

# **Paksurappaus-eristejärjestelmä elementtituo- tannossa**

LAB-ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK), Rakennusalan työnjohdon koulutus

2021

Teemu Karhunen

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Karhunen, Teemu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 20	Valmistumisaika 2021
Työn nimi <b>Paksurappaus-eristejärjestelmä elementtituotannossa</b>		
Tutkinto Rakennusmestari (AMK),		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Kari Laamanen, Tehdaspäällikkö, Betsset MB Oy		
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö on laadittu Betsset-yhtiöille avustamaan paksurappauselementtien tuotannossa.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä selvitetään paksurappauselementin valmistaminen ja toimintatavat elementtituoteteollisuudessa.</p> <p>Opinnäytetyssä käsitellään paksurappauselementtiin kohdistuvia rasitteita ja laatuvaatimuksia. Opinnäytetyössä verrataan työmenetelmiä sandwich-elementtityyppiin.</p> <p>Opinnäytetyön pohjalta laaditaan toiminta- sekä käsittelyohje paksurappauselementtien tuotantoa varten.</p>		
Asiasanat Paksurappaus, Rappaus		

## Abstract

Author(s) Karhunen, Teemu	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2021
	Number of Pages 20	
Title of Publication <b>Plaster insulation system in element production</b>		
Name of Degree Bachelor of construction management, Construction management		
Name, title and organization of the client Kari Laamanen, Factory manager, Betset MB Oy		
Abstract <p>This thesis has been prepared for Betset companies to assist in the production of plaster elements.</p> <p>In this thesis, the production and operating methods of the plastering elements in the element product industry are investigated.</p> <p>The thesis deals with the stresses and quality requirements in the plaster elements. The thesis compares working methods within the type of sandwich element.</p> <p>Based on the thesis, operating and handling instructions are prepared of production of plastering elements.</p>		
Keywords Plaster, Plastering,		

## Sisällys

Käsitteet.....	1
1 Johdanto.....	2
2 Paksurappauselementti .....	3
2.1 Julkisivurappaus .....	3
2.2 Paksurappaus-eristejärjestelmäelementti .....	3
2.3 Paksurappauselementin suunnittelussa huomioitavat rasitukset.....	4
2.4 Paksurappauselementin laatuvaatimukset.....	5
3 Paksurappauselementin valmistaminen.....	8
3.1 Kantava sisäkuori .....	8
3.2 Lämmöneristeiden asentaminen .....	8
3.3 Rappausverkon asentaminen .....	9
3.4 Mekaanisten kiinnikkeiden asentaminen.....	10
3.5 Rappauskerrokset.....	12
3.6 Paksurappauksen viimeistelytyöt .....	13
4 Varastointi ja käsittely .....	14
4.1 Paksurappauselementin varastointi .....	14
4.2 Paksurappauselementin käsittely.....	14
5 Lastaus.....	16
6 Yhteenveto .....	18
Lähteet .....	20

## Liitteet

Liite 1. Työohje paksurappauselementin valmistukseen

Liite 2. Työohje paksurappauselementin käsittelyyn

## **Käsitteet**

<b>Alusrakenne</b>	Lämmöneristeiden ja mekaanisten kiinnikkeiden kiinnitysalusta
<b>Eristerappausjärjestelmä</b>	Lämmöneristeiden, rappauslaastien sekä rappausverkkojen ja muiden järjestelmään kuuluvien, peräkkäisissä työvaiheissa käytettävien tuotteiden kokonaisuus
<b>Hierto</b>	Muovisella hiertimellä pinnan hiertäminen
<b>Jälkihoito</b>	Sementtipohjaisten materiaalien kovettumiselle ja olosuhteiden ylläpitämiseksi vaadittavat toimenpiteet
<b>Linjaus</b>	Sementtipohjaisen materiaalin tasaaminen laudalla
<b>Kuivalaasti</b>	Sideaineiden ja runkoaineiden seos, joka on käytövalmis vedenlisäyksen jälkeen
<b>Mekaaninen kiinnike</b>	Kiinnittää rappausverkon, eristeen ja rappauksen alusrakenteeseen
<b>Pintarappaus</b>	Ulomainen rappauskerros, jolla saadaan lopullinen ulkonäkö
<b>Rappausverkko</b>	Rappauksen vahvistamiseen käytettävä pistehittattu teräsverkko
<b>Sisäkuori</b>	Paksurappauselementin kantava betoninen alusrakenne
<b>Smyygi</b>	Ikkunan ja ovisyvennysten pieliosa
<b>Tartuntarappaus</b>	Tehtaalla tehtävä alimmainen rappauskerros, joka varmistaa tartunnan alustan ja päälle tulevien rappauskerrosten välillä
<b>Täyttörappaus</b>	Elementtien rappausliitoskohtien täyttäminen

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on selventää paksurappauselementin työvaiheet ja työmenetelmät tehdasolosuhteissa. Valmiiksi paksurapattuja seinäelementtejä on aloitettu valmistamaan tehdasolosuhteissa, jotta työmaalla tehtävä rappaustyö jää vähemmäksi. Opinnäytetyössä verrataan sandwich-elementtityypin ja paksurappauselementin käsittelyä sekä niiden eroja varastoinnissa ja lastauksessa. Työssä käydään myös läpi julkisivurappaukseen kohdistuvat rasitukset ja laatuvaatimukset.

Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia elementinvalmistajille työohje auttamaan elementtituotannossa ja luoda käsittelyohje elementin varastointia ja kuljetusta varten. Opinnäytetyö rajautuu paksurappauselementin valmistuksesta työmaan varastointiin asti. Elementtiasennusta ei käydä työssä läpi. Ainoastaan mainitaan mitä toimenpiteitä pohjarappauspinnalle tehdään työmaalla elementtiasennuksen jälkeen.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Betset MB Oy Mikkelin tehdas. Betset-yhtiö on perheyriety, joka on perustettu vuonna 1950 Kyyjärvellä. Mikkelin tehtaalla valmistetaan betoniseinäelementtejä sekä valmisbetonia. Mikkelin elementtitehtaalla työskentelee päivittäin 60 työntekijää. Betonielementtejä valmistetaan yli 100 kappaletta viikossa.

## 2 Paksurappauselementti

### 2.1 Julkisivurappaus

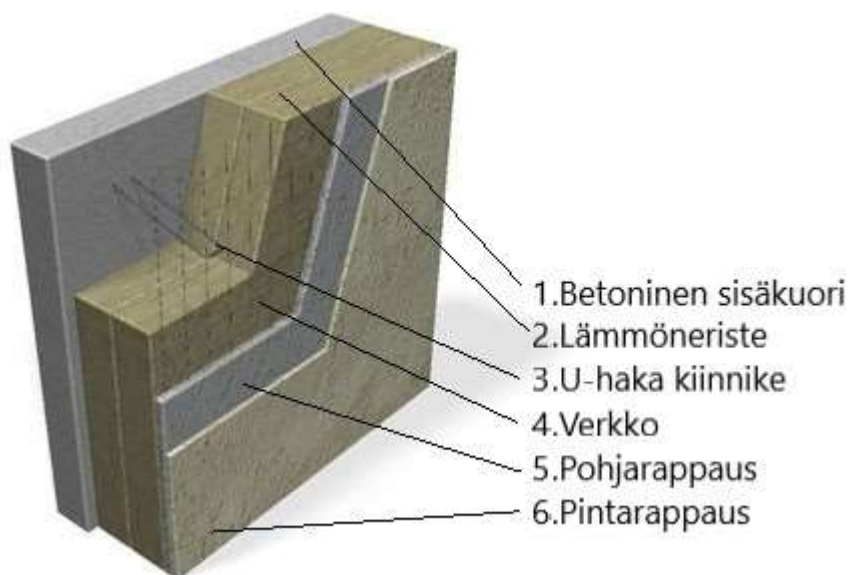
Julkisivurapattuja pintoja pidetään yleisesti arvokkaina ja kestävinä. Rapattu julkisivupinta on lähinnä arkkitehtoninen valinta, kun rakennukselle on asetettu korkeat ulkonäkövaatimukset. Julkisivurappaukseen valintaan päädytään, kun halutaan saada laajoja ja saumattomia pintoja, erilaisia muotoja ja värejä. Myös struktuurin valinta rappauspinnassa vaikuttaa oleellisesti julkisivun ilmeeseen. (Lahdensivu 2005, 43.)

Julkisivurappaus koostuu yleisesti useammasta rappauserroksesta. Lämmöneristeen päälle tehtävistä rappauksista käytetään myös yleisnimitystä eristerappaus. Eristerappauksessa laastikerrokset levitetään suoraan kyseessä olevan rappauserjestelmään soveltuvien lämmöneristeiden päälle. Eristerappauserjestelmät ovat materiaalivalmistajien kehittämiä kokonaisuuksia, joissa eri materiaalit ovat suunniteltu toisiinsa sopiviksi. (Lahdensivu 2016, 9.)

Yleensä työmaalla kasataan vain runko sisäkuorielementeistä. Eristeet ja rappaus tehdään työmaalla elementtiasennuksen jälkeen. Tehdastuotannossa jalostettuna paksurappauselementti säästää työmaan aikaa, koska työvaiheita jää pois. Tehdasolosuhteissa tuote on valmistettu pohjarappauspintaan asti, joten työmaalle jää elementtiasennuksen jälkeen täyttö- ja pintarappaus.

### 2.2 Paksurappaus-eristejärjestelmäelementti

Paksurappauselementti koostuu kantavasta betonisesta sisäkuoresta, lämmöneristeestä, verkosta, kiinnikkeistä ja tehdastuotannossa tehdystä pohjarappauksesta, jonka jälkeen työmaalla tehdään täyttö- ja pintarappaus (Kuva 1). Rappauksen kokonaispaksuus on noin 20–25 mm. Eristeet kiinnitetään mekaanisesti pohjarappausten yhteydessä U-hakakiinnikkeillä. Betoninen seinärakenne kannattelee rappauserosten painoa kiinnikkeiden ja teräsverkon avulla.



Kuva 1. Paksurappauselementin leikkauskuva (Paroc 2021).

Leikkauskuva havainnollistaa mekaanisen kiinnikkeen toimintatavan, joka kannattelee rappauksen tuomia kuormia. Tehdasolosuhteissa U-hakakiinnikkeet asennetaan vaakatasossa ja kiinnikkeet työnnetään lämmöneristeen läpi vasta valettuun sisäkuoreen. Tehdasolosuhteissa paksurappauselementti valmistetaan pohjarappauksen pintaan asti. Leikkauskuvasta poiketen elementtitehtaalle tilataan suunnitelmien mukaiset lämmöneristeet oikean paksuisena, tällöin kahden päällekkäisen lämmöneristeen limitystä ei tehdä. Paksurappauselementti valmistetaan elementtisuunnitelman mukaiseen muottiin, jolloin oikean paksuiset lämmöneristeet asennetaan tiiviisti betonisen sisäkuoren päälle.

### 2.3 Paksurappauselementin suunnittelussa huomioitavat rasitukset

Rapattuun julkisivuun kohdistuu kahdenlaisia rasituksia. Rakenteiden suunnittelussa pitää ottaa huomioon ilmastolliset ja mekaaniset rasitukset. (Lahdensivu 2005, 43.)

Suunnittelussa on huomioitava myös rappauskerroksen omapaino. Omapaino määräytyy rappauskerroksen paksuudesta. Rappauskerros toimii rasitteena alusrakenteelle.

#### **Ilmastolliset rasitukset**

Julkisivun ilmastorasituksista merkittävimpiä ovat:

- Kosteus ja sade
- Rakenteen jäätyminen
- Lämpötilan vaihtelu



- UV- ja lämpösäteily

(Lahdensivu 2005, 43).

### **Mekaaniset rasitukset**

Rakenteille kuormitusta ja muuta mekaanista rasitusta aiheuttavat:

- Rakenteen omapaino
- Tuulivoima
- Törmäys- ja iskukuormat
- Muodonmuutokset ja liikkeet

(Lahdensivu 2005, 46).

### **Omapaino**

Rappauskerros kiinnitetään aina alusrakenteeseen kiinni eristeen läpi mekaanisin kiinnikkein, jotka on mitoitettava rappauksen omapainolle sekä tuulikuormalle. Tyypillinen omapaino paksurappaus-eristejärjestelmässä on  $0,6 \text{ kN/m}^2$ , johon vaikuttaa rappauskerroksen paksuus. Paksurappauselementeissä käytettävissä lämmöneristeissä tiheys on luokkaa  $65 \text{ kg/m}^3$ , mutta suurta vaihtelua on lämmöneristeiden tiheydessä eri tuotteiden kesken ja tuotantotavasta johtuen. Eristeiden painot on selvitettävä eristeiden valmistajalta kiinnikkeiden mitoitusta varten. (Lahdensivu 2016, 55.)

## **2.4 Paksurappauselementin laatuvaatimukset**

Kohteen suunnitteluvaiheessa määritetään rakennuksen ulkonäköön liittyvät laatuvaatimukset, joten on oleellista, että ne esitetään suunnitelma-asiakirjoissa. Laatuvaatimuksia ovat mm. rappauspinnan suoruus ja rappauksen vähäinen halkeilu. Muita laatuvaatimuksia, jotka vaikuttavat halutun ulkonäön saavuttamiseen ovat mm. rappausverkon sijainti, rappauslaastien ja järjestelmän pakkasenkestävyys sekä järjestelmän kosteustekninen toimivuus. (Lahdensivu, 92.)

### **Betoninen sisäkuori**

Betonisen sisäkuoren laatuvaatimukset perustuvat suunnittelijan määrittelemiін vaatimuksiin. Rakennesuunnittelija suunnittelee elementin koon ja betonin lujuusluokan. Betonin puristuslujuuden tarkastaa elementtitehtaan laborantti. Elementtitehtaan työnjohtaja tarkastaa elementin koon, jotta se on betonirakenteiden sallituissa valmistustoleransseissa taulukon 1 mukaisesti.

	Valmistustoleranssit [mm]	
Mittauksen kohde	Normaaliluokka	Erikoisluokka
Pituus (L), korkeus (H)	±10	±8
Paksuus (b)	±8	±5
Ristimittojen ero (s1 – s2)	±15	±12
Sivun käyryys (a)	±8	±5
Kierous (u)	±15	±10
Teräsosat, sähköasiat ja reiät (t), sijainti pinnan suunnassa	±10	±10
Teräsosat, sähköasiat ja reiät (t), sijainti syvyyssuunnassa	±5	±5
Ovet ja ikkunat, joka suunnasta (e, h, l)	±8	±5
Ovet ja ikkunat, kulmien sijainnin ero (e1 – e2)	10	8
Elementtien käyritymä (d)	L/400	L/600

Taulukko 1. Betonirakenteiden sallitut mittapoikkeamat, seinät, sisäkuori (Mykkänen 2007, 51).

## Lämmöneriste

Lämmöneristyslevyillä on sellainen mittatarkkuus, että ne liittyvät tiiviisti sekä kiinnitettäviin rakenneosiin että toisiin eristystuotteisiin. Lämmöneristeet kestävät suunnitellun käyttöiän ympäristön ja sään rasitukset. Lämmöneristeet eivät myöskään aiheuta syöpymistä muissa rakennustarvikkeissa tai kehitä vahingollista tai haitallista ainetta, hajua tai kaasua. (RunkoRYL 2010, 277.)

*Suunnitelma-asiakirjoissa vaaditut tuotteiden lämmönjohtavuudet ja muut ominaisuudet voidaan osoittaa yhdenmukaistetun eurooppalaisen tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän (ETA) mukaisella CE-merkinnällä. Tuotestandardin hyväksymiseen asti ominaisuudet voidaan osoittaa tyyppihyväksynnällä. CE-merkityn tuotteen kohdalla on aina tarkistettava merkinnässä ilmoitettujen tietojen avulla, että tuote täyttää käyttötarkoituksen edellyttämät kansalliset laatuvaatimukset. Lämmöneristeiden kelpoisuus käyttökohteeseen voidaan osoittaa myös ilmoitetun laitoksen tuotesertifikaatin avulla. (RunkoRYL 2010, 277.)*

## Rappauslaasti

Rappauslaastin koostumuksen tulee olla suunnitelma-asiakirjoissa esitettyjen määräysten mukainen. Ellei suunnitelma-asiakirjoissa ole esitetty rappauslaastin koostumuksen ominaisuuksia, varmistetaan ennen rappauustyön aloittamista, että käytetty rappauslaasti soveltuu alustaan ja olosuhteisiin sopivaksi. (RunkoRYL 2010, 302.)

Pohjarappauksella tulee olla riittävän hyvä tartuntapohja alustaan. Samoin varmistetaan, että eri rappauspintoihin käytettävät laastit sopivat yhteen ja että valmis rappaus täyttää olosuhteet valmiille rakennusosalle antamat vaatimukset, kuten sään-, kosteuden-, ja kulutuksenkestävyys ja lujuusvaatimukset, sekä valmis rakenne toimii rakennusfysikaalisesti oikein. Rappauslaastien tulee olla pakkasenkestäväksi todennettuja. (RunkoRYL 2010, 302.)

### 3 Paksurappauselementin valmistaminen

#### 3.1 Kantava sisäkuori

Betoninen kantava alusrakenne, joka toimii elementin kantavana osana. Kääntöpöydällä valetun sisäkuoren pinta pitää linjata suoraksi ja sen jälkeen hiertää pinta tasaiseksi, jottei lämmöneristeiden asentaessa eristeen ja betonin väliin jää ilmarakoja.

Betonisen sisäkuoren paksuuden tulee olla vähintään 150 mm, jotta paksurappauselementillä voidaan saavuttaa hyvä ilmaääneneristävyys (Lahdensivu 2016, 74).

#### 3.2 Lämmöneristeiden asentaminen

Lämmöneristeet mitoitetaan ja leikataan valmiiksi ennen sisäkuoren valua, koska betonimassan valuun ja mekaanisten kiinnikkeiden laiton välissä ei saa tuhllata aikaa, jotta varmistetaan kiinnikkeiden tarttumisesta betoniin. Betonin ollessa märkää lämmöneristeet asennetaan sisäkuoren valuun päälle tiiviisti (Kuva 2).



Kuva 2. Lämmöneristeiden asentaminen vasta valetun sisäkuoren päälle (Karhunen 2021).

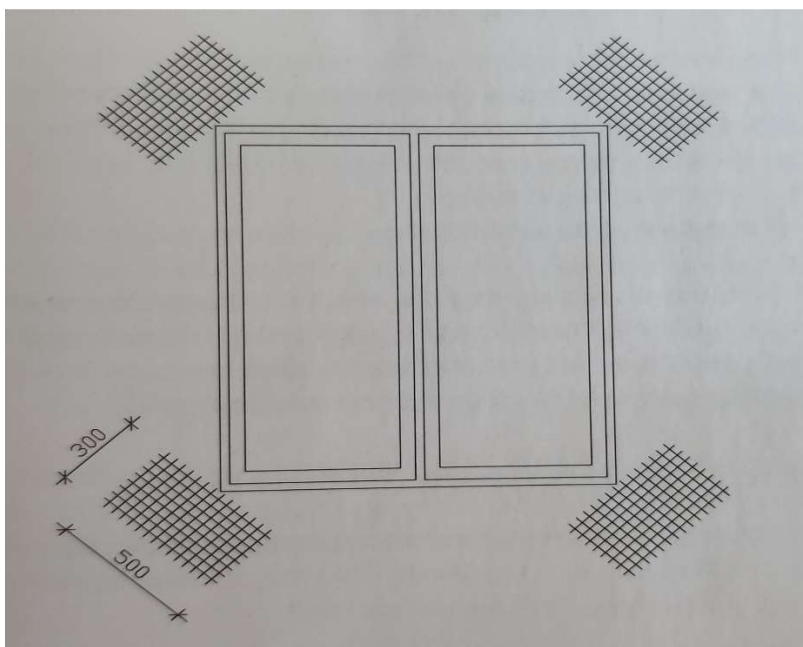
Lämmöneristeiden tulee soveltua valittuun paksurappaus-eristejärjestelmään. Kaikki suoraan kosketukseen rappauksen alle tulevat lämmöneristeet ovat levymäistä mineraalivillaa. (Lahdensivu 2016, 60.)

### 3.3 Rappausverkon asentaminen

Paksurappaus elementtituotannossa noudatetaan eriste- ja levyrappaus 2016 By 57 asetuksia rappausverkon asentamisessa. Samaa asetusta noudatetaan myös työmaalla tehtävässä pohjarappauksessa.

Lämmöneristeen ja verkon väliin asennetaan 9 mm korokevälikkeet, jotta saadaan rappausverkko keskitettyä keskelle rappausta. Rappausverkko levitetään rullasta elementin lämmöneristeen päälle niin, että mahdolliset jatkoskohdat limitetään vähintään 100 mm.

Ikkuna- ja oviaukkojen nurkkiin on lisättävä verkkovahvisteet 45° kulmaan estämään rappauspinnanhalkeilua heikommissa kohdissa (Kuva 3) ja (Kuva 4). Teräsverkko on kuuma-sinkittyä pistehitsattua teräsverkkoa, jonka lankojen paksuus on 1 mm ja verkon silmäkoko on tyypillisesti noin 20 mm. (Lahdensivu 2016, 63.)



Kuva 3. Esimerkki kuva aukkojen nurkkien lisäverkotuksesta (Lahdensivu 2016, 63).



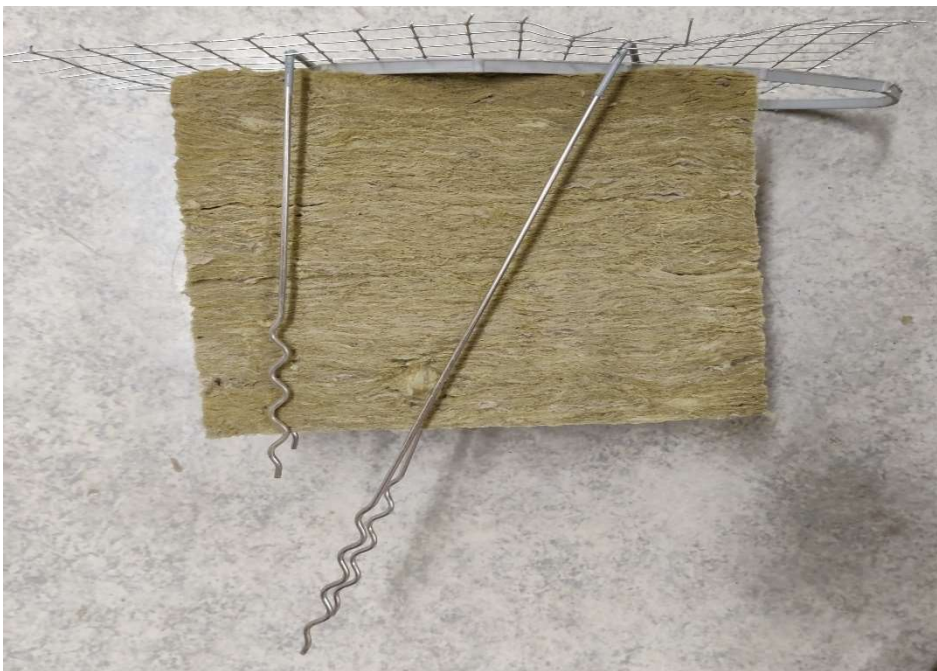
Kuva 4. Tuotannosta otettu kuva nurkkavahvikeverkosta (Karhunen 2020).

Nurkkavahvike estää ikkuna-aukon nurkan halkeamisen.

### 3.4 Mekaanisten kiinnikkeiden asentaminen

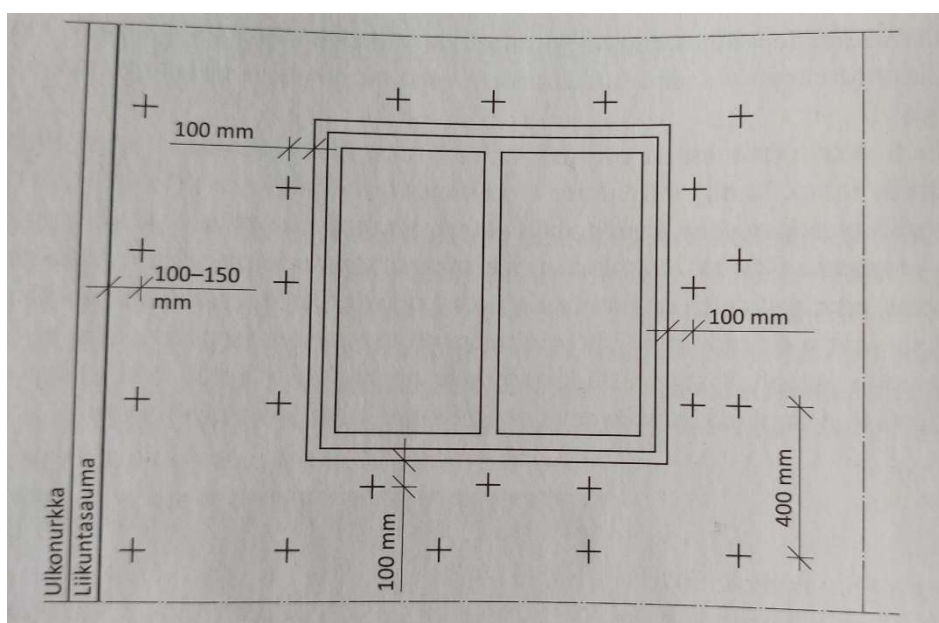
Rappaus kiinnitetään aina mekaanisesti kantavaan alustaan. Samalla mekaanisella kiinnikkeellä myös kiinnitetään lämmöneriste sisäkuoreen. Kiinnikkeet ovat rappausjärjestelmään kuuluvia ruostumattomia U-hakakiinnikkeitä (Kuva 5). Kiinnikkeiden normaali käyttömäärä on noin 3–6 kpl/m<sup>2</sup> ja niiden keskinäinen etäisyys toisistaan saa olla enintään 400–600 mm (Kuva 6). Tapauskohtaisesti määräytyy aina kiinnikkeiden määrä. (Lahdensivu 2016, 60.)





Kuva 5. Havainnollistava mallipala mekaanisten kiinnikkeen asentamisesta (Karhunen 2020).

Mekaanisen kiinnikkeen 45° kulma, jolla halutaan saavuttaa rapatun pinnan roikkuminen.



Kuva 6. Rappauskiinnikkeiden asennuseriaate kuva (Lahdensivu 2016, 62).

Elementin reunat ja aukkojen kohtiin asennetaan mekaanisia kiinnikkeitä tiukemmalla jalla, kuin elementin keskiosiin. Reuna etäisyys aukoissa 100 mm ja elementin reunoissa on 100–150 mm.

### 3.5 Rappauskerrokset

#### Tehtaalla tehtävä tartuntarappaus

Rappauksessa käytetään Fescon Oy:n kuituvahvistettuja kuivalaasteja. Rappaus tehdään elementtitehtaalla rappausasemalla käyttäen Rappauslaasti HD KS 35/65 kuitua tai 20/80 kuitua. Elementin ala- ja sivusaumaan jätetään 90 mm kaistavaraus täyttörappausa varten. Elementtiasennuksen jälkeen työmaalla toteutetaan täyttörappaus. Tehtaalla tehtävän rappauskerroksen paksuus on 20 mm (Kuva 7). Elementin rappauspintaa hirtäessä pitää välttää liiallista työstöä, jottei sementtiliima nouse laastikerroksen pintaan. (Fescoterm 2016, 5.)



Kuva 7. Pohjarappauksen tekeminen tehdasolosuhteissa (Karhunen 2021).

Rappauslaastin levitetään vaakatasossa elementtimuottiin. Pinta suoristetaan oikeaan korkeuteen Alumiinilinjarilla.

#### Työmaalla tehtävä täyttörappaus

Elementtiasennuksen jälkeen tehtaalla jätetyt saumavaraukset täytetään koneellisesti tai käsin rappauslaastilla, jonka laatu täytyy olla sama kuin tehtaalla. Saumojen täyttörappaus oikaistaan viereisien elementtien pintojen tasalle. Julkisivupinta voidaan vielä kokonaan ylitasoittaa kuituvahvistetulla Fescon tasauslaastilla, kun halutaan varmistua pinnoituksen pohjan olevan tasalaatuinen. (Fescoterm 2016, 5.)



### **Työmaalla tehtävä pintarappaus**

Pintarappaus tehdään 5–7 vrk:n kuluttua saumojen täyttörappauksesta tai ylitasoituksesta. Pinnoitteena käytetään Fescon silikonihartsipinnoitetta, joka levitetään tasoiteruiskulla tai teräslastalla. (Fescoterm 2016, 5.)

Pintarappauksen pitää olla yhteensopiva tehtaalla käytettävän rappauslaastin kanssa. Työmaalla urakoitsijan vastuulla on ottaa selvää ja tarkastaa yhteensopivuus.

### **3.6 Paksurappauksen viimeistelytyöt**

Viimeistelytyöillä tarkoitetaan sellaisia elementin lopulliseen valmiuteen johtavia töitä, jotka eivät kuitenkaan ole varsinaista rappausta, mutta kuuluvat oleellisesti työn loppuun saattamiseen (Lahdensivu 2005, 127).

Paksurappauselementin rapattupinta hiotaan koneellisesti pyörivällä hiomalaitteella, jotta saavutetaan hyvä tartuntapohja työmaalla tehtävälle pintarappaukselle. Rappauspinnan mahdolliset lohkeamat ja halkeamat paikataan tehtaalla samalla rappauslaastilla, millä itse rappaus on tehty.

Paksurappauselementin suojaksi laitetaan kutistemuovi suojaamaan elementin pintaa kuljetusroiskeilta, lumelta ja sateelta.

## 4 Varastointi ja käsittely

### 4.1 Paksurappauselementin varastointi

Kun elementti on saavuttanut purkulujuuden, paksurappauselementti voidaan nostaa kääntömuotista. Muottilaitojen ja aukkojen purun aikana täytyy olla varovainen, koska rappauspinta on todella hauras ja on herkkä lohkeamaan. Kun elementti lasketaan kampapukkiin pitää ottaa huomioon, ettei rappaus ota kosketusta maahan ja kannattele elementin muuta painoa. Joten sisäkuoren alapintaan asennetaan korokelauta. Kampapukin terästäpin ja elementin väliin laitetaan levennetty kiila (Kuva 8) jakamaan pistekuormaa, ettei rappauspinta painu sisäänpäin.



Kuva 8. Rappauksen puolelle asennettu kiila + vanerilevy jakamaan pistekuormaa (Karhunen 2021).

Kuvassa käytössä olleen vanerilevyn koko on 300 mm x 400 mm, joka jakaa fakkitapin aiheuttamaa pistekuormaa. Perinteiseen sandwich-elementtiin, jossa on betoninen ulkokuori ei asenneta erillistä vanerilevyä. Perinteinen ulkokuori kestää fakkitapin tuoman pistekuorman rasituksen.

### 4.2 Paksurappauselementin käsittely

Paksurappauselementtiä pitää käsitellä varoen nostoissa ja laskuissa. Elementtiä laskiessa tai nostaessa pitää varmistua, ettei rappauspinta ota kosketusta viereiseen elementtiin tai kampapukkiin. Sisäkuoren alle asennetaan lautarima kannattelemaan elementtiä niin, ettei

rapattu pinta pääse koskemaan maahan. Paksurappauselementtiä on käsiteltävä huomattavasti perinteistä sandwich-elementtiä varovammin. Perinteinen sandwich-elementin ulkokuori on myös yleensä betonipintainen, joka kestää paremmin siirtojen aikaisia kolhuja jälki putsatessa sekä elementtiä asentaessa.

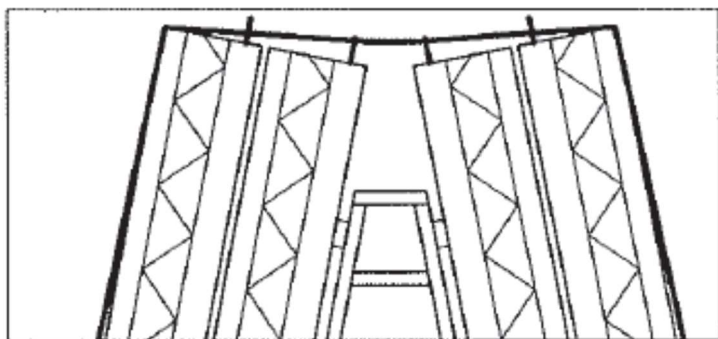
Elementin ollessa vasta valettu ja pohjarappaus rapattu, elementtiä ei saa viedä pakkasella ulkovarastoon, koska paksurappauspinta voi mahdollisesti jäätyä. Paksurapattua elementtiä varastoidaan sisätiloissa vähintään 2–3 vrk, jotta se saavuttaa riittävän lujuuden ennen kuin sen voi laittaa ulkovarastoon. Lujuudenkehitys täytyy ottaa huomioon myös tuotannon suunnittelussa, etteivät sisävarastot täyty.

## 5 Lastaus

### Kuorman varmistaminen

Ajoneuvossa oleva kuorma ei saa siirtyä, pudota tai kaatua siten, että se voi haitata ajoneuvon liikenneturvallista käyttöä. Kyydissä oleva kuorma ei saa liikkua. Kun kuormaan vaikuttaa eteenpäin voima, joka vastaa kiihtyvyyttä  $10 \text{ m/s}^2$  tai taaksepäin ja sivuille voima, joka vastaa  $5 \text{ m/s}^2$ . Betonielementit siis sitoa siten eteenpäin kuorman painon suuruiselle voimalle ja taaksepäin sekä sivuille 50 %:lle kuorman painosta. (Betonikeskus ry 2008, 3.)

Normaalit sandwich-elementit kuljetetaan kuljetuspukkeihin tuettuina ja kuorma kiinnitetään nostolenkeistä sidontaketjuilla (Kuva 9).



Kuva 9. Sandwich-elementit sidotaan A-pukkiin nostolenkkien läpi (Betonikeskus ry 2008).

Paksurappauksen ero normaaliin sandwich-elementtiin kuormansidonnassa on, että rappa-  
tut pinnat laitetaan vastakkain ja kovemmat sisäkuoren pinnat ottavat vastaan sidontaket-  
jujen tuomat rasitukset vastaan (Kuva 10). Ihanteellinen tilanne olisi kuljettaa yhtä paksu-  
rappauselementtiä per A-pukin puoli tai vastaavasti kampapukki mallisessa allasautossa.

Paksurapattuja elementtejä pitää käsitellä varoen. Ulkopinnan rappausta ei ole erityisesti  
suojattu mekaanisia rasituksia vastaan, joten ne saattavat helposti vaurioitua elementtien  
käsittelyssä, kuljetuksissa ja lastauksessa. (Lahdensivu 2016, 76.)



Kuva 10. Rapatut pinnat asetetaan vastakkain kuormansidonnassa (Betonikeskus ry 2008).

Paksurapattujen elementtien kuljetuksessa on varottava erityisesti rapatun pinnan ja kulmien vaurioitumista. Elementin ollessa muodoltaan haastava, ketjut saattavat vaatia eriste- ja rappauserroksen paikallista koloamista, jotta kuorma saadaan sidottua oikealla tavalla. (Betonikeskus ry 2008, 10.)

## 6 Yhteenveto

Paksurappauselementtien valmistamisen, käsittelyn ja varastoinnin perusteella voidaan todeta, että paksurappauselementin valmistaminen ja käsittely tehdasolosuhteissa on tehtävä huolellisesti. Paksurappauselementin valmistaminen muottipöydällä ei varsinaisesti ole haastava toteuttaa ja pohjarappaus on helpompi toteuttaa tehdasolosuhteissa. Paksurappauselementin valmistuksessa tärkeimmät vaiheet ovat eristeiden ja mekaanisten kiinnikkeiden asentaminen. Paksurappauselementin eristeet ovat asennettava tiivisti yhteen, ettei valmiissa elementissä esiinny lämpövuotoja. Mekaaniset kiinnikkeet taas kannattavat varsinaista paksurappauskerrosta. Mekaanisten kiinnikkeiden asennuksessa on erittäin tärkeä noudattaa asetettuja vaatimuksia mekaanisten kiinnikkeiden määrän suhteen, jotta rappauskerros tulee kestäväksi sille arvioidun käyttöikänsä.

Paksurappauselementin valmistuksen jälkeen elementtien käsittely sekä varastointi on suoritettava oikeaoppisesti, ettei helposti rikkoutuva pohjarappauspinta vaurioidu. Paksurappauselementin käsittely on haastavaa siinä suhteessa, että se ei kestä siihen kohdistuvia iskuja tai muita nostotyössä siihen aiheutuvia rasituksia. Rappauspinnan korjaukset ovat yleisimpiä putsitöiden aikana kuin normaalissa sandwich-elementissä, jossa on valettu betoninen ulkokuori. Jos paksurappauselementtien käsittelyä ja varastointia ei tehdä huolellisesti sekä oikeaoppisesti vie se elementtitehtaan tuotannon aikaa. Sitä kautta huolellinen käsittely tehostaa myös elementtitehtaan tuotantoa, kun korjaustöitä ei tarvitse tehdä suurissa määrin.

Työmaan aikataulun edistämisen vuoksi paksurappauselementtien tekeminen tehdasolosuhteissa on järkevää. Paksurappauselementin eristystyö saadaan tehtyä myös säältä suojassa. Pohjarappauspinta suojaa omalta osaltaan eristeiden kastumiselta asennusvaiheessa.

Kuitenkin paksurappauselementtien vaurioituminen kuljetuksien ja siirtojen aikana on todettu suureksi riskiksi, joten työmaalla elementtien korjaamiseen joudutaan käyttämään myös aikaa. Myös paksurappauselementtien asentamisessa on noudatettava huolellista käsittelyä, ettei rappauspintaa jouduta korjaamaan jälkikäteen. Mikäli käsittelyn, varastoinnin tai asennuksen aikana paksurappauselementtiin kohdistuu sellaisia rasituksia, jotka irrottavat pohjarappauksen sisäkuoresta, on niiden vaurioiden korjaaminen työlästä. Pohjarapatusta pinnasta täytyy leikata suuri pala irti siltä alueelta, josta rappausverkko on päässyt irtoamaan. Tämän jälkeen verkon kiinnittämiseen tarkoitetut mekaaniset kiinnikkeet ovat porattava eristekerroksen läpi betoniseen sisäkuoreen. Porattavien jälkiasennuskiinnikkeiden asennus on myös melko hidasta, koska kiinnikkeet porataan jo kovettuneeseen sisäkuoreen.

Vaikkakin paksurappauselementtien korjaamiseen voi mennä työmaalla aikaa, se voidaan suorittaa samanaikaisesti kuin työmaalla tehtävä täyttörappaus. Kun elementti on asennettu paikalleen, ei siihen enää kohdistu asennuksen tai siirtotöiden aikaisia rasituksia. Silloin ei tarvitse enää olla huolissaan siitä, että rappauspinta vaurioituisi. Paksurappauselementit tilataan elementtitehtailta vaurioitumattomina, mutta esimerkiksi vasta korjattu elementti saattaa vaurioitua vielä asennuksen aikana uudestaan työmaa olosuhteissa. Eli huonoimmassa tapauksessa paksurappauselementin valmistuksesta paikalleen asennukseen asti voi yksi elementti viedä odotettua enemmän työaikaa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa työohjeet elementin valmistamiseen (liite 1) sekä käsittelyyn (liite 2). Työohjeissa on tuotu esille ne asiat, jotka paksurappauselementin valmistajan ja käsittelijän on otettava huomioon, jotta paksurappauselementin valmistaminen ja käsittely tehdään oikeaoppisesti. Paksurappauselementin valmistamisen työohjeessa on tuotu ne pääperiaatteet esille, joiden avulla saadaan varmistus siitä, että paksurappauselementistä saadaan myös laadullisesti vaatimuksen mukainen. Työohjeesta on varmasti hyötyä uusille elementin valmistajille. Paksurappauselementin käsittelyn ohjeesta on taas hyötyä elementin putsitöitä tekeville työntekijöille sekä elementtien lastauksesta ja varastoinnista huolehtiville työntekijöille. Työohjeiden avulla on mahdollista saavuttaa hyvä laatuista paksurappauselementtejä, jotka ovat myös valmistettu ja toimitettu tehokkaasti.

## Lähteet

Betonikeskus ry. 2008. Betonielementtien kuljetus – kuljetusopas. Viitattu 29.5.2021. Saatavissa <https://docplayer.fi/2752757-Betonielementtien-kuljetus-kuljettajaopas.html>

Fescoterm 2016. Paksurappaus-eristejärjestelmä elementtiin. Viitattu 3.5.2021. Saatavissa <https://www.fescon.fi/ratkaisut/julkisivut-ja-parvekkeet/eriste-ja-levyrappaukset/paksurappaus>

Lahdensivu, J. 2005. Rappauskirja By 46. Suomen betoniyhdistys ry. Viitattu 29.4.2021

Lahdensivu, J. 2016. Eriste- ja levyrappaus By 57. Suomen betoniyhdistys ry. Viitattu 2.5.2021

Lahdensivu, J. Keskeisiä eristerappauksen suunnittelussa ja toteutuksessa huomioonotettavia asioita. Viitattu 28.5.2021. Saatavissa <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150203.pdf>

Mykkänen, R. 2007. Betonirakentamisen laatuohjeet By 47. Suomen betoniyhdistys ry. Viitattu 27.5.2021

Paroc. 2021. Rapatun ulkoseinän eristys. Viitattu 2.5.2021. Saatavissa <https://www.paroc.fi/kayttokohteet/rakennusten-eristaminen/ulkoseinan-eristys-ja-lisaeristys/rapatun-ulkoseinan-eristys-ja-lisaeristys>

RunkoRYL 2010. RT 14-11016. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto.



## Liite 1: Työohje paksurappauselementin valmistukseen

### **Sisäkuoren valussa huomioonotettavat asiat**

- Sisäkuoren valu pitää olla tasainen ja timpureiden tekemän linjan tasalla. Ei yhtään yli vaan mieluummin hieman alle. Eli massaa ei saa pudottaa liikaa.
- Umpikivet ja laajat betoniset alueet linjataan modatulla linjarilla, jos valuun jälkeen pinta jää epätasaiseksi. Saadaan varmistettua, että valun pinta on varmasti suora.

### **Eristäminen**

- Eristeenä käytetään Paroc Fatio plus eristettä. Eristeen vakio koot ovat 220 mm ja 190 mm meillä käytössä.
- Eriste on itsessään hengittävää, joten se ei tarvitse elementin toimivuuden kannalta tuuletusuria.
- Ennen eristämistä, elementin ylälaitaan laitetaan valmiiksi parocin sääsuojakangas.



(Parocin sääsuojakangas)

- Eristeet leikataan valmiiksi oikean kokoisiksi paloiksi, ennen kuin tilataan sisäkuoren valun massa.
- Eristeet asennetaan tiiviisti vierekkäin ja mahdolliset levyjen sauma raot täytetään uretaani vaahdolla.



(Paroc Fatio Plus)

### Välikkeiden laitto

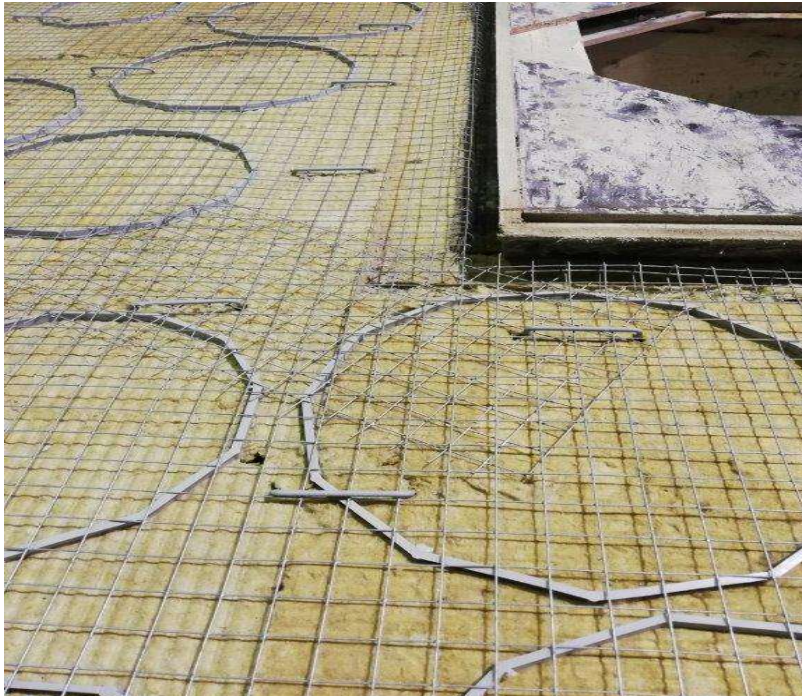
- Välikkeitä laitetaan eristeen pinnalle vieri viereen tiheästi. Vertauksena enemmän, kuin ulkokuoren valuun korokerenkaita.



(9 mm paksuisten korokerenkaiden asennusta)

### Verkotus

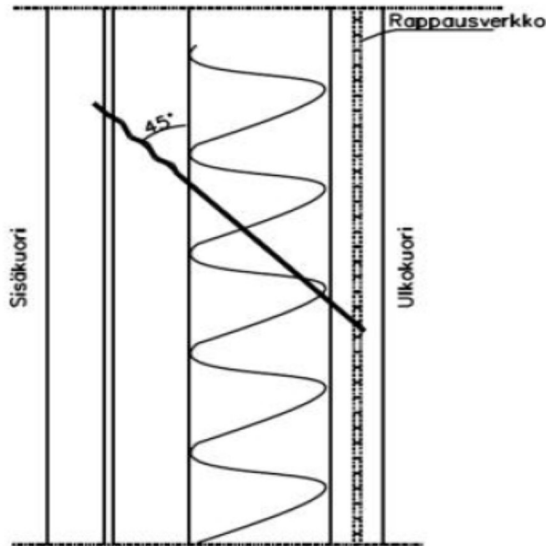
- Välikkeiden päälle levitetään rullasta rappausverkko. Verkon jatkoksen limitys 100 mm.
- ikkuna- ja oviaukot leikataan auki ja nurkkiin laitetaan vahvike palat (500 x 300), vahvistamaan heikkoja kulmia.



- ikkuna- ja oviaukkojen smyygeihin tehdään verkosta reunavahvisteet taittamalla verkko.

### **Mekaaniset kiinnikkeet**

- Mekaaniset kiinnikkeet ovat 360 mm - 400 mm pitkiä, eristeen paksuudesta riippuen. Sisäkuoreen kiinnitys tapahtuu noin. 100 mm matkalta vinosti. Elementin ylälaidan mahdollisen lipan kohdalle asennetaan lyhyemmät mekaaniset kiinnikkeet. Tämä lipan kohta on koettu ongelmallisena kohtana, koska lipa on yleensä ohut 40 mm - 60 mm
- Kiinnikkeiden asennus tapahtuu noin. 45 asteen kulmassa yläviistoon. Rappauspinta jää ihan, kuin roikkumaan.



(Leikkauskuva Kiinnikkeen toimintamallista)

- Elementin reunat ja aukot tikutetaan K200 jaolla. Elementti muuten n.6 kpl m2 tai vastaavasti mitä elementtikuvassa on ilmoitettu.
- Mekaanisia kiinnikkeitä ei saa laittaa mihinkään muuhun asentoon tai suuntaan, koska se aiheuttaa rappaus pinnassa halkeilua, koska rappauspinta ei pääse vapaasti laskeutumaan.

### **Rappauslaastin teko**

- Rappauslaasti valmistetaan Fesconin valmiista rappauslaastista, käyttäen laastiasemaa



(Laastiasema)



- Rappauslaasti ei saa olla liian löysää, vaan sopivan jäykkää. Työstäessä tästä saadaan laatuvaatimuksen mukainen tasainen pinta.

### ***Rappaaminen***

- Valmis rappauslaasti kuljetetaan muotille nosturilla valuastiassa.
- Laasti pudotetaan verkon päälle mahdollisimman levälleen, välttäen astumista verkon ja kiinnikkeiden päälle. Tämän jälkeen laasti levitetään siihen tehdyllä ”kolalla”
- Pinta vedetään oikeaan korkoon (20 mm) alumiinilinjarilla, jonka jälkeen pinta hierretään tasaisen karheaksi hiertimellä.



(”Rapatessa roiskuu”)

### ***Rappauskoneen puhdistus***

- Laastiaseman ruuvin puhdistus tapahtuu, joka rappaustyön jälkeen sulkemalla siilon jauhontuloventtiili, irrottamalla siilon täryn voimavirta ja laskemalla pelkkää vettä ruuvin läpi.
- Kerran viikossa (yleensä viikon viimeinen päivä) laastiaseman ruuvi puretaan ja käydään pesemässä ruuvin osat painepesurilla.

## Liite 2: Työohje paksurappauselementin käsittelyyn

### Jälkityöt

- Mahdollisesti, jos olosuhteet ovat liian kuumat rappauksen kuivumiselle ja pintahalkeilua alkaa esiintymään. Tämän ehkäisemiseksi pintaa pitää sumutella lisävedellä.

### Viimeistely

- Rappauspinta hiotaan karheaksi Mirkan hiomakoneella, jotta saadaan tartuntapintainen pohjarappaus aikaiseksi. Myös elementin kääntyvät päät, ikkunan- ja ovien smyygit hiotaan. Mahdolliset halkeamat ja paikattavat kohdat paikataan samalla laastilla, millä tehdään itse pohjarappauskin.
- Lopuksi, kun elementti on varastointia vaille valmis, elementti huputetaan kutistemuovilla.

### Varastointi

- Elementti varastoidaan kampafakkiin kahden metallitapin väliin. Muuten poiketen normaalista "fakituksesta" rappauspinnan puolelle laitetaan levennetty vaneri + kiila yhdistelmä jakamaan kiilan pistekuorman painetta, ettei rappauspinta pääse painumaan sisäänpäin ja hajota.
- A-Pukkia vasten elementit voi myös varastoida.

### Lastaus

Lähetäjän ja kuljettajan vastuusta annetaan seuraavat ohjeet:

**1. Kuljettaja kuormaa tavaran kokonaan itse** (nostaa lavalle, sijoittaa ja kiinnittää/tukee) → Kuljettaja vastaa kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta.

**2. Lastaaja nostaa/siirtää tavaran autoon kuljettajan lastausohjeiden mukaan ja kuljettaja kiinnittää ja tukee lastin** → Kuljettaja vastaa kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta.

**3. Kuljettaja kuormaa ja tukee tai kiinnittää sen toimeksiantajan ohjeiden mukaisesti.** Tällainen tilanne voi syntyä erityistapauksissa betonielementtien kuljetuksessa. → Sekä ohjeiden antaja että kuljettaja vastaavat kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta.

- Paksurapattuja elementtejä pitää käsitellä varoen. Ulkopinnan rappausta ei ole erityisesti suojattu mekaanisia rasituksia vastaan, joten ne saattavat helposti vaurioitua elementtien käsittelyssä, kuljetuksissa ja lastauksessa.
- Elementit lastauksessa on huomioitava rappauksen heikkous, joten elementin sidonnassa ei saa käyttää puristintassuja puristamaan rapattua pintaa.