

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Ville Karppinen

TOIMINTA- JA TYÖOHJEET SEKÄ KOOTTU NORMISTO PAKSURAP-
PAUSELEMENTTIEN VALMISTUKSEEN

Opinnäytetyö
maaliskuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
maaliskuu 2016
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
(013) 260 600

Tekijä

Ville Karppinen

Nimeke

Toiminta- ja työohjeet sekä koottu normisto paksurappauselementtien valmistukseen

Toimeksiantaja Rudus Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Rudus Oy:lle laatujärjestelmän mukaiset toiminta- ja työohjeet paksurappauselementtien valmistukseen sekä saada paksurappauselementteihin liittyvä normisto kootuksi yhdeksi kokonaisuudeksi.

Tehtailla noudatetaan paksurappauselementtien valmistuksessa Suomen betoniyhdistys ry:n Betoninormit 2012 BY 50 ja Eriste- ja levyrappaus 2011 BY 57 normikokoelmien mukaisia vaatimuksia. Näistä kahdesta kirjasta muodostuu tämän opinnäytetyön luvun Normit materiaali.

Selvitystyötä tehtiin pääosin tutkimalla jo olemassa olevaa aineistoa. Työ sisälsi käytännön kokemuksen keräämistä tekemällä paksurappauselementtejä, mikä auttoi ymmärtämään rappauselementtien valmistusprosessia kokonaisuutena. Pääpaino työssä oli työohjeissa, koska se oli yrityksen kannalta tärkeämpi osa. Opinnäytetyön sisältämät työohjeet ovat salaisia.

Kieli

suomi

Sivuja 33

Liitteet 1

Liitesivumäärä 35

Asiasanat

paksurappauselementit, normisto, työohjeet



THESIS
March 16
Degree Programme of Civil Engineering

Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
(013) 260 600

Author (s)

Ville Karppinen

Title

Guidelines, Work Instructions and Collected Norms for Thick Insulation Rendered Elements

Abstract

The aim of this thesis was to make guidelines and work instructions of thick insulation rendered elements according to the quality system of Rudus Oy and collect associated norms of the thick insulation rendered elements into one collection.

The regulations of Concrete Association of Finland Betoninormit 2012 BY 50 and Eristeja levyrappaus 2011 BY 57 are followed BY the thick insulation rendered element factory manufacturers. These two books form the material of the Norms chapter of this thesis.

The study was made mainly exploring the already existing material. The thesis includes information about hands-on experience, which helped to understand the manufacturing process of the thick insulation rendered elements in its entirety. The main focus of this thesis was on working instructions, because it was the more important part for the company. The working instructions contained in this thesis are classified.

Language

Finnish

Pages 33

Appendices 1

Pages of Appendices 35

Keywords

insulation rendering system elements, norms, work instructions

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	5
1.1	Lähtökohdat	5
1.2	Paksurappaus-eristejärjestelmäelementti	5
1.3	Toimeksiantaja.....	7
1.4	Tavoitteet, toteutus ja rajaus.....	7
2	Normit	9
2.1	Betonityönjohtajan pätevyys	9
2.2	Tyyppihyväksyntäpäätökset.....	10
2.3	Työn suorittaminen	10
2.4	Betonielementtejä koskevat erityisohjeet	10
2.5	Laadunhallinta	12
2.6	Elementtitehtaille liittyvä laadunhallintaohjeistus:	13
2.7	Paksurappauselementti	13
2.7.1	Paksurappauselementtien suunnittelu	13
2.7.2	Varastointi.....	14
2.7.3	Lämmöneristeiden kiinnitys	14
2.7.4	Lämmöneristeiden asentaminen.....	17
2.7.5	Rappausverkon asentaminen	17
2.7.6	Jälkihoito.....	18
2.8	Paksurappaus-eristejärjestelmä betonivalmisosista	19
3	Tiivistelmä paksurappauselementtien valmistusohjeista.....	20
3.1	Suunnittelu.....	20
3.2	Valmistus	21
3.2.1	Alustan tasaisuus.....	21
3.2.2	Lämmöneristeen asennus	21
3.2.3	Eristeiden asennus	21
3.2.4	Rappausverkon asennus	22
3.2.5	Verkon sijainti	22
3.2.6	Kiinnikkeet	22
3.2.7	Laastin valmistus	23
3.3	Jälkityö.....	24
3.3.1	Varastointi.....	24
3.3.2	Jälkihoito.....	24
3.4	Kuljetus.....	28
3.4.1	Lait, asetukset ja määräykset	28
3.4.2	Kuljetuskalusto ja sidontavälineet	29
3.4.3	Kuorman sidonta.....	29
3.5	Työmaa.....	31
4	Pohdinta.....	32
	Lähteet.....	33

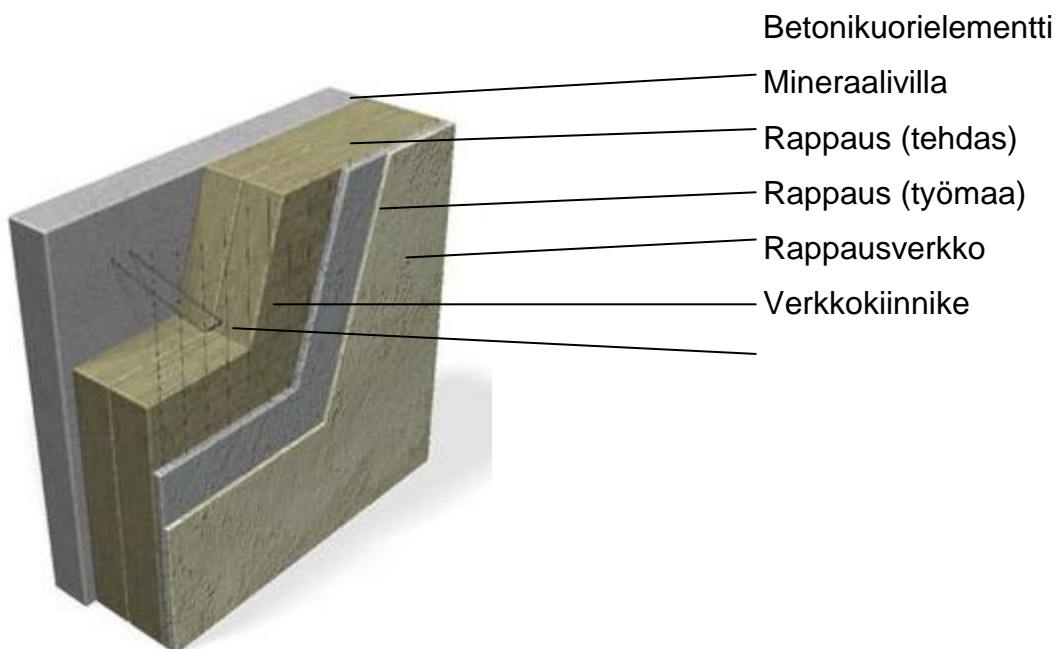
1 Johdanto

1.1 Lähtökohdat

Tämän opinnäytetyön aihe oli paksurappauselementtien valmistus ja niiden normit. Toimeksiantajana toimi Rudus Oy. Työn painopiste oli elementtien tuotannossa, mutta sitä seurattiin myös työmaalle asti.

1.2 Paksurappaus-eristejärjestelmäelementti

Paksurappaus-eristejärjestelmässä elementti koostuu elementtitehtaalla tehdystä 20 – 25 mm paksusta rappauksesta. Rappaus lujitetaan teräsverkoilla, jotka kiinnitetään runkoon ruostumattomilla U:n muotoisilla verkkokiinnikkeillä. Verkkokiinnikkeen pituus riippuu eristeiden paksuudesta. Verkkokiinnike lävistää eristeiden ja yltää runkoon asti. Rappausverkon ja eristeiden väliin tulevat muoviset väliskeet, jotka pitävät rappausverkon irti eristeestä sekä varmistaa verkon oikean sijainnin rappauksessa. Eristeenä käytetään rappauselementteihin suunniteltuja eristeitä. Tällaisia eristeitä löytyy Suomessa mm. Isoveriltä ja Parocilta. Runkona toimii betonikuorielementti.



Kuva 1: Paksurappauselementti (Paroc Oy)



Kuva 2: Valmis elementti rappausvalua varten.



Kuva 3: Ruostumattomat U-muotoiset verkkokiinnikkeet

1.3 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Rudus Oy. Rudus Oy on aloittanut oman toimintansa jo vuonna 1897. Yrityksen nimi silloin oli Lohjan Kalkkitehdas osakeyhtiö (1). Rudus toimii niin Suomessa, Baltiassa, kuin myös Venäjällä ja sillä on keskimäärin 1250 työntekijää. Yrityksen liikevaihto on n. 380 miljoonaa euroa (2). Ruduksen toimialoja ovat kiviaines, valmisbetoni, betonituotteet, murskaus- ja louhintaurakointi sekä kierrätys (3). Rudus Oy liittyi vuonna 1999 osaksi irlantilaista CRH plc-konsernia. Opinnäytetyö tehtiin Ruduksen Kiteen elementtitehtaalla. Kiteen tehtaalla työskentelee keskimäärin 40 työntekijää.

1.4 Tavoitteet, toteutus ja rajaus

Koska ei ole olemassa suoraa ohjetta tai normia tehdasvalmisteisista rappauselementeistä, elementtitehtaat joutuvat soveltamaan rappauselementtejä tehdessä yleisiä elementtinormeja sekä työmaarappaukseen liittyviä ohjeita. Tavoitteena on saada yritykselle laatu järjestelmän mukaiset toiminta- ja työohjeet paksurappauselementtien valmistukseen, sekä saada paksurappauselementteihin liittyvä normisto kootuksi yhdeksi aineistoksi. Opinnäytetyössä olevista osista tulee eräänlainen laatu käsikirjan liiteaineisto.

Opinnäytetyön merkitys yritykselle on parantaa valmistuksen laatua käyttämällä laatu järjestelmän ja normien mukaisia työohjeita. Jos asennuksen jälkeen havaitaan suuria mittavirheitä, ne joudutaan tasoittamaan työmaalla rappamalla ja tämä lisää kustannuksia. Yritys haluaa saada kootuksi paksurappauselementteihin liittyvät normit yhdeksi selkeäksi kokonaisuudeksi sekä luoda työohjeet parhaan mahdollisen lopputuotteen saavuttamiseksi.

Selvitystyötä tehdään pääosin tutkimalla jo olemassa olevaa aineistoa, kuten BY 50 ja BY 57. Opinnäytetyöhön kuuluu myös kerätä kirjoittamatonta tietoa yrityksen elementtien valmistukseen ja näin helpottaa mahdollisesti suunnittelua valmistuksen kannalta suotuisammaksi. Toinen merkittävä aineisto on rappaus-

laastin- ja eristevalmistajien antamat ohjeet ja määräykset. Tämä kirjallinen aineisto löytyy pitkälle jo entuudestaan yrityksen käytöstä. Työ sisältää lisäksi käytännön kokemuksen keräämistä tekemällä paksurappauselementtejä.

Koska opinnäytetyön toimeksiantaja on elementtien valmistaja, niin opinnäytetyötä käsitellään elementtitehtaan näkökulmasta. Normit kootaan siten, että ne käsittelevät elementtitehtaita ja tehdas voi hyödyntää niitä jatkossa työssään. Pääpaino työssä on työohjeissa, koska se oli yrityksen kannalta tärkeämpi osa. Työohjeisiin kootaan ohjeistus tehtaalle ja sen toimintaa silmällä pitäen. Opinnäytetyössä käsitellään myös paksurappauselementtejä aiheena niin suunnittelun näkökulmasta, kuten myös työmaan näkökulmasta, mutta ne jäävät pienemmälle tarkastelulle.

2 Normit

Tehtailla noudatetaan paksurappauselementtien valmistuksessa Suomen betoniyhdistys ry:n Betoninormit 2012 BY 50 ja Eriste- ja levyrappaus 2011 BY 57 normikokoelmien mukaisia vaatimuksia.

2.1 Betonityönjohtajan pätevyys

BY 50 edellyttää elementtitehtaiden betonityönjohtajilta riittävää pätevyyttä. Betonityönjohtajan tehtävänä on johtaa rakenteiden valmistusta ja hänellä tulee olla tehtävän vaativuuden mukainen pätevyys (4, s.11). Lista pätevistä betonityönjohtajista löytyy FISE Oy:n Internet-sivuilta (4, s.11). ”FISE-pätevyys on yleispätevyys, jonka vähimmäisvaatimuksena on laissa, asetuksissa ja ympäristöministeriön ohjeissa esitetyt vaatimukset” (8, s.45).

Betonityönjohtajan pätevyysluokat jaetaan kahteen luokkaan. BY 50:n mukaiset 1-luokan betonityönjohtajan pätevyysvaatimuksiin kuuluvat seuraavat vaatimukset (4, s.12):

”suorittanut vähintään teknillisen oppilaitoksen tai ammattikorkeakoulun rakennusosastolla insinöörin tutkinnon, johon sisältyvät betonirakenteiden suunnittelua ja toimintaa käsittelevät kurssit tai vastaavan ulkomaisen tutkinnon” (4, s.12).

Pätevyys edellyttää koulutukselta vähintään 10,5 opintopistettä (7 opintoviikkoa) rakenteiden mekaniikan, 15 opintopistettä (10 opintoviikkoa) betonirakentamisen ja betoniteknologian ja 4,5 opintopistettä (3 opintoviikkoa) rakenteiden fysiikan opintosuorituksia tai muulla tavalla todistaa omaavan vastaavaa rakennusfysiikan tuntemusta (7).

Alemmin koulutautunut pystyy kuitenkin toimimaan betonityönjohtajana, jos hänellä on vain riittävä kokemus betonitöistä (4, s.12).

2.2 Tyyp hyväksyntäpäätökset

Jos betonirakenteissa käytettävät aineet, osa-aineet, tarvikkeet ja menetelmät eivät ole CE-merkittyjä, niillä tulee olla voimassa oleva ympäristöministeriön hyväksymän toimitelimen varmentama käyttöseloste. (4, s.14) Kirjaimet CE tulee ranskankielisestä nimestä Conformité Européenne. CE-merkitty tuote täyttää EU:n direktiivien vaatimukset.

2.3 Työn suorittaminen

Betonitöissä betonityönjohtajien lisäksi tulee olla myös betoniteknologiaan perehtynyt betonilaborantti. Lista pätevistä betonilaboranteista löytyy FISE:n Internet-sivuilta (4, s.117).

Betonilaborantin pitää omata riittävät perustiedot betoniteknologiasta, betonille tehtävistä kokeista ja betonin valmistamisesta sekä käytännön kokemusta betonin osa-aineille, betonimassalle ja kovettuneelle betonille tehtävien kokeiden suorittamisesta sekä betonivalmistuksesta. (5)

Pätevän betonilaborantin edellytyksenä on riittävä koulutus ja työkokemus. (5)

2.4 Betonielementtejä koskevat erityisohjeet

Betonielementtejä koskevat erityisohjeet löytyvät BY 50 luvusta 4.2.5 sivuilta 133–137. BY 50 vaatii, että elementeistä on löydyttävä seuraavat tiedot (4, s.133):

- valmistaja
- valmistuspäivämäärä ja tunnus
- elementin paino
- elementin käsittelyasento, nostokohdat ja – tapa

- muut tarpeelliset tiedot.

Elementin betonin lujuuden on oltava toimitettaessa riittävä, yleensä vähintään 70 % maksimista. Se saa olla pienempi, mutta ei kuitenkaan alle 50 % alle suunnitellun lujuusvaatimuksen, jos kapasiteettia ei ylitetä ja sen jatkokehittyminen on varmistettu. (4, s.133)

”Raudoituksen aseman ja rakenteen mittojen on täytettävä taulukon 4.14 vaatimukset, ellei suunnitelmissa ole toisin esitetty. Suuremmat mittapoikkeamat voidaan hyväksyä, jos osoitetaan, että niistä ei ole haittaa rakenteen varmuudelle, toiminnalle tai muille rakenneosille.” (4, s.136) Opinnäytetyössä taulukko 4.14 on merkitty taulukoksi 1.

Taulukko 1: Rakenteen poikkileikkauksen mittojen ja pääraudoituksen sijainnin sallitut mittapoikkeamat (4, s.136)

Rakenneluokka	$a \leq 200$ d	$500 < a \leq 2000$ d	$500 < a \leq 2000$ d	$a > 2000$ d
	Δ [mm]	Δ [mm]	Δ [mm]	Δ [mm]
1	5	10	20	30
2	10	20	30	50

a= poikkileikkauksen mitta tarkasteltavassa suunnassa, mm

d= poikkileikkauksen tehollinen korkeus, mm

Δ = sallittu mittapoikkeama, mm

Tehtailla on monesti käytössä itsetiivistyvää betonia. Itsetiivistyvän betonin aiheuttamat lisäohjeet löytyvät BY 50 sivuilta 247–250 liitteestä 6. Seuraavana on ohjeita mitä tulee noudattaa tehtaässä betonointia itsetiivistyvällä betonilla:

Itsetiivistyvä betoni ITB (Self-compacting concrete, SCC)

- “Betonia, joka tiivistyy painovoiman vaikutuksesta ja täyttää muotin kokonaan säilyttäen homogeenisuutensa ilman lisätiivistämistä.” (4, s.247)

- ”Betoninormin kohdassa 4.2.4.4 esitetyt betonointiohjeet koskien nousu-
nopeusrajoituksia ja tärytysvaatimuksia eivät koske valuja, joissa käytetään itsetiivistyvää betonia.” (4, s.250)
- ”Pystyrakenteita betonoitaessa itsetiivistyvällä betonilla on erityisesti
kiinnitettävä huomiota muottipaineen aiheuttamaan rasitukseen.” (4,
s.250)
- ”Muotin suunnittelussa, mukaan lukien tuki- ja kiinnitysmenettelyt, tulisi
normaalisti olla oletusarvona, että muottiin kohdistuu täysi hydrostaattinen
paine.” (4, s.250)

2.5 Laadunhallinta

”Betonityönjohtaja valvoo rakenteiden valmistuksen aikana, että muoteista ja niiden tukirakenteista, raudoitustöistä, betonitöistä, betonielementtien asennuksista ja saumauksista, jännittämistöistä ja mittatarkkuuksista annettuja ohjeita noudatetaan ja että laaditaan asiaankuuluvat muistiinpanot.” (4, s.148).

Betonilaborantin tehtävänä on tutkia betonimassan laatua. Betoninmassan laatua valvotaan niin valmistuksen kuin betonoinnin aikana (4, s.148). Lisäksi betonin laatua tutkitaan koekappaleita tehden myös betonoinnin jälkeen. ”Betonin valmistuksen laadunvalvonta tehdään standardin SFS-EN 206-1 kohdan 9. mukaisesti” (4, s.142). ”Betonimassan notkeutta ja vaadittaessa ilmapitoisuutta sekä muita ominaisuuksia valvotaan sopivaa mittaustapaa käyttäen.” (4, s.148) Kun betonista tehdään koekappaleita, tulee siitä mitata betonimassan notkeus ja lämpötila. (4, s.148) ”Betonin lujuudenkehitystä seurataan esimerkiksi lämpötilamittausten tai koekappaleiden avulla.” (4, s.148)

Betonitöiden laadunhallintaan liittyvä ohjeistus löytyy BY 50 sivuilta 141–148.

2.6 Elementtitehtaille liittyvä laadunhallintaohjeistus:

”Elementtitehtailta tulee olla kirjallisesti kuvattu tuotannon laadunhallintajärjestelmä.” (4, s.148) Osa-aineita, laitteistoa, betonin valmistamista, betonin laatua ja sen toimitusta valvottaessa on otettava huomioon BY 50 mukaista ohjeistusta (4, s.148). ”Valvonnan tulee varmistaa, että elementtien valmistusprosessi ja tuotteiden varastointi ovat hyväksyttävässä kunnossa. Valmistusprosessi tulee pitää laatujärjestelmässä esitetyn kunnossapitojärjestelmän avulla suunnitellussa kunnossa.” (4, s.148)

Betonikappaleiden testaus on suoritettava hyväksytyssä koetuslaitoksessa. Kuitenkin valmistaja voi tehdä betoniin liittyvät lujuuskokeet itse (4, s.142). ”Vuosittain tehdään puristuslujuuden testauksen tasotarkastus hyväksytyssä koetuslaitoksessa tarkastuksen suorittajan ohjeiden mukaan.” (4, s.142)

Puristuslujuutta testattaessa testauskoneen tulee olla testauskonestandardin SFS-12390-4 mukainen (4, s.142). Toiminnan tarkastus sisältää voiman näytön tarkkuuden, voiman välityksen, levyjen tasomaisuuden ja kuormitusnopeuden säädön kalibroinnit. Lisäksi standardissa on vaatimuksia kuormituslevyjen kovuudelle ja karheudelle.” (4, s.142) ”Hyväksytyn ja/tai akkreditoidun testauslaboratorion koneen on oltava luokkaa 1. Muun testauslaboratorion koneen oltava vähintään luokkaa 2.” (4, s.142) ”Betonin valmistaja voi harkintansa mukaan käyttää joko kalibroituja tai kalibroimattomia koekappalemuotteja” (4, s.142)

2.7 Paksurappauselementti

2.7.1 Paksurappauselementtien suunnittelu

Rakennesuunnittelija mitoittaa paksurappauselementit staattisille kuormille, kuten omapaino, tuulen aiheuttamalle paineelle ja imulle, isku- ja törmäyskuormille sekä lämpöliikkeistä aiheutuville pakkovoimille (6, s.71). Paksurappauselementtejä suunniteltaessa on suunnittelijan otettava rappauskiinnikkeiden osalta huomioon seuraavia tekijöitä:

- ”Kiinnikkeiden mitoitusta varten eristeiden painot selvitettävä eristeiden valmistajilta” (6, s.71)
- ”Paksurappaus-eristejärjestelmissä suoraan rappauserroksen alla käytetään yksinomaan mineraalivillaeristeitä, jotka ovat mittastabiileja.” (6, s.75)
- Paksurappauselementeissä käytettävien eristeiden puristuslujuuden arvo >5 kPa (6, s.74).

Paksurappauselementtejä valmistettaessa on otettava huomioon, että asennettavat rappauskiinnikkeet asennetaan noin 45° kulmaan, jotta valmiin paksurappaus-eristejärjestelmän pystyliike olisi mahdollisimman pieni. (6, s.71)

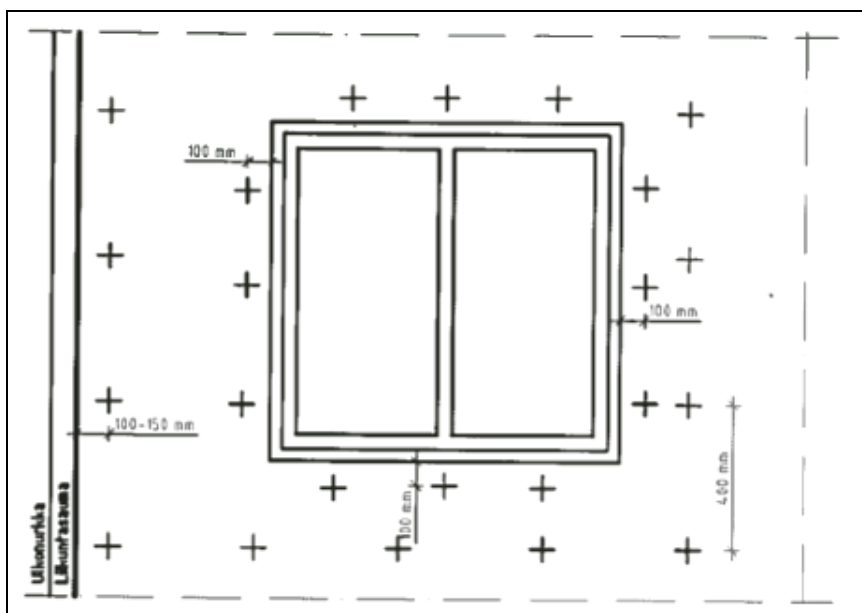
2.7.2 Varastointi

Tehtaan tulee kiinnittää huomiota eristeiden kuljetukseen ja säilytykseen. Valmistus vaiheessa lämmöneristeiden tulee olla hyväkuntoisia ja kuivia. ”Lämmöneristeiden kaikessa kuljetuksessa ja varastoinnissa tulee huolehtia sateelta ja maaperästä tulevalta kosteudelta suojaamisesta.” (6, s.76) ”Märkiä tai vaurioituneita eristeitä ei saa asentaa seinärakenteeseen.” (6, s.76)

2.7.3 Lämmöneristeiden kiinnitys

”Kiinnikkeitä käytetään normaalisti noin 3-6kpl/m² riippuen rappausjärjestelmästä, kiinniketyypistä ja alustan lujuudesta. Kiinnikkeiden väli saa olla enintään 400-600mm” (6, s.77) Aukkojen ympärillä käytetään suurempaa määrää kiinnik-

keitä, kuin muualla osin seinää (kuva 4). Annetut ohjeet ovat työmaalla asennettaville rappausverkoille ja kiinnikkeille. Tätä voidaan soveltaa myös tehdasvalmisteisissa paksurappauselementeissä.



Kuva 4: Rappauskiinnikkeiden asennusesimerkki aukon ympärillä ja elementin alareunassa (6, s.79)

BY 57:stä löytyvässä taulukossa (taulukko 2) on esitetty seinärakenteen eri kohtiin suositelluista kiinnikkeiden lukumäärästä ja kiinnikkeiden välisistä etäisyyksistä. Arvot on tarkistettava rappausjärjestelmäkohtaisesti. Myös aukon koko ja eristepaksuus vaikuttavat kiinnike määriin. (6, s.78)

Taulukko 2: Ohjeellisia kiinnikkeiden lukumääriä.

	Kiinnikkeiden minimilukumäärä [kpl/m]	Kiinnikkeiden enimmäisetäisyys reunasta [mm]	Kiinnikkeiden enimmäisväli pysty- ja vaakasuunnassa [mm]
Aukkojen piilet	3	100	600
Ulkonurkat	3	100–150	600
Liikuntasaum	3	100–150	600

Sokkeli	3	100	600
---------	---	-----	-----

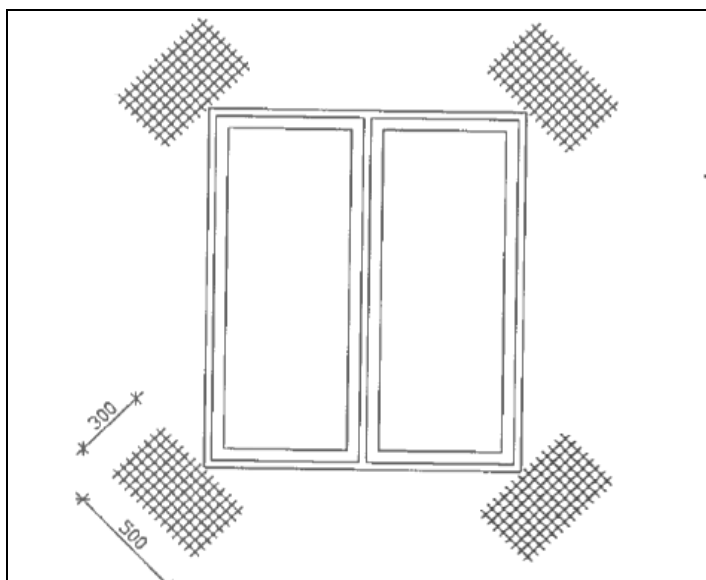
(6, s.78)

2.7.4 Lämmöneristeiden asentaminen

”Mineraalivillalevyt asennetaan tiiviisti toisiaan ja sekä aukkojen pieliä vasten.” (6, s.79) Kahta eristekerrosta käytettäessä on joitakin asennusvaatimuksia. ”Eristelevyjen saumakohdat limitetään siten, että seinään ei synny ns. neljän eristelevyn risteyskohtaa. Vähimmäislimitys on 100mm.” (6, s.79) ”Aukkojen nurkissa pyritään välttämään lämmöneristeiden saumoja.” (6, s.79) ”Levymäisillä tuotteilla lämmöneristys voidaan tehdä kahdesta eri kerroksesta, jolloin molemmissa lämmöneristekerroksissa noudatetaan samoja limitysperiaatteita. Myös eristekerrosten lämmöneristeiden väliset saumat limitetään.” (6, s.79) Eristeen asennuksen laatuvaatimuksena ovat: ”Lämmöneristeiden ulkopinta muodostaa alustan julkisivurappaukselle, joten lämmöneristeiden asennukselta vaaditaan rappauspinnan tasaisuusvaatimuksen mukaista suoruutta lisättynä ± 3 mm.” (6, s.77)

2.7.5 Rappausverkon asentaminen

Rappausverkon avulla varmistetaan rappauksen kiinni pysyminen sekä hallitaan rappauskerroksen halkeilua mm. lisäverkoilla aukkojen kulmissa (6, s.80). ”Paksurappaus-eristejärjestelmissä käytetään kuumasinkittyä pistehitsattua teräsverkkoa, jonka lankojen vahvuus on yleensä n. 1mm ja verkon silmäkoko on tyypillisesti noin 20mm.” (6, s.80) ”Rappausverkon tulee sijaita noin puolivälin paikkeilla rappauksen paksuudesta täyttörappauksen ulkopinnasta mitattuna.” (6, s.80) ”Rappausverkon sijainnin oikeellisuutta tarkastetaan mittaamalla ennen rappaustyön aloittamista.” (6, s.85) ”Tarvittaessa verkon sijaintia korjataan esimerkiksi välikkeitä lisäämällä.” (6, s.85) ”Verkko asennetaan kauttaaltaan rapattavalle julkisivulle niin, että jatkoskohdat limitetään vähintään 100mm.” (6, s.80) ”Aukkojen nurkissa on käytettävä lisäksi 45° kulmaan asennettuja lisäverkkoja halkeilun estämiseksi.” (6, s.80)



Kuva 5: Aukkojen pieliin lisäverkotukset (6, s.81)

2.7.6 Jälkihoito

Tehtaalla tehtäviä rappauspintoja on pidettävä kosteana pintarappauksen tekemiseen saakka, noin 2-3 vrk:n ajan olosuhteista riippuen (6, s.85). Rappauksen liian nopea kuivuminen saattaa aiheuttaa (6, s.85):

- rappauksen lujuuden alenemista
- rappauksen vedenimukykyä lisääntymistä ja näin heikentää rappauksen pitkäaikaiskestävyyttä
- rappauksen halkeilua.

”Tarvittaessa rappauspintaa on kasteltava. Tuoreen laastin kastelu suoritetaan kevyellä vesisumutuksella, sitoutumisen ollessa pidemmällä voidaan vesisumutuksen voimakkuutta ja vesimäärää kasvattaa.” (6, s.86) ”Tuulisissa, kuumissa ja kuivissa olosuhteissa kastelua on tarpeen vaatiessa jatkettava vuorokauden ympäri.” (6, s.86)

2.8 Paksurappaus-eristejärjestelmä betonivalmisosista

Elementit valmistetaan vaakamuoteissa ja rappauslaasti valetaan tehtaalla. Jotta saavutettaisiin riittävä ilmaääneneristys, betonisen sisäkuoren tulee olla 150mm (6, s.100). ”Tuotteen testaamisesta ja toimivuudesta vastaa sen valmistaja.” (6, s.99)

3 Tiivistelmä paksurappauselementtien valmistusohjeista

3.1 Suunnittelu

Rakennesuunnittelija mitoittaa paksurappauselementit staattisille kuormille, kuten omapaino, tuulen aiheuttamalle paineelle ja imulle, isku- ja törmäyskuormille sekä lämpöliikkeistä aiheutuville pakkovoimille. (6, s.71)

Kiinnikkeet mitoitetaan rappauksen omalle painolle sekä tuulikuormille. Mitoituksessa käytettävä omapaino on yleensä $0,6 \text{ kN/m}^2$. Eristeiden tiheys on luokkaa 65 kg/m^3 . Kiinnikkeiden mitoitusta varten on kuitenkin selvitettävä tarkat eristeiden painot eristeiden valmistajilta. (6, s.71)

Tuulikuorman suuruuteen vaikuttaa rakennuksen korkeus, muoto sekä sen sijainti(maastoluokka). Eristerapatuissa elementeissä suurin suunnitteluun vaikuttava tekijä on tuuleen aiheuttama imu, joka on suurin rakennuksen nurkissa sekä yläreunoissa. Eristeen puristus- ja leikkauslujuuden tulee olla riittävällä tasolla. Tuulenpaine sekä rappauskerroksen omapaino puristaa lämmöneristeitä kasaan. Kun eriste puristuu kasaan, rappauskerros pyrkii laskeutumaan. Laskeutuminen aiheuttaa eristeeseen leikkausta. (6, s.71)

Paksurappauselementtien iskukuorman kestävyys riippuu rappauksen paksuudesta, käytetystä rappausverkosta ja sen sijainnista. Rakennuksen alaosissa ja kulkuväylien yhteydessä suositeltavaa käyttää lujempaa laastia ja tiheämpää verkotusta. (6, s.72)

Lämpö- ja kosteusliikkeiden hallittavuuden kannalta liikuntasaumot on sijoitettava rungon liikuntasauvojen lisäksi rakennuksen nurkkiin aukollisen seinäpinnan liittyessä umpinaiseen seinään sekä rakennuksen tulevien ulokkeiden ympärille. Liikuntasauvoja tulee olla myös lisäksi seinärakenteessa sekä vaaka- että pystysuunnassa 12-15m välein. (6, s.72)

3.2 Valmistus

Rappauspinnan yksityiskohdissa (esim. reuna det.) noudatetaan suunnittelijan ja BY 57:n ohjeita.

3.2.1 Alustan tasaisuus

Betonikuoren tulee olla riittävän tasainen. ”Lämmöneristeiden ulkopinta muodostaa alustan julkisivurappaukselle, joten lämmöneristeiden asennukselta vaaditaan rappauspinnan tasaisuusvaatimuksen mukaista suoruutta lisättynä ± 3 mm.” (6, s.77)

3.2.2 Lämmöneristeen asennus

Eristeinä käytetään paksurappauselementtien valmistukseen suunniteltuja eristeitä. Tällaisia eristeitä löytyy useilta eri valmistajilta, kuten Paroc ja Isover. Eristeillä on oltava vähintään 5kPa:n puristuslujuus (6, s.74). Eristeiden paksuus on määritelty elementtikuvissa. Eristämisen jälkeen on jäätävä 20mm laastivaluvara. ”Paksurappaus-eristejärjestelmissä suoraan rappauskerroksen alla käytetään yksinomaan mineraalivillaeristeitä, jotka ovat mittastabiileja.” (6, s.75)

3.2.3 Eristeiden asennus

Eristelevyt tulisi asentaa siten, että valmistettavaan seinään ei syntyisi neljän eristelevyn risteyskohtia. Vähimmäislimityksen tulee olla vähintään 100mm (6, s.79). Jos vaadittua eriste paksuutta ei voida saavuttaa yhdellä eriste kerroksel-

la, voidaan käyttää kahta eristettä päällekkäin, mutta ei kuitenkaan useampaa (6, s.191). Eristeiden väliset tasoeroissa hammastusta saa enintään olla 1/3 koko rappauksen paksuudesta (6, s.191).

3.2.4 Rappausverkon asennus

Rappausverkon tarkoitus on varmistaa rappauksen kiinnipysyminen sekä hallita rappauksen halkeilua. ”Paksurappaus-eristejärjestelmissä käytetään kuumasinkittyä pistehitsattua teräsverkkoa, jonka lankojen vahvuus on yleensä n. 1mm ja verkon silmäkoko on tyypillisesti noin 20mm.”(6, s.80) ”Verkko asennetaan kauttaaltaan rapattavalle julkisivulle niin, että jatkoskohdat limitetään vähintään 100mm.” (6, s.80)

3.2.5 Verkon sijainti

”Rappausverkon tulee sijaita noin puolivälin paikkeilla rappauksen paksuudesta täyttörappauksen ulkopinnasta mitattuna.” (6, s.80) Rappausverkon ja eristeen pinnalla käytetään rengasvälitteitä. Välitteen korkeus on 9mm. Välitteillä varmistetaan rappausverkon oikea sijainti laastikerroksessa.

3.2.6 Kiinnikkeet

Kiinnikkeinä käytetään käyttötarkoitukseen sopivia ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kiinnikkeitä. ”Rappauskiinnikkeet tulee asentaa noin 45° kulmaan, jotta valmiin paksurappaus-eristejärjestelmän pystyliike olisi mahdollisimman pieni.” (6, s.71) Betoninormien BY 57 mukaan kiinnikkeiden määrä tulisi olla 3-6 kpl/m² riippuen rappausjärjestelmästä, kiinniketyypistä ja alustan lujuudesta. Kiinnikkeiden määrä tulee kuitenkin tarkastaa tapauskohtaisesti. ”Kiinnikkeiden väli saa olla enintään 400-600mm” (6, s.77).

3.2.7 Laastin valmistus

Laastivalu

Rappauslaastit toimitetaan tehtaalle kuivatuotteina, joihin lisätään vain vesi. Laasti valmistetaan siilo/ruuvisekoitin yhdistelmässä. Laasti valetaan ja levitetään elementtiin eristekerroksen päälle. Pinta linjaroidaan suoruuden varmistamiseksi. Muottipöytää voidaan täyttää tarpeen vaatiessa.



Kuva 6: Laastin valmistukseen käytettävä siilo/ruuvisekoitin yhdistelmä

Ominaisuudet

Laastin ominaisuuden kannalta on tärkeää kiinnittää huomiota laastimassan vedenmäärään, sekoitusaikaan, sekoituskertoihin. Valmistajan ohjeiden mukaan tehdyille laastille voidaan varmistaa sen huokoisuus sekä

höyrynläpäisyyden, pakkasenkestävyyden riittävyys, että hyvät työstöominaisuudet. (6, s.82)

3.3 Jälkityö

3.3.1 Varastointi

Elementit puretaan seuraavana päivänä valusta. Purkuvaiheessa on erityisesti varottava rappauspinnan lohkeamista. Elementtien jälkimittaukset varmistetaan elementtien oikeat mitat. Tulokset kirjataan ylös ja säilytetään elementtien luovutukseen asti. Elementtejä tulee säilyttää vähintään kolme vuorokautta lämpimissä olosuhteissa, ei pakkasessa. Tilan tulee olla viileä, alimmillaan 10 °C. Tilan tulee olla tuuleton ja auringolta suojattu.

3.3.2 Jälkihoito

Hionta/oikaisu

Rappauselementtien rappauspinnat oikaistaan ja hiotaan BY 57:n tasaisuus vaatimusten mukaisiksi varastoinnin yhteydessä. Vaativissa varastointi olosuhteissa, kuten korkeassa lämpötilassa, BY 57:ssä on esitetyt joitakin ohjeita rappauspintojen jälkihoitoon:

- ”Tarvittaessa rappauspintaa on kasteltava. Tuoreen laastin kastelu suoritetaan kevyellä vesisumutuksella, sitoutumisen ollessa pidemmällä voidaan vesisumutuksen voimakkuutta ja vesimäärää kasvattaa.” (6, s.86)
- ”Tuulisissa, kuumissa ja kuivissa olosuhteissa kastelua on tarpeen vaatiessa jatkettava vuorokauden ympäri.” (6, s.86)

Elementtien laatuvaatimukset

Taulukoissa 3 on esitetty rappauspinnan tasaisuuteen liittyvät laatuvaatimukset eri laatuluokissa. Taulukossa 4 on esitetty valmiin rappauksen laatuvaatimukset eri laatuluokissa.

Taulukko 3: Rappauspinnan tasaisuus

Mittauspituus [mm]	Suurin sallittu poikkeama [mm]		
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
2000	± 3	± 5	± 7

(6, s. 187)

Taulukko 4: Valmiin rappauksen suoruus

Mittauspituus [mm]	Suurin sallittu poikkeama [mm]		
	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3
2000	± 3	± 5	± 7

(6, s. 187)

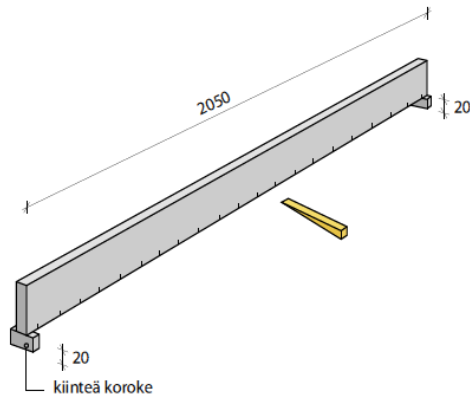
”Ilmoitetut sallitut poikkeamat ovat voimassa +20 °C ± 2 °C lämpötilassa.”(6, s. 187) ”Julkisivun suoruusmittauksissa satunnaisesti valittuja mittalinjoja tulee olla riittävästi kohteen koko ja luonne huomioiden. Vähimmäismäärä kuitenkin 6 mittalinjaa.” (6, s. 187)

Tasaisuuden mittaus

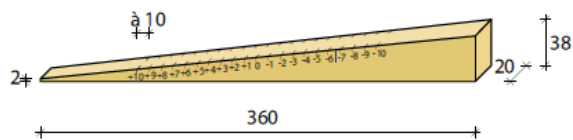
”Mittaukset tehdään RT-ohjekorttia RT 14–10373 mukaista mittalautaa ja kiilaa käyttäen.” (9, s. 187) RT 14–11039 korvaa RT 14–10373.

Mittalautana käytetään alumiinista tehtyä lautaa, kooltaan 2050mm*100mm*20mm ja sen molemmissa päissä alapinnassa on kiinnitetty 20mm:n koroike (9, s. 2). Kiila on 360mm pitkä, toisesta päästä kiila on 2mm ja toisesta päästä 38mm korkea ja leveys on 20mm. Se voidaan valmistaa esim.

alumiinista tai puusta, jonka kosteus eläminen on pientä. ”Kiilan ylä- ja sivupinnoille on merkitty millimetriasteikko niin, että 0-viiva tulee kiilan pituuteen nähden keskeisesti.” (9, s. 2)

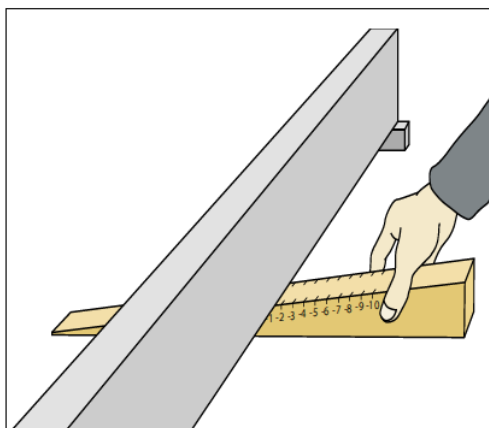


Kuva 7: Mittalauta ja kiila (9, s. 2)



Kuva 8: Kiila (9, s. 2)

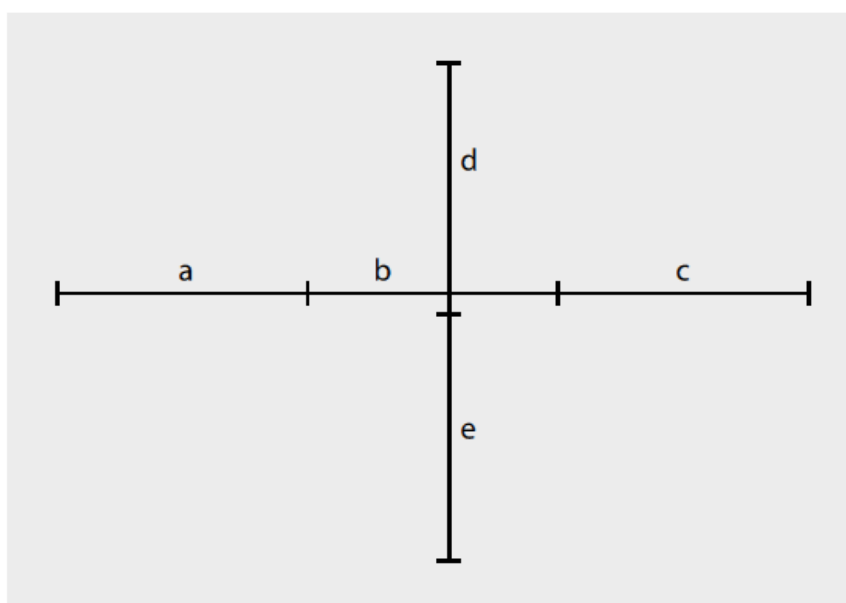
Kuvassa 9 saadusta mittauksesta tulos on -1,5mm, joka pyöristyy -2 mm:iin.



Kuva 9: Mittauksen suorittaminen (9, s. 3).

Tasaisuus tutkimuksia suorittavalle henkilölle ei ole asetettu erityisiä pätevyysvaatimuksia, mutta hänen tulee kuitenkin olla perehtynyt mitattavien rakenteiden valmistusmenetelmiin ja tasaisuuden mittausmenetelmiin. Jokaisesta koikeesta ja mittauksesta mittaajan tulee tehdä merkintä mittauspöytäkirjaan. Koikeet ja mittaukset suorittanut henkilö allekirjoittaa. (9, s. 4) Mittauspöytäkirjassa tulee olla merkittynä (9, s. 4):

- päivämäärä
- mittaustulokset ja piirrokset
- toimenpiteet
- selvitykset mahdollisista poikkeamista.



Kuva 10: Esimerkki mittauspiirroksista (9, s. 4)

Mittauspöytäkirjan tulokset voidaan esittää esimerkiksi taulukon 5 mukaisesti.

Mittalaudan sijainti	Mittauskohta					
	0	400	800	1200	1600	2000
a	0	+1	-1	0	+1	0
b	0	-2	-3	-3	-2	-1
c	-1	-2	-3	(-4)	-2	-1
d	0	0	-1	-1	-1	-2
e	-1	0	-1	-1	0	0

Taulukko 5: Esimerkki mittaustuloksista (9, s. 4)

Vaurioiden korjaaminen

Pinnan korjauksiin käytetään vain laastinvalmistajan toimittamia korjauslaasteja.

BY 57:ssä on esitetty ohjeita rappauspintojen korjauksiin:

Vaurioitunut alue rajataan suoraviivaisesti ja rappauslaasti poistetaan siten, että rappausverkko jää ehjäksi. Uusi rappauskerros levitetään puhdistetun ja tarvittaessa paikatun ja lisäverkotetun alustan päälle ruiskuttamalla tai pienillä alueilla lastalla enintään 15mm kerroksina. Rappauskerroksen tulee olla ehjä, yhtenäinen ja tasainen ennen pintarappauksen tekemistä. (6, s.100)

3.4 Kuljetus

3.4.1 Lait, asetukset ja määräykset

Elementtien kuljetuksissa noudatetaan voimassaolevia lakeja, asetuksia ja viranomaismääräyksiä. Maantiekuljetuksia koskevia lakeja, asetuksia ja määräyksiä on paljon. Kuorman käsittelyä ja ajoneuvoa koskevat mm. seuraavat lait ja asetukset (10, s.2):

- Tieliikennelaki
- Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä (4.2.1992/1257)
- Tiekuljetussopimuslaki
- Asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista (1248/2002)
- Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista (1715/1992)
- Liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä (940/1982)
- Työturvallisuuslaki.

Tieliikennelain muutosten myötä mm. kuljetuksen tilaajille ja muille osapuolille on tullut lisää vastuuta kuljetusten turvallisuudesta. Muutokset koskevat vastuuta ajoneuvon kuormauksesta sekä ajo- ja lepoaikojen noudattamisesta. (10, s.2)

3.4.2 Kuljetuskalusto ja sidontavälineet

Sidonnassa käytettävän kaluston ei tarvitse olla plommattuja eli sinetöityjä, mutta niiden lujuusominaisuuksista on löydyttävä valmistajan todistus. Koukuissa ja vanteista tulee löytyä CE-merkintä. Koukuista tulee löytyä nimellislujuus ja vanteista murtokuorma. Sidontavälineiden kuntoa seurataan silmämääräisin tarkistuksin ja vialliset välineet vaihdettava välittömästi. (10, s.5)



Kuva 11: Esimerkki allasautossa kuljetettavista elementeistä (10, s.10)

3.4.3 Kuorman sidonta

Vastuu

”Tieliikennelaissa ja sen §:ssä 87 edellytetään kuormaamaan auto siten, että se ei aiheuta vaaraa tai vahinkoa kenellekään.” (10, s.2) ”Lähetäjän ja kuljettajan vastuusta annetaan seuraavat ohjeet” (10, s.2):

- Silloin, kun kuljettaja kuormaa tavaran kokonaan itse (nostaa lavalle, sijoittaa ja kiinnittää/tukee), kuljettaja vastaa kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta.
- Silloin, kun lastaaja nostaa tai siirtää tavaran autoon kuljettajan lastausohjeiden mukaan, jonka jälkeen kuljettaja itse kiinnittää ja tukee lastin, kuljettaja vastaa kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta.
- Silloin, kun kuljettaja kuormaa ja tukee tai kiinnittää sen toimeksiantajan ohjeiden mukaisesti, sekä ohjeiden antaja että kuljettaja vastaavat kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta.

Kuljettajalle jää velvollisuuksia silloinkin, kun joku muu on hoitanut kuormauksen/ lastin sijoittamisen. Kuljettajan on mahdollisuuksien mukaan varmistuttava siitä, että kuorman sijoittelussa ja kiinnittämisessä ei ole selvästi havaittavaa puutetta. (10, s.2)

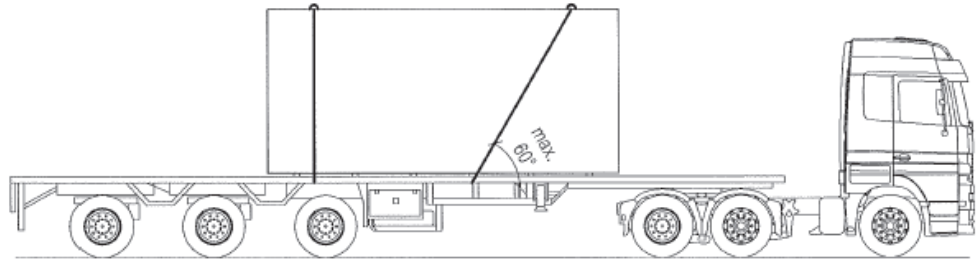
Kuorman sitominen

Ajoneuvossa oleva kuorma ei saa siirtyä, kaatua tai pudota siten, että ajoneuvon liikenneturvallisuus vaarantuisi. Betonielementit tulee sitoa koko kuorman painon suuruiselle eteenpäin vaikuttavalle voimalle ja sivulle sekä taaksepäin 50 %:lle kuorman painosta. (10, s.3)

Kuorman sitomisessa tulee käyttää vain hyväksytyjä sidontavälineitä ja sitomisessa tulee ottaa huomioon seuraavat vaatimukset:

- Sidontavälineet ovat ehjät ja kunnolla kiristetyt (10, s.3).
- Kuorma tulee sitoa niin, että yhden siteen tai kiinnittimen irtoaminen, vaurioituminen tai löystyminen ei heikennä muuta kuorman sidontaa (10, s.3).
- Sidontavälineen kiristyslaitteet eivät saa kasvattaa ajoneuvon leveyttä (10, s.3).
- Sidontaväline on suojattava sopivalla tavalla jos se tulee kuorman tai ajoneuvon terävää reunaa vasten (10, s.3).

- Kuorman liikkumista eteenpäin estävä sidontaväline tulee kiinnittää mahdollisimman vaakasuoraan. Se ei saa olla ilman erityisyyttä yli 60 asteen kulmassa vaakatasosta (10, s.3).



Kuva 12: Elementin sidonta sivusta katsottuna (10, s.10)

3.5 Työmaa

Työmaan tehtäväksi jää huomioida pintarappauksessa käytettävän laastin yhteensopivuus tehdasrappauksen kanssa. Pintarappauksen valintaan vaikuttavat myös seuraavat seikat:

- Kohteen sijainti ja ilmaston aiheuttama raskaus vaikuttavat merkittävästi valittavaan laastiin (11, s.7)
- Haluttu ulkonäkö (11, s.7)
- Kulutuksenkestävyys otettava huomioon alimpien kerroksien rappauksissa ja niissä paikoissa joihin kohdistuu erityistä mekaanista raskautta (11, s.7)
- Maalattavalle rappauspinnalle asetettavat erityisvaatimukset (11, s.7).

4 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä Rudus Oy:lle laatujärjestelmän mukaiset toiminta- ja työohjeet paksurappauselementtien valmistukseen, sekä paksurappauselementteihin liittyvän normiston kokoaminen yhdeksi kokonaisuudeksi.

Opinnäytetyöprosessi alkoi keväällä 2015 tapaamisella, jossa käytiin yhdessä toimeksiantajan kanssa lähtökohdat opinnäytetyölle. Opinnäytetyössä pääpaino oli yrityksen kannalta tärkeämmässä osassa työohjeissa, joten myös aineiston keruu ja kirjoitusprosessissa suurin osa ajasta kului tämän osan tekemiseen. Opinnäytetyössä käytettävän materiaalin keruu alkoi kevästä 2015 ja päättyi saman vuoden syksyllä.

Vaikka opinnäytetyön pääpaino oli tehtaan toiminnassa ja elementtien valmistuksessa, henkilökohtaisesti sain paljon oppia myös paksurappauselementtien suunnittelusta, josta on varmasti paljon hyötyä oman koulutukseni kannalta sekä mahdollisten työtehtävieni kannalta. Lisäksi opinnäytetyötä tehdessä pääsin tutustumaan valmistusprosessiin ja tutustumaan asioihin myös tehtaalta työmaalle asti. Opinnäytetyön teon aikana löytyi muutamia kehityskohteita, joita toimeksiantaja voi lähteä jatkossa kehittämään.

Suoraa normistoa paksurappauselementtien valmistamiseen ei ole paljoa. BY 57:stä löytyy vain muutama sivu paksurappauselementtien valmistukseen. Yritysten käytössä on paljon rapattuihin liittyvää muuta normistoa ja ohjeistusta, jota tehtaasoveltavat työssään. Tässä olisi yksi tutkimuskohde, jossa voitaisiin selvittää onko perinteinen rapattu julkisivu ja tehdasvalmisteinen rappauselementti rasituskyvyltään samanlaiset vai kuuluisiko molemmille olla ohjeistuksensa.

Lähteet

1. Rudus Oy. <http://www.rudus.fi/yritys>.(luettu: 6.4.2015)
2. Rudus Oy. <http://www.rudus.fi/yritys/avainluvut>.(luettu: 6.4.2015)
3. Rudus Oy. <http://www.rudus.fi/yritys/toimialat>.(luettu: 6.4.2015)
4. Lahdensivu, J. Betoninormit 2012 BY 50. Suomen Betoniyhdistys r.y. Helsinki. 2012.
5. FISE Oy. http://www.fise.fi/default/www/suomi/patevyysvaatimukset__lomakkeet__nimikkeiden_kaannokset/uudisrakentamisen_tyonjohto/betonirakenteet/betonilaborantin_patevyysvaatimukset/. (luettu: 4.5.2015).
6. Lahdensivu, J. Eriste- ja levyrappaus 2011 BY 57, Suomen Betoniyhdistys r.y. Helsinki. 2011.
7. FISE Oy. http://www.fise.fi/default/www/suomi/patevyysvaatimukset__lomakkeet__nimikkeiden_kaannokset/uudisrakentamisen_tyonjohto/betonirakenteet/1_luokan_betonirakenteiden_tyonjohtajan_patevyysvaatimukset/. (luettu: 17.5.2015).
8. Rekola, M. FISE uudisti maankäyttö- ja rakennuslakiin perustuvat pätevyytensä. RIA. 3. Helsinki. 2015.
9. RT 14–11039. Tasaisuuden mittaus, Mittalauta ja kiila-menetelmä. Rakennustieto. Helsinki. 2011.
10. Betonikeskus ry. Betonielementtien kuljetus-kuljettaja opas. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki. 2008.
11. RT 33–10386. Rappaus laastit ja niiden valinta. Rakennustieto. Helsinki. 1990.

Kuva 1

Paroc Oy. Paksurappaus levyeristeen päällä <http://www.paroc.fi/ratkaisutuotteet/ratkaisut/rakennusteneristaminen/uudisrakentaminen/ulkoseinat/rapatut-ulkoseinat>. (luettu: 14.4.2015).

Kuva 2

Itse otettu

Kuva 3

Itse otettu

Kuva 4

Lahdensivu, J. Eriste- ja levyrappaus 2011 BY 57. Suomen Betoniyhdistys r.y. Helsinki. s.79. kuva 4.2. 2011.

Kuva 5

Lahdensivu, J. Eriste- ja levyrappaus 2011 BY 57. Suomen Betoniyhdistys r.y. Helsinki. s.81. kuva 4.4. 2011.

Kuva 7

RT 14–11039. Tasaisuuden mittaus, Mittalauta ja kiila-menetelmä. Rakennustieto. Helsinki. s. 2. Kuva 1. 2011.

Kuva 8

RT 14–11039. Tasaisuuden mittaus, Mittalauta ja kiila-menetelmä. Rakennustieto. Helsinki. s. 2. Kuva 2. 2011.

Kuva 9

RT 14–11039. Tasaisuuden mittaus, Mittalauta ja kiila-menetelmä. Rakennustieto. Helsinki. s. 3. Kuva 4. 2011.

Kuva 10

RT 14–11039. Tasaisuuden mittaus, Mittalauta ja kiila-menetelmä. Rakennustieto. Helsinki. s. 4. Kuva 8. 2011.

Kuva 11

Betonikeskus ry. Betonielementtien kuljetus-kuljettaja opas. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki., s. 10. 2008.

Kuva 12

Betonikeskus ry. Betonielementtien kuljetus-kuljettaja opas. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki., s. 10. 2008.