

Paikallamuuratun tiiliverhouksen soveltuvuus korkeissa julkisivuissa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Insinööri (AMK)

Kevät, 2023

Jyri Riikonen

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Insinööri (AMK)

Tekijä Jyri Riikonen

Työn nimi Paikallamuuratun tiiliverhouksen soveltuvuus korkeissa julkisivuissa

Ohjaaja Jarno Pölönen

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Opinnäytetyö toimii osana A-Insinöörien kehityshanketta, jonka tarkoituksena on luoda yrityksen sisäinen suunnitteluohjeistus korkean rakentamisen suunnitteluun. Työn tavoitteena oli koostaa julkisivumuurauksen suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, sekä pohtia julkisivumuurauksen soveltuvuutta korkeaan rakentamiseen. Opinnäytetyössä perehdyttiin saatavilla oleviin ohjeistuksiin, kirjallisuuteen, eurokoodeihin, sekä haastateltiin alalla työskenteleviä asiantuntijoita ja materiaalitoimittajia.

Rakennuksen korkeuden kasvaessa rakennesuunnitteluun vaikuttavat tiukemmat palomääräykset, ankarammat säärasitukset sekä suuremmat kuormitukset. Julkisivumuurausta tulee tarkastella kokonaisuutena, johon vaikuttavat kaikki osatekijät, muun muassa rakennuksen sijainti ja korkeus vaikuttavat muuraussiteiden määrään, joka taas saattaa vaikuttaa valittavaan eristepaksuuteen. Eristeen materiaali puolestaan saattaa vaikuttaa vaadittavaan julkisivumuurauksen paksuuteen, sekä tuuletusvälin leveyteen. Julkisivumuurauksen rakennesuunnitteluun tulee kiinnittää riittävästi huomiota jo arkkitehtisuunnitelmien luonnosvaiheessa, jolloin rakenteen pienillä muutoksilla voidaan vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin ja hankkeen onnistumiseen.

Kuormituksen kasvaessa muurattu julkisivu saa kantavan rakenteen piirteitä, jotka tulisi huomioida suunnittelussa. Tiiliverhouksen suurehkon omapainon takia rakenteen kuormitus kasvaa merkittävästi julkisivun korkeuden kasvaessa. Tämä tulee yleisesti yhtäjaksoisen muurauksen korkeutta rajoittavaksi tekijäksi. Puristuskestävyyden ylittyessä tiiliverhous voidaan välikannatella rakennuksen kantavasta rungosta muurauskannakkeilla, jolloin tiiliverhouksen korkeudelle ei ole varsinaisia rajoitteita, kunhan palomääräykset täyttyvät ja rakenteen kosteustekninen toimivuus voidaan varmistaa. Yhtäjaksoisen julkisivumuurauksen lämpöliike korostuu korkeissa julkisivuissa. Tällöin tulee kiinnittää erityistä huomioita muuratun rakenteen ja paikalla pysyvien rakenteiden liittymäkohtiin.

Avainsanat Rakennesuunnittelu, julkisivumuuraus, kuorimuuri, muuratut rakenteet

Sivut 40 sivua ja liitteitä 17 sivua

This thesis was commissioned by AINS Group Oy. The thesis is part of AINS Group's development project, the purpose of which is to create the company's internal design guidelines for the planning of high-rise construction. The aim of the work was to compile factors affecting the design of façade masonry, as well as to consider the suitability of façade masonry for high-rise construction. In the thesis, the available instructions, literature, Eurocodes were studied and interviewed experts and material suppliers.

As the height of the building increases, structural design is affected by stricter fire regulations, harsher weather stresses, as well as higher loads. Facade masonry should be considered as a whole, which is influenced by many factors, including the location and height of the building, which in turn may affect the chosen thickness of insulation. The material of the insulation may affect the required thickness of the façade masonry, as well as the width of the ventilation gap. Sufficient attention should be paid to the design of façade masonry already at the stage of sketching architectural plans, when minor changes in the structure can significantly affect the costs and the success of the project.

With an increase in load, the masoned façade acquires the features of a load-bearing structure, which should be considered in the design. With a moderately high density of masonry, the deadweight of the structure increases significantly with an increase in the height of the façade. In general, this becomes a limiting factor for the height of continuous masonry. If the resistance to compression is exceeded, the brick facade can be supported from the load-bearing frame of the building with masonry brackets, so that there are no actual restrictions on the height of the masonry facade, as long as the fire regulations are met, and the moisture technical functionality of the structure can be ensured. The thermal movement of continuous masonry is emphasized on high facades. In this case, special attention should be paid to the connections of the masonry with other structures.

Keywords Structural design, façade masonry, brick facade, masonry structures
Pages 40 pages and appendices 17 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yleistä julkisivumuurauksesta	1
2.1	Kuorimuurin rakenne	2
2.2	Julkisivutiilet.....	3
2.3	Laastit ja laastisaumat.....	4
3	Muurauksen suunnittelu korkeissa julkisivuissa	5
3.1	Rakennusfysikaalinen toimivuus.....	6
3.2	Tuuletus.....	8
3.2.1	Tuuletusaukkojen mitoitus.....	9
3.3	Liikuntasaumat.....	10
3.4	Palotekninen toimivuus	11
3.5	Rakenteen kuormat	14
3.6	Muuraussiteet	15
3.7	Muurauskannakkeet	17
3.8	Puristuskestävyys	18
3.8.1	Aukkojen pielet	22
3.9	Leikkauskestävyys	23
3.10	Taivutuskestävyys	24
3.11	Aukot julkisivussa.....	24
3.11.1	Seinämäinen palkki	25
3.12	Raudoitteet	28
3.12.1	Ankkurointipituudet.....	29
3.12.2	Halkeamaraudoitteet	30
3.12.3	Korroosionkestävyys	30
4	Haastattelut.....	31
4.1	Muuraussiteet	32
4.2	Kustannustehokkuus.....	33
4.3	Liikuntasaumat.....	33
4.4	Tuuletusvälin haasteet.....	33
5	Johtopäätökset	35

6 Lisätutkimukset	36
Lähteet.....	38

Liitteet

Liite 1	Aukkoryhmien mittavaatimukset
Liite 2	Osavarmuusluvun arvot
Liite 3	Puristuslujuuden ominaisarvot
Liite 4	Materiaalien rakennusfysikaalisia ominaisuuksia
Liite 5	Ominaisleikkauslujuuden arvot
Liite 6	Puristuskestävyyden esimerkkilaskelma
Liite 7	Haastattelut

1 Johdanto

Korkea rakentaminen on yleistynyt kaupungistumisen ja rakennusmaan vähäisen saatavuuden takia. Kaupunkikuvaa uudistaessaan kaavoitusarkkitehdit ovat alkaneet suosimaan yhtenäisiä ja pitkäikäisiä julkisivuja, joista muurattu julkisivu toimii yhtenä vaihtoehtona. Opinnäytetyössä selvitetään paikalla muuratun tiiliverhouksen suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, sekä pohditaan muurauksen soveltuvuutta korkeissa julkisivuissa. Tällä hetkellä tietoa on saatavilla hyvin hajanaisista lähteistä, eikä suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä ole tuotu selkeästi esille. Tiilivalmistajien ja Tiiliteollisuuden suunnitteluohjeet on suunnattu lähtökohtaisesti yleis- ja arkkitehtisuunnitteluun. Eurokoodistandardit ja ympäristöministeriön ohjeistukset on tehty yleisesti muuratuille rakenteille. Näin ollen juuri julkisivumuurauksen rakennesuunnitteluun liittyviä ohjeita on hajanaisesti saatavalla.

Työssä keskitytään betonirunkoisiin kerrostaloihin. Työssä keskitytään vain itsensä kantaviin ja vaakasuunnassa tuettuihin puhtaaksimuurattuihin tiilijulkisivuihin, eikä kantavia rakenteita oteta huomioon. Tiilet ja laastit materiaalina käydään yleisesti läpi, eikä niihin ole tarkoitus perehtyä syvemmin. Muurauskappaleina käsitellään vain standardin EN 771-1 mukaisia poltettuja tiiliä ja standardin EN 771-2 mukaisia kalkkihiekkatiiliä.

Työn tavoitteena on tuoda esiin julkisivumuurauksen suunnitteluun vaikuttavat tekijät ja tutkia tiiliverhouksen soveltuvuutta korkeissa julkisivuissa. Tutkittavia osa-alueita ovat kuormien siirtyminen, tuulen ja sään vaikutus, palotekninen toimivuus, liikuntasauvojen toteutus ja korkeuden vaikutus suunnitteluun. Valmiin työn on tarkoitus toimia rakenne- ja arkkitehtisuunnittelijoiden apuna julkisivumuurauksia suunniteltaessa.

2 Yleistä julkisivumuurauksesta

Puhtaaksimuuratulla julkisivulla tarkoitetaan muurauskappaleista ja laastista muurattua rakennetta, jossa ei ole erillistä pinnoitetta. Muuratusta julkisivusta käytetään myös termiä kuorimuuri, joka nimensä mukaisesti toimii rakennuksen kuorena, eikä vaikuta rakennuksen kantavan rungon toimintaan (RIL 206-2010, s. 22). Varsinaisia kuorimuureja erillisellä kantavalla rungolla on alettu käyttää vasta 1950-luvulla betonielementtien yleistyessä.

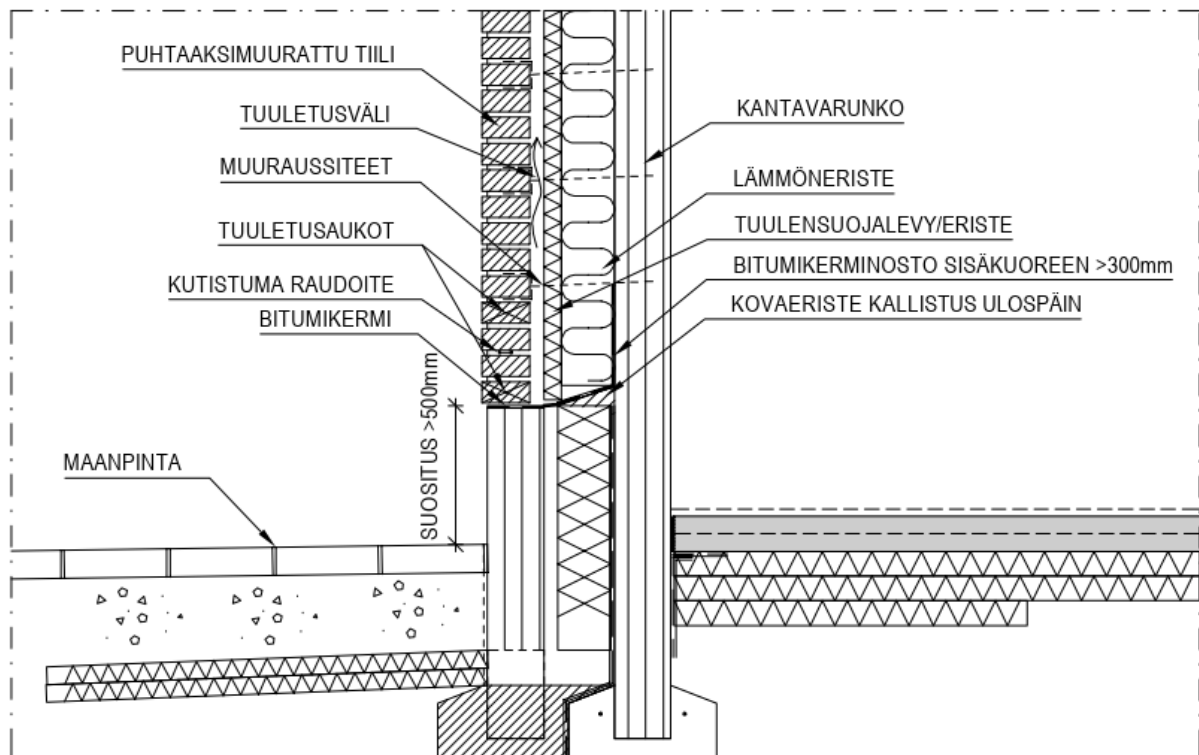
Aikaisemmat muuratut rakenteet ovat olleet täystiili- ja erillismuurausrakenteita. Muurauksen ja lämmöneristekerroksen välissä oleva tuuletusväli yleistyi vasta 1990-luvulla (By 75, 2021, s. 22). Tätä aikaisemmin muurauksen takana olevaa rakoa kutsuttiin kynsiraoksi tai sormiraoksi, jonka leveys määräytyi muurarin sormien paksuuden mukaan.

2.1 Kuorimuurin rakenne

Kuorimuuuri toimii erillisenä itsensä kantavana rakenteena, jonka kuormat pyritään siirtämään sokkelin kautta anturoille. Muuraus voidaan myös kannatella kantavasta rungosta muurauskannakkeilla, mikäli sokkelista kannatus ei onnistu rakenteen tai korkeuden aiheuttaman kuormituksen takia. Kuorimuuuri tuetaan kantavaan runkoon vaakasuuntaisia voimia vastaan muuraussiteillä. Muurauksen ja tuulensuojaeristeen välissä tulee olla ilmapäli, jotta verhouksen läpi kulkeutuva vesi pääsee poistumaan valumalla tai haihtumalla rakenteesta. Tuulensuojan tulee olla pinnoitteeltaan vettä hylkivää materiaalia. Kuorimuuraus on eristettävä sokkelista kapillaarisen veden nousun estämiseksi, sekä eristeen on johdettava muurauksen läpi kulkeutunut vesi pois rakenteesta. Vedeneristeenä käytetään yleisesti bitumikermiä sen toimiessa samalla liukulaakerina kosteudesta ja lämmöstä johtuvaa liikettä vastaan. (Tiiliteollisuus, n.d.) Kuorimuurin esimerkkirakenne on esitetty kuvassa 1.

Kuorimuurauksen huokoisuuden ja vedenimukyvyn takia etäisyys maanpinnasta tulisi olla tiiliteollisuuden ohjeistuksen mukaan >500 mm (Tiiliteollisuus, n.d.). Ympäristöministeriön asetuksessa 782/2017 rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta ei oteta kantaa etäisyyteen. RIL:in ohjeistuksen mukaan roiskevedelle aran julkisivun etäisyys maanpinnasta tulisi olla vähintään 400mm (RIL 107-2022, s.99).

Kuva 1. Kuorimuurin esimerkkirakenne.



2.2 Julkisivutiilet

Suunnittelun osalta tärkeimmät tiedot ovat tiilen puristuslujuus, kategoria ja tiilen aukkoryhmä. Eurokoodin mukaisessa laskennassa tiilistä käytetään nimitystä muurauskappaleet ja ne lajitellaan kategoriaan 1, jos muurauskappaleen puristuslujuuden arvojen alitustodennäköisyys on enintään 5 %. Kategoriaan kaksi kuuluvat muurauskappaleet, jotka eivät täytä kategorian yksi vaatimuksia. (RIL 206-2010, s. 19) Muurauskappaleet ryhmitellään aukkoryhmiin 1, 2, 3 tai 4 taulukon 3.1 mukaan (liite 1.). Ryhmittäisiin vaikuttavat muurauskappaleen aukkojen tilavuuden suhde kappaleen kokonaistilavuuteen. Tiilien valmistaja ilmoittaa ominaispuristuslujuuden, kategorian ja aukkoryhmän suoritustasoilmoituksessa. (RIL 206-2010, s. 27)

Poltetut tiilet ovat suosituimpia julkisivutiiliä niiden laajan valikoiman ja ominaisuuksiensa takia. Julkisivutiilet valmistetaan savimassasta puristamalla ja polttamalla. Massaan lisätään saven ja hiekan lisäksi puupurua. Puupuru palaa polttovaiheessa aiheuttaen rakenteeseen avoimia ja suljettuja huokoisia, parantaen tiilen pakkasenkestävyyttä. Tiilessä oleva vesi

pääsee jäätyessään laajentumaan huokoisiin, eikä näin ollen aiheuta rakenteeseen halkeilua. (RIL 255-1-2014, s. 277)

Kalkkihiekkatiilet valmistetaan höyrykarkaisemalla kvartsipitoisesta hiekasta, kalkista ja vedestä tehty aihio. Höyrykarkaisu tehdään autoklaavissa, jonka toimintaperiaate on samanlainen kuin höyrykattilassa. Höyrykarkaisussa kalkki reagoi kvartsin kanssa korkean paineen ja lämpötilan vaikutuksesta. (RIL 255-1-2014, s. 277) Kalkkihiekkatiilien valkoinen väritys johtuu valmistuksessa käytettävästä kvartsisista. Lisäämällä massaansa pigmenttejä voidaan valmistaa myös värillisiä tiiliä (RT-38406, 2013, s. 1).

Muurauskappaleet limitetään eri kerroksissa, jolloin kuorimuurin voidaan olettaa toimivan yhtenäisenä muurattuna rakenteena. Kuorimuuri suunnitellaan toimivan yhtenäisenä rakenteena, jolloin voidaan hyödyntää muun muassa tiilien holvautuminen aukkojen ylityksissä, sekä kuormitusten siirtyminen. Limityksen vähimmäispituus on 40 mm tai 0,4 kertaa muurauskappaleen korkeus. (RIL 206-2010, s. 81) Tiilien limityksellä voidaan vaikuttaa tiilijakoon, joka vaikuttaa oleellisesti aukkomitoitukseen julkisivussa. Yleisimpiä limityksiä ovat puolenkiven ja kolmasosa tiilen limitys (Tiiliteollisuus, n.d.). Suositeltavaa on käyttää luontaista limitystä, jolloin vältetään ylimääräisiltä tiilien leikkaamisilta. 85 mm leveällä ja 285 mm pitkällä tiilellä tämä on kolmasosatiilen limitys ja vastaavasti 135 mm leveällä ja 285 mm pitkällä tiilellä puolenkiven limitys. Tällöin limitykset osuvat rakennuksen nurkissa luontaisesti oikein.

2.3 Laastit ja laastisaumat

Kuorimuurauksessa laastin tehtävänä on sitoa tiilet yhtenäiseksi rakenteeksi. Laastien ominaisuudet määritellään standardin SFS-EN 988-2 mukaan. Muurauslaastit luokitellaan yleislaasteihin, ohutlaasteihin tai kevytlaasteihin. Julkisivuissa käytetään pääsääntöisesti yleislaastia. Laastit lajitellaan ominaisuus- ja reseptilaasteihin. Ominaisuuslaastit ovat yleisempiä ja perustuvat valmistajan valitsemaan valmistusmenetelmään ja koostumukseen, joilla laastille saadaan halutut ominaisuudet. Reseptilaastien ominaisuudet perustuvat ennalta määritettyihin resepteihin ja sekoitussuhteisiin. (SFS-EN 988-2, 2016, s. 7)

Yleislaastin saumapaksuus on vähintään 6 mm ja enintään 15 mm (SFS-EN 1996-1-1, s. 71). Laastin valmistaja ilmoittaa puristuslujuuden f_m yksikössä N/mm² kirjaimella M esim. M5 = 5

N/mm^2 (RIL 206-2010, s.29). Halkeilun välttämiseksi ei ole syytä käyttää kovempaa laastia kuin rakenteen mitoituksen kannalta on tarve (Kinnunen, 2000, s. 89). Yleisimmät laastien puristusluokat on esitetty taulukossa 1. Huomioitava, että yleisin varastossa oleva muurauslaasti on lujuusluokitukseltaan M5.

Taulukko 1. Laastin puristuslujuusluokat (SFS-EN988-2-2016, s. 10).

Luokka	M 1	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Puristuslujuus N/mm^2	1	2,5	5	10	15	20	d
d on valmistajan 5 N/mm^2 tarkkuudella ilmoittama puristuslujuus, joka on suurempi kuin 20 N/mm^2 .							

Laastisauman paksuuteen vaikuttaa myös käytettävä tiilen paksuus, rakennuksen kerrosväli sekä raudoitteiden ja muuraussiteiden koko. Käytettäessä 75 mm korkea tiiltä vaakasauman paksuus on n. 15,9 mm tai n. 13,2 mm, jolloin tiilijako osuu 3 m kerrosjaoille. (Tiiliteollisuus, n.d.) Vastaavasti 60 mm korkeita tiiliä käytettäessä vaakasauman paksuus on 15 mm. Vaakasaumoihin tulevat raudoitteet sekä tiilisiteiden hakaset rajoittavat sauman minimipaksuutta. Käytettäessä luvussa 3.12 mainittua 10 mm maksimiraudoitetta ja 4 mm tiilisiteitä vaakasauman minimipaksuus on 14 mm.

Tiivislaasteja käyttämällä voidaan vähentää rakenteeseen imeytyvää vedenmäärää, jolloin myös julkisivun pakkasrapautuminen on vähäisempää. Tiivislaastien käyttö on suositeltavaa kovalle säärasiuksille alttiille kuorimuureille (RIL107-2022, s.91). Tiivislaastien käytöllä kuorimuurin vedenimukyky on noin kolmanneksen verrattuna normaalilaasteihin (RIL 255-1-2014, s. 278).

3 Muurauksen suunnittelu korkeissa julkisivuissa

Suomessa muuratut rakenteet suunnitellaan standardin SFS-EN 1996 Muurattujen rakenteiden suunnittelu mukaan. Suunnitelmien tulee noudattaa standardien SFS-EN 1990 ja SFS-EN 1991 yleisiä sääntöjä, ja niitä koskevia Suomen kansallisia liitteitä. (RIL 2010-206, s. 23) Suunnittelua ohjaa myös Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 sekä Ympäristöministeriön asetukset.

Ympäristöministeriön ohjeistuksen Muuratut rakenteet 2016 mukaan muurattujen rakenteiden rakennesuunnitelmissa tulee esittää:

- seuraamusluokka
- ympäristöolosuhdeluokka ja rakenteen suunniteltu käyttöikä
- Maastoluokka
- rakenneosien palonkestävyysluokka
- käytetyt ominaiskuormat ja kuormaluokka
- rakenteiden mitat ja sijainti tiedot
- sallitut mittapoikkeamat
- muurauskappaleiden ja -laastin sekä raudoitteiden tunnistetiedot
- raudoitteiden sijainti
- raudoituksen laastin suojaetäisyys
- tiilien limitys
- saumatyyppi ja saumanpaksuus
- muuraussiteiden tiedot sekä sijainti
- veden- ja kosteudeneristys sekä veden poistaminen
- liikuntasaumot, niiden sijainti ja rakenne
- seinien tuenta
- urat, roilot, syvennykset ja reiät
- työaukot ja -saumat
- erikoisolosuhteita kuten talvimuurausta koskevat lisäohjeet
- työaikaiset kuormat ja -tuennat

3.1 Rakennusfysikaalinen toimivuus

Julkisivun kosteusteknisen tarkastelun kannalta oleellisin tekijä on sadeveden siirtyminen muuratussa rakenteessa. Poltetuista tiilistä muurattu julkisivu on huokoinen materiaali ja se imee lähes kaiken viistosateen itseensä. Kalkkihiekkatiilien kyky imeä vettä on heikompi, joten niiden pintaan muodostuu helpommin runsaan sateen aiheuttava vesikalvo ja vettä imeytyy hieman vähemmän. Tuulesta ja rakenteen korkeudesta johtuvat paine-erot julkisivun ulkopinnan ja tuuletusraon väillä aiheuttavat veden siirtymisen rakenteen sisäpintaan. Vaikka kosteus imeytyy kapilaarisesti rakenteeseen suurin osa vedestä ei siirry tiilen läpi, vaan halkeamien ja epätiivien saumojen kautta. Veden siirtymistä ei voida täysin estää, mutta sitä voidaan vähentää käyttämällä tiivislaasteja. Tämä on kuitenkin riippuvainen tiilien vedenimukyvyistä. Sadevesivuotojen vähentämiseksi on suositeltavaa käyttää yli 120 mm leveitä julkisivutiiliä yli 10 metriä korkeissa rakennuksissa. (RIL 255-1-2014, s. 133)

Tiiliverhouksen rakennusfysikaalisia ominaisuuksia on esitetty liitteessä 4.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat leudot talvet lisäävät rakennuksiin kohdistuvaa kosteusrasitusta merkittävästi. Viistosateen määrä lisääntyy huomattavasti tuulisilla alueilla kuten rannikoilla ja alavilla alueilla. Viistosateen määrään vaikuttavat lisäksi rakennuksen korkeus, maastoluokka sekä seinien ilmansuunnat. (RIL 255-1-2014, s. 40) Muurauksen ilmansuunnilla on merkitystä myös energiatehokkuuden kannalta. Etelän puoleinen tiilimuurattu julkisivu varaa hyvin lämpöä, joka siirtyy säteilemällä rakenteeseen. Tämä parantaa energiatehokkuutta, vaikka tätä ei huomioidakaan energialaskelmissa (RIL 255-1-2014, s. 131). Toisaalta sateelle alttiiseen muurattuun julkisivuun saattaa aiheutua kesällä kesäkondenssia, kun kostealle tiilelle paistaa aurinko. Riskiä voidaan minimoida riittävällä tuuletuksella verhouksen takana. (RIL 255-1-2014, s. 134)

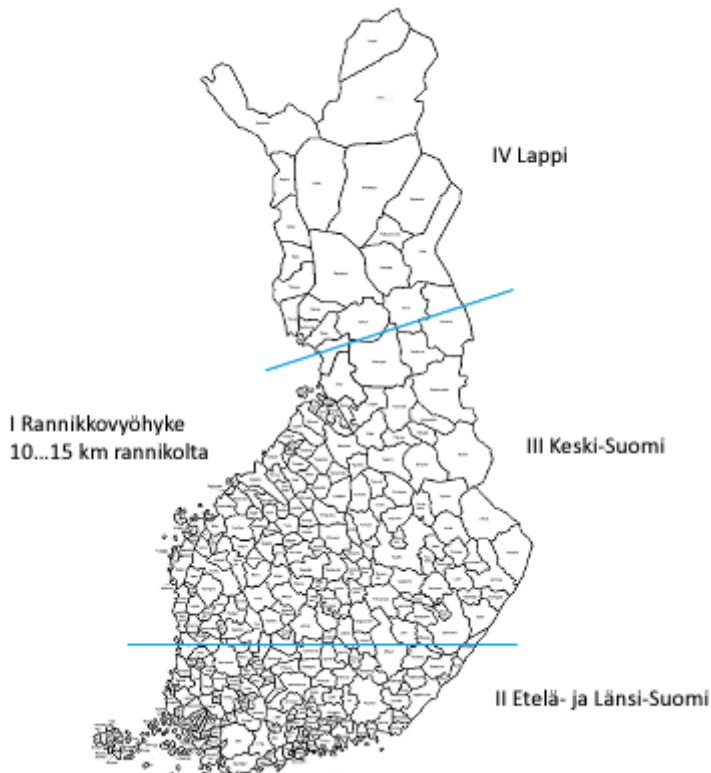
Betonirunkoinen rakenne kestää viistosateen aiheuttamaa kosteusrasitusta kohtuullisen hyvin. Eristetilassa olevat apukarmit ja puuikkunoiden taustojen tulisi kuulua vähintään homehtumisherkkyyssluokkaan kolme. Yli kymmenen metriä korkeissa tiilijulkisivuissa tulee rakenteen toiminta varmistaa laskennallisilla tarkasteluilla käyttäen vuoden 2100 ilmasto-olosuhteita. (RIL 250-2020, s. 135)

Tiiliverhottujen julkisivujen rakennusfysikaalista toimivuutta on tutkittu Tampereen yliopistolla Frame-tutkimuksen yhteydessä (Vinha, 2013). Aihetta on myös tutkinut Parkkinen, J, 2020 diplomityössään Tiili-villa-tiili-ulkoseinärakenteen rakennusfysikaalinen toiminta. Tutkimuksissa todetaan, että rakenteen fysikaalinen toimivuus on todella haasteellista osoittaa laskennallisilla tarkasteluilla. Viistosateen määrittämiseen vaikuttaa useita tekijöitä, myös tuuletusvälin ilmanvaihtuvuuteen vaikuttaa monia tekijöitä. Tutkimuksissa ei ole myöskään huomioitu tiivislaastien vaikutusta rakenteen fysikaaliseen toimivuuteen.

Korkeaan julkisivuun kohdistuu ankarammat säärasitukset. Julkisivun teknisen käyttöiän määrittämisessä voidaan rakennukset jakaa säärasitusluokkiin 1–4 niiden sijainnin perusteella. Rasitusluokkien rajat ovat esitetty kuvassa 2. Mikäli säärasitusluokkaa ei ole määritetty voidaan sen olettaa kuuluvan luokkaan 2. Luokan siirto yhden pykälän laskee tai nostaa käyttöikää 10 %. Rannikkoalue kuuluu luokkaan 1, jolloin suunniteltua käyttöikää lasketaan 10 %. Rakennuksen korkeuden ylittäessä 28 metriä säärasitus pienentää käyttöikää 10 %. Julkisivurakenteen teknisen käyttöiän suositeltu tavoite on 50 vuotta. Tällöin rakennettaessa rannikolle yli 28 metriä korkean rakennuksen suunniteltua käyttöikää lasketaan kymmenellä

vuodella. Tätä voidaan kompensoida rakenneratkaisuilla, joiden katsotaan lisäävän rakenneosan käyttöikä. (By 64, 2021, s. 53) Tällaisia ovat esimerkiksi tiivislaastien käyttö, leveät räystäsrakenteet, pienen vedenimukyvyn omaavien tiilien käyttö ja riittävä tuuletus.

Kuva 2. Säätöluokkien rajat (By 64, 2021, s. 53)



3.2 Tuuletus

Rakenteen kosteusteknisen toimivuuden kannalta tuuletusväli on kriittinen.

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017 §7 mainitaan, että tuuletusvälin tulee olla yhtenäinen, eikä tuuletusväliin saa jäädä tuulettumattomia tiloja. Asetuksessa ei anneta minimileveyttä. RIL:n ohjeistuksen mukaan muuratun rakenteen tuuletusvälin minimileveys on 30 mm alle kymmenen metriä korkeissa julkisivuissa. Korkeammissa julkisivuissa tulee rakenteen toiminta varmistaa laskennallisilla tarkasteluilla. Laskelmissa tulisi käyttää vuoden 2100 ilmasto-olosuhteita. (RIL 250-2020, s. 135) Tiiliteollisuuden ohjeistuksen mukaan suositeltu tuuletusväli kerrostaloissa on 35–50 mm (Tiiliteollisuus, n.d.)

3.2.1 Tuuletusaukkojen mitoitus

Kuorimuurauksen tuuletusvälin riittävän ilmavirtauksen varmistamiseksi on muurauksen alaosiin lisättävä tuuletusaukkoja jättämällä pystysaumoja auki. Vuonna 2021 valmistuneen VTT:n tutkimukseen VTT-R-01215–20 perustuvan ohjeistuksen mukaan tarvittava tuuletusaukkojen pinta-ala riippuu seinän korkeudesta, tuuletusvälin leveydestä sekä ikkuna-aukkojen määrästä. Taulukossa 2 on esitetty tutkimuksen mukaan laskettuja tuuletusaukkojen vähimmäispinta-aloja umpinaiselle kuorimuuraukselle. Ikkuna-aukoista saatava lisätuuletus parantaa tuuletuksen toimivuutta erityisesti korkeissa julkisivuissa, jolloin tuuletusaukkojen määrää voidaan vähentää. Ikkunoiden yläreunaan jätettävä 10 mm ilmarako kasvattaa tuulettusta merkittävästi; esimerkiksi 1600 mm leveän ikkuna-aukon lisäävä tuuletuspinta-ala on 16000mm². Julkisivun tuuletus voidaan katsoa riittäväksi, mikäli julkisivussa on runsaasti ikkunoita ja alimman rivin joka kolmas pystysauma on jätetty auki. (Tiiliteollisuus, n.d.)

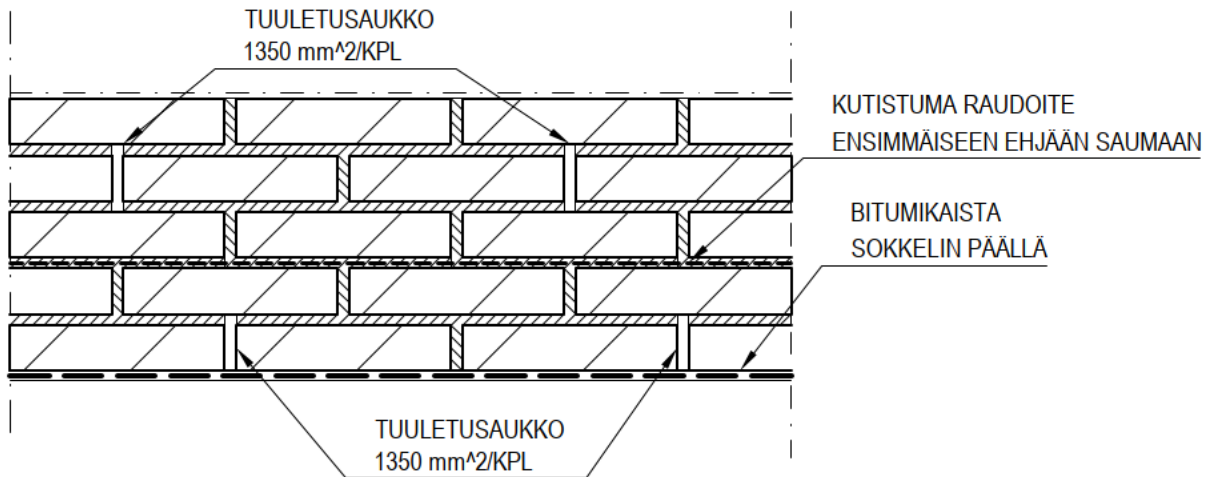
Taulukko 2. Tuuletusaukkojen vähimmäispinta-aloja (Tiiliteollisuus n.d.).

Julksivuverhouksen korkeus m	Tuuletusaukkojen min. pinta-ala mm ² /jm	Tuuletusaukkojen min. pinta-ala mm ² /jm
	Tuuletusväli 45 mm	Tuuletusväli 25 mm
7 (2 krs)	1450	1500
18 (5 krs)	2800	3000
32 (9 krs)	4600	5900
56 (15 krs)	8600	

Taulukon arvot = tiiliverhouksen minimituuletustarve julkisivun alaosassa. Julksivuverhouksen yläpää on avoin ja tuulettuva.

Tuuletusaukkojen toimivuuden varmistamiseksi on suositeltavaa jättää muuraustyön ajaksi esim. joka kolmas alimman rivin tiili muuraamatta, jotta mahdolliset muuraustyöstä tippuneet laastipurseet voidaan poistaa. (RIL255-1-2014, s134) Kuvassa 3 on esitetty periaate 32 metriä korkean umpinaisen kuorimuurauksen ilma-aukkojen sijoittelusta. (Tiiliteollisuus, n.d.)

Kuva 3. Esimerkki tuuletus aukkojen sijainnista umpinaisessa seinässä.



3.3 Liikuntasaumot

Halkeilun estämiseksi lämmöstä ja kosteudesta tapahtuvan vaakasuuntaisen liikkeen sekä rakennuksen rungon liikkeiden takia tulee kuorimuuri jakaa osiin liikuntasaumoin (Kuva 4).

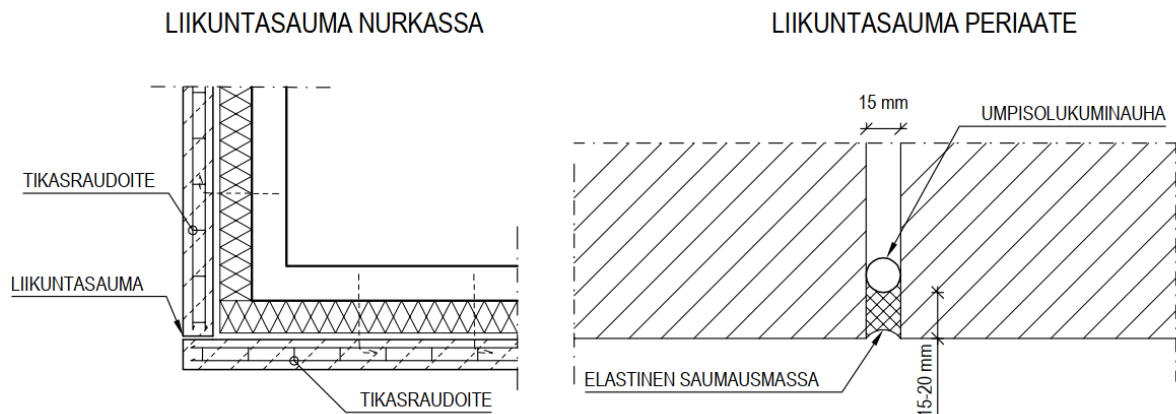
Liikuntasaumot sijoitetaan jännityksille alttiisiin kohtiin:

- muurauksen kannatustapa vaihtuu
- suurien aukkojen nurkat
- kantavan rakenteen muutoskohdat
- muuratun rakenteen paksuus vaihtuu
- muurattu rakenne liittyy toiseen rakenteeseen.
- Mikäli muuratun rakenteen perustuksen korkeusero on yli kolme metriä. Alle kolme metriä pienemmät korkeuserot voidaan tehdä raudoittamalla.

Liikuntasaumojen maksimietäisyys vaakasuunnassa riippuu rakenteen korkeudesta sekä muuraukappaleiden ominaisuuksista. Kuorimuurin liikuntasaumojen suositellut enimmäisvälit ovat poltetulle tiilille 15 m ja kalkkihiekkatiilille 10 m (SFS EN-1996-2, s. 205).

Mikäli julkisivussa on isoja aukkoja, on suositeltavaa pienentää liikuntasaumojen väliä 12 metriin poltetuilla tiilillä ja 8 metriin kalkkiahiekkatiilillä. (Kinnunen, 2000, s. 90)

Kuva 4. Liikuntasauaman periaate.



Korkeussuunnassa liikuntasauvoja ei tiilirakenteen kannalta tarvita. Korkeussuuntainen liike ei aiheuta rakenteeseen vetoa, vaan rakenne pysyy puristettuna rakenteen omapainon takia. Korkeussuunnassa on syytä tarkistaa kuorimuurauksen liittyminen muihin rakenteisiin. Korkeissa rakennuksissa lämpölaajenemisen takia kuorimuurin ja liittyvän rakenteen välinen liike voi kasvaa merkittävän suureksi aiheuttaen haasteita liikuntasauman saumaukselle. Liikuntasauvojen toteutuksessa käytettävien elastisten saumamassojen ominaisuudet vaihtelevat merkittävästi, jolloin suunnittelu tulee tehdä kohdekohtaisesti.

3.4 Palotekninen toimivuus

Rakennuksen ulkoseinät tulee suunnitella ympäristöministeriön asetusten 848/2017 ja 927/2020 pykälien 25 ja 26 mukaan. Betonirungon ja kuorimuurin paloluokka on A1-S1, d0 eli palamaton materiaali. Rakenteen paloteknisen kokonaisuuden kannalta oleellimmat tekijät ovat tuuletusraon leveys, tuulensuojan ja lämmöneristeen pintojen vaatimukset sekä eristeen luokkavaatimukset. Taulukossa 3 on esitetty Rakennustarvikkeiden luokkamerkintä selitykset.

Taulukko 3 Rakennustarvikkeiden luokkamerkintöjen selitykset (puu-info n.d)

Osallistuminen paloon		Savun tuotto		Palavien pisaroiden ja osien tuotto	
Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä	Kuvaus	Merkintä
Ei osallistu paloon	A1	Erittäin vähäinen Vähäinen Muu kuin s1 tai s2	s1 s2 s3	Ei esiinny Nopeasti sammuvia esiintyy Muu kuin d0 tai d1	d0 d1 d2
Osallistuu erittäin rajoitetusti	A2				
Osallistuu hyvin rajoitetusti	B				
Osallistuu rajoitetusti	C				
Osallistuminen hyväksyttävää	D				
Käyttäytyminen hyväksyttävää	E				
Käyttäytymistä ei ole määritetty	F				

Kuorimuurin tuuletusvälin riittävä ilmapvirtaus on kriittinen rakenteen fysikaalisen toimivuuden kannalta, jolloin tuuletusvälin katkomista palo-osastoittain tulisi välttää. Ympäristöministeriön asetuksen 848/2017 mukaan tuuletusväli voidaan tehdä yhtenäisenä, mikäli lämmön- ja tuulensuojaeristeet täyttävät niille asetetut vaatimukset. Aukkojen kohdalla tuuletusvälin suojaukseen tulee kiinnittää huomiota. Paloteknisesti tuulettuva julkisivu voidaan jakaa kolmeen ryhmään alle 28 korkeat, yli 28 metriä korkeat mutta alle 56 m korkeat ja yli 56 m korkeat rakennukset. Seinien suunnitteluun vaikuttaa myös rakennuksen paloluokka ja käyttötarkoitus. Betonirunkoiset korkeat asuinkerrostalot kuuluvat pääosin paloluokkaan P1. Alle 56 metriä korkean rakennuksen ulkoseinärakenteen palotekninentoimivuus voidaan osoittaa täyden mittakaavan kokeella.

Yli 56 metriä korkeissa P1 luokan rakennuksissa kaikkien materiaalien tulee kuulua luokkaan A2-s1, d0. Alle 56 m metriä korkeissa P1-luokan asuinrakennuksissa voidaan käyttää lämmöneristettä, joka kuuluu luokkaan B-s1, d0, mikäli ulkoverhous täyttää sille määrätyn EI-luokituksen. Vaihtoehtoisesti eriste voidaan suojata ja sijoittaa niin, että palon eteneminen eristeeseen on rajattu siten että se täyttää vähintään puolet palo-osastojen välisestä palonkestävyysvaatimuksesta. Alle 28 metriä korkeissa rakennuksissa julkisivun tulee kuulua luokkaan EI 15 ja yli 28 metriä korkeissa rakennuksissa luokkaan EI 30. Kuorimuri täyttää nämä vaatimukset, kun käytetään taulukoiden 4–5 mukaisia tiiliä. Yli kaksikerroksisissa rakennuksissa lämmöneristeen tulee kuulua vähintään luokkaan D-s2, d2, muutoin eristekerros ja tuuletusrako joudutaan katkaisemaan joka toisen kerroksen kohdalta 28 metriin asti ja siitä ylöspäin joka kerroksen kohdalta. (By 64, 2021, s,75)

Julkisivussa olevien eri palo-osastoihin kuuluvien ikkuna- ja oviaukkojen pystysuuntainen etäisyys tulee olla suurempi kuin 1 m. Mikäli aukkojen välinen etäisyys on alle metrin,

voidaan etäisyyttä kasvattaa ulokkeella, joka on tehty vähintään A2-s1, d0-luokan materiaaleilla. Ulokkeen leveys on aukonleveys +200 mm molemmin puolin ja tarvittava syvyys muurauksen ulkopinnasta lasketaan kaavasta: $1\text{ m} = a + 1,4 * b$ Missä a = aukkojen välinen etäisyys ja b = ulokkeen syvyys kuorimuurauksen ulkopinnasta. Ulokkeen on estettävä palon kulkeutuminen myös eristetilassa sekä tuuletusvälissä. (By 64, 2021, s.100)

Muurauksen toimiessa palo-osaston rajana voidaan palomitoitus tehdä taulukkolaskentana. Mitoitukseen vaikuttavat muuratun rakenteen paksuus, sekä muurauskappaleen aukkoryhmä. Taulukoissa 4–5 on esitetty kalkkiahiekka- ja poltettujen tiiliseinien minimipaksuudet eri palonkestävyysluokissa niiden toimiessa ei-kantavina rakenteina.

Taulukko 4. Kalkkiahiekka tiilien palonkestävyys (RT RakMK-21751, 2018, s. 14)

Taulukko 8. Kalkkiahiekkatiileistä ja -harkoista tehtyjen osastoivien ei-kantavien (kriteeri EI) seinien minimipaksuus eri palonkestävyysluokissa..

Rivinumero	Materiaaliominaisuudet: bruttokuivatiheys ρ [kg/m ³]	Seinän minimipaksuus t_F (mm) palonkestävyysluokassa EI eri palonkestävyyssajoilla $t_{F,i,d}$ (min)					
		30	60	90	120	180	240
1	Aukkoryhmän 1S ja 1 muurauskappaleet						
1.1	yleis-, ohut- tai kevytlaasti $1400 \leq \rho \leq 2400$						
1.1.1		70	85	100	110	130	160
2	Aukkoryhmän 2 muurauskappaleet						
2.1	yleis-, ohut- tai kevytlaasti $650 \leq \rho \leq 2400$						
2.1.1		100	120	140	175	210	235

Taulukko 5. Poltettujen tiilien palonkestävyys (RT RakMK-21751, 2018, s. 12)

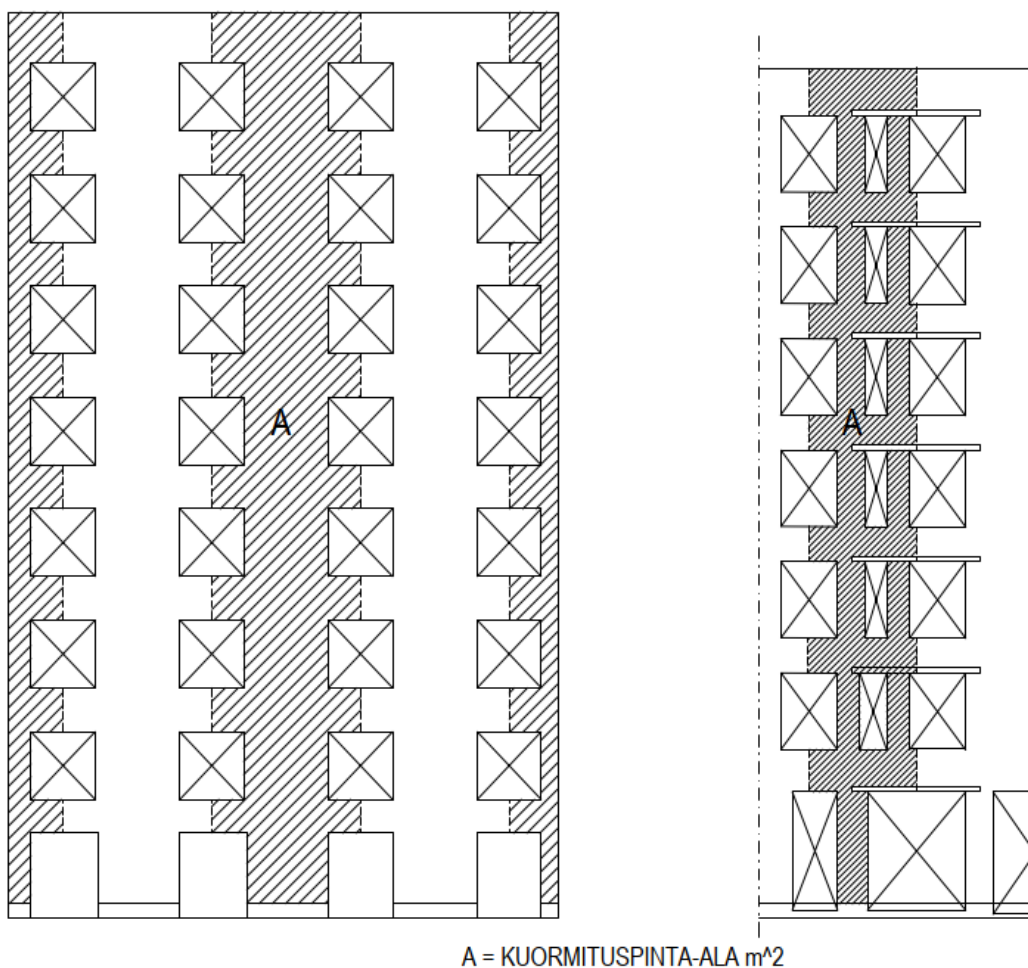
Taulukko 2. Poltetusta tiilestä tehtyjen osastoivien ei-kantavien (kriteeri EI) seinien minimipaksuus eri palonkestävyysluokissa.

Rivinumero	Materiaaliominaisuudet: bruttokuivatiheys ρ [kg/m ³]	Seinän minimipaksuus t_F (mm) palonkestävyysluokassa EI eri palonkestävyyssajoilla $t_{F,i,d}$ (min)					
		30	60	90	120	180	240
1	Aukkoryhmän 1S ja 1 muurauskappaleet						
1.1	yleis-, ohut- tai kevytlaasti $800 \leq \rho \leq 2400$						
1.1.1		70	85	100	115	130	180
2	Aukkoryhmän 2 muurauskappaleet						
2.1	yleis-, ohut- tai kevytlaasti $650 \leq \rho \leq 2400$						
2.1.1		100	120	140	175	210	235

3.5 Rakenteen kuormat

Rakenteen kuormat määritetään standardin SFS-EN 1991 ja sitä koskevien kansallisten liitteiden mukaan. Kuorimuuraus suunnitellaan itsensä kantavaksi, jolloin suurimmat pystysuuntaiset kuormat rakenteeseen aiheutuvat rakenteen omapainosta. Tuuli aiheuttaa julkisivuun vaakasuuntaisia voimia. Rakenteeseen syntyy myös sisäisiä voimia lämmön- ja kosteuden vaikutuksesta. Rakenteen pystysuuntaiset kuormat siirtyvät aukkojen kohdalla kuvan 5 mukaisesti. Kuormia voidaan siirtää kerroksittain palkkirakenteella kuvassa oikealla puolella esitetyllä tavalla, mikäli alemman kerroksen aukonylityksen palkkirakenne ei kestä ylempien aukkojen aiheuttamaa lisäkuormitusta.

Kuva 5. Kuormituksen jakautumien aukkojen kohdalla.

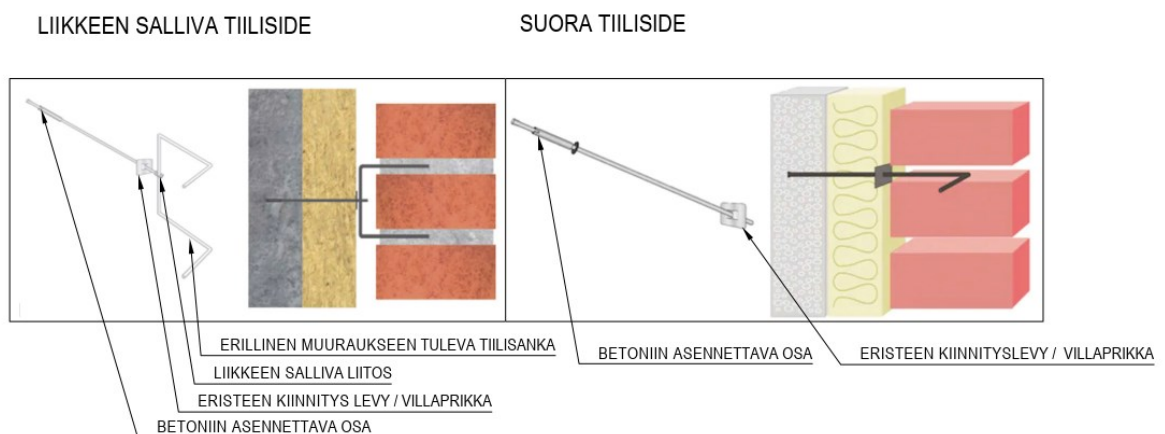


3.6 Muuraussiteet

Muuraussiteiden tehtävänä on siirtää kuorimuuraukseen kohdistuvat vaakakuormat rakennuksen kantavaan runkoon, sekä sitoa lämmön- ja tuulensuojaeristeet mekaanisesti rakennuksen runkoon. Siteet määritellään standardissa EN 845-1. Muuraussiteitä on kahta eri tyyppiä. Alle 6 metriä korkeissa seinissä voidaan käyttää kiinteitä siteitä, tätä korkeimmissa seinissä käytetään lämmöstä ja kosteudesta johtuvaa pystysuuntaista liikettä sallivia muuraussiteitä (kuva 6). Siteiden tulee olla korroosion kestäviä. Korroosion kestävyys määritellään ympäristöolosuhdeluokkien mukaan. Lähes kaikki muuraussiteet ovat ruostumatonta terästä, jolloin niitä voidaan käyttää kaikissa kohteissa riippumatta ympäristöolosuhdeluokasta. Pääsääntöisesti ruostumattomat muuraussiteet kuuluvat ISO3506 luokkaan A2 eli teräslajiin 1.4301,14307, jolloin niiden lämmönjohtavuus on $15\text{W/m}\cdot\text{c}$ (Teräsrakenneyhdistys, 2017, ss. 21, 24).

Standardin SFS-EN ISO 6946:2017 mukaan muuraussiteiden vaikutus tulee huomioida ulkoseinän U-arvoa laskettaessa, mikäli U-arvoa heikentävien korjaustermien yhteenlaskettu summa ylittää 3 % rakenteen korjaamattomasta U-arvosta (Tuikka, 2019, s. 39). Seinän korkeuden kasvaessa muuraussiteiden määrä neliötä kohden lisääntyy tuulen aiheuttaman vaakavoiman takia, jolloin siteiden vaikutus rakenteen U-arvoon kasvaa. Eristevalmistajien valmiiksi lasketuissa rakennusosan U-arvoissa siteiden määrä on huomioitu eri tavoin. Joten muuraussiteiden vaikutus rakenteen U-arvoon tulee tarkastella kohdekohtaisesti.

Kuva 6. Muuraussiteet



Standardin SFS-EN 1996-1 kappaleen 6.5 mukaan muuraussiteiden vähimmäismäärä julkisivuneliötä kohden lasketaan kaavasta 1, kuitenkin vähintään 2kpl/m². (RIL 206-2010, s. 90). Valmistaja ilmoittaa suoritustasoilmoituksessa siteen puristus- ja vetokestävyyden. Muuraussiteen osavarmuusluku Y_{M1} riippuu murtumistavasta (liite 2). Mikäli valmistaja ei ilmoita murtumistapaa käytetään osavarmuuslukuna arvoa 3,2. (SFS-EN-1996-1-1, s. 58) Kuvassa 7 on esitetty mahdollisia muuraussiteen murtumistapoja.

Kaava 1. Muuraussiteiden vähimmäismäärä. (SFS-EN 1996-1-1, s. 58)

$$n_t \geq \frac{w_{Ed}}{F_d}$$

missä:

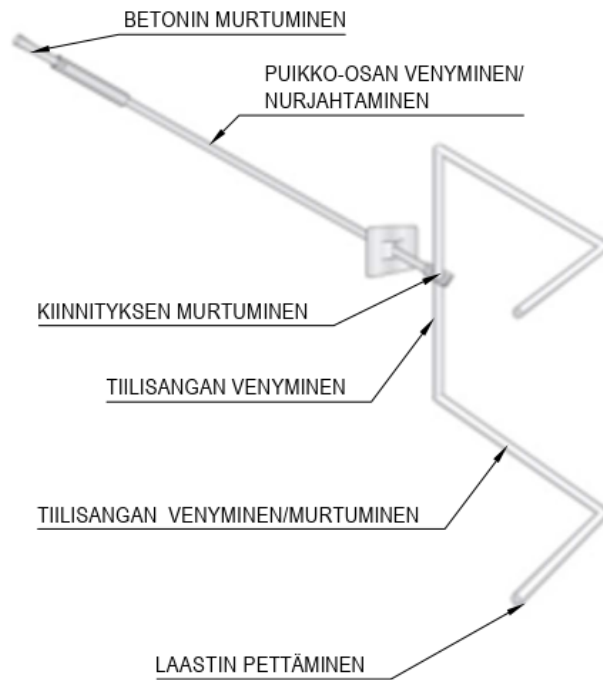
n_t = muuraussiteiden vähimmäismäärä seinäneliötä kohden kpl/m²

w_{Ed} = on siteisiin kohdistuva vaakakuorman mitoitusarvo seinäneliötä kohden kN/m².

Kuorimuurissa tuulikuorman mitoitusarvo.

F_d = on mitoitusilanteen mukainen muuraussiteiden puristus- tai vetolujuuden mitoitusarvo kN/kpl. Mitoitusarvo saadaan jakamalla valmistajan ilmoittaman siteiden ominaislujuusarvo osavarmuusluvulla Y_M . (SFS-EN 1996-1-1, s. 58) Mikäli valmistaja ilmoittaa murtumistavan käytetään osavarmuuslukua Y_{M1} Liitteen 2 mukaan.

Kuva 7. Muuraussiteiden mahdollisia murtumistapoja



Tuulen aiheuttamaan vaakavoimaan vaikuttaa korkeuden lisäksi rakennuksen sijainti. Esimerkiksi rannikkoalueella sijaitsevan 30 metriä korkean asuinrakennuksen yläosan muuraussiteisiin kohdistuu SFS-EN-1991-1-4 laskennan mukaan $1,87\text{kN/m}^2$ vetovoima ja $1,47\text{kN/m}^2$ puristusvoima. Rakennus kuuluu korkeuden takia seuraamusluokkaan CC3, jolloin kuormakertoimena K_{FI} käytetään arvoa 1,1 (RIL 201-1-2011, s. 24). Tuulikuorma toimii määräävänä muuttuvana kuormana, joten tuulen mitoitusarvo vedolle on $1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,87\text{kN/m}^2 = 3,1\text{kN/m}^2$ ja $1,5 \cdot 1,1 \cdot 1,47\text{kN/m}^2 = 2,43\text{kN/m}^2$ puristukselle. (RIL 201-1-2011, s. 50). Käytettäessä halkaisijaltaan 4 mm muuraussiteitä, joiden valmistajan suoritustasoilmoituksessa ilmoittavat lujuudet ovat puristukselle 750N ja vedolle 1,7kN. Valmistaja ei ilmoita murtumistapaa, joten kohteen muuraussiteiden tarve kaavan 1 mukaan laskettuna on 11kpl/m^2 . Sisämaassa kaupunkialueella normaalikorkuisen kerrostalon muuraussiteiden tarve on noin $3\text{-}8\text{ kpl/m}^2$

3.7 Muurauskannakkeet

Muurauskannakkeilla kuorimuurin omakuormat siirretään kantavalle sisäkuorelle. Kannakkeilla mahdollistetaan korkeat seinät, nauhamaiset muuraukset sekä leveät aukon

ylitykset. Kuvassa 8 on esitetty aukon yläpuolisen muurauksen kannatus muurauskannakkeilla.

Kuorimuuraus kannatellaan rakennuksen kantavasta rungosta, mikäli muuraus lähtee sellaisen rakenteen päältä, joka ei kestä muurauksesta aiheutuvia kuormia tai muurauksen alla oleva rakenne on rakennuksen liikuntasauaman toisella puolella. Tällaisia kohtia rakennuksissa ovat esimerkiksi rakennuksen alla oleva kylmä autohalli tai muu vastaava rakenne. Muurauskannakkeita käytettäessä ympäröivä, muilla tavoin kannateltu muuraus tulee erottaa kannakoidusta muurauksesta liikuntasaumoin. Muurauskannakkeet mitoitetaan valmistajan ohjeen mukaisesti.

Kuva 8. Muurauskannake (Semtu, n.d.)



3.8 Puristuskestävyys

Muuratun rakenteen puristuskestävyys määräytyy muurauskappaleiden ja laastin yhteiskestävyydestä. Standardin SFS-EN 1996 kappaleen 3.6.1 mukaan puristuslujuuden ominaisarvo kohtisuoraan vaakasaumoihin nähden lasketaan kaavasta 2. (SFS-EN-1996-1-1, s. 27) Muurauskappaleiden puristuslujuutena käytetään valmistajan ilmoittamaa normalisoitua puristuslujuutta. Normalisoidulla puristuslujuudella tarkoitetaan muunnettua

puristuslujuutta, joka vastaa 100 mm:n kuution puristuslujuutta (RIL 206-201, s. 19). Kuorimuurin puristuslujuuden mitoitusarvo f_d saadaan jakamalla puristuslujuuden ominaisarvo osavarmuusluvulla γ_M (liite 2). Kuorimuurin puristuslujuuteen vaikuttaa materiaalien puristuslujuuden lisäksi kappaleessa kaksi mainitut muurauskappaleen aukkoryhmä sekä kategoria. Kuorimuurin puristuslujuuden ominaisarvoja eri muurauskappaleilla ja laasteilla on esitetty liitteessä 3.

Kaava 2. Puristuslujuuden ominaisarvo. (SFS-EN-1996-1-1, s. 27)

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$$

Missä:

- f_k = puristuslujuuden ominaisarvo
- K = Vakio (taulukko 6)
- f_b = Muurauskappaleen normalisoitupuristuslujuus kohtisuoraan vaakasaumoihin nähden, valmistaja ilmoittaa
- f_m = Laastin puristuslujuus (ks. 2.3)
- α ja β = vakioita. Kansallisen liitteen mukaan yleislaastia käytettäessä $\alpha=0,65$ ja $\beta=0,25$

Taulukko 6. Kertoimen K arvot käytettäessä yleis-, ohutsauma- ja kevytlaasteja.

(Ympäristöministeriö, 2016, s. 11)

Muurauskappale		Yleislaasti	Ohutsaumalaasti (0,5 mm ≤ vaakasauma ≤ 3 mm)	Kevytlaasti, tiheys	
				600 ≤ ρ_d ≤ 800 kg/m ³	800 < ρ_d ≤ 1300 kg/m ³
Poltettu tiili	aukkoryhmä 1	0,60	0,75	0,35	0,45
	aukkoryhmä 2	0,50	0,70	0,30	0,35
	aukkoryhmä 3	0,40	0,50	0,25	0,30
	aukkoryhmä 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Kalkkihiekkatiili tai -harkko	aukkoryhmä 1	0,60	0,80	-	-
	aukkoryhmä 2	0,50	0,65	-	-

Mikäli muurauskappaleet halutaan pystyladontana tai rakenteeseen kohdistuu vaakasuuntaisia voimia, käytetään vaakasaumojen suuntaisena puristuslujuutena f_{b1} arvoa.

Aukollisen muurauskappaleen puristuslujuus vaakasaumojen suuntaisesti on huomattavasti pienempi kuin umpitiilillä. Tiilivalmistaja ilmoittaa puristuslujuuden tai se voidaan määrittää Aukkoryhmien 1–3 muurauskappaleille kaavasta 3. (RIL 206-2010, s. 31)

Kaava 3. vaakasauman puristuslujuus. (RIL 206-2010, s. 32)

$$f_{b1} = \frac{f_b * t_{ct}}{1 - V_h}$$

missä:

f_{b1} = normalisoitu puristuslujuus vaakasauman sunnassa

f_b = normalisoitu puristuslujuus vaakasaumaa vasten kohtisuorassa

t_{ct} = muurauskappaleen kangasten ja seinämien yhdistetyn paksuuden suhde kokonaisleveyteen, mikäli valmistaja ei ilmoita niin valitaan taulukosta 3.1 (liite1)

V_h = kaikkien aukkojen tilavuuden suhde bruttotilavuuteen, mikäli valmistaja ei ilmoita valitaan taulukosta 3.1 (liite1)

Kuorimuurin puristuskestävyys määräytyy rakenteen puristuskestävyyden ja epäkeskeisyyden vaikutuksesta. Epäkeskeisyys tulee tarkastella seinän ylä- ja alapäässä, sekä seinän keskellä. Kuorimuurin ollessa tuettuna muuraussitein kantavaan runkoon epäkeskeisyys seinän alapäässä tulee rajoittavaksi tekijäksi. Muuraustyöstä johtuva epäkeskeisyys otetaan huomioon alkuepäkeskeisyydellä e_{init} . Eurokoodin mukaisessa mitoituksessa puristuskestävyyttä rajoittava epäkeskeisyyden pienennyskerroin seinän alapäässä lasketaan kaavasta 4. (RIL 206-2010, s. 62)

Kaava 4. Epäkeskeisyyden pienennyskerroin. (RIL 206-2010, s. 62)

$$\phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t}$$

Missä:

ϕ_i = epäkeskeisyyden pienennyskerroin

e_i = seinän epäkeskisyys ala- tai yläpäässä

t = seinän paksuus

Julkisivumuuraukseen ei kohdistu pystysuuntaisia voimia, jotka aiheuttaisivat epäkeskisyyttä, eikä tuulesta aiheutuvaa epäkeskisyttä huomioida, mikäli rakenne on tuettu muuraussitein rakennuksen kantavaan runkoon. Tällöin epäkeskisyyden kaava sievenee muotoon $e_i = e_{init} \geq 0,05 \cdot t$ missä e_{init} = muurauksesta johtuva alkuepäkeskisyys, joka lasketaan kaavasta 5 (RIL 206–2010, s. 62). Alkuepäkeskisyden tehollinen korkeus h_{ef} on oletettu olevan muuraussiteiden väli, jolloin $0,05 \cdot t$ tulee määrävääksi tekijäksi. Kuorimuurin tehollisena paksuutena t_{ef} voidaan pitää seinän paksuutta $t_{ef} = t$. (RIL 206–2010, s. 53).

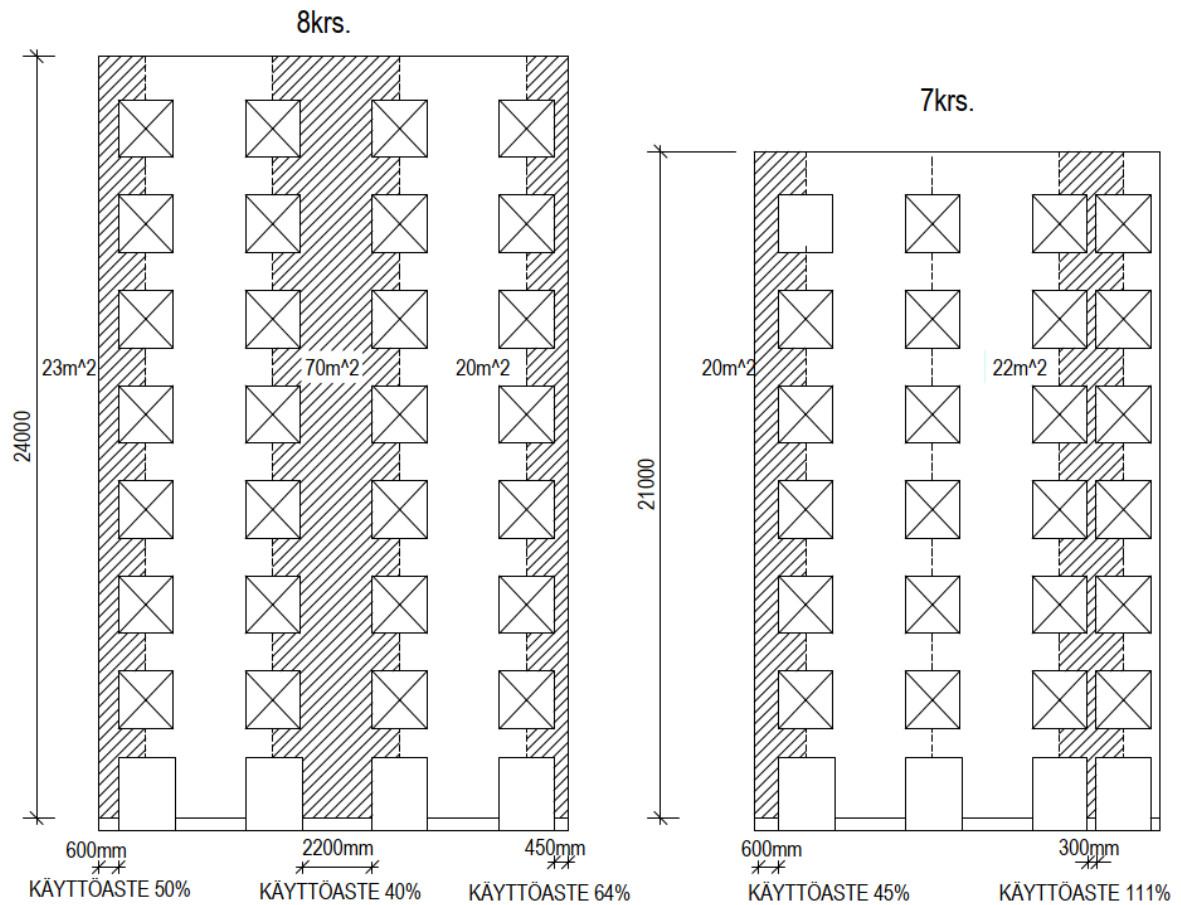
Kaava 5. muurauksesta johtuva alkuepäkeskisyys (RIL 206–2010, s. 50)

$$e_{init} = h_{ef}/450$$

missä h_{ef} = Seinän tehollinen korkeus

kuorimuurauksen kuormat pyritään siirtämään sokkelin kautta anturoille. Aukkojen pieliin kohdistuva rakenteen omakuorma saattaa nousta merkittävän suureksi, jolloin rakennetta tulisi tarkastella kantavana rakenteena. (Tiiliteollisuus, n.d.) Käytettäessä 135 mm leveitä kategorian yksi ja aukkoryhmän kaksi muurauskappaleita, joiden ominaispuristuslujuus on 15MPa sekä M5 luokan yleislaastia 30 metriä korkean umpinaisenseinän puristuskestävyyden käyttöaste on n. 40 %. Yleisesti rakennuksessa ei ole yhtenäistä pintaa, vaan seinissä on paljon aukkoja ovien ja ikkunoiden takia. Kuvassa 9 on esitetty kuormien siirtyminen ja puristuslujuuden käyttöasteet erilevyisissä pielissä käytettäessä edellä mainittuja muurauskappaleita ja laastia. Kuorimuurin tiheytenä on käytetty 2000 kg/m^3 . Esimerkilaskelma liitteessä 6. Pielien käyttöastetta voidaan pienentää vähentämällä kuormittavaa pinta-alaa esimerkiksi kaventamalla aukkojen leveyttä tai siirtämällä kuormia tiilipalkkirakenteen avulla, käyttämällä puristuslujuudeltaan korkeampia muurauskappaleita ja laastia tai kannakoimalla ylimmät kerrokset rakennuksen rungosta.

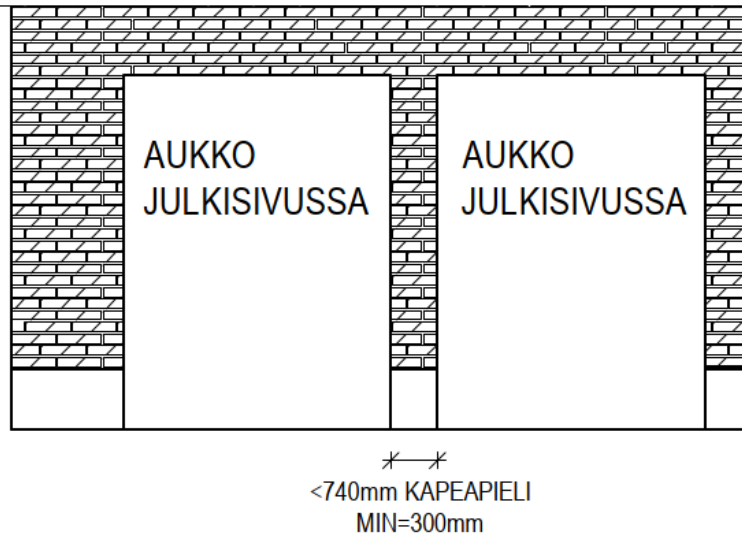
Kuva 9. Esimerkki: kuormien siirtyminen, pielen puristuslujuuden käyttöasteet.



3.8.1 Aukkojen pielet

Alimmissa kerroksissa aukkojen kapeat pielet ovat usein rajoittavana tekijänä muurausta suunniteltaessa. Tiiliteollisuuden ohjeistuksen mukaan muuraturakenne saa kantavan rakenteen piirteitä sen suhteellisen korkean omapainoin takia. Mikäli kantavan seinän vaakasuora poikkileikkaus on pienempi kuin 0,1 m², muuratun rakenteen puristuskestävyyttä pienennetään pienennyskertoimella. Tämä tarkoittaa 135 mm paksulla tiilellä kapeampia kuin 740 mm pieliä. (kuva 10). Puristuslujuuden mitoitusarvo f_d kerrotaan luvulla $(0,7+3 \cdot A)$ missä A = rakenneosan kuormitettu vaakasuora bruttopoikkipinta-ala neliömetreissä. (RIL 206–2010, s. 61) Kantavan seinän nettopoikkipinta-ala tulee olla vähintään 0,04 m². 135 mm leveällä tiilellä tämä tarkoittaa noin 300 mm eli yhdenkiven leveyttä. (RIL 206-2010, s. 81)

Kuva 10. Kapea pieli 135 mm paksulla tiilellä.



3.9 Leikkauskestävyys

Muuratun rakenteen leikkauskestävyys määräytyy laastin ja muurauskappaleiden yhteiskestävydestä. Muuratun rakenteen leikkauslujuuden ominaisarvo f_{vk} kohtisuoraan vaakasaumoja vasten määritetään kaavasta 6 kun käytetään yleislaastia ja täysiä laastisaumoja. Leikkauslujuuden mitoitusarvo f_{vd} saadaan jakamalla leikkauslujuuden ominaisarvo osavarmuusluvulla γ_m . (RIL 206-2010, s. 36)

Kaava 6. Leikkauslujuuden ominaisarvo. (RIL 206-2010, s. 36)

$$f_{vk} = f_{vko} + 0,4 * \sigma_d \text{ mutta enintään } f_{vlt}$$

missä:

f_{vk} = leikkauslujuuden ominaisarvo

f_{vko} = ominaisleikkauslujuuden perusarvo, kun puristusjännitys on nolla. (liite 5)

Varmistettava valmistajalta taulukkoarvoa ei saa suoraan käyttää. (NA SFS-EN 1996-1-1, s. 6)

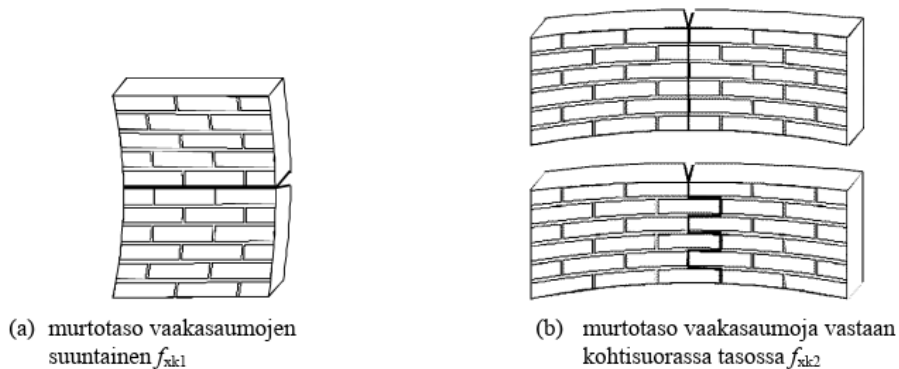
σ_d = puristusjännityksen mitoitusarvo tarkasteltavassa rakenneosassa

f_{vt} = luvun f_{vk} yläraja, joka riippuu muurauskappaleen puristuskestävyydestä. Kun muurauskappaleen normalisoitu puristuslujuus $f_b > 5 \text{ N/mm}^2$ $f_{vt} = 0,065 \cdot f_b \leq 1 \text{ N/mm}^2$.

3.10 Taivutuskestävyys

Muuratun rakenteen taivutuslujuuden ominaisarvot esitetään standardissa EN SFS 1996 3.6.3. Kuorimuurin ollessa tuettuna vaakavoimia vastaan muuraussitein rakennuksen kantavaan runkoon, ei kuvassa 11 esitettyjä taivutuslujuuden murtotasoja tarvitse huomioida.

Kuva 11. Murtotasot taivutuksessa (RIL 206-2010, s. 38).



Kuva 3.1 Murtotasot taivutuksessa

3.11 Aukot julkisivussa

Aukkojen ylityksiin löytyy vaihtoehtoisia aukonylitysjärjestelmiä eri valmistajilta. Yleisempiä ratkaisuja ovat teräksiset aukonylitysjärjestelmät, jotka koostuvat teräsprofiilista ja tikasraudoitteista, sekä tiilivalmistajien tiilipalkit (kuvat 12–13). Aukkojen ylitykset voidaan toteuttaa tilanteen mukaan tiilimuuraukseen palkkina, jolloin aukon yläpuolisiin saumoihin lisätään vetoraidotteet tiilimuurauksen toimiessa palkkirakenteena. Mitoituksessa rakenne jaetaan kahteen eri kuormitustapaukseen: Seinämäiseen palkkiin ja normaaliin palkkirakenteeseen. (RIL 206-2010, s. 56) Näistä löytyy myös SKOL ry:n Eurocode-laskentapohjat. Leveiden aukkojen kohdalla muuraus voidaan myös kannatella rakennuksen

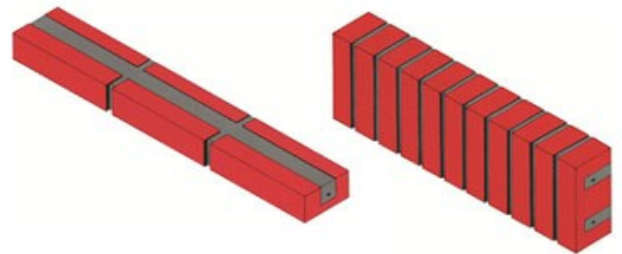
kantavasta rungosta, jolloin kannateltu muuraus tulee erottaa liikuntasaumoin ympäröivästä muurauksesta. (Kinnunen, 2000, s. 91)

Aukkojen ylityksissä rakenteesta muodostuu palkkirakenne, josta aiheutuu momenttia. Momentti synnyttää rakenteeseen vetoa, jota muuraus itsessään ei kestä. Verhouksen saumoihin lisätään raudoitteet ottamaan vetoa vastaan kappaleen 3.11.1 mukaan. Halkeilun rajoittamiseksi palkkiraudoitteiden lisäksi poikkileikkaukseen lisätään halkeamateräkset. (RIL 206-2010, s. 75)

Kuva 13 AMU^(R) (Amutek suunnitteluohje, s. 3)



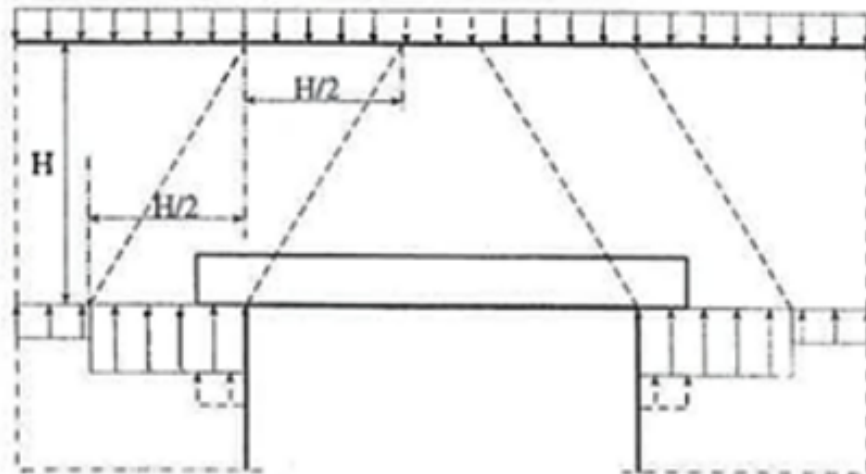
Kuva 12. Tiilipalkki (Rakennusfakta, 2012)



3.11.1 Seinämäinen palkki

Muuratun rakenteen voidaan olettaa toimivan seinämäisenä palkkina, mikäli aukon päälle tuleva yhtäjaksoinen muuraus täyttää ehdon $h > 1.15 \cdot l_{cl} / 2$, jossa h = aukonpäällä olevan muurauksen korkeus ja l_{cl} = aukon vapaa leveys (kuva 15). Tällöin mitoituksessa voidaan hyödyntää tiilien holvautuminen. (RIL 206-2010, s.56) Seinämäisen palkin kuormitusalan voidaan olettaa määräytyvän suhteessa $h/2$ kuvan 14 mukaisesti.

Kuva 14. Kuormituksen jakautuminen seinämäisissä palkeissa (RIL 206-2010, s.55).



Rakenteen mitoituksen kannalta oleelliset asiat ovat raudoituksen vetokestävyys, muuratun rakenteen puristuskestävyys kohtisuoraan muurauskappaleen päitä vastaan, sekä muuratun rakenteen leikkauskestävyys. Poikkileikkauksen raudoituksen kestävyys lasketaan kaavasta 7. Raudoituksen vähimmäispinta-ala on $0,05\% \cdot b \cdot l_{ef}/2$. Muuratun rakenteen poikkileikkauksen momentinkestävyys kohtisuoraan päitä vastaan lasketaan kaavasta 8a mikäli muurauskappaleet kuuluvat aukkoryhmään yksi ja kaavasta 8b jos muurauskappaleet kuuluvat aukkoryhmiin 2,3 tai neljä. (RIL 206-2010, s. 75)

Kaava 7. Poikkileikkauksen momentinkestävyden mitoitusarvo. (RIL 206-2010, s. 73)

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

missä:

A_s = palkin alaosan raudoituksen poikkileikkausala

f_{yd} = teräksen mitoituskestävyys

z = momentti varsi = $\min(0,7 \cdot l_{ef}, 0,4 \cdot h + 0,2 \cdot l_{ef})$ missä:

h = aukonyläpuolisen seinän vapaa korkeus

l_{ef} = muuratun palkin tehollinen jännemitta $l_{ef} = 1,15 \cdot l_{cl}$

Kaava 8 a. Momentinkestävyyden mitoitusarvo. (RIL 206-2010, s. 75)

$$M_{Rd} \leq 0,4 \cdot f_d \cdot b \cdot d^2$$

Kaava 8 b. Momentinkestävyyden mitoitusarvo. (RIL 206-2010, s. 75)

$$M_{Rd} \leq 0,3 \cdot f_d \cdot b \cdot d^2$$

missä:

b = palkin/muurauksen leveys

d = palkin tehollinen korkeus voidaan käyttää arvoa $1,3 \cdot z$

f_d : puristusjännityksen suuntainen puristuslujuuden mitoitusarvo

Seinämäisen palkin mitoitus leikkausvoimalle lasketaan kaavan 9 mukaan käyttäen palkin leikkausvoiman mitoitusarvona V_{Ed} leikkausvoiman arvoa tuen reunassa. (RIL 206–2010, s. 77)

Kaava 9. Leikkausvoiman mitoitus. (RIL 206–2010, s. 77)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd1}$$

missä:

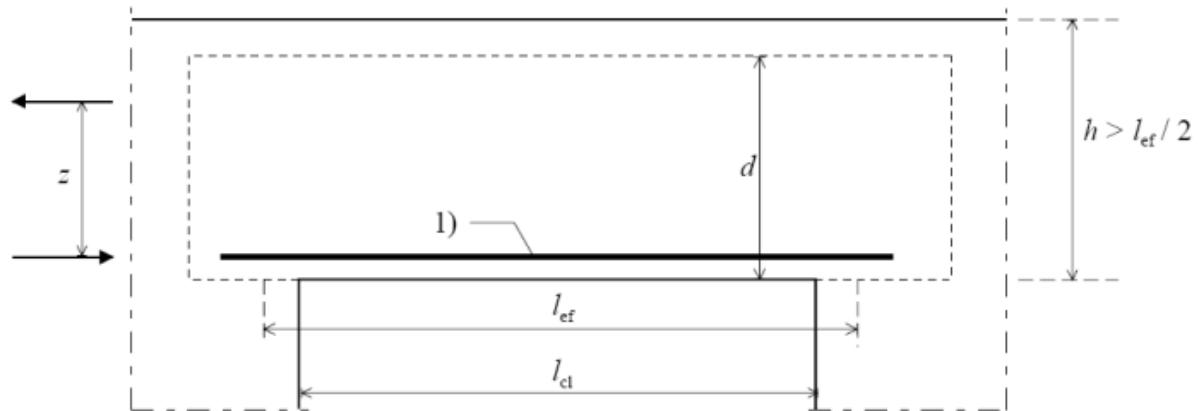
$$V_{Rd1} = f_{vd} \cdot b \cdot d$$

f_{vd} = leikkauslujuuden mitoitusarvo

b = seinän/palkin paksuus

d = palkintehollinen korkeus = $1,3 \cdot z$

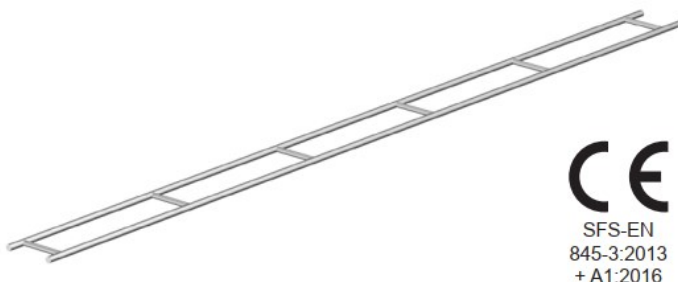
Kuva 15. Seinämäisen palkin rauditus (RIL 206-2010. s, 75).



3.12 Raudoitteet

Muuratussa rakenteessa raudituksen tehtävänä on sitoa rakenne jännityksistä aiheutuvaa veto- tai leikkausvoimaa vastaan. Muurattu rakenne kestää hyvin puristusta mutta rakenteen vetokestävyys on lähes olematon, eikä tätä huomioida eurokoodin mukaisessa mitoituksessa. Tätä varten rakenteeseen lisätään rauditukset vaakasaumoihin ottamaan vetoa vastaan. Raudoitteena muurauskappaleiden vaakasaumassa voidaan käyttää tikasraudoitetta (kuva 16) tai harjaterästankoja. Raudoitteiden tartunnan varmistamiseksi sivuilla olevan laastipeitteen tulee olla vähintään 15 mm ja laastisauman paksuuden raudituksen läpimitta + 5 mm (RIL 206-2010 s,83). Kappaleessa 2.3 mainittu laastisauman maksimipaksuus yleislaastia käytettäessä on 15 mm tämän takia raudoitustankojen teoreettinen maksimi halkaisija on 10 mm. Tiilien ja muuraustyöstä aiheutuvien epätarkkuuksien, sekä saumoissa olevien tiilisiteiden takia on suositeltavaa käyttää maksimissaan 7 mm terästankoja tai tikasraudoitetta.

Kuva 16. Tikasraudoite (Amutek, Suunnittelu- ja asennusohje, s.9)



3.12.1 Ankkurointipituudet

Ankkurointipituudella tarkoitetaan pituutta, jolla raudoitteeseen aiheutuva vetovoima saadaan välitettyä muuratulle rakenteelle (kuva 17). Suorien raudoitustankojen ankkurointipituus lasketaan kaavasta 10. Käytettäessä yleislaastia M2-M7 raudoituksen tartuntalujuuden ominaisarvo $f_{bok}=1,8 \text{ N/mm}^2$. Tartuntalujuuden mitoitusarvo f_{bod} saadaan jakamalla ominaisarvo osavarmuusluvulla γ_m . (Liite2) Käytettäessä yleislaastia M5 suorien harjaterästankojen ankkurointi pituudet ovat huomattavan pitkiä. Tämä tulee huomioida erityisesti lyhyissä pielissä. Ankkurointipituuden l_b arvoja teräksen täydelle vetolujuudelle on esitetty taulukossa 7. Ankkurointipituus voidaan määrittää myös maksimimonentin aiheuttaman vetovoiman mukaan. (RIL 206-2010, s. 84)

Taulukko 7. Ankkurointipituus teräksen täydelle vetolujuudelle (RIL 206-2010, s.86)

Teräslaatu	Tangon halkaisija (mm)	Ankkurointipituus l_b eri laastilujuuksilla (mm)	
		M2–M7 $f_{bok} = 1,8 \text{ N/mm}^2$	M7,5–M20 $f_{bok} = 2,7 \text{ N/mm}^2$
A500HW, B500K	6	650	430
	8	860	570
	10	1080	720
	12	1300	860
B600KX	5	650	430
	7	910	600
	9	1170	780

Mikäli terästen pinta-ala on suurempi kuin laskelmissa vaadittu voidaan ankkurointipituutta vastaavasti lyhentää (RIL206.2010 s,86). Tikasraudoitteiden ankkurointipituudet ovat merkittävästi lyhyempiä, kuin suorilla harjaterästangoilla ja ne tulee valita valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Kaava 10. Suorien raudoitustankojen ankkurointipituus. (RIL 206-2010, s.85)

$$l_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bod}}$$

missä:

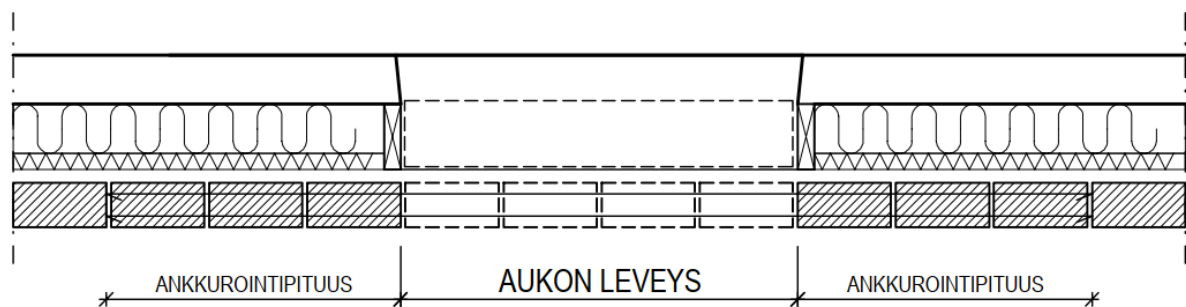
l_b = suoran tangon ankkurointipituus

ϕ = raudoitustangon tehollinen halkaisija

f_{yd} = teräksen lujuuden mitoitusarvo

f_{bod} = ankkurointipituuden mitoitusarvo

Kuva 17. Ankkurointipituuden periaate.



3.12.2 Halkeamaraudoitteet

Julkisivumuuraus raudoitetaan kosteudesta ja lämmöstä johtuvia veto- ja leikkausjännityksiä vastaan halkeamaraudoitteilla. Raudoitukset sijaitsevat muurauksen vaakasaumoissa ja niiden tehtävänä on siirtää jännitykset liikuntasaumoille. Suositeltuja raudoitteiden paikkoja ovat muurauksen ala- ja yläreuna, aukkojen ylä- ja alapielet, muurauksen korkeuden muutos ja isojen aukkojen nurkka-alueet. (Kinnunen, 2000, s. 90) Ylä- ja alaraidoitteet sijaitsevat seinärakenteen ensimmäisessä ehjässä vaakasaumassa tuuletusaukoista riippuen (Tiiliteollisuus, n.d.). Raudoitusta käytettäessä halkeilun hallintaan, on raudoituksen osuus vähintään 0,03 % muuratun seinän poikkileikkauksen bruttopoikkialasta (RIL-206-2010, s. 84).

3.12.3 Korroosionkestävyys

Raudoitusteräket ja siderakenteet valitaan ympäristöolosuhdeluokkien mukaan. Muuratut rakenteet määritellään standardissa SFS-EN 1996-2 ympäristöolosuhdeluokkiin. Kuivista

olosuhteista aggressiivisiin kemiallisiin ympäristöihin asteikolla MX1-MX5. Suomessa julkisivumuuraukset kuuluvat luokkiin MX3-MX5 olosuhteiden mukaan. (RIL 206-2010, s. 46)

- MX3-luokkaan kuuluvat julkisivut, jotka ovat alttiita kosteudelle tai kastumiselle sekä pakkasrasitukselle.
- MX4-luokkaan kuuluvat julkisivut, jotka ovat alttiina suolapitoiselle ilmalle tai merivedelle, koskee myös rannikkoalueita.
- MX5-luokkaan kuuluvat julkisivut, jotka ovat alttiina aggressiivisille kemikaaleille, muun muassa kaatopaikat ja täyttömaa, ilmansaasteet ja rakennusmateriaalit.

Luokissa MX3 ja MX4 voidaan käyttää tavallista sinkittyä terästä. Luokassa MX3 sinkkikerroksen vähimmäispaksuus on 600 g/m² ja luokassa MX4 sinkkikerroksen vähimmäispaksuus on 1350 g/m². Luokassa MX5 raudoituksen tulee olla ruostumatonta terästä, tätä voidaan käyttää myös alemmissa luokissa. Muissa kuin ruostumattomia teräksiä käytettäessä tulee teräksen katkaistu pää suojata rasitusluokkien vaatimalla sinkityksen vähimmäispeitteellä. (Ympäristöministeriö 2016, s. 17)

4 Haastattelut

Haastattelin työhön liittyen materiaalitoimittajia, rakennesuunnittelijoita sekä alan asiantuntijoita. Keskustelin aiheesta usean alalla työskentelevän henkilön kanssa ja aihe selvästi herätti mielenkiintoa ja tarvetta muurauksen rakennesuunnittelun ohjaukseen. Haastatteluissa keskityin kuorimuurauksen rakennesuunnittelun näkökulmasta mielestäni oleellisiin asioihin, joihin en suoraa vastausta ohjeistuksista ja standardeista löytänyt. Kysymykset liittyivät pääosin kuorimuurauksen suunnittelun haasteisiin sekä korkeuden aiheuttamiin tekijöihin. Näin ollen haastatteluissa kuorimuurauksesta saattaa välittyä turhan negatiivinen kuva. Suurin osa haastatteluista toteutettiin puhelinhaastattelulla ja Teams-palavereilla. Valitettavasti en saanut kaikilta haastateltavilta lupaa julkaista osaa tai koko haastattelua, joten jätän ne mainitsematta. Haastattelut tiivistetyksi liitteessä 7.

Haastatteluissa ilmeni, että kuorimuurauksen rakennesuunnittelu on jäänyt viime vuosikymmeninä hieman vähemmälle huomiolle. Asiaan on alettu kiinnittämään enemmän huomiota julkisivumuurausten yleistyttyä ja ammattitaitoisten suunnittelijoiden

eläköidyttyä. Haastattelujen perusteella erityistä huomiota julkisivumuurauksen suunnittelussa tulee kiinnittää:

- palkkirakenteisiin, aukkojen ylityksissä sijaitsevat aukot, kuten huonekohtaiset IV-tulo- ja poistoputket.
- Halkeamarauhoitteiden määritykseen.
- Muurausten kannatukseen, kannatus kantavasta rungosta aiheuttaa kustannuksia
- Muurausten halkeamaherkkyyteen
- Tuuletuksen toimivuuteen
- Muurausten tehostekohtiin, kuten pystyladontoihin ja syvennyksiin
- Liikuntasauvojen paikkoihin
- Muuraussiteiden määritykseen, muuraussiteet toimivat myös nurjahdustukena aukonylityksissä.

4.1 Muuraussiteet

Muuraussiteiden määrittäminen eurokoodin ohjeistuksen mukaan on hyvin yksinkertainen, mutta haastattelujen perusteella valmistajien suoritusasoilmoituksissa on paljon eriävyyksiä tai niitä ei ole ollenkaan. Harva valmistaja ilmoittaa murtumistavan, jolloin voitaisiin käyttää pienempää osavarmuuslukua. Vaikka suoritusasoilmoitusta (DOP) ei ole, on osalla valmistajista laskentapalvelu, jolla voidaan esittää murtumistapa ja todentaa muuraussiteiden kestävyys.

Suoritusasoilmoitusten mukaan muuraussiteillä on hyvin erilaiset veto- ja puristus kestävydet eri valmistajilla. Tämän takia suunnitelmissa tulisi esittää tarvittava veto- ja puristuskestävyys siteen halkaisijan ja kappalemäärän lisäksi. Haastatteluiden mukaan muuraussiteiden sijoittamiseen tulisi kiinnittää huomioita. Muuraussiteet toimivat myös nurjahdustukena aukkojen ylityksissä. Korkeissa kohteissa tuulen aiheuttavat vaakavoimat kasvavat ylemmissä kerroksissa, jolloin suunnitelmissa tulisi esittää tarvittava muuraussiteiden määrä kerroksittain.

4.2 Kustannustehokkuus

Tiiliverhouksen kustannukset nousevat huomattavasti, mikäli verhous joudutaan kannattelemaan rakennuksen rungosta. Tiiliverhouksen kannatus kantavasta rungosta aiheuttaa lisäkustannuksia tiiliteollisuuden mukaan noin 10–25 €/m². Haastattelujen perusteella kannatusten lisähinta asennettuna voi olla merkittävästi korkeampikin n. 300 €/m, joka tarkoittaa kohteesta riippuen noin 50 €/m². Muurauskannakkeiden kustannukset tulevat usein tilaajalle yllätyksenä eikä niihin olla osattu varautua. Isoissa kohteissa kannakkeista johtuva lisäkustannus voi olla useita satojatuhansia euroja. Kannakkeiden käyttö tietyissä tapauksissa on perusteltua, mutta hyvällä suunnittelulla voidaan kannakkeiden määrää oleellisesti vähentää.

4.3 Liikuntasaumat

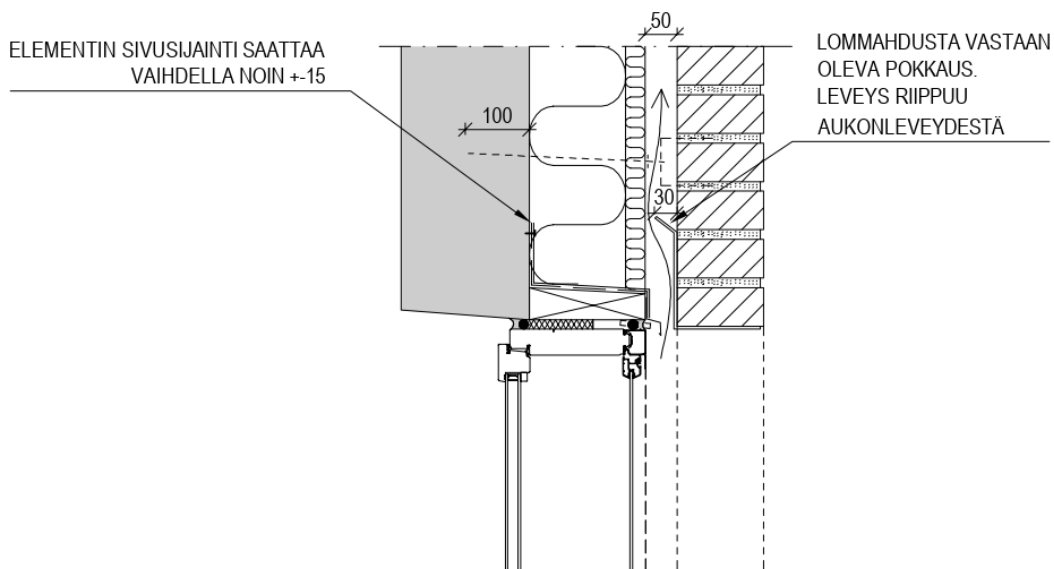
Rakennuksen korkeuden kasvaessa kuorimuurin lämpöliike pystysuunnassa laskennallisesti kasvaa merkittävästi, haastattelujen perusteella rakenteen omapaino kuitenkin rajoittaa pystysuuntaista lämpöliikettä. Tähän en löytänyt laskentamallia. Kutistuman ja viruman osuus muurauksen kokonaisliikkeeseen on kohtuullisen pieni. Laskennallisesti pystysuuntainen liike vuoden aikana 30 metriä korkeassa muuratussa rakenteessa on noin 15 mm (Kinnunen 2000, s. 83), jolloin liikuntasauaman toteuttaminen saumamassoilla muihin paikallapysyviin rakenteisiin on haasteellista. Saumamassaan aiheutuvaa rasitusta voidaan vähentää leventämällä liikuntasaumaa, sekä välttämällä saumaustyön suorittamista kuumissa olosuhteissa, jolloin lämpöliike jää maltillisemmaksi.

4.4 Tuuletusvälin haasteet

Korkeissa julkisivuissa tuuletuksen merkitys korostuu säärasituksen kasvaessa. Haastatteluiden mukaan suurin yksittäinen syy rakenteen kosteusvaurioiden syntymiseen on ollut riittämätön tuuletusväli. Rakennesuunnitelmassa pitäisi huomioida muuraustyön sekä betonielementtien valmistus- ja asennustoleranssit tuuletusvälin määrittämisessä. Muurattu julkisivu muurataan esteettisistä syistä mahdollisimman suoraan, jolloin rakennuksen rungon toleranssit pyritään mahdollisuuksien mukaan häivyttämään tuuletusvälissä. Tämä aiheuttaa tuuletusvälin toimivuuden kannalta haasteita. Haastatteluissa ilmeni myös, että

aukonylitysjärjestelmät tarvitsevat tapauksen mukaan muurauksen takana tilaa noin 5–30 mm, jolloin ohjeistuksissa esitetty minimi 30 mm tuuletustako ei ole riittävä. Haastattelujen perusteella toimiva teoreettinen tuuletusrako olisi noin 50 mm. Tällöin voidaan varmistaa riittävä ja yhtenäinen tuuletus koko julkisivun matkalta. (kuva18)

Kuva 18. Suositeltu tuuletusväli.



Tuulettuvan seinärakenteen eristeen paloluokituksella on merkittävä vaikutus rakenteen palotekniseen suunnitteluun. Alle 56 metriä korkeissa rakennuksissa palotekninen toimivuus voidaan osoittaa täyden mittakaavan palokokeilla. Eristevalmistajilla on olemassa palokokeisiin perustuvia tuotteita ja paloteknisiä ohjeistuksia. Tällaisia ovat esimerkiksi turpoavat palolaminaatit. Usein palokokein toimivaksi osoitettu suurin tuuletusväli on noin 30–40 mm. Haastatteluiden mukaan suunnitelmissa esitetty tuuletusvälin teoreettinen leveys ei kuitenkaan aina toteudu muurauksen sekä elementtien valmistus- ja asennustoleranssien takia. Todellinen tuuletusväli vaihtelee noin +/- 15 mm annetusta teoreettisesta leveydestä. Tällöin suunnitelmissa tulisi erikseen esittää vaadittava maksimi tuuletusvälin leveys. Mikäli käytetään kapeampaa tuuletusväliä, tulee aukonylitysjärjestelmien mahtuminen varmistaa.

5 Johtopäätökset

Kuorimuurin korkeuden kasvaessa rakennesuunnitteluun vaikuttavat: tiukemmat palomääräykset, ankarammat säärasitukset sekä suuremmat kuormitukset.

Kuorimuurauksen rakennesuunnittelussa nojataan paljon materiaali- ja tuotetoimittajien tietoihin ja mitoituspalveluihin. Muurauksen kokonaisvaltainen tarkastelu jää rakennesuunnittelijan vastuulle, jonka tehtävänä on tarkistaa ja yhteensovittaa suunnitelmat. Kuorimuurausta tulee tarkastella kokonaisuutena, johon vaikuttavat kaikki osatekijät, muun muassa rakennuksen sijainti ja korkeus vaikuttavat muuraussiteiden määrään, joka taas saattaa vaikuttaa rakenteen U-arvoon ja valittavaan eristepaksuuteen. Eristeen materiaalin paloluokitus puolestaan saattaa vaikuttaa vaadittavaan kuorimuurauksen paksuuteen sekä tuuletusvälin leveyteen.

Yhtäjaksoisen Kuorimuurin maksimikorkeus lähtökohtaisesti riippuu muurauksen puristuskestävyydestä. Muurauksen suurehkon omapainon takia rakenteen kuormitus kasvaa merkittävästi julkisivun korkeuden kasvaessa. Tämä tulee yleisesti yhtäjaksoisen muurauksen korkeutta rajoittavaksi tekijäksi. Yhtäjaksoisen muurauksen korkeuden kasvaessa tulee kiinnittää huomiota rakenteen lämpöliikkeeseen ja liittymiin muihin rakenteisiin. Puristuskestävyyden ylittyessä tiiliverhous voidaan kannatella rakennuksen kantavasta rungosta muurauskannakkeilla. Kannakkeiden mitoituskestävyyden mukaan välikannatus tehdään yleisesti noin 6 metrin eli joka toisen kerroksen kohdalla. Kannatuksen avulla muurausta voidaan jatkaa, eikä korkeudelle ole varsinaisia rajoitteita, kunhan palomääräykset täyttyvät ja rakenteen tuulettavuus voidaan varmistaa.

Ankarille sääolosuhteille alttiin julkisivumuurauksen tiiveyteen ja käyttöikään tulee kiinnittää huomiota. Tiiveyteen vaikuttavat tiivislaastien käytön lisäksi räystäsrakenteet, muuraustyön onnistuminen sekä kohteessa käytetty tiili. Käyttöikään vaikuttaa myös merkittävästi muuratun rakenteen kuivuminen, joka tulee varmistaa riittävällä tuuletuksella.

Kuorimuurauksen paloteknisessä toimivuudessa on huomioitava tuuletusvälin jatkuminen myös palo-osastojen yli. Ympäristöministeriön asetuksessa 927/2020 kerrotaan hyvin selkeästi ulkoseinien rakennusmateriaalien palotekniset vaatimukset. Asetuksessa kuitenkin mainitaan, että alle 56 metriä korkeiden rakennusten palotekninen toimivuus voidaan

osoittaa täyden mittakaavan palokokeella. Tällöin on huomioitava, että suunnitelmat ovat tuote- ja kohdekohtaisia.

Rakennesuunnitteluun tulee kiinnittää huomiota jo arkkitehtisuunnitelmien luonnosvaiheessa, jolloin rakenteen pienillä muutoksilla voidaan vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin. Aukkojen sijoittelu alimpien kerrosten osalta korostuu muuratuissa julkisivuissa. Esimerkiksi kapeiden pieliin muutos yhdenkiven leveydestä puolentoistakiven leveyteen lisää muuratun rakenteen kantavuutta merkittävästi, jolloin joissain tapauksissa voidaan välttyä ylempien kerrosten kannattamiselta kantavasta rungosta.

6 Lisätutkimukset

Muuratun julkisivun kosteusteknistä toimivuutta olisi mielestäni syytä tarkastella tarkemmin, kuin tällä hetkellä on tapana. Tarkastelut tulisi tehdä kohdekohtaisesti. Yleisesti laskelmat eivät ota huomioon:

- tiivislaastien käyttöä.
- tiilien välisiä eroja vedenimukyvyssä. Markkinoilla on runsaasti erilaisilla pinnoilla olevia tiiliä, joiden vedenimukyky eroaa toisistaan merkittävästi.
- Sokkelin korkeuden vaikutusta korvausilman kosteusprosenttiin.
- Tuuletusvälin todellista ilmavirtausta.

Yleisesti on ollut käsitys, että käytettäessä hyvin kosteutta kestäviä eristeitä voidaan käyttää kapeampaa tuuletusväliä. Mielestäni olisi syytä tarkastella lisääntyneen kosteuden siirtymistä diffuusiolla kantavaan runkoon. Vaikka eristeet kestäisivät homehtumatta kosteusrasituksen ja hidastaisivat kosteuden siirtymistä, olisi syytä tarkastella tiiliseiden tekemien reikien osuutta kosteuden siirtymisessä. Aiheuttaako tämä pistemäisiä kosteusongelmia sisäpinnoilla?

Muurauksen omapainon vaikutus rakenteen lämpöliikkeeseen? RIL:in ohjeistuksen mukaan tätä ei huomioida, mutta haastattelujen perusteella omapainolla on merkittävä vaikutus korkeus suuntaiseen lämpöliikkeeseen.

Vaurioherkkyys? Julkisivumuuraus ei toimi osana rakennuksen kantavaa runkoa, jolloin sitä ei huomioida sortumatarkastelussa. Yhtenäinen muurattu rakenne kestää hyvin paikallisen sortumisen, rakenteen holvautumisen ansiosta. Jäljelle jäävä muurattu rakenne holvautuu, eikä vaurio leviä ylempiin kerroksiin. Usein kerrostalorakentamisessa alin kerros on liiketilaa, jolloin seinissä on paljon leveitä ikkuna-aukkoja ja kapeita muurattuja pieliä. Pielet kannattelevat jopa kymmenen kerroksen muurauksen kuormat. Tällaisissa tapauksissa on usein tilanteita, joissa holvautumista ei pääse syntymään. Voiko yksittäiseen pieleen kohdistuva törmäys romahduttaa koko julkisivun? Milloin tällaiset tilanteet tulisi huomioida suunnittelussa? Tähän en löytänyt selvää vastausta. Keskusteluissa tuli esille, että törmäykselle alttiit pielet tulisi huomioida, mutta miten ja kuinka tämä määritellään?

Lähteet

AMUTEK. (n.d.). Suunnittelu- ja asennusohje. Haettu 11.11.2022 osoitteesta

<https://www.amutek.fi/amutekmedia/amu-us-sao/>

By 64, (2021). Tuulettuvat julkisivut. Suomen Betoniyhdistys ry.

By 75, (2021). Muurattujen ja rapattujen julkisivujen kuntotutkimus. Suomen Betoniyhdistys ry.

Kinnunen, J. (2000). *Muuratut rakenteet 2 rakennesuunnittelu*. Rakennustieto oy.

Parkkinen, J. (2020). *Tiili-villa-tiili-ulkoseinärakenteen rakennusfysikaalinen toiminta*

[Diplomityö, Tampereen yliopisto, Rakennustekniikka] <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202005245612>

Puuinfo. (n.d.) Rakennustarvikkeiden ja pintojen luokitus. [https://puuinfo.fi/wp-](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/4-Rakennustarvikkeiden-ja-pintojen-luokitus.pdf)

[content/uploads/2020/07/4-Rakennustarvikkeiden-ja-pintojen-luokitus.pdf](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/4-Rakennustarvikkeiden-ja-pintojen-luokitus.pdf)

Rakennusfakta (2012). Terca-tiilipalkkijärjestelmä. Haettu 12.12.2022 osoitteesta:

<https://www.rakennusfakta.fi/terca-tiilipalkkijarjestelma-38160/uutiset.html>

RIL 107-2022. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. Suomen rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RIL 206-2010. Muurattujen rakenteiden suunnitteluohje. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RIL 250-2020. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RIL 255-1-2014. Rakennusfysiikka 1 Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Suomen rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RT RakMK-21751 (2018). Muuratut rakenteet, ohjeet 2016. Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakenteiden lujuus ja vakaus.

<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20RakMK-21751>

RT 38406, (2013). Kahi-kalkkihiekkatiilet ja -harkot. Saint-Gobain Weber Oy Ab [RT 38406](#)
[Kahi-kalkkihiekkatiilet ja -harkot, Saint-Gobain Weber Oy Ab \(sigmatic.fi\)](#)

Semtu, n.d. Muurauskannakejärjestelmät. Haettu 19.12.2022 osoitteesta:

<https://www.semtu.fi/fi/tuotteet/kiinnitysosat/muurauskannakejarjestelma-iva>

SFS-EN 1996-1-1 (2013) Muurattujen rakenteiden suunnittelu. Osa 1–1: Raudoitettuja ja raudoittamattomia muurattuja rakenteita koskevat yleiset säännöt. SFS Online.

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/237794.html.stx>

SFS-EN 1996-1-2 (2005). Muurattujen rakenteiden suunnittelu. Osa1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus. SFS Online.

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/417301.html.stx>

SFS-EN 1996-2 (2009). Muurattujen rakenteiden suunnittelu. Osa 2: Muuratun rakenteen materiaalien valinta ja työn suoritus. SFS Online.

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/414263.html.stx>

SFS-EN 998-2 (2016). Laastien spesifikaatiot. Osa2: Muurauslaastit. SFS Online

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/9/495418.html.stx>

SFS-EN 845-1 (2016). Muurattuja rakenteita täydentävien tuotteiden spesifikaatiot. Osa 1.

Muuraussiteet, kiinnitysvanteet, palkkikannakkeet ja konsolit. SFS Online

<https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/8/495390.html.stx>

Teräsrakenneyhdistys. (2017). Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa

rakenteissa. Haettu osoitteesta <http://www.steel-stainless.org/media/1455/fi-kaesikirja-ruostumattomien-teraesten-kaeyttoe-rakenteissa-4painos.pdf>

Tiiliteollisuus. (n.d.). Määräykset ja ohjeet. Haettu 12.12.2022 osoitteesta <https://www.tiili->

[info.fi/maaraykset-ja-ohjeet/?for=ammattilaiset](https://www.tiili-info.fi/maaraykset-ja-ohjeet/?for=ammattilaiset)

Tuikka, J (2019). *Seinäarakenteiden U-arvon in-situ mitattavuuden laskennallinen arviointi.*

[Diplomityö, Tampereen yliopisto, Rakennustekniikka] <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-201911206134>

Ympäristöministeriö 927/2020. Asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta
<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200927>

Ympäristöministeriö (2016). Rakenteiden lujuus ja vakaus, Muuratut rakenteet. Haettu 12.12.2022 osoitteesta:

https://ym.fi/documents/1410903/38439968/muuratut_rakenteet_lopullinen_20122016-4E9DAF6E_8E56_44D8_8207_67E6F051B831-123774.pdf/53ea72a5-5bf3-ab6e-bbbd-89e9810939d0/muuratut_rakenteet_lopullinen_20122016-4E9DAF6E_8E56_44D8_8207_67E6F051B831-123774.pdf?t=1603260648918

Vinha, J (2013). Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset vaipparakenteiden kosteusteknisessä toiminnassa ja rakennusten energiankulutuksessa. [Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos] <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-15-2949-8>

Liite 1: Taulukko 3.1 Aukkoryhmien mittavaatimukset (SFS-EN 1996-1-1, 2013, s. 24)

Taulukko 3.1 Muurauskappaleiden aukkoryhmittelyn mittavaatimukset

	materiaalit ja muurauskappaleiden mittarajat							
	aukkoryhmä 1 (kaikki materiaalit)	materiaali	aukkoryhmä 2		aukkoryhmä 3		aukkoryhmä 4	
			pystysuorat aukot				vaakasuorat aukot	
kaikkien aukkojen tilavuus (% bruttotilavuudesta)	≤ 25	poltettu tiili	> 25; ≤ 55		≥ 25; ≤ 70		> 25; ≤ 70	
		kalkkikiiekkatiili tai -harkko	> 25; ≤ 55		ei käytetä		ei käytetä	
		betoni ^b	> 25; ≤ 60		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 50	
minkä tahansa aukon tilavuus (% bruttotilavuudesta)	≤ 12,5	poltettu tiili	yksittäinen reikä ≤ 2, nostosyvennykset yhteensä enintään 12,5		yksittäinen reikä ≤ 2, nostosyvennykset yhteensä enintään 12,5		yksittäinen reikä ≤ 30	
		kalkkikiiekkatiili tai -harkko	yksittäinen reikä ≤ 15, nostosyvennykset yhteensä enintään 30		ei käytetä		ei käytetä	
		betoni ^b	yksittäinen reikä ≤ 30, nostosyvennykset yhteensä enintään 30		yksittäinen reikä ≤ 30, nostosyvennykset yhteensä enintään 30		yksittäinen reikä ≤ 25	
kannasten ja seinämien paksuus (mm)	ei vaatimuksia		kannas	seinämä	kannas	seinämä	kannas	seinämä
		poltettu tiili	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
		kalkkikiiekkatiili tai -harkko	≥ 5	≥ 10	ei käytetä		ei käytetä	
		betoni ^b	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
kannasten ja seinämien yhteenlaskettu paksuus ^a (% kokonaisleveydestä)	ei vaatimuksia	Poltettu tiili	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
		kalkkikiiekkatiili tai -harkko	≥ 20		ei käytetä		ei käytetä	
		betoni ^b	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

^a Kannasten ja seinämien yhteenlaskettu paksuus, joka mitataan vaakatasossa tarkasteltavassa suunnassa. Mittausta pidetään alkutestinä, joka uusitaan vain mikäli kappaleen mittoihin tehdään olennaisia muutoksia.

^b Aukkojen ollessa kartiomaisia tai kennomaisia kannasten ja seinämien paksuutena voidaan käyttää keskiarvoa.

Liite 2: Osavarmuusluvun arvot (RT RakMK-21751, 2018, s. 3)

Taulukko 1. Osavarmuusluvun γ_M arvot.

	γ_M (normaalisti vallitseva mitoitustilanne)
Muurattu rakenne, jossa käytetään:	
– kategorian I muurauskappaleita ja ominaisuuslaastia ^a	1,8
– kategorian I muurauskappaleita ja muuta kuin ominaisuuslaastia ^b	2,4
– kategorian II muurauskappaleita ja mitä tahansa laastia ^{a,b,d}	2,5
Raudoituksen ankkurointi	1,8
Raudoitus ja jänneteräs	1,15
Standardin SFS-EN 845-1 mukaiset muuraussiteet, vanteet, kannattimet ja konsolit sekä standardin SFS-EN 845-2 mukaiset ylityspalkit ^c , valmistaja ei ilmoita murtotapaa.	3,2
Valmistaja voi ilmoittaa tuotteen murtumistavan. Käytettävä osavarmuusluku voidaan laskea seuraavasti. Murtuminen tapahtuu:	
– betonissa, puussa tai muurauksessa tai niiden rajapinnassa	1,35 γ_{M1}
– teräksessä, alumiinissa tai betoniteräksessä	1,10 γ_{M1}
γ_{M1} on kyseessä olevaa materiaalia koskevan eurokoodiosan (osat EN 1992, EN 1993, EN 1995, EN 1996, EN 1999) kansallisen liitteen mukainen osavarmuusluku	

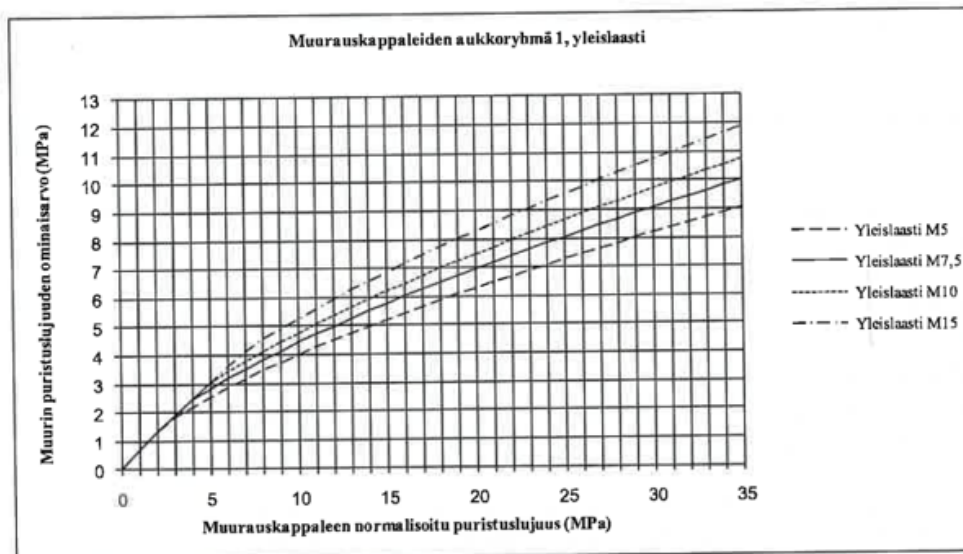
^a Ominaisuuslaastien vaatimukset on esitetty standardeissa SFS-EN 998-2 ja SFS-EN 1996-2. Suomessa käytettävät laastit ovat ominaisuuslaasteja. Tällöin valmistaja ilmoittaa laastin ominaisuudet.

^b Reseptilaastin vaatimukset on esitetty standardeissa SFS-EN 998-2 ja SFS-EN 1996-2

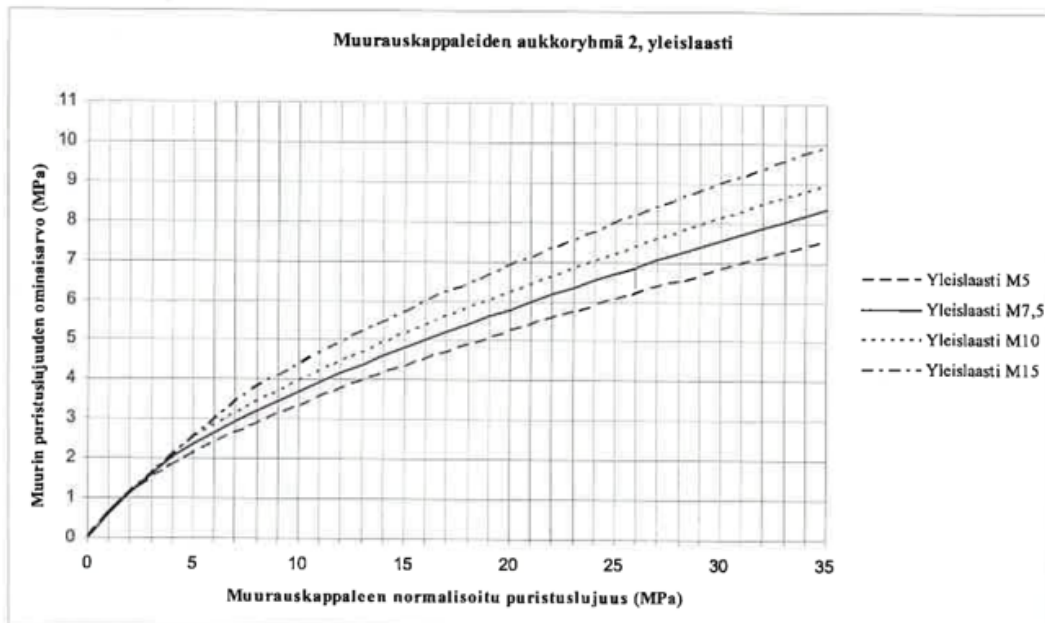
^c Ilmoitetut kestävyysarvot ovat keskiarvoja.

^d Kun kategorian II muurauskappaleiden variaatiokerroin on enintään 25%.

Liite 3: Puristuslujuuden ominaisarvot (RIL 206-2010, s. 32)



Kuva 3.0.1 S. Muurin puristuslujuuden ominaisarvo, poltetu tiili ja kalkkihiekkatiili, yleislaasti, aukkoryhmä 1.



Kuva 3.0.2 S. Muurin puristuslujuuden ominaisarvo, poltetu tiili ja kalkkihiekkatiili, yleislaasti, aukkoryhmä 2.

Liite 4: Materiaalien rakennusfysikaalisia ominaisuuksia

Materiaalien ominaisuuksia

	Tiheysalue kg/m ³	Lämpöpiteneemiskerroin $\alpha(\theta)$	Ominaislämpökapasiteetti Ca=J/kgK	Lämmönjohtavuus $\lambda_g=W/mK$	vesihöyrynläpäisevyys *10 ⁻⁶ m ² /s	veden imeytyminen kg/(m ² *s ^{0,5})	vedenimukyky paino prosenttia
yksikkö	900-1200	6 x 10 ⁻⁶	600	0,35	0,6-1,3	0,1-0,4	7-20%
	1200-2000	6 x 10 ⁻⁶	900				
Polttotuotteet	1500-2000	8 x 10 ⁻⁶	1000	0,95	0,6-1,3	0,025-0,03	10-20%
	Kalkkikiekkatiili			0,6-0,7	0,7-1,7		
Laasti				0,8-0,9	0,7-1,7		
Tiivislaasti							

Liite 5 Muurin ominaisleikkauslujuuden f_{vko} arvot (RIL 206-2010, s.39)Taulukko 3.4 (FI) Muurin ominaisleikkauslujuuden perusarvot f_{vko}

muuraukappaleet	f_{vko} (N/mm ²)		
	yleislaasti		ohutsaumalaasti (vaakasauma $\geq 0,5$ mm ja ≤ 3 mm)
poltettu tiili	$f_m < 5\text{N/mm}^2$	0,15	0,30
	$f_m \geq 5\text{N/mm}^2$	0,20	
kalkkiehkekatiili tai -harkko	$f_m < 5\text{N/mm}^2$	0,15	
	$f_m \geq 5\text{N/mm}^2$	0,20	
betoni (normaalipainoinen kiviaines)	$f_m \geq 7,5\text{N/mm}^2$	0,20	
betoni (kevyt kiviaines)	$f_m \geq 7,5\text{N/mm}^2$	$0,06f_b$	
karkaistu kevytbetoni	$f_m \geq 7,5\text{N/mm}^2$	$0,06f_b$	$0,06f_b$

Liite 6 (Puristuskestävyyden esimerkki laskelma)

Pielen puristuskestävyys EN SFS 1996 6.1.2					
seinän korkeus	$h_{\text{seinä}} := 30 \text{ m}$				
Muurauksen tiheys (valmistaja ilmoittaa kuivatiheyden)	$d := 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	kuormittava pinta-ala	$m_2 := 22 \text{ m}^2$		
Muurauskappaleen paksuus	$t := 135 \text{ mm}$	pielen leveys	$l := 300 \text{ mm}$		
Muurauskappaleen ominaispuristuslujuus kohtisuoraan vaakasaumoihin nähden valmistaja ilmoittaa suoritusasiloituksessa	$f_b := 15 \text{ MPa} < 75 \text{ MPa}$ yleislaastilla				
Muurauslaastin puristuslujuus valmistaja ilmoittaa kirjaimella M	$f_m := 5 \text{ MPa} < 2 \cdot f_b$ tai 20MPa yleislaastilla				
Taulukko 1. Osavarmuusluvun γ_M arvot.					
					γ_M (normaalisti vallitseva mitoitusilanne)
Muurattu rakenne, jossa käytetään:					
– kategorian I muurauskappaleita ja ominaislaastia ^a					1,8
– kategorian I muurauskappaleita ja muuta kuin ominaislaastia ^b					2,4
– kategorian II muurauskappaleita ja mitä tahansa laastia ^{c,d}					2,5
Taulukko 2. Standardin SFS-EN 1996-1-1 kaavan (3.1) kertoimen K arvot käytettäessä yleis-, ohutsauma- ja kevytlaasteja.					
Muurauskappale	Yleislaasti	Ohutsaumalaasti (0,5 mm ≤ vaakasauma ≤ 3 mm)	Kevytlaasti, tiheys		
			$600 \leq \rho_d \leq 800 \text{ kg/m}^3$	$800 < \rho_d \leq 1300 \text{ kg/m}^3$	
Poltettu tiili	aukkoryhmä 1	0,60	0,75	0,35	0,45
	aukkoryhmä 2	0,50	0,70	0,30	0,35
	aukkoryhmä 3	0,40	0,50	0,25	0,30
	aukkoryhmä 4	0,35	0,35	0,20	0,25
Kalkkihiekkatiili tai -harkko	aukkoryhmä 1	0,60	0,80	–	–
	aukkoryhmä 2	0,50	0,65	–	–
taulukot					
K-arvot aukkoryhmän mukaan taulukosta			$K := 0.5$		
Osavarmuusluku taulukosta ym Taulukko 1.			$\gamma_M := 1.8$		
Omapaino murtorajatilassa	$w_{m2} := 1.35 \cdot d \cdot t \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 3.645 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$				
pielen kuormitus	$w_{\text{piedi}} := w_{m2} \cdot m_2 = 80.19 \text{ kN}$				
pielen puristusjännitys	$N_{Ed} := \frac{w_{\text{piedi}}}{l \cdot (t)} = 1.98 \text{ MPa}$				
vakiot kansallisen liitteen mukaan yleislaastille	$\alpha := 0.65$		$\beta := 0.25$		
3.1 Puristuslujuuden ominaisarvo	$f_k := K \cdot \left(\frac{f_b}{\text{MPa}} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{f_m}{\text{MPa}} \right)^\beta \cdot \text{MPa} = 4.347 \text{ MPa}$				

6.3 Jos seinän poikkileikkaus on pienempi kuin 0.1m^2
käytetään pienennyskerrointa (ril 206-2010 s,61)

seinän poikkileikkaus

$$A = t \cdot l = 0.041 \text{ m}^2$$

$$f_d := \begin{cases} \text{if } A < 0.1 \text{ m}^2 \\ \left(\frac{0.7 \text{ m}^2 + 3 \cdot A}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{f_k}{\gamma_M} \\ \text{else if } A \geq 0.1 \text{ m}^2 \\ \frac{f_k}{\gamma_M} \\ \text{else} \\ \text{"error"} \end{cases}$$

$$\left(\frac{0.7 \text{ m}^2 + 3 \cdot A}{\text{m}^2} \right) \cdot \frac{f_k}{\gamma_M} = 1.984 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_k}{\gamma_M} = 2.415 \text{ MPa}$$

puristuslujuuden
mitoitus arvo $f_d = 1.984 \text{ MPa}$

Kuorimuurissa ei tarvitse huomioida välipohjan ja tuulen aiheuttamaa epäkeskisyyttä koska tuulikuormat johdetaan runkoon tiilisiteiden avulla, jolloin seinän epäkeskeisyys kaava sievenee muotoon

yksinkertaisen seinän tehollinen seinän paksuus on sama kuin seinän paksuus

$$t_{ef} := t = 135 \text{ mm}$$

kuorimuurin tehollinen korkeus on oletettu olevan muuraussiteiden väli

$$h_{ef} := 0.4 \text{ m}$$

Alkuepäkeskisyyttä (muurauksesta johtuva epäkeskisyyttä) $e_{nit} := \frac{h_{ef}}{450} = 0.889 \text{ mm}$

seinän alapään epäkeskeisyys

$$e_i := \max(e_{nit}, 0.05 \cdot t) = 6.75 \text{ mm}$$

epäkeskeisyyden pienennyskerroin

$$\Phi = 1 - 2 \cdot \frac{e_i}{t} = 0.9$$

$$N_{rd} = \Phi \cdot f_d = 1.785 \text{ MPa}$$

laskut

Käyttöaste:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{rd}} = 111\%$$

Muuratun rakenteen puristuskestävyys tulee tarkastella seinän ylä- ja alapäässä, sekä seinän keskellä. Kuorimuurin ollessa sidottuna tiilisitein rakennuksen runkoon seinän keskivälin ja yläpään tarkastelut eivät tule määrääväksi tekijäksi

Liite 7 Haastattelut

Kai Saastamoinen, Fescon aluepäällikkö pohjoissuomi, koulutus: Rakennusmestari, kokemus: rakennusalalla 30vuotta. Puhelin haastattelu

- Mihin perustuu tiivislaastin ominaisuudet? veden läpäisykykyyn?

Tiivislaastin Vedenimukerroin 0,1 ja fescon heavyllä vedenimukeroiin 0.02. Eli laasti imee huomattavasti vähemmän vettä kuin normaali laasti.

- Kuinka suuri osa rakenteen läpikulkeutuvasta vedestä menee laastisaumojen kautta?

Rakenteen kokonaisuudesta en osaa sanoa

- Muita eroja normaali laastiin?

Käyttöikä pidempi kuin normaalilla. Tiivislaasti kestää säärasituksia paremmin, laastiin imeytyy vähemmän vettä, jolloin pakkasrasitus on huomattavasti pienempi kuin normaalilaasteilla ja pakkasrapautumista tapahtuu vähemmän.

- Muita haasteita julkisivumuurauksissa?

Talvilaastin käyttö, kun olosuhteet niin vaativat. Aikaisemmin ollut tilanteita, joissa urakoitsijat käyttäneet kesälaasteja myös pakkasolosuhteissa. Näistä aiheutunut ongelmia. Nykyään ei niinkään.

- Onko olemassa suosituksia/määräyksiä, milloin tulisi käyttää tiivislaasteja?

Ei virallisia suosituksia käytöstä vastuu suunnittelijalla.

- Tiivislaastien kustannukset?

Laastien hinnat määräytyvät kohdekohtaisesti. Tiivislaastin hinta on karkeasti 20 % enemmän kuin normaalilaastilla. Tiivislaasti heavy on hieman kalliimpaa kuin tiivislaasti.

- Tiivislaastin käyttökohteet?

Vähän kokemusta merenrantakohteista, Fescon heavy on tarkoitettu merenranta kohteisiin. Pääsääntöisesti käytetty normaalilaastia ja arvokohteissa myös tiivislaasteja.

Muurauskannake toimittaja:

- Onko kannakkeiden oltava ruostumatonta vai voidaanko käyttää ympäristöolosuhdeluokkien mukaisia kuumasinkittyjä teräksiä?

Standardien mukaan voidaan käyttää ympäristöolosuhdeluokkien mukaisia teräksiä, Voitaisiin käyttää myös muilla tavoin korroosio suojattua teräksiä esim. kuumasinkittyjä.

- Voitaisiinko kustannuksia laskea käyttämällä sinkittyä terästä?

Kannakkeiden hinnasta puolet tulee materiaaleista ja käyttämällä esim. sinkittyjä materiaaleja. Materiaali kustannusten säästö on noin 50 % eli tuotteen kokonaishinta voisi laskea karkeasti noin. 25 %

- Onko kuumasinkittyjä kannakkeita saatavilla?

Periaatteessa on mahdollista mutta ei käytetty. Mahdollista tiputtaa kymmeniä prosentteja kokonaishintaa

esimerkitapaus:

kannakkeita kohteeseen meni noin 1500 metriä ja kannakkeiden hinta n. 300 000–400 000 eli materiaali säästöä olisi tullut noin 100 000 e mikäli olisi käytetty sinkittyjä kannakkeita. Asennukseen menee karkeasti tunti per metri. Käytetty myös kiskokiinnityksiä mutta asennus vaikeampaa ja hinta kovempi, joten luovuttu. Kiskokiinnitys paikallavalu kohteissa. kiskot kalliimpia, asennus vaikeudet.

- Tuleeko mieleen mahdollisia korkeudesta aiheutuvia haasteita?

ei varsinaisia haasteita suunnitelmien puutteellisuus tilattaessa suurin ongelma. Kustannukset tulevat yllätyksenä tilaajille kannakointi saattaa tuoda useiden satojen tuhansien lisäkulut.

- Tuleeko muuta erikoista mieleen mistä on aiheutunut haasteita julkisivuissa?

Kohteen suunnittelu on jo edennyt pitkälle, kun kuvat tulevat mitoituspalveluun, joten harvoin ongelmia. Liikuntasauvojen paikat ja kannakkeiden väliä muuttamalla voidaan parantaa kantokykyä.

Tuotekehitysjohtaja Fescon oy, Raimo Niemelä, Rakennustekniikan DI, 34 vuoden kokemus rakennusalalta. Puhelin haastattelu.

- Mitä pitäisi huomioida tiivislaasteja käytettäessä korkeissa julkisivuissa?

Tiivislaastien käytön lisäksi rakennetta tulee käsitellä kokonaisuutena. Rakenteen tiiveyteen vaikuttaa laastien lisäksi käytetty tiili ja muuraustyön huolellisuus.

Muuraustyön onnistuminen kokonaisuuden kannalta on merkittävää, erityisesti tulee huomioida tiilen ja laastin rajapinta. Tiiliä löytyy myös kovaksi poltettuja, joiden vedenimukyky on huomattavasti pienempi kuin normaali poltetuilla tiilillä.

- Missä tilanteissa tulisi käyttää tiivislaasteja?

Tiivislaastien käyttö tulisi suunnitella tapauskohtaisesti. Käyttökohteita ovat rannikkoalueet, jolloin rakenteeseen aiheutuu myös kloridi rasiutusta. Korkeat- ja viistosateelle alttiit rakennukset. Sisämaassa voidaan pääsääntöisesti käyttää normaalilaastia. Tässäkin tulisi huomioida kokonaisuus.

- Onko veden kulkeutumista rakenteen läpi tutkittu?

Asiaa on tutkittu Tampereella, en nyt muista julkaisun nimeä

Ulkovaipparakenteiden Kehityspäällikkö A-Insinöörit Suunnittelu Oy, DI Stina Hyyrynen. 14 vuoden kokemus korjaussuunnittelusta. Teams-haastattelu

- Onko betonirunkoisissa tiilikuorimuuri rakenteissa esiintynyt kosteus ongelmia?

Kosteudesta johtuvia homeongelmia eristeissä on ilmennyt liian pienen tuuletusvälin ja tuuletusvälin ilmvirtausta haittaavien laastipurseiden takia. Ongelma korostuu enemmän vanhemmissa 1960–80-luvun taloissa.

- Minkälaisia ongelmia itse tiiliverhouksessa ilmennyt?

Tiilissä on esiintynyt pakkasrapautumista, joiden syyksi on ilmennyt huokoisuuden puutteellisuus. Laastisaumojen rapautumista on ilmennyt vanhemmissa rakennuksissa. Laastit ovat kehittyneet ja ongelmat vähentyneet nykyaikaisissa rakennuksissa. Raudoituksen korroosio-ongelmia, mikäli käytetty tavallista mustaa raudoitusta tai suojaamattomia teräsosia, erityisesti aukkojen ylitysten kohdalla, jonkin verran myös muuraussiteissä. Halkeamia verhouksessa, johtuen painumisesta / rakenteiden liikkeistä, erityisesti aukkojen lähetyillä. Liikuntasaumojen puutteesta johtuvia halkeamia.

- Miten edellä mainittuja ongelmia voidaan ehkäistä?

Tuuletusvälin riittävä leveys ja ylipäänsä tuuletuksen toiminnan varmistaminen. Pakkaskestävien tiilien ja laastien käyttö. Korroosiota kestävien raudoitteiden käyttö.

- Korkeudesta aiheutuvia haasteita?

Raudoituksen ja sidontojen riittävyys. Yläosien kosteusrasituksen hallinta.

- Tuleeko muuta tiiliverhoukseen liittyviä haasteita mieleen?

Työmaaolosuhteiden hallinta, taustarakenteiden suojaus ennen tiilimuurauksen valmistumista.

Rakennusfysiikkasuunnittelija A-insinöörit Suunnittelu Oy, DI Sami Musakka. Kuuden vuoden kokemus Rakennusfysiikkasuunnittelusta. Teams haastattelu.

- Huomioidaanko tiivislaastien käyttö wufi laskelmissa?

Ei mielestäni, koska tarkkoja arvoja on harvoin saatavilla laasteille (laastit taitavat olla myös tuote, joiden ominaisuuksissa on vaihtelua valmistuserän mukaan).

- Huomioidaanko vedenimukyky laskelmissa kohde kohtaisesti kyseiselle tiilelle vai yleisesti kaikille tiilille sama? Näissä paljon hajontaa tiilestä riippuen.

Käytetään yleisiä saatavilla olevia arvoja. WUFI:ssa taisi olla esimerkiksi reikätiilelle ja täystiilelle omat arvot. Tarve on todettu selvittää kokeissa tiilen käyttymistä käytännön olosuhteissa (mahdollisesti koerakennuksissa oli yliopistolla tiiliverhottuja rakenteita). Meillä on rak.fys. laskelmissa ollut massiivitiilimuureissa mahdollisesti liian suuria kosteuspitoisuuksia näistä laskenta-arvoista johtuen.

- Huomioidaanko tiilisiteiden reiät eristeessä kosteyslaskelmissa?

Ei ole meillä huomioitu, mutta laskelmiakin on tehty aika vähän.

- eli pääseekö kosteus siirtymään tiilisiteiden avulla sisäkuoreen aiheuttaen ongelmia?

Tiilisiteet asennetaan ohjaamaan nestemäinen vesi pois päin.

- Mikä on laskennallisesti toimiva tuuletusvälin leveys?

Laskennallisesti aika pienet ovat toimivia (esim. 20 mm), koska niissä lämpötila nousee (lisää tuuletusilman kykyä siirtää kosteutta). Käytännössä tuuletusväliä ei laskennallisesti (haastavaa ilmavirtausmallinnusta). Esimerkiksi yliopiston käyttämä malli on yksinkertaistettu.

- Onko tuuletusvälin virtaamaa laskettu? Frame-tutkimuksen mukaan 0–40 krt/h

Tutkimuksissa on paras tieto, koska laskenta on haastavaa.

- Onko sokkelin korolla väliä korvausilman kosteusprosenttiin?

Todennäköisesti. Rakennuspaikallakin on merkitystä. (aurinkoisuus, ympäröivän maanpinta asfaltti / nurmikko, kasvillisuus). Mikroilmastoa yksittäisen rakennuksen ympärillä ei pystytä laskelmissa ottamaan erityisesti huomioon.

Amutek oy, Tuija-Leena Rikkola. Sähköposti haastattelu.

Kysymykset:

- Verhouksen erikoiskohdat syvennykset esim. ikkunapeilit ym. tiilen paksuuden muutos. Liittymäänhän tulee votsisauma. Tästä löytyy vähän ristiriitaista tietoa, RT sanoo, että tulee liikuntasauva, koska tiilen paksuuden vaihtumisen takia lämpö- ja kosteuslaajeneminen tapahtuu eri lailla. Ilmeisesti tehty kuitenkin myös raudoittamalla sauma.

- raudoitetaanko sauma vai tuleeko liikuntasaumalla? *)

Rakennesuunnittelijoiden kuvissa näkyy molempia tapoja, jos tehostepeili on pieni tai esim. rajoittuu kahden eri kerroksen ikkunoiden väliin, niin alueet yleensä raudoitetaan osaksi ympäröivään muurausta. Mikäli peili kannatetaan rungosta, niin silloin alue rajataan liikuntasauvoilla.

- Onko olemassa jotain ohjeistusta?
 - eli onko tiilien lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen niin erilaista, että liikuntasauva vaaditaan?

*Tiedossa on, että tummien tiilien lämpötilavaihtelut ovat suuremmat, kuin vaaleiden tiilien. Onko olemassa tarkkaa ohjeistusta lämpö- ja kosteuskäyttäytymisen osalta, niin voisimme ottaa tähän RTT:n / Muurattujen rakenteiden toimikunnan kannan *)*

WienerBergeriltä saimme näihin kysymyksiin vastauksen: ” Tähän ei ole olemassa selkeää ohjeistusta vaan riippuu muurauksen ja syvennyksien koosta.”

- kapeidenpielien vaaka rauditus? Useissa muurauskaaviossa kapeat pielet ovat raudoitettu esim. joka kolmas sauma. *)
 - mihin tämä perustuu?
 - mitoitus?

WB:ltä saimme näihin kysymyksiin vastauksen: ” Usein tässä on vain halu varmistaa, että seinä toimii yhtenäisenä.”

Amutekissa ajattelempa asiaa näin: tärkeää on tarkastella pielen leveys ja korkeus ja niiden suhde toisiinsa sekä tiilien puristuskestävyys -> tärkeä huomioida, että pieli kantaa yläpuolisen muurauksen kuormat ja että kohdassa on riittävästi muuraussiteitä, ettei pieli nurjahda yläpuolisesta kuormasta.

- Amu palkkien raudoitukset. Tarvitaanko lisäksi halkeama raudoitteet?

AMU®-US-aukkoylitysjärjestelmässä on raudoituksilla huomioitu aukkoylitystilanteen kuormitukset ja niiden raudoituksen tarve. Kantavuusmitoituksessa on huomioitu sekä AMU®-US-profiili, että tikasraudoite Bistål. Rakennuksen ja muurattujen rakenteiden muut raudoitustarpeet tulee huomioida erikseen.

AMU®-US-aukkoylitysjärjestelmässä jokaiseen aukkoylitystilanteeseen määritetään/valitaan tuotekokonaisuus, jonka tarkka sisältö selviää Amutek-tuotekoodista. AMU®-US-profiileita on useita eri kokoisia ja tuotekoodissa annetaan vain profiilin mittakoodi (tuotekoodin toinen merkki). Muurarille tärkeä tieto on profiilin pohjaleveys ja pituus, jotka selviävät tuotekoodin 3-9 luvuista, esim. 1302800 = profiilin pohjaleveys 130 ja pituus 2800 mm, sekä tuotekoodin 4 viimeistä lukua, jotka kertovat Bistål-tikasraudoitteiden pituudet ja määrät. Kuormitustilanteessa V ja VK on "suositusraudoitteena" aukkoylitystilanteen ylimpään saumaan asennettava tikasraudoite, jolla varmistetaan aukkoylityksessä oleva votsisaumoin erotellun alueen/syvennyksen yläosan raudoittaminen/sitominen ympäröivään muuraukseen. Amutekin mitoituspalvelussa AMU®-US-aukkoylitysjärjestelmän mitoitus tapahtuu joko aukko kohtaisesti tai aukko kohtaisesti huomioiden myös muut ympäröivät aukot/kuormat AMU®-US-mitoitustalon tietojen mukaisesti.

LIITTEENÄ: AMU®-US-mitoitustalon kuva

- Tiiliseiden mitoitus?
 - vetokestävyys?
 - puristuskestävyys?

Muuraussiteiden veto- ja puristuskestävyys määrytyy kyseisen muuraussidemallin ilmoitetussa laitoksessa suoritettujen testien ja laskentojen pohjalta valmistajan antaman veto- ja puristuskestävyyden mukaan.

DoPissa (suoritustaso ilmoituksessa) annetaan muuraussiteen "DoP-arvo" (ominaisarvo), joka muutetaan kansalliseksi mitoitusarvoksi (Fd -arvot).

Mitoitusarvot annetaan sekä vedolle että puristukselle käyttäen tiedossa olevan murtotavan varmuuskertoimia. Varmuuskertoimina käytetään murtorajatilan materiaalin (YM) sekä kyseessä olevan materiaalin (YM1) varmuuskertoimia.

Mikäli valmistaja ei ilmoita murtotapaa on varmuuskerroin 3,2. Amutekilla on Joman muuraussiteisiin laskentaohjelma, jossa jokaiselle muuraussiteelle on annettu eri pituuksille DoP-arvo, murtotapatieto, varmuuskertoimet ja kansalliset mitoitusarvot. Tarvittavat tiedot annetaan asiakkaalle kohdekohtaisen laskennan tulosteessa rakennetyypeittäin.

Amutekissa muuraussiteiden mitoitus tapahtuu AMU[®]-MS-mitoitustalon tietojen mukaisesti.

LIITTEENÄ:

AMU[®]-MS-mitoitustalon kuva ja laskentaohjelmasta saatava esimerkkilaskenta.

- o kuinka nurjahduspituus huomioidaan? eri eriste vahvuudet?

Muuraussiteen pituuden valinta tapahtuu jokaiselle erilaiselle muuratulle US-rakenteelle erikseen kyseisen rakenteen tietojen pohjalta: muuraussiteen pituus = asennussyvyys runkoon (sisäkuori) + eristepaksuudet + ilmarako + asennussyvyys julkisivumuurausten laastisaumaan (ulkokuori).

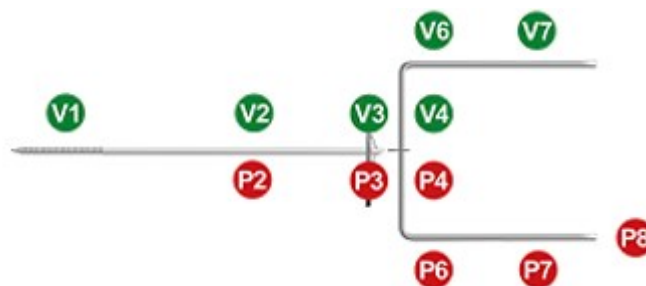
Muuraussiteen kokonaispituus on tuotteen pisin mitta ”päästä päähän”.

Muuraussiteen käyttöpituus on mitta, joka huomioidaan pituusmitoituksessa (sisältäen asennussyvyudet sisäkuoreen ja ulkokuoreen huomioiden suojaetäisyydet).

Muuraussiteen ”siteen toimiva pituus” (nurjahduspituus) kertoo mihin kuorien väliseen etäisyyteen muurausside soveltuu. Muuraussiteille on annettu myös Lo-mitta, joka on valmistajan antama laskennallinen pituusmitta.

Jokaiselle muuraussidepituudelle on annettu murtotapa, josta selviää, mikä on muuraussiteen heikoin kohta. Amutekin myymissä Joman muuraussiteissä murtotavat on tarkasteltu muuraussidekokonaisuuksittain ja nurjahduksen tarkastelukohta puristuksessa on P2 ja vedossa V2.

Esimerkkikuvana RRRP-muurausside (Ramla-ruuvattava reikäpää puurunkoiselle rakennukselle).



- o tarvitseeko tiilisiteiden vaikutus huomioida u-arvo laskennassa vai voidaanko noudattaa standardin 6946:2017 3 % sääntöä ja jättää huomiotta, ellei ylitä tuota kolmea prosenttia?

Kohteen rakennesuunnittelijan määriteltäväksi jää miten valittu

muuraussidemäärä vaikuttaa U-arvoon. Yleisimmin muuraussiteiden määrä

pyritään laskemaan kokoonpanolla, että määräksi saadaan 3-8 kpl/m², jolloin lämmöneristeet saadaan kiinnitettyä riittävästi ja määrä ei nouse kohtuuttomasti. Eri kokoonpanolaskentoja voidaan tehdä liikkeensallivissa muuraussiteissä eri muuraussiteen osien ainevahvuuksia vaihtamalla. Laskennan mukaisiin tilanteisiin, joissa muuraussiteiden määrä on yli 10 kpl/m² on harvoin, kyseessä yleisimmin korkea rakennus, joka on maastoluokassa 0 (meren äärellä), käyttöikä määritetty 100 vuotta, seuraamusluokka CC3 (suuret seuraamukset) ja ulkopuolisen paineen kerroin C_{pe1} .

- huomioidaanko siteiden mitoituksessa muuta kuin tuuli kuorma?

Muuraussiteiden mitoituksessa huomioidaan rakennuksen osalta rakennuksen koko, käyttöikä, seuraamusluokka, maastoluokka sekä ulkopuolisen paineen kerroin kuormitettavalle alalle. Näistä saadaan rakennukselle sekä W_{ed} tuulen paineelle (kN/m²), että imulle (kN/m²). Lisäksi huomioidaan puuskanopeuspaine (kN/m²) ja mikäli se olisi suurempi kuin tuulen paineen arvo, käytettäisiin määrälaskennan paine/puristus - laskennan pohjana tätä arvoa.

Muuraussiteiden määrälaskenta suoritetaan Eurokoodi 6 kaavan 6.20 mukaisesti $n_t = W_{ed}/F_d$ sekä paine/puristus, että imu/veto kautta ja käytettävä muuraussiteiden vähimmäismäärä on itseisarvoltaan suurempi määrä.

- tuleeko mitään erikoista mieleen?

Muuraussiteissä:

- vaikka kahdella valmistajalla on saman näköiset/pituiset muuraussiteet, on annetut arvot aina valmistajakohtaisia.

- mikäli valmistaja on antanut muuraussiteen arvoksi NPD, niin kyseiselle muuraussiteelle ei voida tehdä määrälaskentaa.

- muuraussiteissä on useita murtumakohtia, lisäksi murtumatapatieto muuttuu kun muuraussidekokonaisuuden mitat muuttuvat. Tuotetoimittajalta kannattaa pyytää laskelmat kaikille halutuille pituuksille ja tuotekoonaisuuksille eri rakennetyyppeihin/rakennemittoihin, jotta muuraussidemäärä/m² on oikea esim. tiilikoon (leveys tai korkeus) tai kuorien välisen etäisyyden muuttuminen saa aikaan sen, että uudet laskelmat on tehtävä, koska murtumatapa tieto voi muuttua.

- muuta huomioitavaa julkisivumuurauksessa?

Muuraussiteissä SFS-EN 1996-2 Osa 2 kertoo, että kiinteitä siteitä voidaan käyttää alle 6 m korkeissa kuorimuureissa. Tätä korkeammassa kuorimuureissa on tarvittaessa

laskettava seinäpuoliskojen välinen liike kosteus- ja lämpötilavaihteluista sekä käytettävä sellaista sidetyyppiä, jolla on riittävä liikevara. Siten valmistaja ilmoittaa siteen liikevaran standardin SFS—EN 845-1 mukaisesti.” Käytännössä tietyissä taloissa, jossa kuorien välinen etäisyys on pieni on syytä käyttää liikkeensallivaa muuraussidettä varmistamaan ettei rakenteesta tule ”liian jäykkä” ja halkeamaherkkä.

korkeudesta johtuvia haasteita?

AMU®-US-aukkoylitysjärjestelmä:

Rakennuksen korkeuden kasvaessa on huomioitava, että ylemmistä kerroksista voi siirtyä kuormia alempien kerrosten aukkojen päälle. Mitoituspalvelussamme mitoituksessa voidaan em. tilanteissa käyttää aukkomitoituksen sijaan laajemman alueen kattavaa mitoitus.

WB:ltä saimme näihin kysymyksiin vastauksen: ”Tiilien puristuskestävyys”.

Edellisessä viestissäsi oli myös kysymys

- *Liikuntasauojen väli julkisivuissa? Ym. ohje ei määrittele kuin 3 metriä korkeille seinille 15m ja mainitsee että korkeimmissa seinissä väliä voidaan pidentää, mutta ei määrittele kuinka paljon. Tiili-infon mukaan 6m korkeilla aukottomilla muureilla 24m*
 - *Ym ohjeistuksessa mainitaan että, Ulkoseinissä käytetään tavallisesti vähintään SFS-EN 1996-1-1 kohdan 8.2.3(3) mukaista raudoitusta, jolloin liikuntasau MAVÄLI voi olla suurempi. Tällaisten ulkoseinien liikuntasau MAVÄLI määritetään valmistajan ohjeiden mukaan.*

<https://www.tiili-info.fi/liikuntasauomat/>

Muurauksen liikuntasauoissa on huomioitava rakennuksen muut liikuntasau kohdat, jota koko rakennus elää/liikkuu samantahtisesti/samoista kohden. Liikutasauoillahan on mm. tarkoitus estää rakenteen halkeamien syntyminen.

Joman tikasraudoite Bistålista valmistaja antaa suuntaa-antavaa ohjeistusta esitteen sivulla 50.

Jomalla on liikuntasau MAVÄLIN pidennykseen tuote ”kombiplåt” – tuote ei ole Suomen markkinoilla saanut tuulta alleen ainakaan vielä. Lisätietoa tuotteesta Joman esitteessä sivulla 33.

<https://www.joma.se/mediabank/mediabank-1/byggbeslag-4/skalmurskatalog-2020.pdf>

Lisää tietoa löytyy myös nettisivuilta <https://www.tiili-info.fi/>

Ja detaljeja

<https://www.tiili-info.fi/maaraykset-ja-ohjeet/ulkoseinarakenteet/?for=ammattilaiset>