



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Mikael Andersson

Kolmikerrosrapatun betonielementin suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

22.4.2021

Tekijä Otsikko	Mikael Andersson Kolmikerrosrapatun betonielementin suunnittelu
Sivumäärä Aika	55 sivua + 1 liite 22.4.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Lehtori Mauri Konttila Myyntipäällikkö Aki Lehtinen VaBe Oy Kehityspäällikkö Matti Kuusjärvi VaBe Oy
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa insinööriyön tilaajayritykselle uudet detalji- ja suunnitteluohjeet kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmälle, joita yritys pystyisi hyödyntämään tulevaisuuden projekteissaan. Opinnäytetyön kirjallisuustutkielmassa tutkittiin kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän käyttöä yleisesti uudisrakentamisessa sekä siihen liittyvää suunnittelua. Kirjallisuusosiossa verrattiin ohutrappaus- ja kolmikerrosrappauskeskenään. Työ tehtiin VaBe Oy:lle, joka on Valkeakoskella sijaitseva betonielementtien valmistamiseen ja toimitukseen keskittynyt yritys.</p> <p>Opinnäytetyön aiheeseen perehdyttiin hyödyntämällä eristerappausjärjestelmistä löytyvää kirjallisuutta muun muassa verkkodokumenteista ja Betoniyhdistyksen julkaisuista. Kirjallisuustutkielmaa sekä detalji- ja suunnitteluohjeita varten haastateltiin eri rakennusalan toimihenkilöitä eristerappausjärjestelmiin liittyen. Haastattelujen tarkoituksena oli saada käytännönläheistä tietoa etenkin suunnitteluun liittyviin kehityskohtiin.</p> <p>Insinööriyön lopputuloksena valmistui detalji- ja suunnitteluohje kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmälle. Haastatteluista ilmenneet kehityskohteet voivat auttaa elementtitehdasta ja suunnittelijoita varautumaan hyvissä ajoin mahdollisiin ongelmiin ja niiden ratkaisuihin jo projektien alkuvaiheessa.</p>	
Avainsanat	kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmä, detaljiikka

Author Title	Mikael Andersson Design of Thick-Render Insulated Concrete Elements
Number of Pages Date	55 pages + 1 appendice 22 April 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Mauri Konttila, Senior Lecturer, Metropolia Aki Lehtinen, Sales Manager, VaBe Oy Matti Kuusjärvi, Development Manager, VaBe Oy
<p>The purpose of this thesis was to produce design instructions for the thick-render insulation system in precast concrete construction. In the literature research, thick-render insulation systems were addressed in general, and their design were addressed. A comparison between the thin-render insulation system and thick-render insulation system was also included in the research. This project was commissioned by VaBe Oy which is a precast concrete contractor located in Valkeakoski.</p> <p>The subject of the thesis was studied considerably before and after the beginning of the project. Most of the study was done by examining publications of the Concrete Association of Finland and several internet documents. Data for the design instructions and research was also collected from interviews. Interviews that were held were primarily focused on developing the current design instructions of the system.</p> <p>The results of the project were complete design instructions for the thick-render insulation system with detailed drawings. Development points that were found through the interviews could benefit the precast contractor and other designers at the beginning of their project. Recognizing and acknowledging these potential issues early on could change the result of the future projects tremendously.</p>	
Keywords	thick-render insulation system, detailed drawings

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Toteutustapa ja työn rajaukset	2
2.1	Rajaus	2
2.2	Toteutustapa	2
2.3	Haastattelut	3
3	Eristerappausjärjestelmät	4
3.1	Yleistä	4
3.2	Historia	4
3.3	Ohutrappaus-eristejärjestelmä	5
3.4	Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmä	6
3.5	Käytettävät materiaalit	10
3.5.1	Laastit	10
3.5.2	Rappausverkot	10
3.5.3	Lämmöneristeet	11
3.5.4	Kiinnikkeet	12
3.6	Laadunvarmistus	13
4	Järjestelmien vertailu	16
4.1	Ohutrappaus-eristejärjestelmän edut ja haitat	16
4.2	Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän edut ja haitat	18
4.3	Kyselyhaastattelujen tulokset	21
4.4	Yhteenveto	31
5	Suunnitteluprosessi	33
5.1	Rakenteen kuormitukset	33
5.1.1	Omapaino	33
5.1.2	Tuulikuorma	33
5.1.3	Säärasitukset	34
5.1.4	Mekaaniset rasitukset	35
5.2	Lämpö- ja kosteustekninen toimivuus	36

5.3	Halkeilun rajoittaminen	36
5.4	Palomääräykset/Palotekninen toimivuus	39
5.5	Ilmaääneneristävyys	40
5.6	Kolmikerrosrappauksen suunnitteluosion kyselytulokset	40
6	Liitokset ja detaljit	44
6.1	Yleistä	44
6.2	Vaatimuksia detailjikuville	45
6.3	Liikuntasäula	45
6.4	Ikkuna	46
6.5	Rappauspinnan liitos sokkelielementtiin	47
6.6	Kolmikerrosrapatun elementin sisä- ja ulkokulma	48
6.7	Räystäслиitos	49
6.8	Parvekkeen liittyminen rapattuun seinään	50
6.9	Rapatun seinän liittymä sandwich-elementtiin	51
7	Pohdinta ja yhteenveto	52
	Lähteet	54
	Liitteet	
	Liite 1. Google Forms-kyselylomake	

Käytetyt termit ja lyhenteet

Ares Commander	Tietokoneavusteinen piirto-ohjelma.
EAD	European Assessment Document. Eristerappausjärjestelmille asetettu Eurooppalaisen teknisen hyväksynnän ohje. Työssä viitataan ohjeeseen EAD 040083-00-0404.
ETA	Eurooppalainen tekninen arviointi eli ETA voidaan myöntää rakennustuotteille, joilla ei ole harmonisoitua tuotestandardia.
ETAG 004	European Technical Approval Guideline. Vanhentunut ohjeistus eristerappausjärjestelmien laatutestaamiseen.
Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmä	Eristerappausjärjestelmä, joka muodostuu teräsbetonisesta sisäkuoresta, lämmöneristeistä, rappauslaasteista, rappausverkoista ja mekaanisista kiinnikkeistä. Käytetään myös nimitystä paksurappaus-eristejärjestelmä.

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja on VaBe Oy. VaBe Oy on Valkeakoskella sijaitseva betonielementtien valmistukseen ja toimitukseen keskittynyt yritys. VaBe Oy:n päätuotteisiin kuuluvat julkisivuelementit, eristetyt ja eristämättömät sisäkuorielementit, väliseinät, laataelementit ja parvekelinjaelementit. VaBe Oy tuottaa viikossa noin 3000 m² erilaisia betonielementtejä.

Insinöörityön ohessa VaBe Oy:lle tuotetaan detalji- ja suunnitteluohje kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmälle. Valkeakosken betonielementtituotantoon lisättiin kolmikerrosrapatut betonielementit 2010-luvun puolen välin tienoilla. Opinnäytetyön tilaajayrityksellä ei ole ollut valmiita detalji- ja suunnitteluohjeita kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmälle. Tästä syystä tuotantopuolen eri tahojen toimesta nykyinen järjestelmä päätettiin uusiksi. Detaljiikka soveltuu ohjeeksi niin toimittajalle kuin myös heidän kanssaan yhteistyötä tekeville suunnittelijoille ja urakoitsijoille.

Elementtitoimittajilla on omat detalji- ja suunnitteluohjeet eristerappausjärjestelmille, joiden mukaan suunnittelijat pystyvät tekemään omista suunnitelmistaan mahdollisimman yhteensopivat tehtaan ohjeiden kanssa. Selkeät suunnitteludokumentit ovat tärkeässä roolissa rakennusprojekteissa ja niiden optimaalinen tietomäärä helpottaa suunnittelun kuin myös tuotannon työtä.

Nykypäivänä uudisrakentamiskohteita tehdään paljon elementeistä mm. nopeuden ja kustannustehokkuuden vuoksi. Huomattava osa nykypäivän julkisivupinta-alasta toteutetaan kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmillä. Tämä tekee opinnäytetyön aiheesta ajankohtaisen ja mielekkään. Kirjallisuustutkielman tavoitteena on tutkia yleisesti eristerappausjärjestelmien toimintaa, niihin liittyvää detaljointia tuotannon ja suunnittelun näkökulmista sekä miten sitä voitaisiin kehittää. VaBe Oy:n tuotteisiin kuuluvat myös ohutrapatut sisäkuorielementit. Tämän takia työhön haluttiin sisällyttää vertailua näiden kahden eristerappausjärjestelmän kesken. Opinnäytetyössä tutkitaan em. haastatteluiden avulla myös sitä, miten vaurioita ja ongelmia järjestelmässä pystyttäisiin estämään jo suunnitteluvaiheessa, jotta rakenteet säilyisivät ehjänä ja saavuttaisivat suunnitellun käyttöikänsä.

2 Toteutustapa ja työn rajaukset

2.1 Rajaus

Opinnäytetyö rajataan käsittelemään pääsääntöisesti kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmää 220 mm vahvuisille eristelevyille. Työssä ei oteta kantaa eristerappausjärjestelmien käytöstä korjausrakentamisessa. Pääpaino on pyritty pitämään uudisrakentamisessa ja erityisesti elementtirakentamisessa.

Opinnäytetyön pääpaino pidetään eristerappausjärjestelmissä, joissa käytetään kolmikerrosrappausjärjestelmää. Tästä syystä ohutrappaus-eristejärjestelmän yksityiskohtainen käsittely sen ominaisuuksista, materiaaleista tai suunnittelusta rajataan pois. Esimerkiksi myöhempien kappaleiden suunnitteluun liittyvät osiot koskevat ainoastaan kolmikerrosrappausjärjestelmää. Opinnäytetyöstä rajataan myös pois levyrappausratkaisut. Käsiteltäviin detailjikuviin valitaan rajallinen määrä kuvia, minkä takia kaikkia haastavimpia liitoskohtia ei tulla esittämään työssä.

2.2 Toteutustapa

Tilaaajyritykselle tehdään kolmikerrosrapatuille elementeille detailji- ja suunnitteluohjeet, jotka toteutetaan Ares Commander-suunnitteluohjelmalla. Tutkimusmateriaaleina hyödynnetään kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmästä saatavilla olevaa materiaalia mm. Betoniyhdistyksen julkaisuista ja järjestelmästä tehdyistä tutkimuksista. Työssä konsultoidaan tilaaajyrityksen omaa henkilökuntaa kehityksen ja tuotannon puolelta ohjeiden valmistukseen liittyen. Projektia työstetään pääsääntöisesti yrityksen tiloissa.

Opinnäytetyössä esiintyvät kuvat, joihin ei ole merkitty lähdeviitettä, ovat joko opinnäytetyön tekijän itse ottamia valokuvia tai toteuttamia detailjipiirustuksia.

2.3 Haastattelut

Haastattelujen avulla pyritään täydentämään teoriaosuuden sisältöä käytännön kokemusta hyödyntäen, sekä yleisesti parantamaan lopullisia detajli- ja suunnitteluohjeita. Haastatteluja suunniteltaessa pyritään varmistamaan, että vastaajia saadaan riittävästi eri erikoistumisalueilta. Vastauksista saatua tietoa sovelletaan muuhun saatavilla olevaan dataan eristerappausjärjestelmistä. Kyselyhaastattelun osiossa kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmään viitataan paikoittain myös paksurappaus-eristejärjestelmänä.

Haastattelut pyritään toteuttamaan niin, että kyselylomakkeet lähetetään etukäteen haastateltaville henkilöille, jonka jälkeen opinnäytetyön tekijä kerää puhelimitse vastaukset ja kirjaa ne Google Forms -kyselylomakkeeseen. Vastauksia tahdotaan kerätä riittävän suuri määrä, minkä takia mahdollisille vastaajille annetaan enemmän vapauksia päättää haastattelun luonteesta. Tarkoituksena on toteuttaa haastattelut puhelimitse, jotta voidaan kerätä mahdollista lisätietoa järjestelmiin liittyen sekä haastateltavien omia lisäyksiä. Kyselylomakkeen kysymykset käsittelevät yleisiä kokemuksia järjestelmistä sekä niissä esiintyviä haasteita ja kehityskohteita.

3 Eristerappausjärjestelmät

3.1 Yleistä

Eristerappausjärjestelmät koostuvat lämmöneristelevyistä, lämmöneristeiden ja rappausverkkojen kiinnikkeistä, rappausverkoista, sekä rappauslaasteista. Ulkoseinä rakenne kokonaisuudessaan sisältää myös teräsbetonisen sisäkuorirakenteen, jonka päälle asennetaan todellinen eristerappausjärjestelmä. Eristerappausjärjestelmät voidaan toteuttaa ohutrappauksella tai kolmikerrosrappauksella. Eristejärjestelmien komponenttien yhteensopivuuden varmistamiseksi, ei tulisi käyttää toisen valmistajan vastaavia tuotteita. Eristerappauksen näkyvimpänä etuna on muodostaa yhtenäisiä julkisivupintoja. [1.]

Ohutrappausjärjestelmiä käytetään maailmanlaajuisesti, kun taas kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmää käytetään pääasiassa vain Suomessa ja Ruotsissa. Noin 4–5 % vuosittain Suomessa toteutettavasta julkisivupinta-alasta toteutetaan eristerappausjärjestelmillä. [2, s. 62.]

3.2 Historia

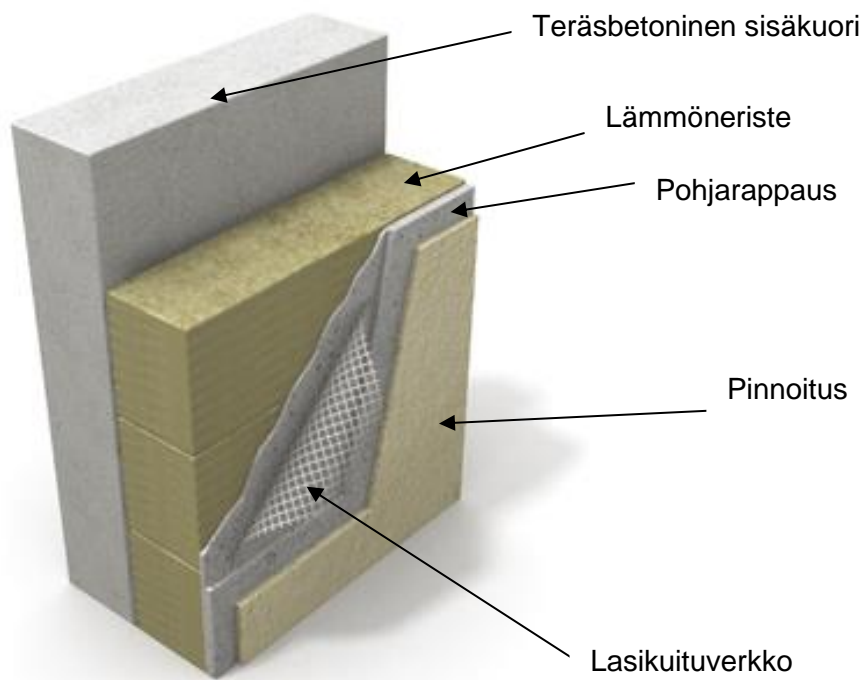
Rappaus oli ollut hallitseva julkisivujen pintakäsittely aikansa asuinkerrostaloissa. Suomessa on tehty jo satoja vuosia sitten rappauksia kalkkilaasteja hyödyntäen. 1900-luvun alkupuolella kalkkilaastiin alettiin sekoittamaan sementtiä. Sementin käyttämisen etuina oli rappauslaastin suurempi lujuus ja lujuudenkehityksen nopeutuminen. 1970-luvulla kornerrappaus syrjäytti käsillä lyömisen. Eristerappausjärjestelmien suosio ja käyttö ulkoseinien julkisivuissa on yleistynyt viime vuosikymmeninä. [3.]

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmien käyttö on alkanut Suomessa 1970- ja 1980-luvun taitteessa. Ohutrappaus-eristejärjestelmää aloitettiin käyttämään 1980-luvun loppupuolella. Mineraalivillaa ruvettiin käyttämään järjestelmissä 1990-luvulla. Kolmikerrosrappauksilla toteutettujen betonielementtien käyttö aloitettiin suunnilleen 2000-luvun puolivälissä. 10–15 vuotta sitten toteutetuissa eristerappausjärjestelmissä on löydetty

paikoin runsasta vaurioitumista. Vaurioita on löydetty sekä ohut- että kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmistä. [4; 5, s. 6, i.]

3.3 Ohutrappaus-eristejärjestelmä

Ohutrappaus-eristejärjestelmissä rappauskerros koostuu yleisesti verkotuslaastikerroksesta, pinnoituskerroksesta ja vahvistavasta lasikuituverkosta, mitkä yhdessä muodostavat taipuisan ja sitkeän levyn lämmöneristeen päälle. Ohutrappaus-eristejärjestelmän rappausalustana voidaan käyttää lujaa mineraalivillaa tai eristerappauksiin soveltuvaa solumuovista valmistettua levyä. Ohutrappauksessa rappauskerroksen vahvuus on yleensä 5–10 mm luokkaa. Ohutrappausjärjestelmällä on mahdollista toteuttaa saumaton julkisivu, mikä tarkoittaa, että liikuntasauvoja tarvitaan ainoastaan rakennuksen rungon liikuntasaumoilla. Järjestelmässä käytettävillä rappauslaasteilla pitää olla hyvä pak- kasenkestävyys. [6.]

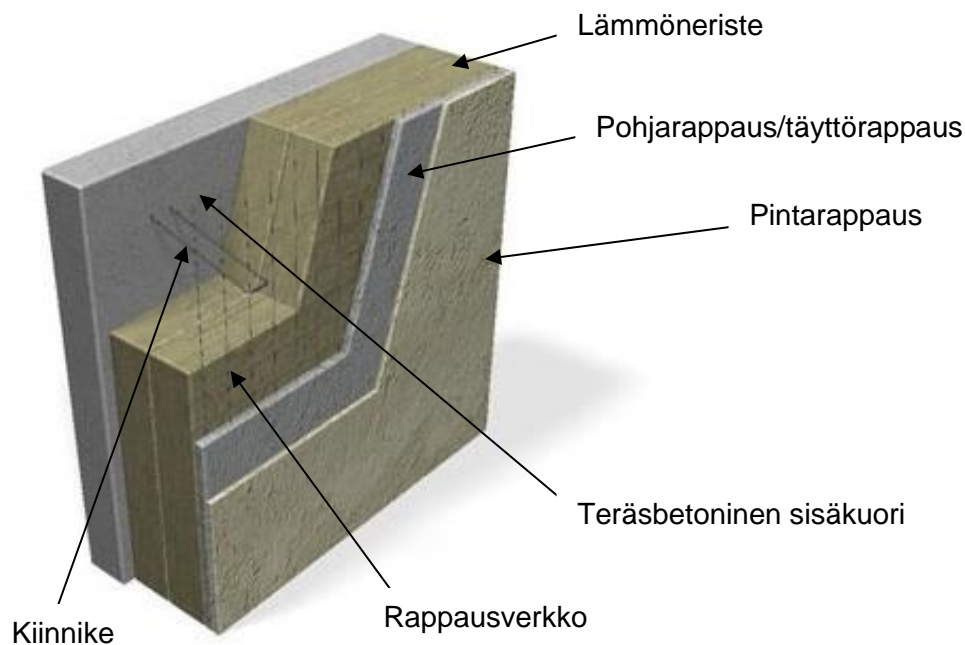


Kuva 1. PAROC Ohutrappaus lamellieristeen päälle [7.]

Ohutrappauselementtien valmistusmenetelmät ovat pitkälti tehdaskohtaisia. Ohutrappauselementit valmistetaan latomalla lämmöneristeet muotin pohjalle ja valamalla betoninen sisäkuori eristeen päälle tai lisäämällä eristeet valetun betonin päälle. Eristeet kiinnittyvät betoniin omalla tartunnalla. Kun elementti puretaan muotista, elementin lämmöneristeiden ulkopinnalle levitetään ohut kerros verkotuslaastia suojaksi UV-säteilyltä. Toimenpidettä kutsutaan ”limutukseksi”. Kaikki varsinaiset rappauserrokset, verkot ja muut asennukset toteutetaan työmaalla. [8, s, 51.]

3.4 Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmä

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmä tai paksurappaus-eristejärjestelmä koostuu kolmesta rappauserroksesta, betonisesta sisäkuoresta, lämmöneristeistä sekä erilaisista tarvikkeista. Kolmikerrosrappauksen paksuus on yleensä 20–25 mm. Kolmikerrosrappaus tulee lämmöneristeiden ulkopintaan ja muodostaa siihen jäykän levyrakenteen, joka on vahvistettu kuumasinkityllä rappausverkolla. Verkko ankkuroidaan sisäkuoreen ruostumattomilla kiinnikkeillä. Kolmikerrosrappaus toteutetaan kalkkisementtipohjaisilla laasteilla. [5, s. 2.]



Kuva 2. PAROC Paksurappaus-eristejärjestelmä [7.]

Kolmikerrosrapatut sisäkuorielementit valmistetaan asettamalla lämmöneristelevyt vaakamuotissa valetun betonisisäkuoren päälle. Lämmöneristeiden päälle tulee rappausverkko, joka kiinnittyy betonivaluun eristeen läpi tulevilla kiinnikkeillä. Verkon alla käytetään välitteitä tai korokepaloja, joilla mahdollistetaan, että rappausverkko ei pääse painumaan kiinni lämmöneristeeseen. Pohja- ja täyttörappaus valetaan viimeiseksi lämmöneristeiden päälle yhtenä tai erillisenä valuna. Rappauslaastien tulee olla hyvin paksu- ja kestäviä. [8, s. 74,15.]



Kuva 3. Kolmikerrosrapatun elementin yläosa, jossa paljastettu verkko

Elementtien reunat ohennetaan, jotta rappausverkko voidaan limittää vierekkäisten elementtien rappausverkkojen kanssa työmaalla. Seuraavaksi elementin ohennettuihin kohtiin levitetään pohja- ja täyttörappaus samaan tasoon elementin alkuperäisen rappauksen kanssa. Viimeiseksi levitetään lopullinen näkyviin jäävä pintarappaus. Elementtien asennuksen yhteydessä lämmöneristeiden väliin asennetaan mineraalivillalakaista. [9, s. 5; 8, s. 75.]

Kolmikerrosrapattujen sisäkuorielementtien rappauspinta on hauras ja sitä tulee käsitellä varoen elementin kuljetuksessa, käsittelyssä sekä asentamisen yhteydessä. Elementtien asennuksessa on kiinnitettävä huomiota, että ulkopinnoissa ei esiinny hammastusta. Julkisivujen pintarappauksella ei ole enää mahdollista oikoa elementtien välistä hammastusta. [8, s. 75–76.]

Saumaosien rappauksessa tulee käyttää elementtivalmistajan ohjeistuksen mukaista laastia. Virheiden riski lopullisen kerroksen laastituksessa voi kasvaa, jos valmistajan ohjeistuksista poiketaan ja laastityypit eivät ole yhteensopivia. Tästä syystä monet elementtivalmistajat pyrkivät toteuttamaan itse työmaalla tehtävän lopullisen rappauskerroksen asentamisen.

Rappauskerroksia ovat pohjarappaus, täyttörappaus ja pintarappaus. Pohjarappaus tai tartuntarappaus on alimmainen rappauskerros, joka toimii alustana päällimmäisille rappauskerroksille. 2000-luvulta alkaen kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä on alettu osittain käyttämään samaa laastityyppiä pohja- ja täyttörappauksessa. [5, s. 2,8.]

Täyttörappaus on pohjarappauksen päälle tehtävä rappauskerros, jolla voidaan tasata alustassa havaitut epätasaisuudet ja joka toimii pintarappauksen alustana. Täyttörappaus voidaan myös tilanteen mukaan tehdä useampana kerroksena. Täyttökerrosrappauksen paksuus kerralla levitettynä ei saisi olla yli 15 mm. Täyttörappauksen sisään asennetaan rappausverkko, jonka oikeaan sijaintiin tulee kiinnittää huomiota. [8, s. 15.]



Kuva 4. Rappauslaastin levitystä

Pintarappaus on uloin rappauskerros, jolla aikaansaadaan rappauksen haluttu ulkonäkö tai sopiva alusta pinnan jatkokäsittelylle. Pintarappaus tehdään yhtenä tai useampana kerroksena. Pintarappauksessa voidaan käyttää läpivärjättyä laastia. Halutunlainen väri voidaan aikaansaada myös kalkki- tai sementtipohjaisella maalauksella tai silikaatti- tai silikonihartsimaalilla. Pinta voi olla esimerkiksi ruiskupintainen, maalattu, harjattu tai hierretty. [8, s. 15,17.]

Silikonihartsipinnoitteita käytetään paljon kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä pintarappauksena. Pinnoitteella on vettä hylkivä ominaisuus, joka estää kosteuden pääsyn rakenteisiin. Tämän lisäksi pinnoite läpäisee vesihöyryä hyvin, joka taas tehostaa rakenteen kuivumista. Silikonihartsipinnoitteen mahdollisena haittavaikutuksena on elastisten saumausmassojen tartunnan heikentyminen rappauksiin. [8, s. 41,67.]

Saumojen täyttörappauksen on saatava kuivua riittävästi ennen pintarappauksen tekoa. Pintarappaus tehdään noin 5–7 vuorokauden kuluttua saumojen pohjarappauksesta. Pinnoitemateriaalin, alustan ja ilman lämpötila ei saisi olla alle + 5 C. Aurinkoisella, tuulisella ja sateisella säällä rappaustyötä tulisi välttää. [9, s. 5.]

3.5 Käytettävät materiaalit

3.5.1 Laastit

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän rappauslaasteissa käytetään ensisijaisesti kalkkisementtilaastia. Kalkkisementtilaasteissa käytetään kalkin lisäksi sideaineena sementtiä. Kalkkisementtilaastin kovettuminen seuraa sementin hydrataatiosta veden kanssa ja kalkin karbonatisoitumisesta. Laastin ominaisuuksia hallitaan kalkki- ja sementtimäärien suhdetta säätämällä. Sementin määrällä on vaikutusta laastin lopulliseen lujuuteen, säänkestävyyteen ja varhaislujuuteen. [10, s. 25.]

Ohutrappaus-eristejärjestelmien rappauskerros toteutetaan sementtipohjaisilla laasteilla, joihin on lisätty polymeerejä tai muita lisäaineita, jotka voivat esimerkiksi parantaa rappauksen vedenhylkimisominaisuuksia. Polymeerejä käytetään parantamaan rappauslaastien lisätartuntaa, etenkin silloin kun rappauskerros on ohut. [8, s. 11; 10, s. 27.]

Järjestelmien laasteissa käytetään erilaisia lisäaineita, joilla voidaan parantaa laastien ominaisuuksia. Käytettäviä lisäaineita ovat mm. hidastimet, huokostimet, kuidut ja hydrofobiset aineet. Kuituja käyttämällä laasteihin saadaan parempi vetolujuus, sitkeys ja iskunkestävyys. [5, s. 21.]

3.5.2 Rappausverkot

Rappausverkkoa käytetään sekä ohut- että kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä rappauksen lujittamiseen ja kiinnityksen parantamiseen. Ohutrappauksissa käytetään lasikuituverkkoa, kun taas kolmikerrosrappauksissa käytettävä verkko on kuumasinkittyä teräsverkkoa, jonka lankapaksuus on 1 mm. Silmäkoko on yleensä noin 20 mm. [8, s. 16.]



Kuva 5. Rappausverkon asentaminen käynnissä

Rappausverkolla on mahdollista pienentää halkeamien suuruuksia. Rappausverkko limitetään liitoskohdissa muihin rappauselementteihin vähintään 100 mm. Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä rappausverkon tehtävänä on rappauksen vahvistamisen ja halkeilun minimoimisen lisäksi rappauksen kiinnitys alusrakenteeseen kiinnikkeiden kanssa. Rappausverkon oikealla sijainnilla on rakenteen kestämisen kannalta keskeinen merkitys. Verkon ideaalinen sijainti on kaksi kolmasosaa täyttörappauksen sisäpinnasta. [11, s. 94.]

3.5.3 Lämmöneristeet

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä tulee käyttää rappausalustana järjestelmän mukaista mineraalivillalämmöneristettä. Käytettäviltä lämmöneristeiltä edellytetään lämmöneristeyksen lisäksi hyvää äänieristävyyttä sekä riittäviä kosteus- ja paloteknisiä ominaisuuksia. Lämmöneristeeseen kohdistuu rappauskerroksen omapainon sekä tuulikuormien takia rasitusta, minkä takia eristeeltä edellytetään myös riittävää puristuslujuutta. Lämmöneristeiden puristuslujuuden vähimmäisvaatimus on yli 5 kPa. Lämmöneristeen pehmeydellä on myös merkitystä rappauskerroksen painumisen kannalta. [8, s. 57–58.]

Mineraalivilla on huokoista, minkä takia se imee enemmän vettä itseensä kuin kovat eristelevyt. Vaikka villa imee itseensä enemmän vettä, se myös luovuttaa sen tehokkaammin pois ja kuivuu nopeasti. [12, s. 112.]

3.5.4 Kiinnikkeet

Lämmöneristeen ja rappauksen kiinnityksessä alusrakenteeseen käytetään ruostumattomasta teräksestä valmistettuja mekaanisia kiinnikkeitä, jotka sallivat rappauksen tasosuuntaiset liikkeet. Kiinnikkeet koostuvat ankkurointiosasta, kiinnityshaasta ja lukitussalvasta. Lämpöliikkeiden takia rappauksen paino ei usein jakaudu kaikille kiinnikkeille tasan, vaan se siirtyy joko ala- tai yläreunan kiinnikkeille. Tämä täytyy huomioida, kun kiinnikkeitä mitoitetaan. [8, s. 60–61.]



Kuva 6. Weberin valmistama kiinnike kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmälle [13.]

Kiinnikkeiden tulee kestää rasitukset rappauksen omasta painosta, tuulikuormasta sekä rappauksen painumisesta. Kiinnikkeiden ohjeellinen käyttömäärä on noin 3–6 kpl/m². Lopulliseen määrään vaikuttavat kiinnikkeiden tyypit ja alustan lujuus. [8, s. 60–61.] Taulukossa 1 on esitetty ohjeellisia arvoja käytettävien kiinnikkeiden määrästä, reunaetäisyyksistä ja kiinnikkeiden välisistä etäisyyksistä. Kiinnikkeiden määrää tulee tarkastella aina tapauskohtaisesti.



Kuva 7. Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä käytettävä kiinnike

Taulukko 1. Kiinnikkeiden ohjeelliset lukumäärät. [8, s. 61.]

	Kiinnikkeiden minimi- lukumäärä (Kpl/m)	Kiinnikkeiden enimmäisetäisyys reunasta	Kiinnikkeiden enimmäisväli pysty- ja vaakasunnassa
Aukkojen pielet	3 kpl	100 mm	600 mm
Ulkonurkat	3 kpl	100 - 150 mm	600 mm
Liikuntasaumat	3 kpl	100 - 150 mm	600 mm
Sokkeli	3 kpl	100 mm	600 mm

3.6 Laadunvarmistus

Ennen rappauslaastien levitystä on varmistettava, että asennetut lämmöneristeet ovat eheitä, suoria ja puhtaita. Rappausverkon sijainti tulee olla 2/3 täyttörappauksen sisäpinnasta. Rappausverkon oikeata sijaintia voidaan tarkastella mittaamalla ennen laastien levitystä. Mittauksia tehdään yksi kymmentä neliometriä kohden. Tapauskohtaisesti verkon sijaintia voidaan säätää välukkeitä lisäämällä. Rappauksesta voidaan ottaa täyttörappauslaastin kovetuttua näyte, jolla pystytään selvittämään rappausverkon todellinen sijainti sekä rappauskerroksen paksuus. Rappausnäyte otetaan poraamalla 20 mm halkaisijaltaan oleva kiekko rasiaporalla. [8, s. 66–67.]

Eristerappausjärjestelmille on asetettu vaatimuksia ETAG 004-ohjeessa. Vuonna 2019 ETAG 004-ohjeistus korvattiin EAD-ohjeistuksella. Ohjeessa painotetaan eristerappausjärjestelmän testaamista kokonaisuutena sekä materiaaliikohtaisesti. Ohutrappaus-eristejärjestelmälle voidaan hakea CE-merkintää ETA-menettelyn kautta. Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmien toimivuus tulee varmistaa vastaavilla tavoilla EAD-ohjeen mukaan kuten ohutrappaus-eristejärjestelmissä. [8, s. 17–18.]

Alla on esitetty joitakin EAD-ohjeen eristerappausjärjestelmien CE-merkintää koskevia tuote- ja materiaaliominaisuuksien testejä. [14, s. 14–46.]:

- käyttäytyminen palotilanteessa (järjestelmän, lämmöneristeen ja saumavaahdon testaus erikseen)
- järjestelmän taipumus jatkuvaan kytämiseen
- vaarallisten aineiden haihtuminen
- vedenimukyky (järjestelmän ja lämmöneristeen testaus erikseen)
- järjestelmän kosteus- ja lämpötekniinen toiminta säärasituskokeessa
- järjestelmän iskunkestävyys
- järjestelmän vesihöyryn läpäiseväisyys
- tartuntakestävyys eri kerrosten välillä
- järjestelmän kiinnikkeiden kestävyys
- järjestelmän tuulen paineen kestävyys
- järjestelmän lämmönvastus ja lämmönläpäisykerroin
- lämmöneristeiden kohtisuora vetolujuus kuivana ja märkänä
- lämmöneristeiden leikkauslujuus
- lämmöneristeen ilmanpitävyys
- lämmöneristeen vesihöyrynläpäisevyys
- rappauksen halkeamaleveys
- saumavaahtojen laajenemisominaisuudet
- saumavaahtojen tartuntalujuus
- lasikuituverkkojen vetokestävyys
- sinkittyjen verkkojen korroosionkestävyys.

EAD-ohjeistuksen mukaiset jäädytys-sulatus-kokeet pakkasenkestävyyden testaamiselle toteutetaan vain silloin kun kapillaarisen veden imeytyminen rappauslaastiin tai pinnoitteeseen on yli $0,5 \text{ kg/m}^2$. Tämän takia EAD-ohjeiden mukainen testaus eristerappausjärjestelmien pakkasenkestävyydelle ei ole riittävä Suomen luonnonolosuhteissa. Laastien ja koko järjestelmän testien vaatimukset ovat tiukemmat Suomessa kuin EAD-ohjeissa on esitetty. [14, s. 20; 11, s. 89.] Lisäksi järjestelmät tulee testata säärasituskokeella kapillaarisen veden imeytymisen tuloksista riippumatta.

Rappauslaastien pakkasenkestävyyden testaamisessa laasteista otetaan $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}^3$ koekappaleet, jotka testataan jäädytys-sulatuskokeella. Koekappaleet kyllästetään kapillaarisesti vedellä ja lämpötilaa vaihdellaan $-15 \text{ °C} \dots + 20 \text{ °C}$ välillä. Jäädytys-sulatussyklejä on tehtävä kaiken kaikkiaan vähintään 50. Kun järjestelmässä käytetään sementtilaasteja, tulee koe arvostella menetelmällä A. Tässä menetelmässä mitataan koestettujen kappaleiden ja vertailukappaleiden taivutuslujuuksien suhdetta. Rasitetun koekappaleen lujuuden tulisi olla vähintään $2/3$ vertailukappaleen lujuudesta. Laasteille tehtävät kokeet arvostellaan SFS-käsikirja 176 Muuratut tuotteet 2007 mukaan. [8, s. 18.]

Rappausjärjestelmä täytyy testata myös kokonaisuudessaan siinä käytettävien liitosten kanssa säärasituskokeella. Testattavan koeseinän tulisi olla kooltaan vähintään 6 m^2 ja siinä testataan myös tarvittavien liitoksien kestävyttä. Testi toteutetaan kastelemalla rakenne, jonka jälkeen se jäädytetään -20 °C . Tämän jälkeen pintalämpötila nostetaan säteilylämmittimellä $+60 \text{ °C}$. Yhden tällaisen syklin kokonaispituudeksi tulee 8 tuntia. Rappausjärjestelmän tulee kestää vähintään 100 peräkkäin toistuvaa sykliä. Rappaukseen ei saa muodostua testin jälkeen vettä läpäiseviä halkeamia eikä sen tartuntavetolujuus saa alittaa 80 kPa . [8, s. 19.]

4 Järjestelmien vertailu

Julkisivuyhdistys ry käynnisti vuonna 2018 tutkimuksen, jossa pyrittiin kartoittamaan eristerappausjärjestelmien käyttöikään vaikuttavia tekijöitä, yleisimpiä vaurioita, tyypillisiä vauriomekanismeja ja oikeita kuntotutkimusmenetelmiä. Tutkimusaineisto koostui 19 kohteesta, jotka oli toteutettu ohutrappaus-eristejärjestelmillä ja 5 kohteesta, joissa oli käytetty kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmää. [2, s. 62.] Tutkimuksen tuloksiin viitataan seuraavissa osioissa tutkittaessa järjestelmien etuja ja haittoja. Ratkaisujen vertailussa hyödynnetään myös toteutuneista haastatteluista saatua tietoa.

4.1 Ohutrappaus-eristejärjestelmän edut ja haitat

Ohutrappaus-eristejärjestelmällä on mahdollista saada saumatonta julkisivua, eikä liikuntasauvoja tarvita muualla kuin rungon liikuntasauvojen kohdilla. Tämä johtuu siitä, että ohutrappaus-eristejärjestelmissä lämpö- ja kosteusliikkeet eivät ole yhtä suuria kuin kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä, joissa rappaukseen tarvitaan liikuntasauvoja 12–15 m välein. [8, s. 10,57.] Ohutrappaus-eristejärjestelmän muina selkeinä etuina mainittiin haastatteluissa mm. edullisempi hinta, rakenteen yksinkertaisuus ja pienempi määrä erikoisdetaljeja verrattuna kolmikerrosrappaukseen.

Ohutrappauksella on nimensä mukaisesti pieni paksuus, minkä takia sen iskunkestävyys on varsin rajallinen. Ohutrappauksen iskunkestävyyttä voidaan kasvattaa käyttämällä kaksinkertaista verkotusta tai vahvempaa hiilikuituvahvisteista verkkoa eli ns. panssariverkkoa. Tämän takia ohutrappauselementtien käyttö ei ole suositeltavaa maantasokeroksissa, vaikka järjestelmän iskunkestävyysvaatimukset olisivatkin riittävät. [11, s. 88.]



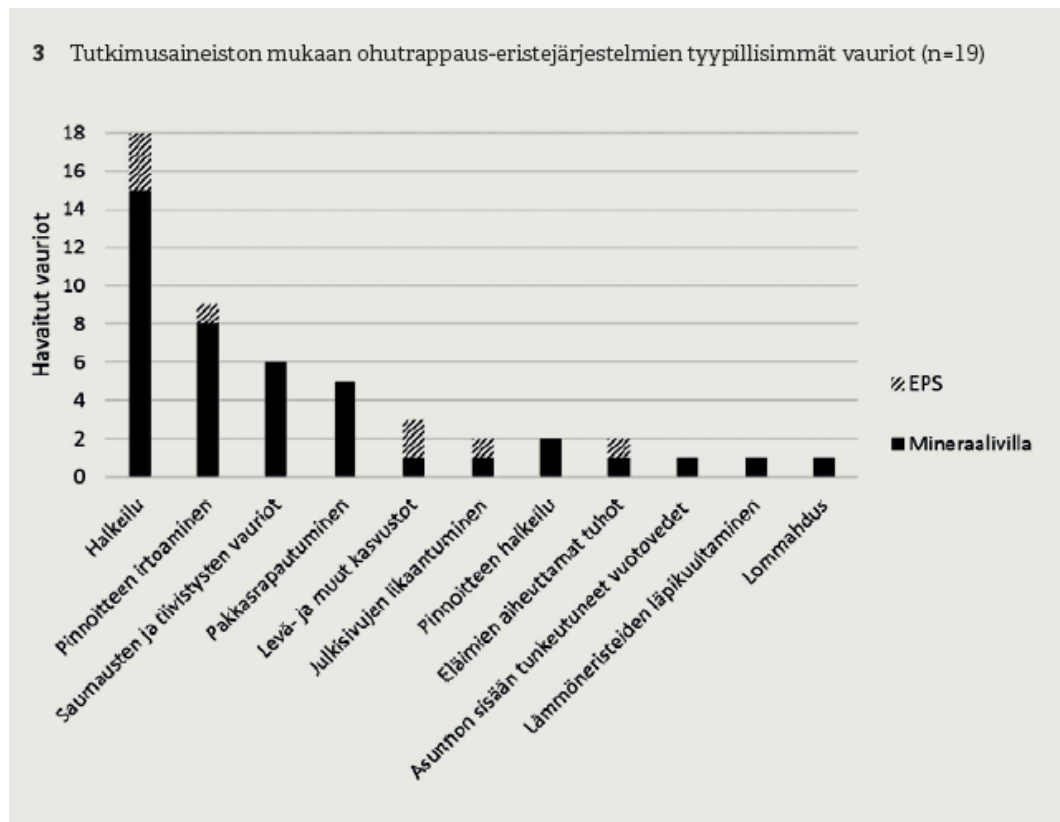
Kuva 8. Läpiviennin kohdalla havaittavaa rappauksen halkeilua [5, s. 31.]

Rapattuun julkisivuun tehtävät raskaammat kiinnitykset tehdään pääsääntöisesti runkoon. Tästä syntyy vaikeasti tiivistettävä läpivienti, jonka suunnittelussa tulee huomioida rappauksen ja kiinnityksen aiheuttamat liikkeet. [11, s. 88.]

Ohutrappaus-eristejärjestelmissä käytettävä verkotuslaastikerros imee paljon kapillaarista kosteutta, minkä takia se ei kestä vesitiiviin pinnoitteen halkeilua tai puutteellisia liitoskohtia. Rappauskerroksen halkeilun estämiseksi laastien paksuuden ja verkotuksen suhteen tulee olla optimaalinen. [11, s. 88.]

Tutkimuksessa selvisi, että ohutrappaus-eristejärjestelmien yleisimmät vauriotyypit tarkasteltavissa kohteissa olivat rappauksen halkeilu, pinnoitteen irtoaminen sekä saumauksiin ja tiivistyksiin liittyvät vauriot. Rappaukseen alkaa muodostua halkeilua, kun rappaukseen kohdistuvat vetojännitykset ylittävät rappauksen vetolujuuden. Laastien paksuuden tai verkkojen sijaintien pienetkin heitot voivat vaikuttaa merkittävästi vetojännityksien suuruuteen ja tätä kautta rappauksen toimivuuteen. Lähtökohtaisesti ohuisiin rappauksiin muodostuvat vetojännitykset ovat suurempia kuin paksummilla kerroksilla.

Toisaalta liian suuri kerrospaksuus voi kasvattaa rappausverkon katkeamisen riskiä ohutrappaus-eristejärjestelmissä. [2, s. 65; 5, s. 24.]



Kuva 9. Ohutrappaus-eristejärjestelmien tyypillisimmät vauriot [1.]

Ohutrappaus-eristejärjestelmien saumausten ja tiivistysten vaurioituminen on yleistä. Tämä johtuu osittain silikonihartsipinnoitteiden käytöstä, sekä ohuesta rappauskerroksesta, johon elastisella saumausmassalla ei ole riittävä tartuntapintaa. Käytettävät saumausmassat ovat polyuretaanipohjaisia, mitkä eivät tartu hyvin silikonihartsipinnoitteisiin. Saumausmassan sideaineena tulisi käyttää silikonipohjaisia tuotteita. [2, s. 65.]

4.2 Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän edut ja haitat

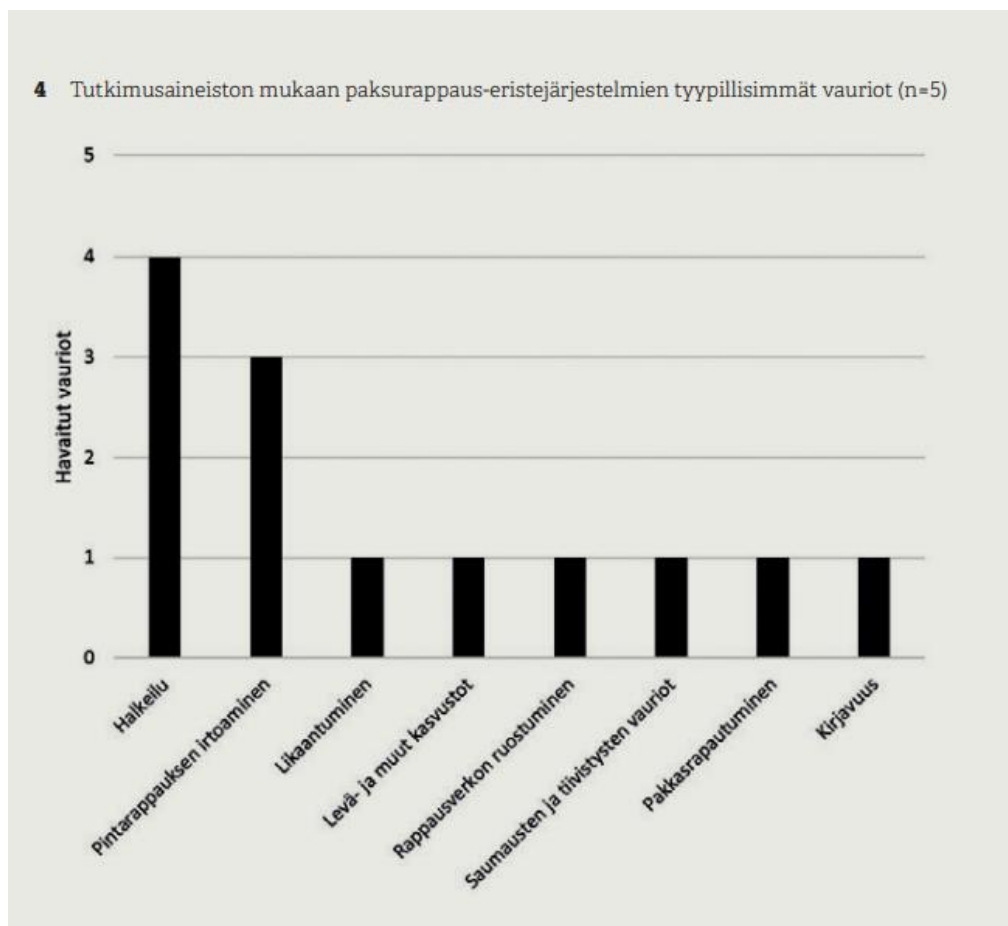
Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmillä on mahdollista aikaansaada lähes saumatonta julkisivua. Järjestelmän muina etuina on toteutuksen helppous uudisrakentamisessa, etenkin silloin kuin käytetään kolmikerrosrapattuja elementtejä. Työmaalla jää hoidettavaksi elementtien välisten saumojen rappaus, verkotus sekä pintarappaus. [11, s. 87.]

Käyttämällä avohuokoista värillistä rappauslaastia tai kalkki- tai silikaattimaalia, saadaan vähennettyä rappausjulkisivun huoltotarvetta. Silikaattimaaleilla on yleisesti hyvä vesihöyrynläpäisevyys, joka parantaa sen kosteusteknistä toimivuutta. Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmien huokoiset pintarappaukset absorboivat itseensä kapillaarista kosteutta. Viistosateesta aiheutuvaa veden imeytymistä lisää pinnoitteen liian pieni paksuus ja harvarakeisuus sekä pohjusteaineen pois jättäminen. [11, s. 87; 2, s. 64.]

Lämpöliikkeet aiheuttavat rappauskerroksen liikkumisen, minkä takia rappausjärjestelmässä tarvitaan liikuntasauvoja. Liikuntasauvojen tiivistäminen saumamassoilla on usein hankala toteuttaa ja se lisää huoltotarvetta julkisivuun. Käytettäessä vettä hylkiviä pinnoitteita, tarvitaan omat erityistuotteet elastisten saumojen toteuttamiseen, koska tartunta pinnoitemateriaaliin on usein hankala toteuttaa. [11, s. 87.]

Kolmikerrosrappauksessa on sama ongelma kuin ohutrappauksessa raskaampien kiinnitysten kanssa. Kiinnitykset tehdään runkoon, jolloin julkisivuun syntyy hankalasti tiivistettävä läpivienti. [11, s. 87.]

Julkisivuyhdistyksen tutkimuksen kolmikerrosrapatuissa kohteissa yleisin vauriotyyppi oli rappauksen halkeilu, jota havaittiin erityisesti ikkunapielissä. Toiseksi yleisin vauriotyyppi oli pintarappauksen irtoaminen. Irtoamisen syitä voivat olla rasiustekijöiden lisäksi rappauskerrosten välinen puutteellinen tartunta. Täyttö- ja pintarappauksen tartuntaa heikentävät rappausten rajapinnassa kasvavat veto- ja leikkausvoimat. Leikkausjännityksiä aiheuttavat laastien erilaiset muodonmuutokset. [2, s. 65; 5, s. 32.]



Kuva 10. Paksurappaus-eristejärjestelmän tyypillisimmät vauriot [2.]

Rappauskerrosten välistä tartuntaa voivat heikentää myös mm. laastikerroksen puutteellinen jälkihoito, täyttörappauskerroksen liian nopea kuivuminen sekä liiallisesta työstöstä johtuva laastien erottuminen. Alempi rappauskerros tulee kostuttaa riittävästi, jotta se ei imisi uuden laastikerroksen kosteutta liikaa. Tämä voi johtaa siihen, että uuden rappauskerroksen lujuus jää huomattavasti alemmaksi kosteuden imeytyessä alempaan rappauskerrokseen. Samalla tavalla liian suuri kostutus voi itsessään heikentää kerrosten välisten tartunnan muodostumista. Nopeaa kuivumista voidaan tarkkailla ohuthienäytteestä, jossa nopea kuivuminen pystytään havaitsemaan ylimääräisenä huokoistuneisuutena. [5, s. 32–33.]



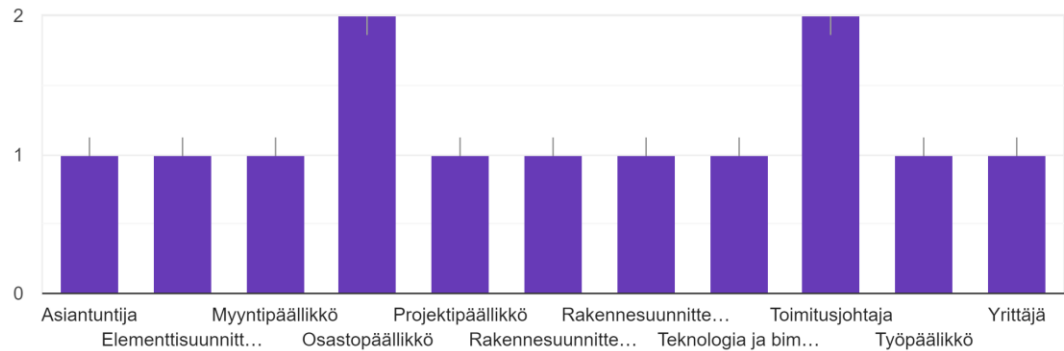
Kuva 11. Pintarappauksen irtoamista [5, s. 33.]

4.3 Kyselyhaastattelujen tulokset

Vastaajia kyselyyn saatiin yhdeksästä eri rakennusalan yrityksestä, joista suurin osa oli keskittynyt rakenne- tai elementtisuunnitteluun. Haastateltavia kyselyyn osallistui yhteensä 13. Pääpaino haastateltavia valittaessa pyrittiin pitämään elementti- ja rakenne-suunnittelutaustaa omaavissa henkilöissä, joilla oli kokemusta ohut- ja kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmistä. Ainoastaan yhdellä vastaajista ei ollut kolmikerrosrappauksista kokemuksia työelämästä. Tähän osioon karsittiin opinnäytetyön aiheen kannalta oleellimmat kysymykset ja niiden vastaukset. Kysymykset on numeroitu liitteen 1 mukaisten kysymysten mukaan.

Haastateltavan titteli

13 vastausta



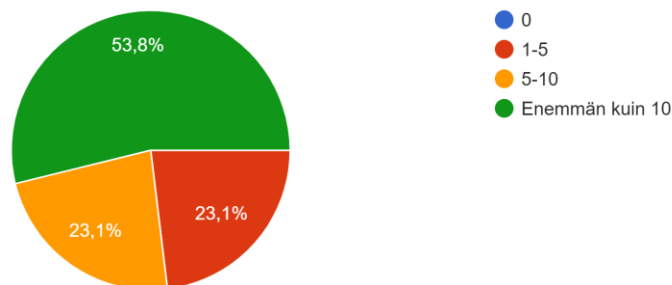
Kuva 12. Kyselyhaastattelu, kysymys 3

Vastanneista 76,9 % toimi tai oli toiminut rakenne- tai elementtisuunnittelutehtävissä. Myynnin puolelta osallistui 1 henkilö (Myyntipäällikkö). Työnjohdon puolelta osallistui 1 henkilö (Työpäällikkö).

Aiemmissa kappaleissa käsiteltiin järjestelmien ominaisuuksia, etuja ja haittoja hyödyntäen paikoittain haastattelujen tuloksia, mutta ensisijaisesti järjestelmistä tehtyjä kattavampia tutkimuksia. Tässä osiossa on keskitytty puhtaasti vastaajien henkilökohtaisiin kokemuksiin ja mielipiteisiin järjestelmistä.

Kuinka monessa ohutrappauskohteessa arvioisitte, että olette toimineet suunnittelu- tai työmaatehtävissä?

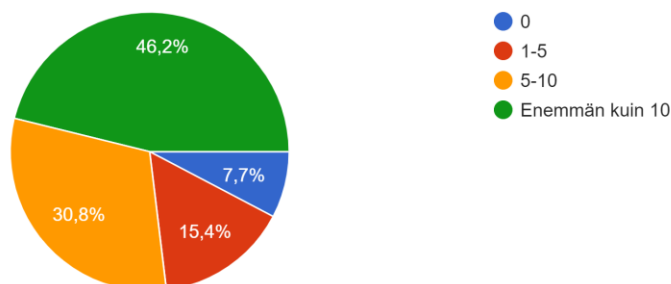
13 vastausta



Kuva 13. Kyselyhaastattelu, kysymys 5

Kuinka monessa paksurappauskohteessa arvioisitte, että olette toimineet suunnittelu- tai työmaatehtävissä?

13 vastausta

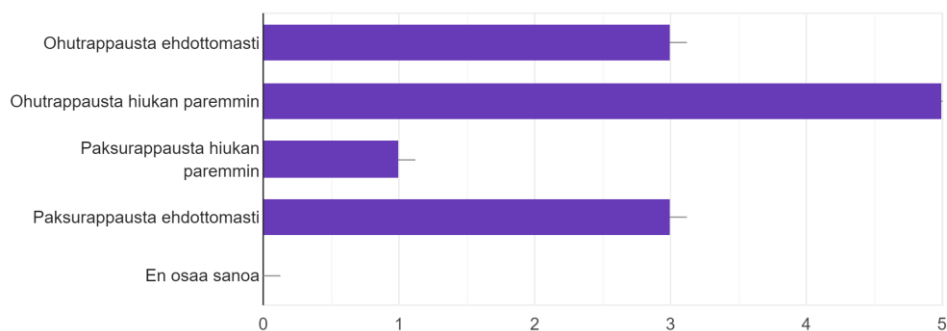


Kuva 14. Kyselyhaastattelu, kysymys 6

Kyselyn alkukysymyksillä haluttiin selvittää vastaajien taustoja ja kuinka paljon heillä oli kokemuksia molemmista järjestelmistä. 46,2 % vastaajista oli ollut yli 10 projektissa mukana, missä oli käytetty kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmää. Tästä voidaan päätellä, että suurella osalla vastaajista oli hyvät pohjatiedot kannanottamiseen järjestelmän toimivuuteen ja kehitykseen koskeviin kysymyksiin.

Kumpien kohteiden parissa olette työskennelleet enemmän?

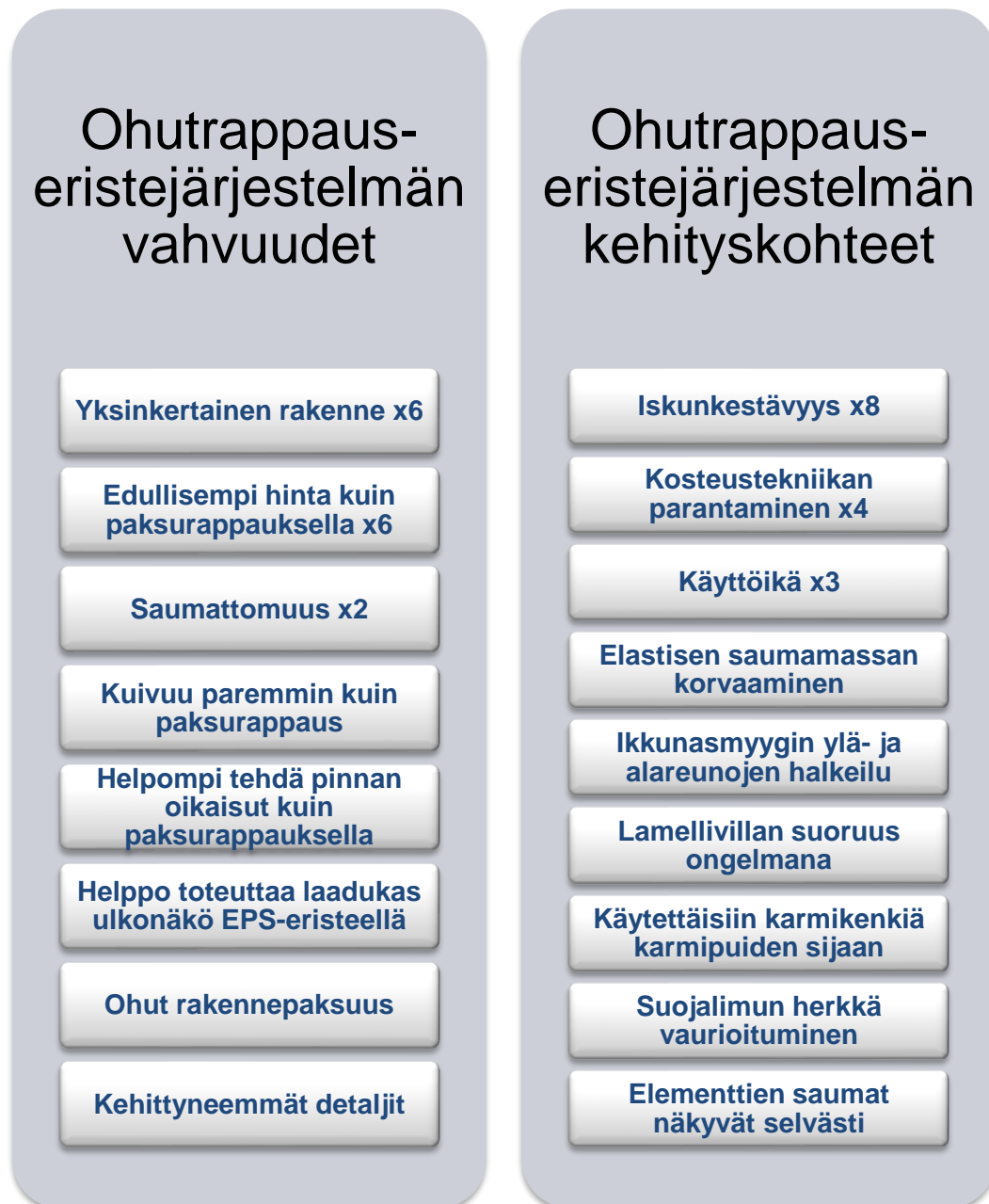
12 vastausta



Kuva 15. Kyselyhaastattelu, kysymys 17

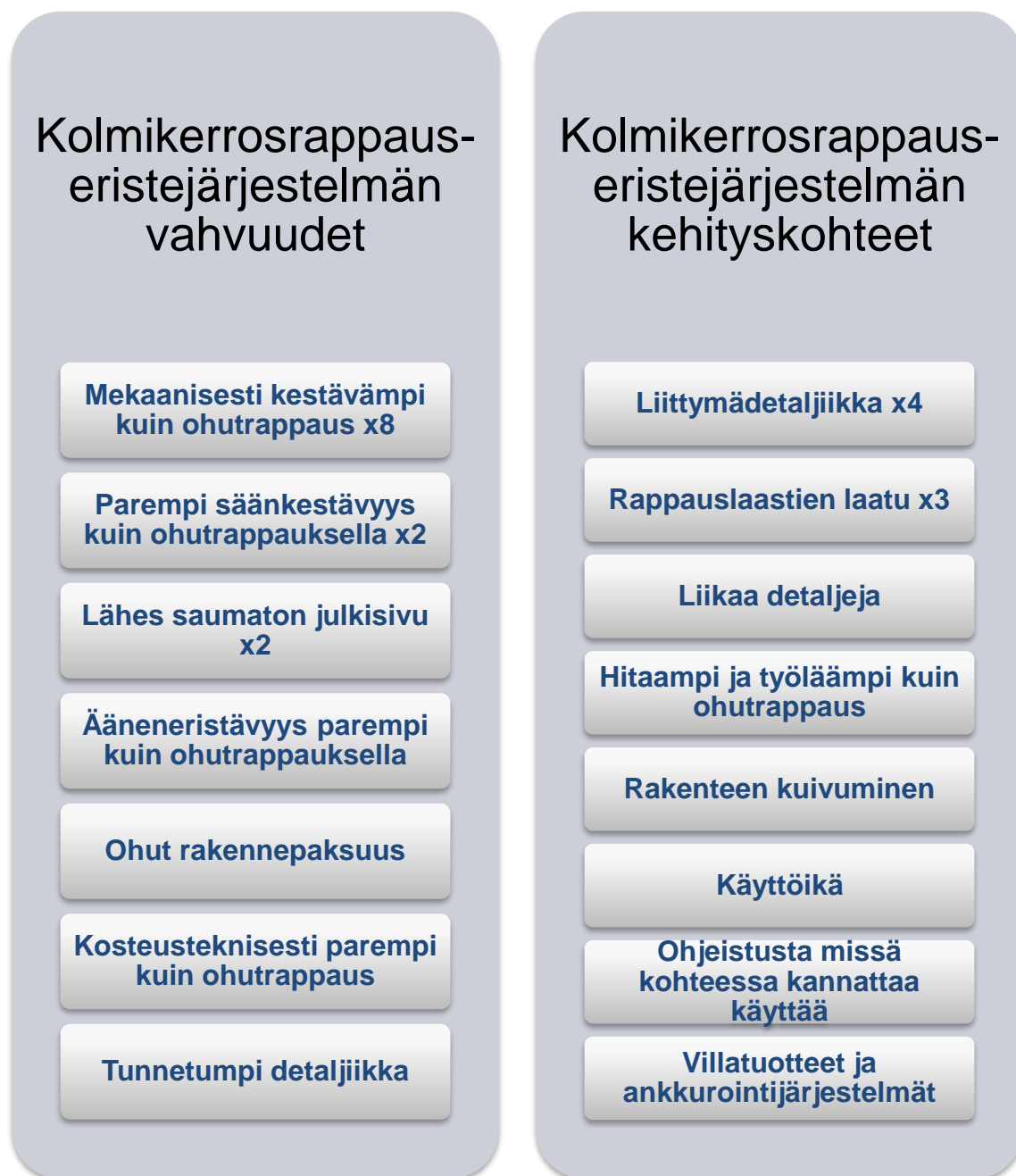
63,6 % vastaajista oli ollut enemmän tekemisissä ohutrappauskohdeiden parissa. Jonkin asteisia rakennus- ja suunnitteluvirheitä tulee väistämättä vastaan projekteissa ja vas-

tauksien analysoinnissa tulee huomioida vastaajien ilmoitettujen vertailukohteiden määrät. Ideaalisin, mutta samaan aikaan epätodennäköisin tilanne olisi, että haastateltavilla olisi yhtä suuri määrä kokemuksia molemmista järjestelmistä. Vastaajille annettiin seuraavan osion kysymyksissä mahdollisuus valita tärkeysjärjestyksessä 2–3 vahvuutta ja kehityskohtetta järjestelmissä. Vastauksien lopussa on esitetty, kuinka monta kertaa kyseinen vastaus mainittiin, jos asian mainitsi useampi henkilö.



Kuva 16. Kyselyhaastattelu, kysymykset 11–12

Ohutrappaus-eristejärjestelmän vahvuuksia kysyttäessä selvisi, että järjestelmää pidettiin edullisempänä vaihtoehtona kuin kolmikerrosrappaus. Saumattomuus on mahdollista ohutrappausjärjestelmän tapauksessa, milloin julkisivuun tarvitaan ainoastaan rakenteellisia liikuntasauvoja. Tämä nähtiin yhtenä oleellisena hyötynä rakenteen yksinkertaisuuden kanssa.

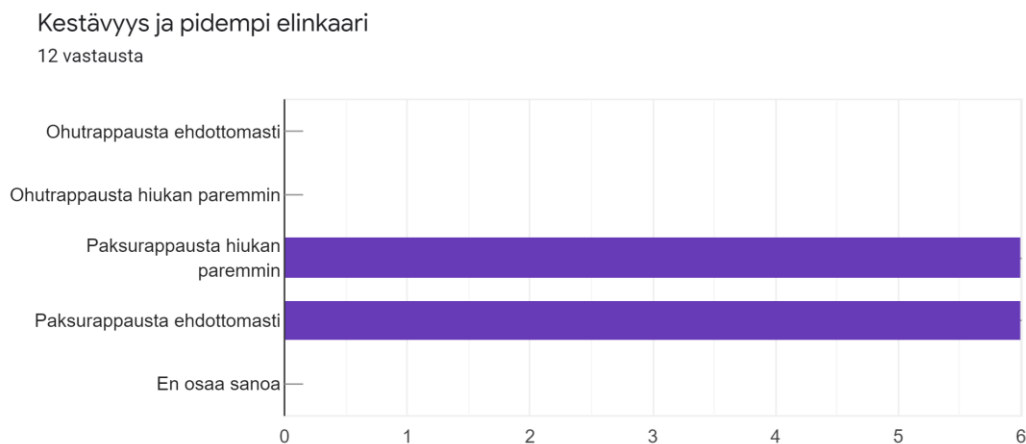


Kuva 17. Kyselyhaastattelu, kysymykset 13–14

Selkeänä vahvuutena kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmällä nähtiin ohutrappausta parempi iskunkestävyys. Kolmikerrosrappauksen rappauserroksen paksuus on yleensä 20–25 mm, mikä antaa sille huomattavasti paremman iskunkestävyyden ohutrappaukseen nähden. Suurimpana kehityskohteena vastaajat näkivät kolmikerrosrapatun seinän liittymädetaljiikan muihin rakenteisiin kuten sokkeliin tai sandwich-elementtiin. Rappauslaastien laatuun liittyviä kehityskohteita olivat massan vesitiiveys, pohjalaastikerroksen laadun tasaisuus ja yleisesti laastien koostumuksen parantaminen.

Eräs vastaajista mainitsi, että laastien koostumusta tulisi parantaa kokonaiskutistuman vähentämiseksi. Laastien kutistumiseen sitoutumisen aikana vaikuttaa kemialliset reaktiot tai laastin kuivuminen. Sementtillaasteilla kutistuminen on huomattavasti pienempää kuin orgaanisilla laasteilla. [5, s. 18.]

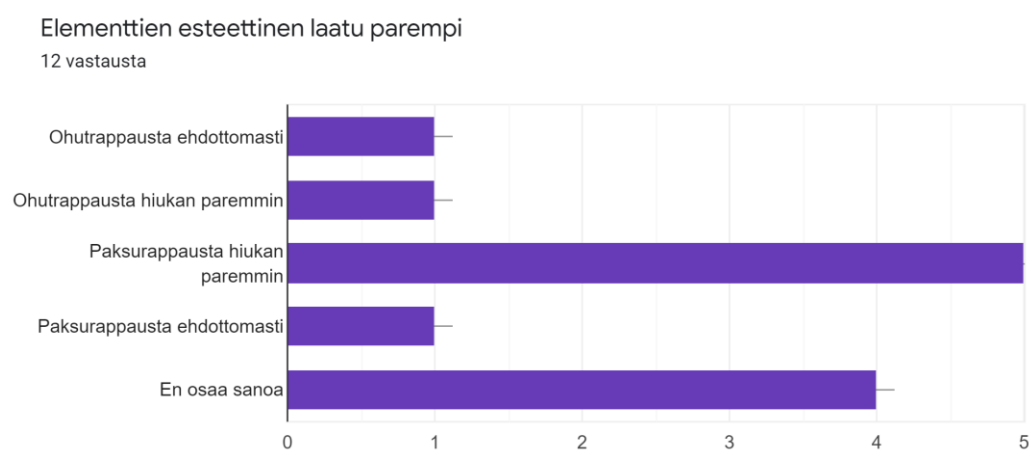
Kyselylomakkeen viimeiset kysymykset olivat monivalintakysymyksiä, joissa kysyttiin kumpaa järjestelmää seuraavat väittämät kuvaavat paremmin. Tähän monivalintakysymyksiin osioon pyrittiin keräämään keskeisimmät kohdat eristerappausjärjestelmien suunnittelun kannalta.



Kuva 18. Kyselyhaastattelu, kysymys 15

Vastaajilla oli yksimielinen mielipide järjestelmien kestävydestä ja elinkaaresta. Tämän kysymyksen yhteydessä on hyvä huomioida, että aikaisemmin mainittu alustava käyttöikä kolmikerrosrappaukselle on 30 vuotta, kun taas ohutrappaus-eristejärjestelmän tapauksessa se on 25 vuotta rannikko-olosuhteissa. [4.]

Perusteluita vastauksille voidaan johtaa aikaisemmista vastauksista. Monet vastaajista pitivät ohutrappauksen heikompaa iskunkestävyyttä ongelmana, mikä mahdollistaa rappauspinnan helpomman vaurioitumisen ja mahdollisen halkeilun.

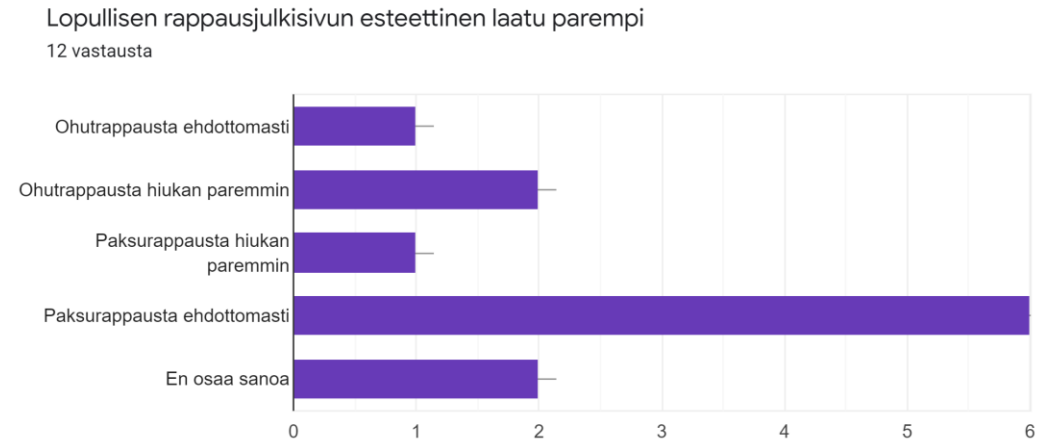


Kuva 19. Kyselyhaastattelu, kysymys 17

50 % vastaajista oli sitä mieltä, että kolmikerrosrapatuilla elementeillä saavutetaan parempi esteettinen laatu. Esteettistä laatua kommentoitiin aikaisemmassa osiossa, jossa esiin nostettiin, että kolmikerrosrappauksiin syntyy helpommin hammastusta ulkopinnassa kuin ohutrappauksessa. 16,6 % vastaajista piti ohutrappattujen elementtien esteettistä laatua parempana.

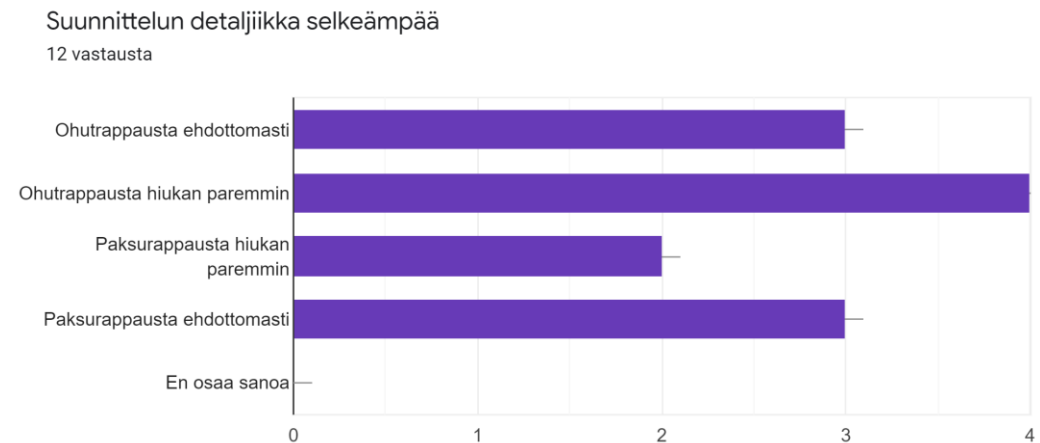
Vastaajat mainitsivat aikaisemmissä kysymyksissä perusteluita, miksi kolmikerrosrapattujen elementtien laatu ei ole aina tavoitteiden mukainen. Vastaajat mainitsivat, että elementtien taso vaihtelee suuresti suunnittelusta, elementtitehtaasta ja työmaasta riippuen. Laadullisia puutteita kolmikerrosrapatuissa elementeissä olivat mm. smyygien epäsiisteys, elementtien pintojen hammastus ja rappausverkon painuminen eristeeseen kiinni. Lähtökohtana pitäisi olla, että elementit olisivat mahdollisimman valmiita, kun ne

lähtevät tehtaalta. Ainoat työmaalla tehtävät työvaiheet olisivat saumojen rappaukset li-säverkotuksineen ja pintarappaus.



Kuva 20. Kyselyhaastattelu, kysymys 18

Kysymyksellä spesifioitiin lopullista rappausjulkisivua ja sen ulkonäköä. Kyselyssä 50 % vastaajista totesi, että kolmikerrosrapatun julkisivun esteettinen laatu on selvästi parempi kuin ohutrappauksella. 16,7 % vastaajista ei ottanut aiheeseen kantaa.

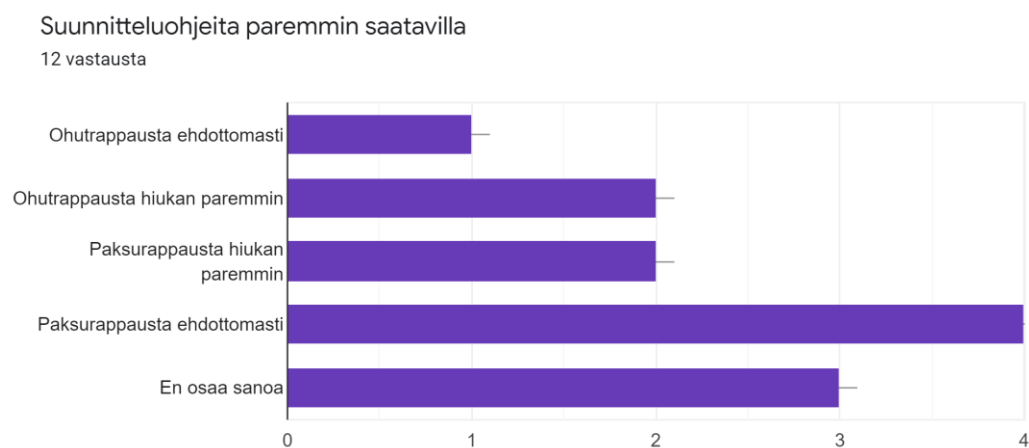


Kuva 21. Kyselyhaastattelu, kysymys 24

Detaljiikkaan perehtyminen oli yksi opinnäytetyön keskeisimmistä asioista. Tämän kohdan vastauksissa oli paljon hajontaa. Osa haastateltavista perustelivat ohutrappauksen olevan detaljiikan näkökulmasta selkeämpää. Tämä johtui kuitenkin suuresta määrästä eri detaljeja kolmikerrosrappauksen tapauksessa.

Aikaisempien kysymyksiä vastauksissa mainittiin myös, että kolmikerrosrappauksen liittymädetaljeja tulisi tarkentaa. Muita aiemmin mainittuja parannusehdotuksia olivat mm. elementtitehtaan riittävä osallistuminen hankkeen alkuvaiheessa, mahdolliset arkkitehtuuriset ratkaisut (kaarevat rakenteet ja vinot julkisivut) huomioituna kuvissa etukäteen ja detaljien yksinkertaistaminen.

Työn rajauksessa mainittiin, että ohutrappaus-eristejärjestelmää ei käsiteltäisi yhtä yksityiskohtaisesti kuin kolmikerrosrappausta, minkä takia ohutrappaus-eristejärjestelmän detaljiikan parantamista ei kysytty erikseen haastattelussa. Vaikka osa kehityskohteiden vastauksista oli osittain kytköksissä detaljisuunnitteluun, eivät ne olleet riittävän yksityiskohtaisia, että niitä olisi ollut järkevää sisällyttää pohdintaan ja vastausten analysointiin.



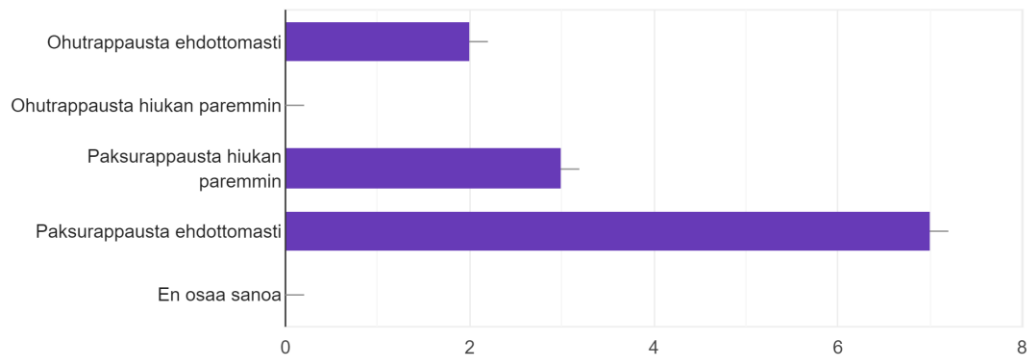
Kuva 22. Kyselyhaastattelu, kysymys 25

50 % haastateltavista oli sitä mieltä, että suunnitteluohjeita oli paremmin saatavilla kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmille. Kolme henkilöä eli 25 % vastaajista olivat sitä

mieltä, että ohutrappauksesta olisi selkeästi tai hieman enemmän suunnitteluohjeita saatavilla. Tässä kysymyksessä nousi jälleen esille kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän laajempi kirjo detaljeja, mikä johtuu osittain suuremmasta määrästä erilaisia liitoksia.

Kumman menetelmän valitsitte rakennuttamaanne tavanomaiseen 5.-8. kerroksiseen asuinkerrostaloon ja miksi? Antakaa lyhyt perustelu perään.

12 vastausta



Kuva 23. Kyselyhaastattelu, kysymys 27

Kyselyhaastattelun viimeisellä kysymyksellä tahdottiin selvittää, kumpaa järjestelmää vastaajat käyttäisivät 5.–8. kerroksisen asuinkerrostalon rakentamisessa. Suurin osa vastaajista valitsi kolmikerrosrappauksen tässä kysymyksessä. Vastaajista 16,7 % päätyi valitsemaan ohutrappauksen.

Viimeiseen kysymykseen oli myös sisällytetty mahdollisuus valinnan perustelulle. Perustelut olivat erilaisia ja kaksi henkilöä mainitsi haastattelussa, ettei haluaisi mielellään käyttää kumpaakaan ratkaisua. Alla on esitetty esiin tulleita perusteluita ja mahdollisia ehtoja, miksi vastaaja oli päätenyt valitsemaan kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän:

- Ehtona pitkä räystääs. Yleiset kokemukset järjestelmistä ovat hyviä. Vähemmän ongelmia kuin ohutrappauksessa.
- Käyttöillisesti paksurappaus on parempi.
- Omat kokemukset. Vähemmän ongelmia paksurappauksen kanssa.
- Ehtona jos määräykset/viranomaiset rajoittavat palavan eristeen käyttöä, villaeristettä käytettäessä paksurappauksen onnistumistodennäköisyys on parempi.

- Rakennusfysikaalisesti luotettavampi.
- Totutumpi toimintatapa. detaljiikka tuttua ja työmaatoteutus ollut yleensä ongelmaton.
- Parempi säänkestävyys.
- Kestävämpi ja laadukkaampi.
- Kestää paremmin rasitusta. Siistimmän näköinen, kun hyvin toteutettu.
- Pidempi-ikäinen ja kestävämpi. Ei läpäise vettä niin hyvin kun ohutrappaus.

Seuraavaksi on esitetty perusteluita ja mahdollisia ehtoja ohutrappaus-eristejärjestelmän valinnalle:

- Ehtona EPS-eristeen käyttäminen. Jämäkempi rappausalusta. Kosteusteknisesti parempi ratkaisu.
- Elementtisuunnittelu helpompaa.

4.4 Yhteenveto

Lähtökohtaisesti eristerappausjärjestelmät ovat kokonaisuuksia, jotka on testattu kestävästi Suomen sääolosuhteita. Silti ohutrappaus-eristejärjestelmän huono vikasetokyky kertoo, että järjestelmän säänkestävyyden testaaminen ei vastaa todellisia rakenteeseen kohdistuvia rasituksia. Testin oikeellisuuteen vaikuttaa järjestelmän pitäminen laboratorio-olosuhteissa. [2, s. 67.]

Julkisivuyhdistyksen tutkimus osoitti, että yleisin vauriotyyppi molemmissa eristerappausjärjestelmissä on rappauksen halkeilu. Tutkimuksessa havaittiin, että ohutrappaus-eristejärjestelmissä löydettiin enemmän halkeilua rappauksessa kuin kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä. Ohutrappaus-eristejärjestelmien vaurioita tutkittaessa selvisi, että noin kaksi kolmasosaa halkeiluun johtaneista syistä oli peräisin työvirheistä. Yleisimpiä näistä työvirheistä olivat verkotuslaastin puutteellinen paksuus, verkon sijainti liian lähellä lämmöneristettä ja ikkunanurkkien lisärappausverkkojen puuttuminen. Työvirheiden merkitys ei korostunut yhtä suuresti kolmikerrosrappauksen halkeilussa. Kolmikerrosrappauksen tapauksessa esiin nousi rappauksen halkeileminen ikkunapielten kohdalla. [2, s. 60,65.] Tutkimuksen tilastoja analysoidessa, on tärkeää muistaa, että tutkituja kohteita ei ollut yhtä monta.

Tutkimuksen molemmissa eristerappausjärjestelmissä nousi esiin rappauksen likaantuminen ja mikrobikasvusto pintarappauksessa. Vaikka likaantuminen ja kasvustot voidaan nähdä lähinnä esteettisinä haittoina, ei niitäkään tulisi koskaan vähätellä, koska niillä voi olla myös negatiivisia taloudellisia vaikutteita kiinteistön arvoon.

Järjestelmiä vertailtaessa on erityisesti huomioitava rappauskerroksien paksuuden merkitys rakenteen toimivuuteen. Lähtökohtaisesti ohuempi rappauskerros on alttiimpi suuremmille vetojännityksille kuin paksumpi rappauskerros. [5, s. 24.] Rappauskerroksen paksuudella on myös iso merkitys aikaisemmassa kappaleessa mainittuun heikompaan tartuntaan saumausmassojen ja rappauspinnan välillä ohutrappausa käytettäessä.

Vastaajien mielestä merkittävimmät vahvuudet ohutrappaus-eristejärjestelmällä olivat rakenteen yksinkertaisuus ja edullisempi hinta. Suurimpana kehityskohteena ohutrappausjärjestelmissä olivat iskunkestävyyden parantaminen, ikkunasmyygien ylä- ja alareunojen halkeilu, ja kosteustekniikan parantaminen.

Kyselyhaastatteluiden annetuista vastauksista saatiin selville, että kaikki vastaajat uskoivat kolmikerrosrappauksella saavutettavan paremman kestävyyden ja pidemmän elinkaaren. Haastateltavien mielestä kolmikerrosrapattujen elementtien vahvuuksiin kuuluivat mm. rappauksen hyvä mekaaninen kestävyys, hyvä säänkestävyys ja ääneneristävyyt. Kolmikerrosrappaukseen liittyviä kehityskohteita vastaajat sanoivat olevan mm. liittymädetaljiikan parantaminen, detaljien määrän vähentäminen, rakenteen kuivuminen suuremman paksuuden takia ja pohjalaastikerroksen laadun tasaisuus.

5 Suunnitteluprosessi

Eristerappausjärjestelmällisten julkisivujen toimintaan ja kestävyys voidaan eniten vaikuttaa suunnitteluvaiheessa. Järjestelmän soveltuvuus tulisi aina arvioida kohdekohtaisesti jo suunnitteluvaiheessa. Ohutrappaus-eristejärjestelmien käyttöikä on arvioitu 25 vuotta ja kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmien 30 vuotta rannikko-olosuhteissa. Jotta käyttöikä voidaan saavuttaa, tulee julkisivuja huoltaa aktiivisesti. [11, s. 91; 4.]

5.1 Rakenteen kuormitukset

Rakennesuunnittelijan tehtävänä on mitoittaa kolmikerrosrapatut elementit pysyville kuormille, tuulikuormille, isku- ja törmäyskuormille sekä lämpöliikkeistä aiheutuville pakovoimille. Rakennesuunnittelijan tulee laatia suunnitelmat järjestelmässä tarvittavista liitoksista, pellityksistä sekä rappauksen läpi tehtävistä kiinnityksistä. [8, s. 55.]

5.1.1 Omapaino

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän omapaino on yleensä luokkaa $0,6 \text{ kN/m}^2$ riippuen rappauskerroksen vahvuudesta. Kolmikerrosrappauksen kiinnittämisessä alusrakenteeseen käytetään aina mekaanisia kiinnikkeitä, jotka tulee mitoittaa rappauksen omalle painolle sekä tuulikuormille. Vaikka suurin osa omasta painosta on rappauskerroksessa, pitää kiinnikkeiden mitoitusta varten selvittää ja huomioida myös eristeiden painot. [8, s. 55.]

5.1.2 Tuulikuorma

Rakenteiden suunnittelussa tulee huomioida tuulikuorma sekä sen suuruuteen vaikuttavat tekijät. Näitä ovat rakennuksen muoto, sijainti ja korkeus. Rappausjärjestelmissä rappauskerros ja lämmöneristeiden kiinnitys tulee mitoittaa tuulen paineesta syntyville rasiuksille sekä tuulen imuvaikutukselle. [8, s. 55.]

5.1.3 Säärasitukset

Rapattuihin julkisivuihin kohdistuu monia rasituksia, jotka on noteerattava rakenteiden suunnittelussa. Rasituksia on karkeasti kahdentyyppisiä: ilmastolliset rasitukset ja mekaaniset rasitukset. Ilmastollisiin rasituksiin kuuluu mm. sade ja kosteus, rakenteiden jäätyminen, UV- ja lämpösäteily sekä lämpötilojen vaihtelu. Merkittävimpänä saderasituksista on viistosade, johon vaikuttaa samaan aikaan tuuli. Viistosaderasitus on Suomessa voimakkainta eteläjulkisivuilla. Ulkoseinärakenteeseen kerääntyvä kosteus voi vaurioittaa rakenteen pinnoitteen sideainetta ja mahdollisesti myös aiheuttaa sen irtoamisen. [10, s. 43; 2, s. 65,62.]

Viistosateella eristerappausjärjestelmiin muodostuu rappauksen pinnalle vesikalvo, joka pääsee etenemään rappausalustaan ja imeytymään rappauslaasteihin halkeamien tai puutteellisten liitosten takia. Kapillaarinen imu, vesikalvon kineettinen energia ja tuulen paine-erot saavat veden liikkumaan rakenteessa. Heikkojen liitosten ja halkeilujen seurauksena merkittävä määrä julkisivupinnan viistosademäärästä voi tunkeutua rappauskerroksen taakse. [2, s. 64.]

Muita kosteudesta syntyviä vauriota ovat pakkasrapautuminen ja mahdolliset kosteus- ja mikrobivauriot. Kosteusrasituksen syntymistä edesauttaa järjestelmistä puuttuva tuuletus. Ilman tuulettumista rakenteiden kuivuminen hidastuu merkittävästi. [2, s. 62.] Hyvällä detaljisuunnittelulla ja oikeilla materiaalivalinnoilla voidaan pienentää huomattavasti säärasitusten haittavaikutusta.

Kaikilta rappaustyössä käytettäviltä materiaaleilta edellytetään hyvää säänkestävyyttä. Käytettävien rakennusmateriaalien pakkasenkestävyys riippuu sekä ympäristötekijöistä että aineiden ominaisuuksista. Vesi laajenee jäätyessään noin 9 tilavuusprosenttia, mikä tarkoittaa, että vesi pyrkii siirtymään huokosverkostossa olevaan ilmatäytteiseen tilaan. Jos laastissa on liian vähän ilmahuokosia laajentuneelle vedelle ja ne ovat paljon erillään toisistaan, todennäköisyys pakkasrapautumisen syntymiselle kasvaa. [10, s. 45–46.]

5.1.4 Mekaaniset rasitukset

Eristerappaukset ovat alttiita myös mekaaniselle rasitukselle kuten iskuille tai törmäyksille. Mekaanisille rasituksille alttiit seinät tulee tarpeen vaatiessa suojata esimerkiksi kai-teilla tai istutuksilla. [8, s. 22.] Ohutrappaus-eristejärjestelmien iskunkestävyydelle on määritelty vaatimukset taulukon 2 EAD-ohjeessa.

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmille ei ole saatavilla vastaavaa luokitusta. Voimak-kaille isku- tai törmäyskuormille alttiin järjestelmän iskunkestävyyttä voidaan parantaa käyttämällä lujempia laasteja tai tiheämpää verkotusta. [8, s. 56.]

Taulukko 2. Ohutrappaus-eristejärjestelmän iskunkestävyysvaatimukset [14, s. 22.]

Luokka	Kuvaus	Iskunkestävyys
I	Katutasot ja muut julkisivut, joissa rappaus on altis ihmisten aiheuttamille iskuille Julkisivuun ei saa kohdistua ta-vanomaista kovempaa rasitusta	10 J -isku ei aiheuta näkyviä halkeamia
II	Julkisivut, joihin voi kohdistua is-kuja heitetyistä tai potkaistuista esineistä Sisäpihan julkisivut, joissa voi-daan olettaa, että käyttäjillä on halu huolehtia julkisivujen kun-nosta	10 J -isku ei aiheuta ympyränmuotoista läpileikkautunutta halkeamaa 3 J -isku ei aiheuta näkyviä halkeamia
III	Julkisivuun ei kohdistu ihmisten aiheuttamia suorita tai välillisiä is-kuja	3 J- isku ei aiheuta ympyränmuotoista läpileikkautunutta halkeamaa

5.2 Lämpö- ja kosteustekninen toimivuus

Kolmikerrosrappauksen lämpö- ja kosteusliikkeiden pitäisi päästä tapahtumaan vapaasti. Liikkumisen sallimiseksi on tärkeää huolehtia liikuntasaumojen hyvästä suunnittelusta ja oikeasta sijoittamisesta. [8, s. 57.]

Eristerappausjärjestelmät eivät ole tuulettuvia rakenteita, minkä takia rakenteiden kuivuminen tapahtuu ainoastaan diffuusion avulla. Diffuusiossa vesihöyry pyrkii siirtymään suuremmasta osapaineesta pienempään. Julkisivurakenteen toimivuuden kannalta on tärkeää, että rakenteeseen pääsevä kosteusmäärä saadaan minimoitua. [5, s. 14.]

Kosteusteknisesti toimivan rakenteen suunnittelun pääkohtia ovat kosteuden pääsyn estäminen rakenteisiin ja rakenteiden kuivumisen mahdollistaminen. Kosteuden kulkeutumista rakenteisiin voidaan rajoittaa kiinnittämällä huomiota rappauskohtien halkeilujen hallintaan, liitoskohtien tiiviyteen sekä sopivan pinnoitteen valintaan. Rakenteiden kuivumista voidaan parantaa mm. työnaikaisella sääsuojauksella sekä käyttämällä vesihöyryä läpäiseviä laasteja ja lämmöneristeitä. [8, s. 23–24.]

5.3 Halkeilun rajoittaminen

Halkeilua syntyy liian suurista rappaukseen kohdistuvista jännityksistä, joita kolmikerrosrappauksissa eniten kasvattavat rappauksen painuminen ja laastien kutistuminen. [5, s. 17.]

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä rappauksen halkeilulle yleisimmät paikat ovat ikkuna- ja oviaukkojen kulmat, sekä läpiviennit ja saumat. Aukon koolla on vaikutusta aukon kulmaan syntyvän jännityspiikin suuruuteen. Tästä syystä aukkojen nurkissa tulisi aina käyttää riittävää lisäverkotusta. [5, s. 25.] Itsessään halkeilu aiheuttaa lähinnä esteettistä haittaa, mutta ongelmaksi muodostuu halkeilun kasvattama kosteusrasitus rakenteessa, mikä lisää muiden vaurioiden riskiä. Taulukossa 4 on esitetty tarkemmin yleisiä paikkoja, joissa halkeilua esiintyy ja siihen johtaneita syitä.



Kuva 24. Ikkuna-aukon nurkan halkeama [5, s.27.]

Halkeilun estämiseksi järjestelmälle tehdään säärasitustesti, jolla voidaan varmistua järjestelmän kestävydestä. Halkeamien tuottamien ongelmien minimoimiseksi, halkeamat eivät saa ylittää Taulukon 3 arvoja.

Taulukko 3. Rapatun julkisivun halkeiluluokitus [8, s 27.]

	Rappausten halkeiluluokitus	
	Luokka 1	Luokka 2
Halkeaman leveys [mm]	0,05–0,1	0,2–0,3
Halkeaman pituus [mm]	≤ 1000	≤ 1000
Halkeamien esiintymistiheys	≤ 1 kpl/m ²	≤ 1 kpl/m ²

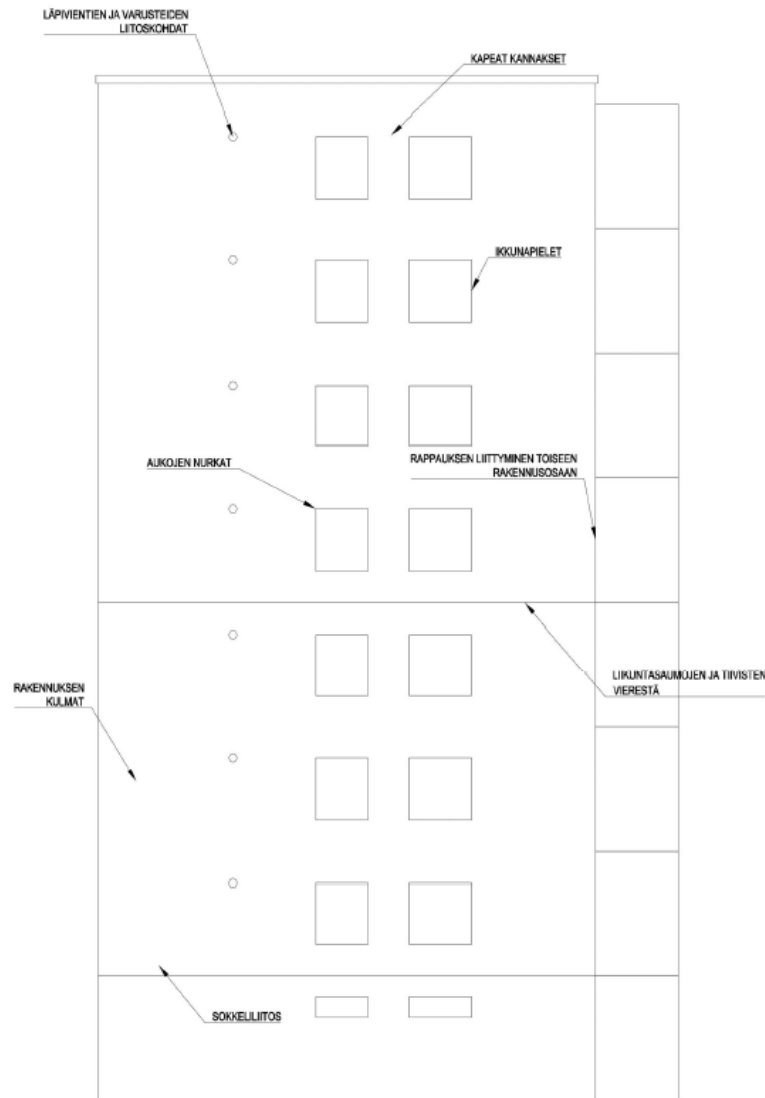
Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmät kuuluvat yleisesti halkeiluluokitukseen 2. Tapauksissa, joissa pinnoituskerroksessa käytetään samantyyppisiä vettä hylkiviä pinnoitteita kuin ohutrappaus-eristejärjestelmissä, tulee kolmikerrosrappauksen luokaksi 1. [11, s. 87.]

Taulukko 4. Alueita, joissa eristerappausjärjestelmissä esiintyy yleisesti halkeilua sekä halkeiluun johtaneita syitä [5, s. 25.]

Halkeaman esiintymispaikka	Halkeilun syy
Aukkojen nurkat	- Aukkojen nurkkiin kertyvät jännityspiikit - Aukon suuri koko - Lisärappausverkon puuttuminen - Lämmöneristeitä ei ole limitetty aukon reunan kanssa
Kapeat kannakset	- Kannaksiin kerääntyvät jännitykset
Ikkunapielet	- Rappauksen painuminen - Rappauksen kiinnittyminen ikkunakarmin - Rappauksen liike estetty
Elementtisaumat (ohutrappaus-eristejärjestelmät)	- Elementin kutistuminen <i>Tehdasvalmisteiset elementit:</i> - Lämmöneristeen saumassa käytetty muusta rappausalustasta poikkeavaa materiaalia - Rappausalustan hammastus <i>Korjaus- ja paikallarakennetut kohteet:</i> - Lämmöneristeiden saumoja ei ole limitetty elementtisaumojen kanssa
Lämmöneristeiden saumat (ohutrappaus-eristejärjestelmät)	- Lämmöneristeen erilaiset lämpö- ja kosteusliikkeet rappaukseen verrattuna - Lämmöneristeen kutistuminen - Lämmöneristeitä ei ole limitetty keskenään

Rappaustyön yhteydessä voi ilmetä epätasaisuuksia laastien kuivumisessa. Rappauksen ulkopinta kuivuu nopeammin kuin eristettä vasten oleva pinta, minkä takia se kutistuu myös helpommin. Kolmikerrosrappauksen pohja- ja täyttörappauksen kerroksessa esiintyvää halkeilua voi aiheuttaa laastien kutistuminen sekä lämpö- ja kosteusliikkeet. Tämän tyyppisten halkeilujen rajoittamiseen liittyviä tekijöitä ovat: [8, s. 26.]

- Rappauksen hyvästä jälkihoidosta huolehtiminen.
- Rappausverkon käyttö ja sen oikea sijainti täyttörappauskerroksesta. (2/3 täyttörappauksen sisäpinnasta)
- Vähän kutistuvan laastin käyttö.
- Riittävästi liikuntasauvoja ja niiden oikeat sijainnit.
- Toimivien välikkeiden käyttö, jotka estävät rappausverkon kosketuksen lämmöneristeeseen.
- Rappauksen mekaanisten kiinnikkeiden asennus alaviistoon noin 45-asteen kulmaan. (Pakkovoimien minimoimiseksi).



Kuva 25. Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän alueita, joissa tyypillisesti esiintyy halkeilua [5, s. 75.]

5.4 Palomääräykset/Palotekninen toimivuus

P1-luokan rakennuksissa käytettävien rakennusmateriaalien tulee täyttää luokan B-s1, d0 vaatimukset. Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä käytetään lämmöneristykseen pääsääntöisesti mineraalivillaa, joka täyttää luokan B-s1, d0 vaatimukset. Eristerappauksen lämmöneristeille ei aseteta vaatimuksia, mikäli rakennus kuuluu P2-luokkaan ja sen runko täyttää luokan R30. P3-luokan rakennuksille ei ole asetettu erityisvaatimuksia. [8, s. 28.]

5.5 Ilmaääneneristävyys

Ilmaääneneristyksellä tarkoitetaan yksittäisen rakennusosan, rakenneosien kokonaisuuden tai muun materiaalin kykyä eristää ilman välityksellä liikkuvaa ääntä. Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa ei ole annettu erillisiä julkisivurakenteiden ääneneristävyyteen liittyviä määräyksiä. Asema- ja rakennuskaavoissa voidaan asettaa vaatimuksia, jos rakennus sijaitsee lentokentän tai rauta- ja moottoriteiden läheisyydessä. Näissä tapauksissa on varmistettava, että eristerapattu seinä täyttää vaatimukset ilmaääneneristävyydelle. [15, s. 7; 8, s. 28.]

Rakennusakustiikkaa voidaan parantaa myös käyttämällä laadukkaita ikkunoita kohteissa. Nykypäivänä markkinoilla olevien hyvin ääntä eristävien ikkunoiden ilmaääneneristeluku voi olla jopa 10 dB suurempi kuin vanhempien ikkunamallien. Rakenteen massa vaikuttaa myös oleellisesti rakenteen ääneneristykseen, minkä takia rapattujen sisäkuorielementtien vahvuus tulisi olla vähintään 150 mm. [8, s. 85.]

5.6 Kolmikerrosrappauksen suunnitteluosion kyselytulokset

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmien suunnitteluun liittyvät kysymykset ja vastaukset esitellään tässä osiossa. Vastauksia on niiden pituuksien takia yksinkertaistettu ja lyhennetty opinnäytetyöntekijän toimesta, muuttamatta kumminkaan niiden asiasisältöä. Tämän osion kysymyksissä pyrittiin kartoittamaan järjestelmässä esiintyviä haasteita, niihin varautumista sekä detajli- ja suunnitteluohjeiden parantamista. Mainintojen määrät on esitetty vastauksien jälkeen samalla tavalla kuin järjestelmien vertailuosiossa.

Suurimmalla osalla vastaajista oli positiivisia kokemuksia kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmistä. Kaksi haastateltavaa mainitsi haastattelun yhteydessä, ettei mielellään käyttäisi järjestelmää. Perusteluina tälle olivat käyttöikään liittyvät kysymykset. Osa vastaajista oli ollut tekemisissä pääasiassa Parman paksurappaus-eristejärjestelmän kanssa. Parman järjestelmä sai tunnustusta laajasta detajlimäärästään, tosin jotkut haastateltavista pitivät määrää jopa turhan suurena.

Mitkä asiat koitte haastavimmiksi kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän toteutuksessa/suunnittelussa, ja mitä erityistä kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmässä tulisi mielestänne ottaa huomioon suunnittelun tai työmaan näkökulmasta?

Liitosdetaljiikkaan tuomat haasteet x7

Rakennuskohteen sijainti otettava huomioon esim. rantarakentaminen, paikkakunnat, joissa suuri jäätymissulatusrasitus ja korkea rakentaminen x4

Ulkopinnan oikaisun haastavuus/hammastus x2

Liikuntasaumojen tarve on haaste

Rappausvalmistajan detaljeihin viitataan, mutta useinkaan ne eivät ole kattavia eikä aina järkeviäkään

Elementtien reunojen valmistaminen toimiviksi ja esteettisesti hyvännäköisiksi

Rakenteen kuivuminen ja kosteustekninen toiminta

Suuri määrä detaljeja

Käyttöikä

Läpiviennesissä käytettävän kitin korvaaminen saumanauhoilla

Välttää käyttämistä talviaikaan ja kuumilla keleillä, jolloin rappauksen liian nopea kovettuminen ongelmana

Läpiviennit

Kuva 26. Kyselyhaastattelu, kysymykset 8 ja 10

Kysyttäessä kolmikerrosrappaukseen liittyvistä haasteista ja huomioista, useat vastaajat pitivät liitosdetaljin suunnittelua suurimpana haasteena. Liikuntasaumojen tarve nähtiin

yhtenä haasteista, jota eräs vastaajista perusteli sillä, että kolmikerrosrappaus on painonsa takia ankkuroitava pystysuunnassa ja tällöin myös vaakaliikuntasauvoja tarvitaan, mikä lisää rakenteen toteuttamisen haastavuutta.

Esiin nostettiin myös rakennuskohteen sijainnin huomioiminen käytettäessä eristerappausjärjestelmiä. Eristerappausjärjestelmien ei-toivotuiksi sijainneiksi mainittiin mm. rantarakentaminen, korkea rakentaminen ja paikkakunnat, joissa rakenteet altistuvat usein toistuvalla jäätymissulatusrasitukselle.

Pakkasrasitus on suurimmillaan rannikko-olosuhteissa, jossa julkisivu altistuu voimakkaalle viistosade- ja jäätymissulatusrasitukselle. Rappauskerroksen toistuva jäätyminen ja sulaminen voi johtaa kerroksen pakkasrapautumiseen. [16, s. 7.]

Elementtien ulkopinnan hammastus nostettiin esille yhtenä järjestelmän haasteista. Hammastuksella on projektien onnistumisen kannalta merkittävä rooli, sillä tämän virheen jatkuvalla toistumisella voi olla suuria vaikutuksia projektien aikatauluihin ja kustannuksiin. Hammastuksen ongelma tulee siitä, että sitä ei voida korjata rappauksen ulkopinnasta, kun elementti toimitetaan pohja- ja täyttörappattuna työmaalle. Tätä kohtaa perusteltiin vastauksissa kolmikerrosrappauksen suuremman paksuuden takia, joka mahdollistaa helpommin muutokset rappauksen paksuuksissa. Rappauksen paksuudet on vakioinut toimittaja, eikä järjestelmän soveltuvuudesta tai kestävyyydestä voida muuttuvilla paksuuksilla varmistua. Pahimmassa tapauksessa koko rappauskerros joudutaan poistamaan. Tästä aiheesta oli eriäviä mielipiteitä haastattelussa. Toinen kyselyyn vastanneista kommentoi hammastusta, että se ei olisi yhtä yleistä kolmikerrosrappauksessa kuin ohutrappauksessa.

Miten parantaisitte kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän detajiiikkaa suunnittelun tai työmaan näkökulmasta?

Liittymädetaljiikan parantaminen/tarkentaminen x3

Elementtitehdas mahdollisimman aikaisin projektin alkuvaiheessa mukaan, kun suunnitelmia aletaan valmistamaan x3

Detaljien yksinkertaisuus ja vakiointi riippumatta valmistajasta

Kehittää detaljeja niin, että niitä olisi vähemmän

Detaljikirjastoissa tulisi huomioida erilaiset muodot julkisivuissa ja sisällyttää ne riittävän aikaisin detaljikirjastoon. Esim. sisäänvedot, kaarevat rakenteet ja vinot julkisivut

Tutustumalla ensiksi tutkimuksiin rappauksen ongelmista ja sen jälkeen detajiiikkaan

Ankkurointitekniikan parantaminen

En osaa sanoa

Kuva 27. Kyselyhaastattelu, kysymys 9

Haastateltavat esittivät runsaasti erilaisia parannusehdotuksia, minkä takia kaikkia parannuskohtia ei keretty tässä työssä yksitellen käymään läpi. Parannusehdotuksia olivat mm. tehtaan ja suunnittelijoiden välinen riittävä kommunikointi projektin alkuvaiheessa ennen kuin elementtejä aletaan valmistamaan. Hankkeen sujuvan läpiviennin kannalta olisi äärimmäisen tärkeää, että tyypillisimmät detaljit käytäisiin läpi elementtisuunnittelijan ja elementtejä toimittavan tehtaan kanssa ennen elementtisuunnittelun aloitusta. Vastauksissa nousi esiin useampaan otteeseen liittymädetaljiien suunnittelu ja niiden tarkentaminen. Liittymädetaljeista mainittiin erityisesti: Vesipellin liittymät, sivuliittymät, räystäsliittymät ja rappauksen alareunan liittymät sokkeleihin.

6 Liitokset ja detaljit

6.1 Yleistä

Eristerapatut julkisivuseinät muodostavat useita liitoksia muihin rakenteisiin. Liitosten toimivuudella voidaan varmistaa kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän rakenteellinen ja kosteustekninen toimivuus. Laadukkaaseen lopputulokseen pääseminen edellyttää, että liitoksien detaljeista on tarkat suunnitelmat tarvittavine laatuvaatimuksineen ennen urakan hankintaa. [8, s. 69; 11, s. 92.]



Kuva 28. Kolmikerrosrapatun elementin alaosa, jossa viistetty kynsi

Kolmikerrosrapatuille elementeille on omat detaljipiirustukset, jotka elementtitehtaan tulee toimittaa suunnittelijalle, jotta rakennesuunnittelijat osaavat suunnitella omat detaljinsa vastaamaan tehtaan toimintatapoja. Elementtisuunnittelija yksinkertaistaa detaljikuvat omalle sivulleen elementtipiirustuksissa, joiden avulla elementtituotanto valmistaa

kyseisen elementin. Lopullisen elementtipiirustuksen detaljikkaan karsitaan vain ne tiedot ja detaljit, jotka ovat välttämättömiä halutun elementin tekemiseen.

Haastattelusta saatujen vastauksien perusteella ohutrappausjärjestelmän detaljikkaa pidettiin selkeämpänä suunnittelun näkökulmasta. Kyselyhaastattelusta saatujen vastausten mukaan, kolmikerrosrapattujen elementtien detali- ja suunnitteluohjeita oli huomattavasti enemmän saatavilla kuin ohutrappauksen tapauksessa ja joidenkin vastaajien mielestä jopa turhan paljon.

6.2 Vaatimuksia detaljikuville

Detaljit tehdään jokaisesta erilaisesta liitoksesta. Detaljipiirustuksissa kuuluu ilmetä seuraavat tiedot [17, s. 152.]:

- projektikohtaiset tunnistetiedot
- detaljin tyyppitunniste
- detali
- materiaalit ja tarvikkeet (asennukseen kuuluvat)
- erityisvaatimukset esim. erikoismateriaalit
- asennukseen liittyvät erityisohjeet.

6.3 Liikuntasauva

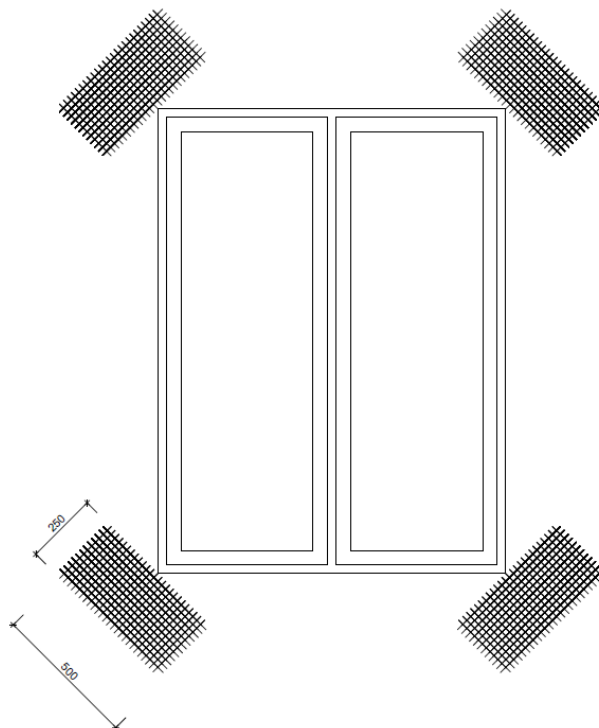
Kolmikerrosrappauksessa tarvittavat liikuntasauvat tulee sijoittaa 12–15 m välein vaaka- ja pystysuuntaan. Rakennuksen nurkkien ulkokulmiin sahataan timanttilaikalla täyttö- ja saumarappauksen jälkeen pystysuuntainen liikuntasauva rappauskerrokseen, jossa verkkoja ei limitetä ja sauma jätetään auki. [8, s. 70; 9, s. 6.]

Suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota liikuntasauvojen oikeisiin sijainteihin. Liikuntasauvat sijoitetaan ulkonurkkiin, rungon liikuntasauvoihin, sekä aukollisen seinäpinnan liittyessä umpinaiseen seinään. [8, s. 69–70.]

Kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä käytettävä liikuntasaumaprofiili kiinnitetään sinkilöillä rappausverkkoon. Profiililta odotetaan riittävää muodonmuutoskykyä liikuntasaumassa tapahtuviin liikkeisiin nähden. Ominaisuuksien pitää olla riittävät pakkasrasituksen ja UV-säteilyn vaikutuksen kannalta. Liikuntasaumaprofiilia käytettäessä liikuntasauvan leveyden tulee olla n. 5–8 mm. Liikuntasaumat voidaan toteuttaa myös jälkisaamalla, jolloin sauma ulottuu lämmöneristeeseen asti. Täyttörappauksen kovetuttua se sahataan ennen pintarappausa. Jälkisaamalla toteutettavien liikuntasaumojen tiivistämiseen käytetään paisuvaa saumanauhaa tai elastista saumausmassaa. [8, s. 70.]

6.4 Ikkuna

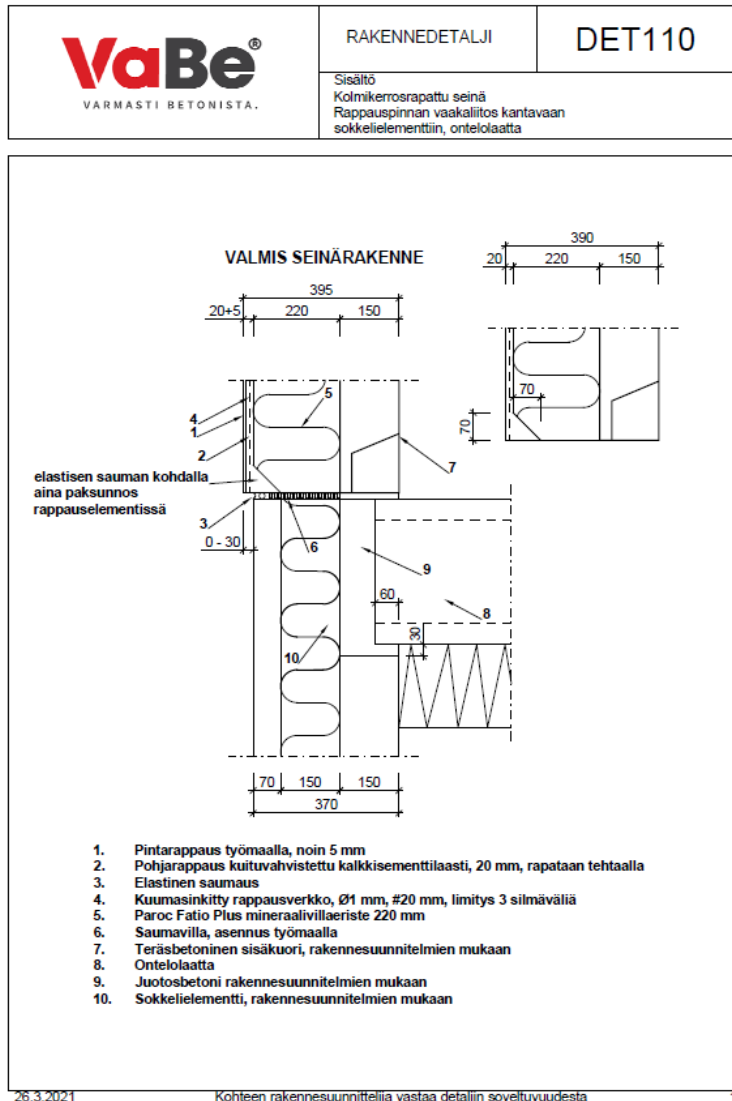
Ikkunaliitoksien suunnittelu ja toteutus on haastavaa, mikä käy ilmi kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä havaittavista rappauksen halkeilemisesta ikkunoiden nurkissa ja vesipeltien läheisyydessä. Tästä syystä elementeissä käytetään nurkissa lisärappausverkkoja rappauksen vahvistamiseen ja pinnan halkeilujen minimoimiseksi. [2, s. 65; 8, s. 63.] Kuvassa 29 on esitetty kulmien lisäverkotus.



Kuva 29. Lisäverkotus aukkojen kulmissa

Rappauksen ja ikkunan vesipellin liitos tiivistetään elastisella saumausmassalla, jolloin pelti ja saumaus sulkevat vedenkulkureitin sekä täyttörappauslaastin, että rakenteen sisään. Vesipeltien kallistuksen tulisi olla vähintään 1:3 eli noin 20-asteen kulmassa. Pellin etureunan etäisyys rappauspinnasta tulisi olla vähintään 30 mm. [8, s. 72.]

6.5 Rappauspinnan liitos sokkelielementtiin



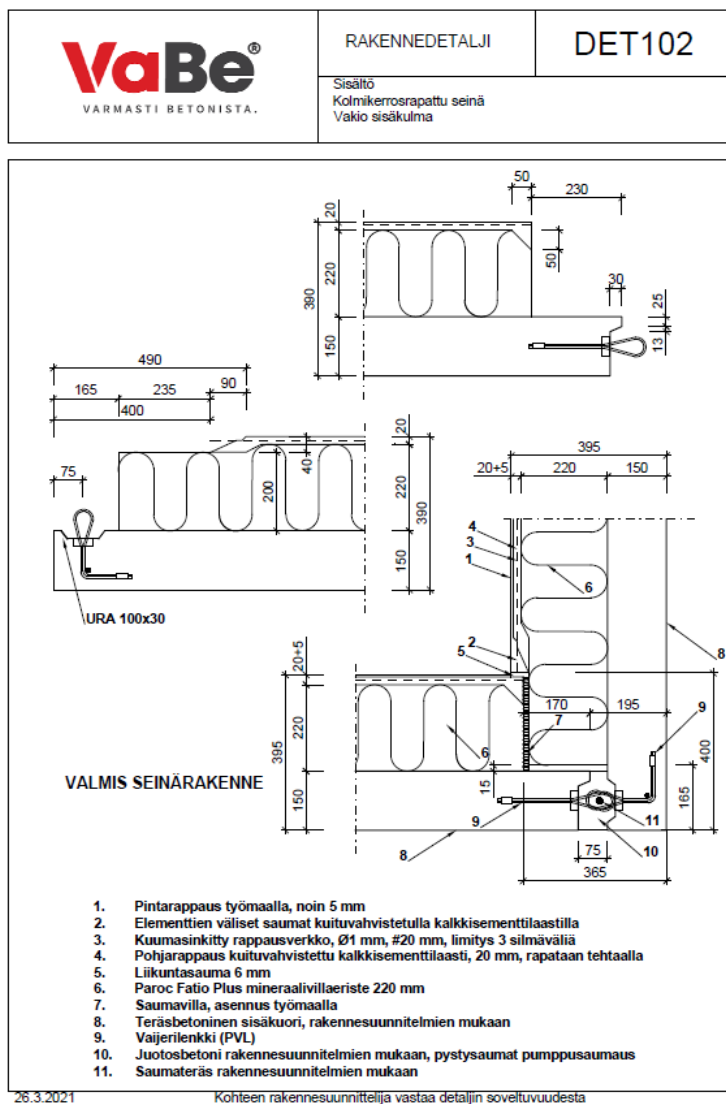
Kuva 30. Rappauspinnan vaakaliitos kantavaan sokkelielementtiin

Rapatun seinän lämmöneristeet pitää asentaa tiiviisti sokkelielementin lämmöneristykseen päälle. Epätasaisuudet saadaan tasattua käyttämällä elementtien välissä 30...50

mm paksuista saumavillaa. Mahdollisen painumisen ehkäisemiseksi paksurappauskerroksella pitää olla riittävästi liikuntavaraa liittyessä alapuolisiin rakenteisiin. Rappauksen ulkopinta tulisi ulottaa 10–15 mm sokkelin ulkopinnasta, jotta voitaisiin estää rappauksen painuminen ja tukeutuminen sokkeliin, mikä altistaa rappauksen murtumiselle. [8, s. 71.]

6.6 Kolmikerrosrapatun elementin sisä- ja ulkokulma

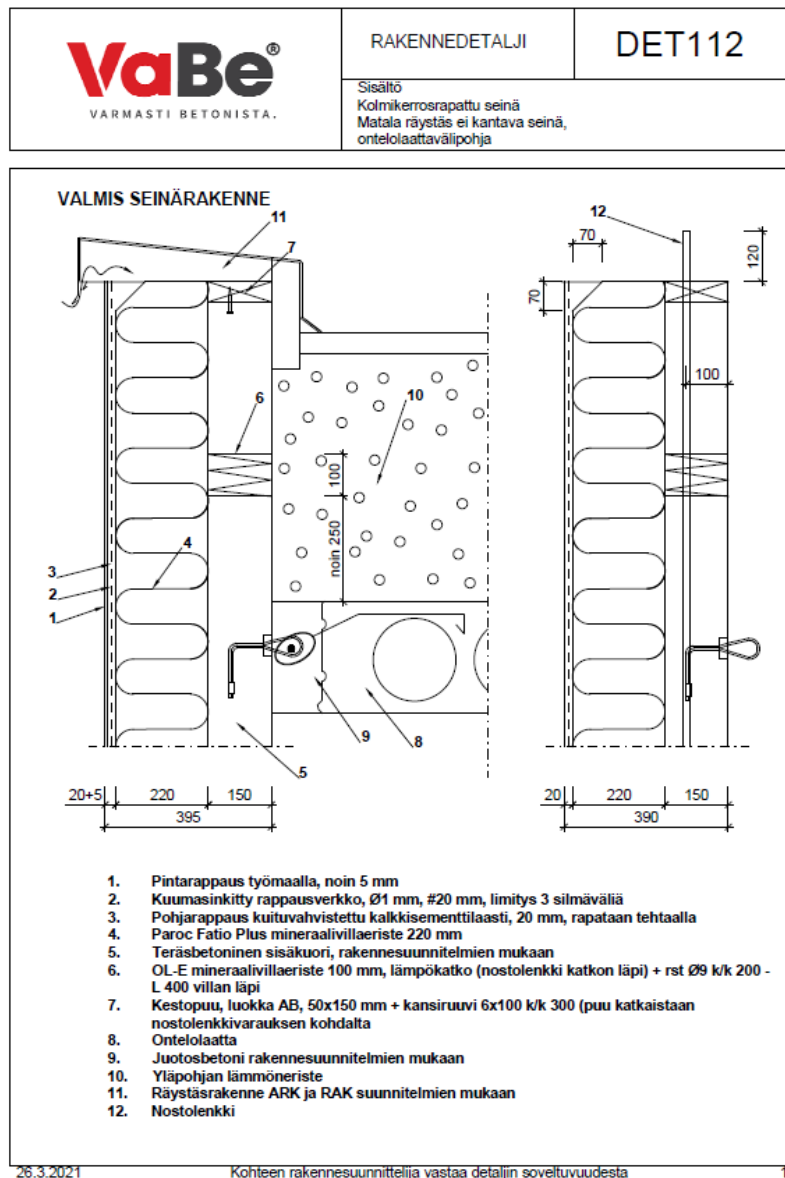
Erittäin kulmikkaissa rakennuksissa ei ole suositeltavaa käyttää eristerapattuja julkisivuja. Erityisesti sisänurkkien toteutus on todettu hankalaksi. [11, s. 91.]



Kuva 31. Kolmikerrosrapattujen elementtien muodostama sisäkulma

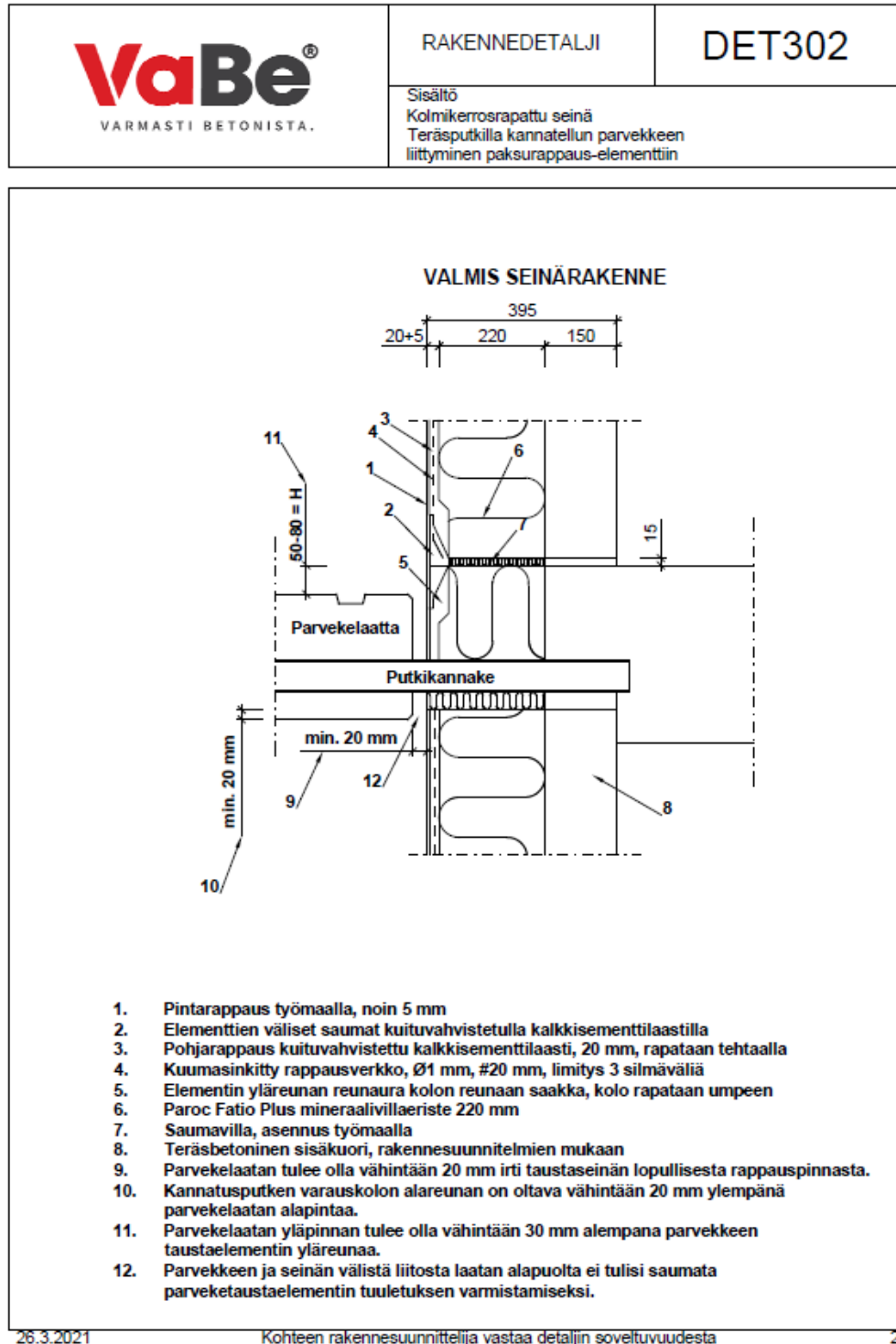
6.7 Räystäслиitos

Tuulen imu tulee huomioida rappauksen kiinnikkeiden mitoituksessa rakennuksen yläreunassa ja ulkonurkissa. Imu aiheuttaa em. kohtiin suurimmat rasitukset, minkä takia kiinnikkeitä pitää olla tiheämmin. Ulkonevat räystäät vähentävät huomattavasti viistosasteesta aiheutuvaa saderasitusta julkisivun yläosassa. Mikäli käytetään räystäättömiä ratkaisuja, rappauksen yläreunaan tulee asentaa ns. myrskypelti, joka suojaa myös lämmöneristeiden yläosaa. Rappaukset toteutetaan myrskypellin alapintaa vasten. [8, s. 71.]



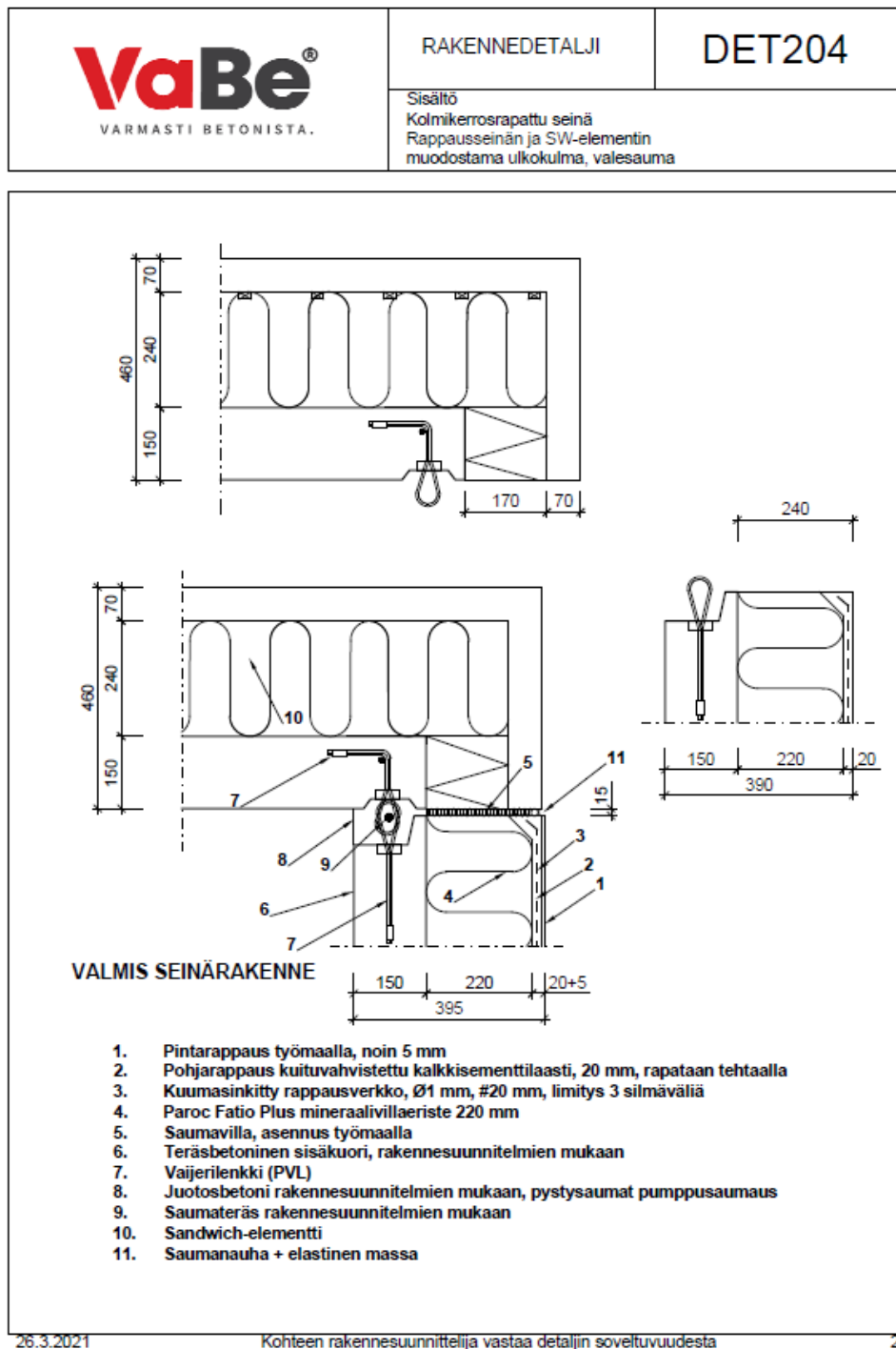
Kuva 32. Räystäслиitos

6.8 Parvekkeen liittyminen rapattuun seinään



Kuva 33. Teräsputkilla kannatellun parvekkeen liittyminen kolmikerrosrapattuun elementtiin

6.9 Rapatun seinän liittymä sandwich-elementtiin



Kuva 34. Rapatun seinän ja sandwich-elementin liittymä

Rapatun seinän ja sandwich-elementin muodostamassa saumassa käytetään kittiä, mutta tällä ratkaisulla ei kahden vastaajan mielestä saada riittävän hyvää tartuntaa sauman yli menevään rappaukseen. Vaihtoehtoisesti olisi parempi käyttää saumanauhaa ja elastista massaa. Useiden vastaajien mielestä hankalia suunnittelukohtia olivat erilaiset seinärakenteiden väliset liitokset.

7 Pohdinta ja yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmän suunnitteluun ja luoda järjestelmälle detajli- ja suunnitteluohje tilaajayrityksen käyttöön. Työn tarkoituksena oli myös poimia järjestelmän kestävyteen ja kehittämiseen liittyvää tietoa. Tähän osioon sisällytettiin myös vertailua ohutrappaus- ja kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmien välillä selvittämään järjestelmien etuja ja haittoja.

Haastatteluista saatujen vastausten perusteella voidaan todeta, että suurin osa vastaajista suosi kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmää ohutrappaus-eristejärjestelmän sijaan. Tärkeimpinä perusteluina olivat järjestelmän kestävyys ja pidempi elinkaari. Vastauksia sekä niiden perusteluista tukivat kappaleessa 4 mainittu julkisivuyhdistyksen käynnistämä tutkimus eristerappausjärjestelmien vaurioista.

Julkisivuyhdistyksen tutkimuksen tuloksissa ja haastattelujen vastauksissa on mainittavaa, että vaikka kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmä pärjäsikin paremmin, ei tutkimuksessa vertailtavia kohteita ollut yhtä paljon. Haastatteluihin taas valittiin rajallinen määrä haastateltavia, mikä ei anna riittävää kokonaiskuvaa järjestelmiin liittyvistä kokemuksista. Järjestelmistä olisi hyvä järjestää laajempia tutkimuksia, joissa vertailtavia kohteita olisi yhtä suuri määrä. Haastateltavia tulisi olla myös enemmän, jotta vastauksia saataisiin suuremmalla skaalalla. Opinnäytetyössä suosittiin hieman enemmän suunnittelijoiden mielipiteitä järjestelmistä työn aiheen takia, minkä vuoksi työmaan näkökulma jäi vähemmälle.

Vastaajien valitsemisen haasteena oli löytää sopivia henkilöitä, joilla olisi riittävästi kokemusta vastaamaan kattavasti eristerappausjärjestelmiin liittyviin kysymyksiin. Useilla

kyselomakkeen vastaajaehdokkailla oli kokemusta vain toisesta järjestelmästä ja useasti sekin oli melko vähäistä.

Työn aikana myös havaittiin, että detalji- ja suunnitteluohjeiden työstäminen oli odotettua pidempi prosessi järjestelmän useista ja hankalista liitoskohdista johtuen. Opinnäyte-työssä saavutettiin työn tilaajayrityksen kannalta asetetut tavoitteet, jotka työhön sisällytettiin. Tutkimuksista ja haastatteluista yhdistettyä tietoa voidaan hyödyntää kartoittaessa vaurioherkkiä kohtia kolmikerrosrappaus-eristejärjestelmissä.

Lähteet

- 1 Rapatut julkisivut. Verkkoaineisto. Elementtisuunnittelu. <<https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/rapatut-julkisivut>> Luettu 2.3.2021.
- 2 Eristerappausjärjestelmien vauriomekanismit ja kuntotutkimusmenetelmät. 2019. PDF-dokumentti. <https://betoni.com/wp-content/uploads/2019/02/BET1901_62-69.pdf>. Luettu 28.12.2020.
- 3 Rappausten historia. Verkkoaineisto. Kivitalo info. <<https://kivitaloinfo.fi/rapaus/rappausten-historia/>> Luettu 4.1.2021.
- 4 Julkisivuyhdistys kommentoi eristerappausjärjestelmien ongelmiin liittyvää keskustelua. Verkkoaineisto. Julkisivuyhdistys. <<https://julkisivuyhdistys.fi/uutis-huone/nakokulmia/julkisivuyhdistys-kommentoi-eristerappausjarjestelmien-ongelmiin-liittyvaa-keskustelua/>>. Luettu 2.1.2021.
- 5 Eristerappausjärjestelmien kuntotutkimusohje. 2019. PDF-dokumentti. <https://julkisivuyhdistys.fi/wp-content/uploads/2019/12/Eristerappausjarjestelmien_kuntotutkimusohje_2.pdf>. Luettu 2.1.2021.
- 6 Ohutrappaus. Verkkoaineisto. Kivitalo info. <<https://kivitaloinfo.fi/rappaus/eriste-ja-levyrappaukset/ohutrappaus/>>. Luettu 4.1.2021.
- 7 Rapatun ulkoseinän eristys. Verkkoaineisto. PAROC. <<https://www.parc.fi/kayttokohteet/rakennusten-eristaminen/ulkoseinan-eristys-ja-lisaeristys/rapatun-ulkoseinan-eristys-ja-lisaeristys>>. Luettu 10.1.2021.
- 8 BY 57, Eriste- ja levyrappaus 2016. Helsinki. Suomen betoniyhdistys ry. 2016.
- 9 Paksurappaus-eristejärjestelmä elementtiin. 2015. PDF-dokumentti. <https://www.rttuotetieto.fi/pub/media/resources/26232_26232_16.18_FESCO-TERM_PAKSURAPPAUS-ERISTEJARJESTELMA_ELEMENTTI_KUITU_8.6.2015.pdf>. Luettu 10.2.2021.
- 10 BY 46, Rappauskirja 2005. Helsinki. Suomen betoniyhdistys ry. 2005.
- 11 Keskeisiä eristerappauksen suunnittelussa ja toteutuksessa huomioonotettavia asioita. 2014. PDF-dokumentti. <<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150203.pdf>>. Luettu 20.2.2021.

- 12 Ormiskangas, Petteri. 2009. Betonisandwich-elementin kosteustekninen toiminta paksuilla eristeillä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Luettavissa osoitteessa <<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/23180/Ormiskangas.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>. Luettu 2.2.2021.
- 13 weber EE Kiinnikepaketti. Verkkoaineisto. <<https://www.fi.weber/julkisivuratkaistut-ja-tuotteet/kiinnikkeet/weber-ee-kiinnikepaketti>>. Luettu 10.11.2020.
- 14 External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) With Renderings. 2019. PDF-dokumentti. <<https://www.eota.eu/handlers/download.ashx?filename=ead-in-ojeu%2fead-040083-00-0404-ojeu2020-corr.pdf>>. Luettu 1.3.2021.
- 15 Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. 2018. PDF-dokumentti. <<https://www.ym.fi/download/noname/%7B2852D34E-DA43-4DCA-9CEE-47DBB9EFCB08%7D/138568>>. Luettu 9.2.2021.
- 16 Pinnoitus- ja paikkakorjaukset -yleiskuvaus. PDF-dokumentti. <<https://julkisivuyhdistys.fi/wp-content/uploads/2019/01/F1-Betonijulkisivut-Korjaustavat-Pinnoitus-ja-paikkaus.pdf>>. Luettu 20.2.2021.
- 17 RIL 229-1-2013, Rakennesuunnittelun asiakirjaohje 2013. Kirja. Suomen rakennusinsinöörienliitto RIL ry.

Google Forms-kyselylomake

1/21/2021

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

Tällä kyselylomakkeella kerätään tutkimusaineistoa paksurappaus-eristejärjestelmää käsittelevään opinnäytetyöhön. Insinööryön tilaajayrityksenä toimii VaBe Oy. Vastaaajien tietoja ei tulla julkaisemaan opinnäytetyön yhteydessä.

1. Yrityksen nimi

2. Haastateltavan nimi

3. Haastateltavan titteli

4. Päivämäärä

Esimerkki: 7.1.2019

5. Kuinka monessa ohutrappauskohteessa arvioitte olevanne olleet suunnittelu- tai työmaatehtävissä?

Merkitse vain yksi soikio.

- 0
- 1-5
- 5-10
- Enemmän kuin 10

<https://docs.google.com/forms/d/1QfVf0y2mH4hCCQPtLS004zpXnoXsNkuymtpqxw2gss/edit>

1/8

1/21/2021

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

6. Kuinka monessa paksurappauskohteessa arvioitte olevanne olleet suunnittelu- tai työmaatehtävissä?

Merkitse vain yksi soikio.

- 0
 1-5
 5-10
 Enemmän kuin 10

7. Minkälaisia kokemuksia teillä on (käytettävistä) paksurappaus-eristejärjestelmistä?

8. Mitkä asiat koitte haastavimmiksi paksurappaus-eristejärjestelmän toteutuksessa/suunnittelussa, ja mitä erityistä paksurappaus-eristejärjestelmässä tulisi mielestänne ottaa huomioon suunnittelun tai työmaan näkökulmasta?

1/21/2021

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

9. Miten parantaisitte paksurappaus-eristejärjestelmän detaljiikkaa suunnittelun tai työmaan näkökulmasta?

10. Mitkä ovat mielestänne tärkeimmät tekijät suunnitteluvaiheessa, millä voidaan mahdollistaa rakennusteknisesti rakennuksen turvallinen toteutus?

Miten vertailisitte paksu- ja ohutrappausjärjestelmiä keskenään. Mitkä ovat ko. järjestelmien vahvuudet entä puutteet/ kehityskohdat? Esittäkää tärkeysjärjestyksessä 2-3 vahvuutta ja kehityskohdetta molemmista järjestelmistä:

11. Ohutrappausjärjestelmän vahvuudet

<https://docs.google.com/forms/d/1QtVv0y2mH4hCCQPtLS0O4zpXnoXsNxympqpw2gss/edit>

3/8

1/21/2021

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

12. Ohutrappausjärjestelmän kehityskohteet

13. Paksurappausjärjestelmän vahvuudet

14. Paksurappausjärjestelmän kehityskohteet

Kumpaa järjestelmää seuraavat väittämät kuvaavat paremmin? Pyrkikää vastaamaan ensimmäisen neljän kohdan avulla, mutta ellette osaa sanoa tai teillä ei ole aiheesta mitään mielipidettä, vastatkaa en osaa sanoa.

15. Kestävyys ja pidempi elinkaari

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

<https://docs.google.com/forms/d/1QrVvf0y2mH4hCCQPILS0O4zpXnoXsNkuympqpxw2gss/edit>

4/8

1/21/2021

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

16. Parempi hintalaatusuhde

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

17. Elementtien esteettinen laatu parempi

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

18. Lopullisen rappausjulkisivun esteettinen laatu parempi

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

19. Ko. järjestelmän elementit on helpompi asentaa

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

<https://docs.google.com/forms/d/1QtVvf0y2mH4hCCQPtLS0O4zpXnoXsNxuympqpw2gss/edit>

5/8

1/21/2021

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

20. Halvempi hinta

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

21. Työmaan näkökulmasta parempi teknisesti

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

22. Työmaan näkökulmasta parempi aikataulutuksen kannalta

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

23. Sääsuojauksen kannalta parempi

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

<https://docs.google.com/forms/d/1QtVvf0y2mH4hCCQPtLS0O4zpXnoXsNxyumtpqxw2gss/edit>

6/8

1/21/2021

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

24. Suunnittelun detajiiikka selkeämpää

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

25. Suunnitteluohjeita paremmin saatavilla

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

26. Kumpien kohteiden parissa olette työskennelleet enemmän?

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
- Ohutrappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta hiukan paremmin
- Paksurappausta ehdottomasti
- En osaa sanoa

<https://docs.google.com/forms/d/1QtVv0y2mH4hCCQPtLS0O4zpXnoXsNkuympqxw2gss/edit>

7/8

1/21/2021

Haastattelu eristerappausjärjestelmistä

27. Kumman menetelmän valitsisitte rakennuttamaan tavanomaiseen 5.-8. kerroksiseen asuinkerrostaloon ja miksi? Antakaa lyhyt perustelu perään.

Valitse kaikki sopivat vaihtoehdot.

- Ohutrappausta ehdottomasti
 Ohutrappausta hiukan paremmin
 Paksurappausta hiukan paremmin
 Paksurappausta ehdottomasti
 En osaa sanoa

Muu: _____

Google ei ole luonut tai hyväksynyt tätä sisältöä.

Google Forms

<https://docs.google.com/forms/d/1QfVvf0y2mH4hCCQPtLS0O4zpXnoXsNxuympqwx2gss/edit>

8/8