Myös halukkuus asentaa käytetyistä materiaaleista valmistettuja tiilibetonielementtejä vaihteli. Vähän alle puolet vastaajista ajattelee mahdollisesti esimerkiksi, että yhtä lailla heille käy niin tiilibetonielementin, kuin betonielementin asentaminen. Neljä vastaajaa, jotka eivät osanneet sanoa kantaansa, saattoivat pohtia, onnistuuko asentaminen samalla tavalla, kuin betonielementtien asentaminen. Ne vastaajat, jotka eivät olleet lainkaan tai melko vähän halukkaita asentamaan niitä, eivät välttämättä olleet yhtä kiinnostuneita tiilestä rakennusmateriaalina, kuin muut vastaajat.

Tutkimus herättää kysymyksen, olisiko Suomeenkin mahdollista tehdä uusi asuinalue tai asuinalueita Tanskan mallin mukaisesti? Esimerkiksi Asunomessujen yhteydessä asiaa voisi esitellä ihmisille ja saada tietoisuutta edistettyä. Alustavasti kierrätetyn tiilibetonielementin käyttöä ajatellaan kerrostaloissa, mutta tuotannon suuntaamista myös pientaloille voisi harkita. Kuntien ja kaupunkien tulisi myös olla myötämielisiä mahdollistamalla monenlaisia rakennevaihtoehtoja, kuten Tanskassa.

Tutkimustuloksia voidaan hyödyntää kierrätettävien tiilibetonielementtien kehittämistyössä ja lainsäädännön kehittämisessä rakennusallalla ottaen entistä paremmin huomioon ekologisuuden. Lisäksi työ tekee aiheutta tutummaksi eri tahoille.

Tutkimuksen teossa olisi voinut edelleen tarkentaa kysymystä tiililaattapintaisen betonielementin valmistamisen kannattavuudesta suhteessa kierrätettyyn tiilibetonielementtiin. Tiililaattaelementti on vertailukelpoinen vaihtoehto elementtinä kierrätetyille tiilijulkisivubetonielementille. Jatkoa ajatellen voisi tutkia, miten tanskalaiset ovat saaneet eri toimijat mukaan hankkeeseen. Jatkossa voisi myös varmistaa, onnistuisiko kierrättävien tiiliseinäarakenteiden liittäminen osaksi BES-järjestelmää tai sen kaltaista järjestelmää. Lisäksi voisi tutkia, miten tiilen kierrättämistä rakennusmateriaalina voisi monipuolistaa.

Ratkaisua tutkimusongelmaan kysyttiin (taulukko 17) kysymyksellä ”Kuinka paljon olisi mielestänne tiilibetonielementtien uudelleen käytölle kysyntää tai käyttömahdollisuuksia Suomessa?”. Suurin osan vastaajista (38 %) ei osannut

sanoa kantaansa asiaan. Osa näki käyttömahdollisuuksia jonkin verran ja osa melko vähän tai ei lainkaan. Yksikään vastaaja ei nähnyt erittäin paljon käyttömahdollisuuksia. Asiaan ei ole välttämättä helppoa ottaa kantaa, koska niitä ei ole todennäköisesti vielä valmistettu suuremmassa mittakaavassa Suomessa. Vain yksi vastaajista oli kuullut Tanskan mallista ennestään. Tutkimusongelmaa on myös sivuttu monelta eri näkökannalta, kuten kierrätettyjen materiaalien yleisestä käytöstä ja kierrätettävän materiaalin saatavuudesta. Lisäksi kysyttiin vastaajien mielestä tärkeintä kriteeriä kierrätettyjen tiilielementtien käytölle.

Tutkimuksen luotettavuuden mittaamiseen käytetään validiteettia ja reliabiliteettia. Kun tutkimus on validi, se mittaa perusteellisesti sitä, mitä tutkimuksella haluttiin tutkia. Mittarin luotettavuutta ilmaiseva reliabiliteetti on korkea, mikäli tulos on toistettavissa. (Karjalainen 2015, 23.) Tämä tutkimus on validi, koska tutkimus on tehty huolellisesti ja siinä käytetty menetelmä antaa luotettavan tuloksen. Tutkimus vastaa monesta eri näkökulmasta tutkimusongelmaan, olisiko vanhoille tiilijulkisivuille uusiokäyttömahdollisuuksia moduuleina Suomessa. Tutkimuksen tulokset ovat toistettavissa tutkimuksen tekohetkellä ja tutkimus on siten reliabeeli.

## LÄHTEET

Betonielementtijulkisivut. 2020. Betoniteollisuus ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://betoni.com/arkkitehtisuunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/julkisivut/betonijulkisivujen-toteutusvaihtoehdot/betonielementtijulkisivut/> [viitattu 30.4.2020].

Betonijulkisivut. 2007. Helsinki: Betonikeskus ry.

Betonin valmistus. 2020. Betoniteollisuus ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-valmistus/> [viitattu 30.4.2020].

Elementtien asennus. 2020. Betoniteollisuus ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus> [viitattu 6.5.2020].

Gustafsson, J. 2019. Reuse of bricks, Analysis of challenges and potential in a multifamily residential project. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/257023/1/257023.pdf> [viitattu 16.5.2020].

Haara, T., Heikkilä, E., Johansson, K., Järvinen, M., Karkiari, T., Koivisto, M., Kunnassaari, E., Kuula, P., Lumme, P., Mannonen, R., Mantila, A., Matsinen, M., Mattila, J., Meriläinen, J., Merikallio, T., Niemi, S., Paukku, E., Petrow, S., Punkki, J., Tallbacka, K., Tepponen, P., Tikkanen, J., Toivonen, M., Valjus, J., Vasama, M., Virtanen, J. & Ålander, C. 2018. Betonitekniiikan oppikirja. 6. painos. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ry.

Heinolainen, P. 2019. Ratu 0485. Tiilimuuraus. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 12.4.2020].

Heiska, T. & Koskenvesa, A. 2010. Betonielementtien turvallinen asennus. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjQIYSmvrHpAhUDxqYKHR0eBvMQFjABegQIA-xAB&url=https%3A%2F%2Fwww.elementtisuunnittelu.fi%2FDownload%2F23634%2FBetonielementtien%2520turvallinen%2520asennus.pdf&usq=AOvVaw2XqKNITYVtctNwTGpuy2kr> [viitattu 6.5.2020].

Heng, K., Kankkunen, H., Koivunen, K., Mahlberg, M., Nurminen, A., Peippo, K., Salminen, T., Salo, E., Santala, T. & Tuominen, T. 1996. Elementtiteollisuuden automaatio. Teoksessa Laitinen, E. (toim.) Teollinen betonirakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy, 132-133.

Hytönen, Y. & Seppänen, M. 2009. Tehdään elementeistä, suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Helsinki: SBK-säätiö.

Häkkinen, A. 2018. Rakennusjätteiden kierrättämisessä valtavat mahdollisuudet. Artikkelii. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/> [viitattu 11.1.2020].

Jalonen, P., Korhonen, P., Mahlberg, M., Räisänen, J., Salminen, T., Sini-ranta, J., Tanskanen, J. & Vesterinen, T. 1996. Elementtien toimitus tarjouspyynnöstä asennukseen. Teoksessa Laitinen, E. (toim.) Teollinen betonirakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy, 46.

Kaila, P. 1997. Talotohtori, rakentajan pikkujättiläinen. 5. painos. Porvoo: WSOY.

Kalusto. 2020. Kuljetus A. Järvimäki Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.jarvimaki.com/kalusto/> [viitattu 18.4.2020].

Kangas, I., Hietala, J., Hyypöläinen, T., Pentti, M., Rajala, L., Rämö, J., Rautiainen, L., Pesonen, J., Haarti-Katajainen, J., Kiiras, J., Koivula, T. & Luhanka, J. 1998. Uudet betonijulkisivurakenteet. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Karjalainen, L. 2015. Tilastotieteen perusteet. 2. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.

Kivimäki, C. & Koistinen, L. 2012. RT 0406. Piikkaus, paikkaus, timanttiporaus ja -sahaus. PDF-dokumentti. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://kaakuri.finna.fi/> [viitattu 18.4.2020].

Kronlöf, A., Aapro, H., Leivo, M., Oja, P., Suikka, A. & Luhanka, J. 1998. Betonijulkisivujen materiaali- ja valmistustekniikka. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Kukkonen, H. 2020. Asiakkuuspäällikkö. Sähköpostiviesti 9.4.2020. Suomen Asiakastieto Oy.

Kuljetushinnasto. 2020. HB-Betoniteollisuus Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.hb.fi/media/kuvat/esitteet/hb-hinnasto2020\\_vedos.pdf](http://www.hb.fi/media/kuvat/esitteet/hb-hinnasto2020_vedos.pdf) [viitattu 18.4.2020].

Kuormalava. 2020. Nettipakkaus.fi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.nettipakkaus.fi/uudet-kuormalavat/177-kuormalava-800x1200-ispn-15-uusi-19x100-5kl.html> [viitattu 18.4.2020].

Laitinen, E. 1996. Betonirakentamisen talous. Teoksessa Laitinen, E. (toim.) Teollinen betonirakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy, 158.

Laitinen, T. 2017. Forecon Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.forecon.fi/tehdaanko-rakennukset-betonista-puusta-vai-teraksesta/> [viitattu 8.5.2020].

Lehtonen, K. 2018. Purkuprosessin parantamisella kohti purkujätteen kierrätystavoitteita. PDF-dokumentti. Päivitetty 5.4.2018. Saatavissa: <https://www.pohjois-karjala.fi/documents/33565/561393/Purkuprosessin%20parantamisella%20kohti%20purkuja%CC%88tteen%20kierra%CC%88tystavoitteita,%20Katja%20Lehtonen.pdf/edaca439-1fca-3f9f-8c27-0cbe0675594f> [viitattu 3.5.2020].

Lennartz, T. & Suonio, J. 1999. Tiilituotteet. Teoksessa Hulkkonen, T., Jokivirta, E. & Tiula, M. (toim.) Rakentajain kalenteri. 83. vuosikerta. Helsinki: Rakennustieto Oy, 417, 421.

Mattila, P. 1999. Muuraustyön suunnittelu ja toteutus. Teoksessa Hulkkonen, T., Jokivirta, E. & Tiula, M. (toim.) Rakentajain kalenteri. 83. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy, 422.

Muu hinnasto. 2020. Uudenmaan timanttiporaus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://timanttipora.us/hinnasto/muu-hinnasto> [viitattu 18.4.2020].

Nopeutta rakennuskustannusten laskentaan! 2017. Rakennustieto Oy. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5duD2RhbP/7jcKBNgPD/RT-kustannuslaskenta\\_esite.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5duD2RhbP/7jcKBNgPD/RT-kustannuslaskenta_esite.pdf) [viitattu 18.4.2020].

Opas rakennuksen purkajalle. 2020. Hanko, Inkoo, Raasepori Ja Siuntio. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.inkoo.fi/files/216/Opas\\_rakennuksen\\_purkajalle.pdf](https://www.inkoo.fi/files/216/Opas_rakennuksen_purkajalle.pdf) [viitattu 6.5.2020].

Perusteline 15 x 12 m. 2020. Skanska. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://skanskakonevuokraus.fi/tuote/perustelinekokonaisuus-15-x-12-m/> [viitattu 18.4.2020].

Pöytäkirja. 2015. Lemminkäinen, kunnanvaltuusto. PDF-dokumentti. Päivitetty 5.10.2015. Saatavissa: [https://lemi.fi/sites/default/files/images-and-pdf/kv04\\_05.10-ptk.pdf](https://lemi.fi/sites/default/files/images-and-pdf/kv04_05.10-ptk.pdf) [viitattu 3.5.2020].

Päätöksenteko. 2020. Museovirasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.museovirasto.fi/fi/tietoa-meista/paatöksenteko> [viitattu 12.4.2020].

Rakennusmateriaalien kierrätys, lajittelu ja uusiokäyttö tukee kestävästä kehitystä. 2019. Anpe Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 7.6.2019. Saatavissa: <https://www.anpe.fi/rakennusmateriaalien-kierratys-lajittelu-ja-uusiokaytto-tukee-kestavaa-kehitysta/> [viitattu 16.5.2020].

Rakennusmateriaalien uudelleen käyttö, kierrätys ja jätehuolto. 2013. Ympäristöhallinto. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Rakennusmateriaalien\\_tietopankki/Uudelleen\\_kaytto\\_kierratys\\_ja\\_jatehuolto](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Korjaustieto/Rakennusmateriaalien_tietopankki/Uudelleen_kaytto_kierratys_ja_jatehuolto) [viitattu 2.5.2020].

Rakennuspurku. 2020. Umacon Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.umacon.fi/fi/purkupalvelut/rakennuspurku> [viitattu 5.4.2020].

Rakennusvalvonta. 2020. Kouvola. WWW-dokumentti. Päivitetty 31.3.2020. Saatavissa: <https://www.kouvola.fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/rakennusvalvonta/> [viitattu 11.4.2020].

Rakentamistapaohjeet ja julkisten ulkotilojen suunnitteluohjeet. 2010. Arkkitehtuuritoimisto Sopanen-Svärd Oy. PDF-dokumentti. Päivitetty 19.5.2010. Saatavissa: [https://www.kouvola.fi/wp-content/uploads/2019/06/0010001\\_Haluktori\\_PDF.pdf](https://www.kouvola.fi/wp-content/uploads/2019/06/0010001_Haluktori_PDF.pdf) [6.5.2020].

RT 35-10840. 2005. Kalkkiahiekkatiilet. Rakennustietosäätiö RTS. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 1.3.2020].

Sandwich-julkisivut. 2010. Betoniteollisuus ry. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.2.2010. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwichjulkisivut> [viitattu 2.5.2020].

Siikanen, U. 2001. Rakennusaineoppi. 6. painos. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Simola, L-K. 2020. Arkkitehti Ditte Lysgaard Vind, Lendager Group: ”Kiertotalous on huikea mahdollisuus”. *Kivestä muuraamalla* 1/2020, 5-6.

Stort og ekte gjenbruksprosjekt. 2018. Byggmesteren. WWW-dokumentti. Päivitetty 2.10.2018. Saatavissa: <https://byggmesteren.as/2018/10/02/stort-og-ekte-gjenbruksprosjekt/> [viitattu 27.4.2020].

Suikka, A. 2011. Betoniteollisuus ry. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1103\\_45-49.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1103_45-49.pdf) [viitattu 10.5.2020].

Suomen virallinen tilasto (SVT): Tieliikenteen tavarankuljetukset. [verkkokoju-lukaisu]. ISSN=1798-2995. 2017, Liitetaulukko 10. Keskimääräinen kuljetusmatka ja kuormausaste kotimaan liikenteessä tavaralajeittain vuonna 2017. Helsinki. Tilastokeskus. WWW-dokumentti. Päivitetty 26.4.2017. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/kttav/2017/kttav\\_2017\\_2018-04-26\\_tau\\_010\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/kttav/2017/kttav_2017_2018-04-26_tau_010_fi.html) [viitattu 11.5.2020].

Suomessa vakiintuneet tiilikoot. 2020. Wienerberger. WWW-dokumentti. Päivitetty 30.6.2019. Saatavissa: <https://www.wienerberger.fi/inspiroidu-tiilesta/tiili-materiaalina/Tiilityypit.html> [viitattu 18.4.2020].

Talja, A. 2014. Rakennussuunnittelu uudelleen käyttöä ja kierrätystä varten. PDF-dokumentti. Päivitetty 5.2.2014. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2014/VTT-R-00736-14.pdf> [viitattu 6.5.2020].

Tiilen CE-merkinnät. 2020. Suomen Tiiliteollisuusliitto ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/tiilen-ce-merkinta/> [viitattu 1.12.2019].

Tiilen ja muurauslaastin menekki. 2020. Suomen Tiiliteollisuusliitto ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/tiili-muurauslaasti-menekki/> [viitattu 1.12.2019].

Timanttisahaus. 2017. Rakennustapsa Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 2020. Saatavissa: <https://www.rakennustapsa.fi/Timanttisahaus> [viitattu 26.1.2020].

Timanttisahaus. 2020. Uudenmaan Timanttiporaus Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://timanttipora.us/hinnasto/timanttisahaus> [viitattu 5.4.2020].

Timanttisahaus. 2020. Oy. Uudenmaan Timanttisahaus ja -poraus Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.uudenmaantimanttisahaus.fi/timanttisahaus-helsinki-espoo-vantaa-ja-muu-uusimaa> [viitattu 1.2.2020].



Valuuttamuunnin ja laskuri. 2020. Alma Media Oyj. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kauppalehti.fi/porssi/valuutat/valuuttamuunnin> [viitattu 16.5.2020]

Vanhat tiilijulkisivut moduuleina uuteen taloon. 2018. Kivestä muuraamalla. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2018/10/KM\\_2\\_2018.pdf](https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2018/10/KM_2_2018.pdf) [viitattu 18.4.2019].

Vuosaari. 2000. Aurinkolahden länsiosa. Rakentamistapaohje. 2000. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston kaavoitusosasto. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.hel.fi/hel2/ksv/Rakentamistapaohjeet/pdf/Vuosaari\\_Aurinkolahden\\_lansi\\_2000.pdf](https://www.hel.fi/hel2/ksv/Rakentamistapaohjeet/pdf/Vuosaari_Aurinkolahden_lansi_2000.pdf) [viitattu 6.5.2020].

6 Projects Showcasing the Dutch Obsession With Brick. 2020. Architizer. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/the-netherlands-builds-in-brick/> [viitattu 17.4.2020].

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Tiiliverhoilun uudelleen käyttö moduuleina Tanskassa. Forsell, A. 1.2.2020.

Kuva 2. Tiilipaloja irrotettuna ja odottamassa pois kuljetusta Tanskassa. Lendager, A. 2018. Instagram-julkaisu 2018. Saatavissa: <https://gramho.com/media/1695185367026089480> [viitattu 18.4.2019].

Kuva 3. Tiililaattapinnan ja luonnonkiven yhdistelmä julkisivuelementissä. Suikka, A. 2011. Betoniteollisuus ry. Saatavissa: [https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1103\\_45-49.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1103_45-49.pdf) [viitattu 11.5.2020].

Kuva 4. Vasemmalla näkyy lappeelleen asennetut tiilet Fort Cortina-yhtiön päätoimipisteen julkisivussa Amsterdamissa Hollannissa. Oikealla näkyy koko rakennus. 2020. Architizer. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://architizer.com/blog/inspiration/collections/the-netherlands-builds-in-brick/> [viitattu 30.4.2020].

Kuva 5. Kuvassa vasemmalla on peruskokoinen täystiili ja oikealla peruskokoinen reikätiili. Suomen Tiiliteollisuusliitto ry. 2019. Saatavissa: <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/tiilityypit/> [viitattu 28.12.2019].

Kuva 6. Vasemmalla puolella on normaalikokoinen reikätiili ja oikealla puolella on moduulireikätiili. Suomen Tiiliteollisuusliitto ry. 2019. Saatavissa: <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/tiilityypit/> [viitattu 28.12.2019].

Kuva 7. Kuvassa vasemmalla on normaalikokoinen kalkkihiekkatiili ja oikealla on moduulikokoinen kalkkihiekkatiili. Lennartz, T. & Suonio, J. 1999. Tiilituotteet. Teoksessa Hulkkonen, T., Jokivirta, E. & Tiula, M. (toim.) Rakentajain kalenteri. 83. vuosikerta. Helsinki: Rakennustieto Oy, 418.

Kuva 8. Kalkkihiekkatiili. Lennartz, T. & Suonio, J. 1999. Tiilituotteet. Teoksessa Hulkkonen, T., Jokivirta, E. & Tiula, M. (toim.) Rakentajain kalenteri. 83. vuosikerta. Helsinki: Rakennustieto Oy, 418.

Kuva 9. Vasemmalla tiilet 1/2 kiven limityksellä ja oikealla 1/3 limityksellä. Suomen Tiiliteollisuusliitto ry. 2019. Saatavissa: <https://www.tiili-info.fi/suunnitteluhjeet/ulkonako/> [viitattu 28.12.2019].

Kuva 10. Tiilipalojen leikkaus käsikäyttöisellä timanttisahalla Tanskassa. Vanhat tiilijulkisivut moduuleina uuteen taloon. 2018. Saatavissa: [https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2018/10/KM\\_2\\_2018.pdf](https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2018/10/KM_2_2018.pdf) [viitattu 18.4.2019].

Kuva 11. Kierrätetyn tiilibetonielementin valmistaminen. Gustafsson, J. 2019. Saatavissa: <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/257023/1/257023.pdf> [viitattu 16.5.2020]

Kuva 12. Kierrätetyn tiilibetonielementin rakenne. Gustafsson, J. 2019. Saatavissa: <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/257023/1/257023.pdf> [viitattu 16.5.2020]

Kuva 13. Tiilibetonielementin nostaminen ja asentaminen Tanskassa. Stort og ekte gjenbruksprosjekt. 2018. Päivitetty 2.10.2018. Saatavissa: <https://byggmesteren.as/2018/10/02/stort-og-ekte-gjenbruksprosjekt/> [viitattu: 27.4.2020].

## TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Rakennusmateriaalien käyttö rakennusten julkisivuissa Suomessa vuonna. Laitinen, T. 2017. Päivitetty 12.10.2017. Saatavissa:

<https://www.forecon.fi/tehdaanko-rakennukset-betonista-puusta-vai-teraksesta/> [viitattu 18.5.2020]

Taulukko 2. Yleisimpien poltettujen tiilien ja laastin menekit. Mattila, P. 1999. Teoksessa Pesonen, R. Adlercreutz, G. Angervuori, A. Holmlund, O. Matomäki, P. Pekkala, V. Pesonen, M. Söderholm, K. Tammirinne, M. Tiula, M. Jokivirta, E. & Hulkkonen, T. (toim.) Rakentajain kalenteri. 83. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy, 422.

Taulukko 3. Kalkkihiekkatiilien menekit. Mattila, P. 1999. Teoksessa Pesonen, R. Adlercreutz, G. Angervuori, A. Holmlund, O. Matomäki, P. Pekkala, V. Pesonen, M. Söderholm, K. Tammirinne, M. Tiula, M. Jokivirta, E. & Hulkkonen, T. (toim.) Rakentajain kalenteri. 83. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy, 423.

Taulukko 4. Yrityksen koko. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 5. Kiinnostus rakennusmateriaalien kierrättämiseen. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 6. Kierrätettävien rakennusmateriaalien käytön määrä tähän mennessä. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 7. Kiinnostus tiiltä kohtaan rakennusmateriaalina. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 8. Halukkuus edellä mainittua menetelmää kohtaan. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 9. Kierrätetyn tiilibetonielementin, kooltaan 0,3 m x 3 m x 3 m, valmistamiseen arviolta kuluva aika. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 10. Edellä mainitun kokoisen kierrätetyn tiilibetonielementin valmistamisen kustannukset. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 11. Tiiliseinäelementtien uudelleen käyttämisen kannattavuus tiilibetonielementtinä Suomessa, sisältäen tiilielementtien purkamisen ja siirron betonielementtitehtaalle. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 12. Kierrätettävien "tiilielementtien" siirtomatka enimmillään betonielementtitehtaalle. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 13. Kierrätettyjen tiilibetonielementtien käytön kannattavuus verrattuna betonielementtien käyttöön. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 14. Kierrätettävien "tiilielementtien" säilyttämisen varastointimahdollisuudet tarvittaessa. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 15. Yrityksen toimialueella/toimialueilla olevien purettavien tiiliverhoiltujen julkisivurakenteiden määrä kierrätettäväksi tiilibetonielementeiksi. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 16. Halukkuus asentaa käytetyistä materiaaleista valmistettuja tiilibetonielementtejä. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 17. Tiilibetonielementtien uudelleen käytön kysyntä tai käyttömahdollisuudet. Forsell, A. 20.4.2020.

Taulukko 18. Tärkein kriteeri kierrätettyjen tiiliseinäelementtien käytölle. Forsell, A. 20.4.2020.

## TIILIJULKISIVUJEN UUSIOKÄYTTÖMAHDOLLISUUDET MODUULEINA RAKENNUKSISSA

**Kysely Suomessa rakennusalalla toimiville yrityksille, jotka sekä valmistajat betonielementtejä, että asentavat niitä.**

### 1. Mikä on yrityksenne koko?

- Mikroyritys (1-9 henkilöä)
- Pieni (10-49 henkilöä)
- Keskisuuri (50-249 henkilöä)
- Suuri (250-x henkilöä)

### 2. Kuinka kiinnostuneita olette rakennusmateriaalien kierrättämisestä?

**Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon**

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

### 3. Kuinka paljon olette käyttäneet tähän mennessä kierrätettyjä rakennusmateriaaleja?

**Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon**

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

### 4. Kuinka kiinnostuneita olette tiilen käytöstä rakennusmateriaalina?

**Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon**

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

### 5. Oletteko kuulleet Tanskasta lähtöisin olevasta mallista eli ajatuksesta purkaa tiiliverhoillut julkisivut ”elementteinä”, esimerkiksi kokoluokassa 1 m x 1 m ja käyttää niitä uudelleen tiilibetonielementiksi valmistettuna uudisrakennuksissa?

Vastaus: emme ole kuulleet / olemme kuulleet  
Jos olette kuulleet, niin mistä? \_\_\_\_\_

6. Kuinka halukkaita olisitte kokeilemaan edellä mainittua menetelmää?

Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

7. Kuinka kauan yhden tiilibetonielementin, kooltaan 0,3 m x 3 m x 3 m, valmistamiseen kuluu arviolta aikaa? \_\_\_\_\_

8. Kuinka paljon edellä mainitun kokoisen kierrätetyn tiilibetonielementin valmistaminen kustantaa (ei sis. alv)? \_\_\_\_\_ €

9. Kuinka kannattavaa mielestänne olisi kierrätettävien tiiliseinäelementtien uudelleen käyttäminen tiilibetonielementtinä Suomessa, sisältäen tiiliseinäelementtien purkamisen ja siirron betonielementtitehtaalle?

Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

10. Kuinka pitkä kierrätettävien tiilielementtien siirtomatka betonielementtitehtaalle saisi mielestänne enintään olla? \_\_\_\_\_ km

11. Kuinka kannattavana näkisitte kierrätettyjen tiilibetonielementtien käytön verrattuna betonielementtien käyttöön?

Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

12. Onko teillä tarvittaessa varastointimahdollisuuksia kierrätettävien tiilielementtien säilyttämiseksi?

Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

**13. Kuinka kauan olisitte enintään halukkaita varastoimaan kierrätettäviä tiilielementtejä tiloissanne ennen niiden valmistamista tiilibetonielementeiksi?** \_\_\_\_\_

**14. Onko yrityksenne toimialueella/toimialueilla mielestänne riittävästi purettavia tiilverhoiltuja julkisivurakenteita kierrätettäväksi tiilibetonielementeiksi?**

**Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon**

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

**15. Kuinka halukkaita olisitte asentamaan käytetyistä materiaaleista valmistettuja tiilibetonielementtejä?**

**Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon**

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

**16. Kuinka paljon olisi mielestänne tiilibetonielementtien uudelleen käytölle kysyntää tai käyttömahdollisuuksia Suomessa?**

**Vastaaminen tapahtuu asteikolla 1 – 5. 1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon**

1 = ei lainkaan, 2 = melko vähän, 3 = en osaa sanoa, 4 = jonkin verran, 5 = erittäin paljon

**17. Mikä on mielestänne tärkein kriteeri kierrätettyjen tiiliseinäelementtien käytölle?**

- ekologisuus, • kustannukset, • kysyntä, • riittävä tarjonta,
- joku muu, mikä? \_\_\_\_\_

**18. Mitä muuta haluaisitte kommentoida tiilielementtien uudelleen käytöstä?** \_\_\_\_\_

**Kiitos vastauksistanne!**



Taulukko tiiliverhoilun purkamisesta ja tiiliseinäpalojen talteen ottamisesta syntyvistä kustannuksista timanttisahaamalla.

<b>Tiilten pinta-ala ja tiiliseinäpalojen määrä yhteensä:</b>	12 m x 30 m = 360 tiiliseinäpalaa = 360 m <sup>2</sup>
Yksi pitkäsivu, 12 m korkea, 30 m pitkä	12 m x 12 m = 144 tiiliseinäpalaa = 144 m <sup>2</sup>
Yksi lyhytsivu, 12 m korkea, 12 m leveä	2 x 360 tiiliseinäpalaa + 2 x 144 tiiliseinäpalaa = <b>1 008 tiiliseinäpalaa = 1 008 m<sup>2</sup></b>
Yhteensä →	
<b>Rakennustelineiden kasaus:</b> (Heinolainen 2019, 24)	1 008 €/m <sup>2</sup> x 0,2 tth/m <sup>2</sup> = 201,6 tth
Suoritemäärän vaikutuskerroin: 1,07 (Heinolainen 2019, 24)	1,07 x 201,6 tth = 215,7 tth
3:n työntekijän aika: (Heinolainen 2019, 24)	215,7 tth / 8 tth / 3 tt = 9 tv
3:n työntekijän kustannus: (Nopeutta rakennuskustannusten laskentaan! 2017)	3 x 37,50 €/h x 8 h x 9 tv = <b>8 100 €</b>
<b>Rakennustelineiden purku:</b> (Heinolainen 2019, 24)	1 008 €/m <sup>2</sup> x 0,2 tth/m <sup>2</sup> = 201,6 tth
Suoritemäärän vaikutuskerroin: 1,07 (Heinolainen 2019, 24)	1,07 x 201,6 tth = 215,7 tth (Ratu 0585)
3:n työntekijän: (aika)	215,7 tth / 8 tth / 3 tt = 9 tv
3:n työntekijän, kustannus: (Nopeutta rakennuskustannusten laskentaan! 2017)	3 x 37,50 €/h x 8 h x 9 tv = <b>8 100 €</b>
<b>Kustannukset kasauksesta ja purkamisesta työntekijöiden osalta yhteensä:</b>	8 400 € + 8 400 € = <b>16 200 €</b>
<b>Rakennustelineiden kustannukset päivää kohden:</b> Rakennuksen ympärysmitta = 2 x 30 m + 2 x 12 m = 84 m, Perusteline 15 m x 12 m = 84 m / 12 m = 7 kpl (Perusteline 15 x 12 m 2020)	Päivävuokra = 82,00 €/pv = 7 x 82 €/pv = <b>574 € / pv</b>
<b>Tiilien siirrot, 0,1 tth/siirto</b> (Heinolainen 2019, 4)	1 008 siirtoa = 1 008 kpl x 0,1 tth = 100,8 tth
Suoritemäärän vaikutuskerroin: 1,07 (Heinolainen 2019, 24)	1,07 x 100,8 tth = 107,9 tth

Yksi työntekijä: (Heinola 2019, 24)	$107,9 \text{ tth} / 8 \text{ tth} = 13,5 \text{ tth} = 14 \text{ tv}$
Yhden työntekijän kustannukset: (Nopeutta rakennuskustannusten laskentaan! 2017)	$37,50 \text{ €/h} \times 8 \text{ tth} \times 14 \text{ tv} = \mathbf{4\ 200 \text{ €}}$
Timanttisahaus tiiliseinään (0,13 m), Timanttisahausta kohteessa $\geq 20 \text{ jm}$ Työosan työmenekki/kpl=0,1 tth/jm Suoritemääräkerroin 0,9 (Kivimäki & Koistinen 2012, 3.) Sivujen pituudet: Pitkä sivu: 29 kpl (pysty) x 2 Päätysivu: 13 kpl (pysty) x 2 Pitkä sivu: 13 kpl (vaaka) x 2 Päätysivu: 13 kpl (vaaka) x 2	$2 \times (29 \text{ jm} + 13 \text{ jm}) + 2 \times (13 \text{ jm} + 13 \text{ jm}) = 377 + 377 + 169 + 169 = 1092 \text{ kpl}$  $0,1 \text{ tth/jm} \times 1092 \text{ kpl} = 109,2$  $0,9 \times 109,2 = 98,28 \text{ tth}$
Työn kesto, yksi työntekijä: (Heinola 2019, 24)	$98,28 \text{ tth} / 8 \text{ tth/työvuoro} / 1 \text{ RAM} = 12,3 \rightarrow 13 \text{ tv}$
<b>Timanttisahauksen hinta:</b> (Uudenmaan Timanttiporaus Oy 2020)	$1092 \text{ jm} \times 44,47 \text{ €/jm} = \mathbf{48\ 561,24 \text{ €}}$
Timanttisahauksen aputyöntekijä: (Muu hinnasto 2020)	$40 \text{ €/h} \times 8 \text{ h} \times 13 \text{ tv} = 4160 \text{ €}$
<b>Rakennustelineiden vuokra-aika ja kustannus:</b>	$13 \text{ tv} \times 574 \text{ €/päivää} = \mathbf{7\ 462 \text{ €}}$
Tiilen massa neliometriä kohden ja julkisivujen kokonaismassa: (Mattila 1999, 422)	$1,7 \text{ kg} + 3,9 \text{ kg} \times 42 \text{ kpl/m}^2 = 235,2 \text{ kg/m}^2$ ja $235,2 \text{ kg/m}^2 \times 1\ 008 \text{ m}^2 = 237\ 081,6 \text{ kg} = 237,1 \text{ tn}$
Kuormalavojen määrä, kustannukset ja kuljetuskaluston tarve: Eur-kuormalava on 0,8 m syvä ja 1,2 m leveä (Kuormalava 2020) + 0,1 m / tiilipala	$4 \times 0,13 \text{ m} + 4 \times 0,1 \text{ m} = 0,79 \text{ m} = \mathbf{4 \text{ tiiliseinäpalaa / kuormalava}}$  $\mathbf{1\ 008 \text{ tiiliseinäpalaa} / 4 = 252 \text{ kuormalavaa}}$
Kuormalavojen hinta (Kuormalava 2020)	$252 \text{ kuormalavaa} \times 5,75 \text{ €} = \mathbf{1\ 449 \text{ €}}$

<p>Ajoneuvoyhdistelmä, josta aukeaa koko sivu: lavojen mitat 20 m, lavapaikat 49 eur lavaa, kantavuus 38 000 kg, yhdistelmien määrä (Kalusto 2020)</p>	<p>Kokonaismassa: <math>235,2 \text{ kg} \times 1\,008 \text{ m}^2 = 237\,081,6 \text{ kg} = 237,1 \text{ tn}</math></p> <p>4 tiiliseinäpalaa kuormalavaa kohden  <math>= 4 \times 235,2 \text{ kg} = 940,8 \text{ kg}</math></p> <p>252 kuormalavaa / 49 kuormalavaa / yhdistelmä = 5,14 = 6 ajoneuvoyhdistelmää</p> <p>49 kuormalavaa x 940,8 kg =  46 099,2 kg = 46,1 t (liian painava)</p> <p>40 kuormalavaa x 940,8 kg = 37 632 kg = 37,6 t</p> <p>252 kuormalavaa / 40 kuormalavaa = 6,3 = <b>7 ajoneuvoyhdistelmää</b></p>
<p>Yhden kuljetuksen kustannukset (0-15 km = 100 €, yli 10 tonnin kuljetukset 10,90 €/t):  (Kuljetushinnasto 2020, 31)</p>	<p>38 t kuorman kuljetuskustannukset =</p> <p><math>37,6 \text{ t} - 10 \text{ t} = 27,6 \text{ t} = 100 \text{ €} + 27,6 \text{ t} \times 10,90 \text{ €/t} = 400,84 \text{ €}</math></p>
<p><b>Kuljetuskustannukset yhteensä:</b></p>	<p>7 ajoneuvoyhdistelmää = <math>7 \times 400,84 \text{ €} = \mathbf{2805,88 \text{ €}}</math></p>
<p><b>Kaikki kulut yhteensä:</b></p>	<p><b>80 678,12 €</b></p>

Taulukko tiiliverhoilun muuraamisen kustannuksista.

<b>Tiilten pinta-ala ja tiiliseinäpalojen määrä yhteensä:</b> Yksi pitkäsivu, 12 m korkea, 30 m pitkä Yksi lyhytsivu, 12 m korkea, 12 m leveä Yhteensä →	$12\text{ m} \times 30\text{ m} = 360\text{ m}^2$ $12\text{ m} \times 12\text{ m} = 144\text{ m}^2$ $2 \times 360\text{ m}^2 + 2 \times 144\text{ m}^2$  <b>= 1 008 m<sup>2</sup></b>
<b>Rakennustelineiden kasaus:</b> (Heinolainen 2019, 24)	$1\,008\text{ €/m}^2 \times 0,2\text{ tth/m}^2 = 201,6\text{ tth}$
Suoritemäärän vaikutuskerroin: 1,07 (Heinolainen 2019, 24)	$1,07 \times 201,6\text{ tth} = 215,7\text{ tth}$
3:n työntekijän aika: (Heinolainen 2019, 24)	$215,7\text{ tth} / 8\text{ tth} / 3\text{ tt} = 9\text{ tv}$
3:n työntekijän kustannus: (Nopeutta rakennuskustannusten laskentaan! 2017)	$3 \times 37,50\text{ €/h} \times 8\text{ h} \times 9\text{ tv} = \mathbf{8\,100\text{ €}}$
<b>Rakennustelineiden purku:</b> (Heinolainen 2019, 24)	$1\,008\text{ €/m}^2 \times 0,2\text{ tth/m}^2 = 201,6\text{ tth}$
Suoritemäärän vaikutuskerroin: 1,07 (Heinolainen 2019, 24)	$1,07 \times 201,6\text{ tth} = 215,7\text{ tth}$ (Ratu 0585)
3:n työntekijän: (aika)	$215,7\text{ tth} / 8\text{ tth} / 3\text{ tt} = 9\text{ tv}$
3:n työntekijän, kustannus: (Nopeutta rakennuskustannusten laskentaan! 2017)	$3 \times 37,50\text{ €/h} \times 8\text{ h} \times 9\text{ tv} = \mathbf{8\,100\text{ €}}$
<b>Kustannukset kasauksesta ja purkamisesta työntekijöiden osalta yhteensä:</b>	$8\,400\text{ €} + 8\,400\text{ €} = \mathbf{16\,200\text{ €}}$
<b>Rakennustelineiden kustannukset päivää kohden:</b> Rakennuksen ympärysmitta = $2 \times 30\text{ m} + 2 \times 12\text{ m} = 84\text{ m}$ , Perusteline $15\text{ m} \times 12\text{ m} = 84\text{ m} / 12\text{ m} = 7\text{ kpl}$ (Perusteline $15 \times 12\text{ m}$ 2020)	Päivävuokra = $82,00\text{ €/pv} = 7 \times 82\text{ €/pv} = \mathbf{574\text{ € / pv}}$
<b>Tiilien siirrot, 0,1 tth/siirto:</b> (Heinolainen 2019, 24)	$504\text{ siirtoa} = 504\text{ siirtoa} \times 0,1\text{ tth} = 50,4\text{ tth}$

Mittaus: (Heinolainen 2019, 24)	$1\ 008\ \text{m}^2 \times 0,06\ \text{tth/m}^2 = 60,48\ \text{tth}$
Laastinvalmistus ja siirto: (Heinolainen 2019, 24)	$1\ 008\ \text{m}^2 \times 0,36\ \text{tth/m}^2 = 362,88\ \text{tth}$
Muuraus: (Heinolainen 2019, 24)	$1\ 008\ \text{m}^2 \times 0,41\ \text{tth/m}^2 = 123\ \text{tth}$
Lopettavat työt: (Heinolainen 2019, 24)	$1\ 008\ \text{m}^2 \times 0,01\ \text{tth/m}^2 = 10,08\ \text{tth}$
Yhteensä: (Heinolainen 2019, 24)	808,44 tth
Suoritemäärän vaikutuskerroin: (Heinolainen 2019, 24)	$1,07 \times 808,44 = 865,03\ \text{tth}$
Työnkesto kahdella työntekijällä: (Heinolainen 2019, 24)	$865,03\ \text{tth} / 8\ \text{tth} / 2\ \text{tth} = 54,06\ \text{tv} = 54\ \text{tv (työvuoroa)}$
<b>Kahden työntekijän kustannukset yhteensä:</b> (Nopeutta rakennuskustannusten laskentaan! 2017)	<b><math>2 \times 37,50\ \text{€/h} \times 8\ \text{h} \times 54\ \text{tv} = 32\ 400\ \text{€}</math></b>
<b>Rakennustelineiden vuokra-aika ja kustannus:</b>	$54\ \text{tv} \times 574\ \text{€/päivä} = 30\ 996\ \text{€}$
Tiilet: 42 kpl / m <sup>2</sup> ja niiden määrä: Irtotiilen hinta 0,78 € / kpl (NRT75 pinnoitettava / 2-laatu)	$42\ \text{kpl} / \text{m}^2 \times 1\ 008\ \text{m}^2 = 42\ 336\ \text{kpl}$ $42\ \text{kpl} / \text{m}^2 \times 0,78\ \text{€} \times 1\ 008\ \text{m}^2 = 33\ 022,08\ \text{€}$
Laastin määrä: 1,7 kg / tiili (42 336 kpl) Hinta 6,30 € / pakkaus Muurauslaasti WEBER Vetonit M100/600 ML 5 25KG	$1,7\ \text{kg} \times 42\ 336\ \text{kpl} = 71\ 971,2\ \text{kg}$ $71\ 971,2\ \text{kg} / 25\ \text{kg/pakkaus} = 2878,85\ \text{pakkausta} = 2879\ \text{pakkausta}$ $6,30\ \text{€} / \text{pakkaus} \times 2879\ \text{pakkausta} = 18\ 137,70\ \text{€}$
<b>Yhteensä:</b>	<b>130 755,78 €</b>