

Valkeakosken kirkko

Ulkorakenteiden kuntotutkimus



31.8.2017

31 12978.1

RI(AMK) Sami Hirvonen
RI (AMK) Arttu Lehtonen

Valkeakosken kirkko

SISÄLLYSLUETTELO

1	Yleistä	6
1.1	Tutkimuksen tilaaja	6
1.2	Kohteen tunnistetiedot ja yleiskuvaus.....	6
1.3	Kuntotutkimuksen sisältö	7
1.4	Tutkimuksen rajaus ja luotettavuus	7
1.5	Kohteen rakennusaikaiset määräykset.....	8
2	Tutkimustulokset	9
2.1	Julkisivut.....	9
2.1.1	Rakenne suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella.....	9
2.1.1.1	Klinkkeripintaiset julkisivut	9
2.1.1.2	Betonipintaiset julkisivurakenteet	10
2.1.2	Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu	11
2.1.3	Raudoituksen korroosio	11
2.1.4	Betonin pakkasrapautuminen	13
2.1.5	Saumat ja muodonmuutokset	15
2.1.6	Kosteustekninen toiminta.....	15
2.1.7	Pinnoitteet ja pintatarvikkeet	16
2.1.8	Kiinnitykset, kannatukset ja sidonnat	17
2.2	Kellotorni	18
2.2.1	Rakenne suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella.....	18
2.2.2	Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu	18
2.2.3	Raudoituksen korroosio	18
2.2.4	Betonin pakkasrapautuminen	20
2.2.5	Saumat ja muodonmuutokset	21
2.2.6	Kosteustekninen toiminta, pinnoitteet ja pintatarvikkeet.....	21
2.3	Tukimuurit.....	22
2.3.1	Rakenne suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella.....	22
2.3.2	Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu	22
2.3.3	Raudoituksen korroosio	23
2.3.4	Betonin pakkasrapautuminen	24
2.3.5	Saumat ja muodonmuutokset	25
2.3.6	Kosteustekninen toiminta, pinnoitteet ja pintatarvikkeet.....	26
2.4	Vesikattorakenteet	27
2.4.1	Rakenne tehtyjen havaintojen perusteella.....	27
2.4.2	Vesikatteen yleiskunto	27
2.4.3	Liittymät ja saumat.....	28
2.4.4	Yläpohjan tuuletus.....	29
2.4.5	Läpiviennit ja kattoluukut	30
2.4.6	Vesikaton turvavarusteet	31
2.5	Ikkunarakenteet	31
3	Yhteenveto ja toimenpide-ehdotus.....	32
3.1	Turvallisuuteen vaikuttavat tekijät.....	32
3.2	Julkisivuelementit.....	32
3.3	Kellotorni	33

3.4	Tukimuuri	34
3.5	Vesikattorakenteet	35
3.6	Ikkunarakenteet	35
3.7	Korjaustoimenpiteiden kustannusarvio	36
3.8	Suosittelvat jatkotutkimukset ja kiireelliset toimenpiteet	37

LIITELUETTELO

Liite 1: Rakenteiden vaurioituminen	6 s.
Liite 2: Näytetaulukko	1 s.
Liite 3: Paikannuskuvat	4 s.
Liite 4: Betonipeitemittaukset ja raudoituksen korroosion laajuuden arviointi	4 s.
Liite 5: Vetolujuustulokset	4 s.
Liite 6: Ohuthieanalyysien tulokset	6 s.
Liite 7: Kloriditulokset	1 s.

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin Valkeakosken kirkon julkisivujen, kellotornin, tukimuurien, vesikattojen ja niihin liittyvien rakenteiden kuntoa sekä arvioitiin vaurioitumistilanteen kehittymistä jatkossa. Tutkimuksen tuloksia arvioidessa on otettava huomioon, että näytteenotto sekä eri mittaukset tehdään rakenteista pistemäisesti otantana ja tästä syystä tutkimustuloksiin ja niistä tehtyihin arviointeihin sisältyy epävarmuutta. Mittaukset ja näytteenotto on kuitenkin pyritty kohdentamaan niin, että saadaan riittävän luotettavaa tietoa rakenteiden kunnosta ja niiden mahdollisesta korjaustarpeesta.

Julkisivut

Julkisivuilla klinkkeripintaisissa elementeissä havaittiin vaurioita etenkin elementtien reuna-alueilla. Klinkkerilaatat irtoilevat ja betonissa on pakkasrapautuma- sekä teräskorroosiovaurioita. Elementtien saumauksissa havaittiin puutteita.

Maantasokerroksen maalattujen betonipintaisten julkisivujen maalipinnat ovat kuluneet ja hilseilevät. Betoni on menettänyt osin raudotteita suojaavan ominaisuutensa ja noin kolmasosa raudotteista on korrosioalttiissa tilassa. Betonissa on havaittavissa yksittäisiä halkeamia. Elastisissa liikuntasaumoissa on epätiiviyttä.

Klinkkeripintaisille kuorielementeille suositellaan laastipaikkaus ja valukorjauksia, sekä elementtisaumausten uusimista. Maalatuille betonipintaisille julkisivuille suositellaan perusteellista pinnoitus- ja paikkauskorjausta. Korjaukset tulevat ajankohtaisiksi noin 1-3 vuoden kuluessa.

Kellotorni

Kellotornin huipulla sijaitsevan kello-osan laattarakenteissa on terästen korrosioivaurioita ja laatan alapinnoista irtoaa betonikappaleita. Kellotornin maalipinnat ovat kuluneet ja hilseilevät. Maalipinnoilla ja pellityksissä kasvaa punalevää ja sammalta. Tornin suojaPELLITYSTEN saumaukset halkeilevat ja saumoissa on epätiiviyttä.

Kellotornille suositellaan pellitysten puutteiden korjausta, laattaosien paikkakorjauksia ja betonipintojen huoltomaalausta noin 1-2 vuoden kuluessa.

Tukimuri

Tukimuurien betonirakenteissa on halkeilua ja näkyviä teräskorroosioivaurioita. Idänpuoleisessa muurissa on tapahtunut kallistumista ja muurien välinen sauma on haljennut. Muurien yläpinnan pellitysten kallistus on loiva ja pelleissä on epätiiviyttä. Maalipinnoilla on näkyvissä kosteuden aiheuttamia jälkiä, pinnan kulumista ja orgaanista kasvustoa. Maaperästä nousee kosteutta muurin maanpäällisiin osiin.

Tukimuureille suositellaan paikkaus- ja pinnoituskorjausta ja kallistuneen muurin painumaseurantaa noin 1-3 vuoden kuluessa.

Vesikatto

Harjakaton kuparikatteissa on havaittavissa kulumaa ja oksidikerrosten uusiutumista. Katteen saumaukset ovat ehjät ja tiiviit. Liittyvien rakenteiden saumauksissa on paikoin epätiiviyttä. Bitumikermikatteilla on havaittavissa sadeveden lammikoitumista ja orgaanista kasvustoa sekä likaa. Katteen kallistukset ovat loivia. Bitumikate on käyttöikänsä lopussa.

Kuparipeltikatteelle suositellaan liittymäpellitysten korjauksia. Bitumikermikatteelle suositellaan kermin uusimista seuraavan 5 vuoden kuluessa.

Ikkunarakenteet

Kirkkosalin korkeat ikkunat ovat käyttökänsä lopussa. Lasien tiivisteet ovat kuluneet ja lasit ovat irti karmeistaan. Osa ikkunalaseista on haljennut. Maantasokerroksen puukarmisten ikkunoiden puitteet ovat halkeilleet ja maalipinnat hilseilevät. Karmirakenteissa on alkavia lahovaurioita.

Kirkkosalin korkeille ikkunoille suositellaan peruskorjausta. Ennen korjausta suositellaan lisätutkimuksia, joissa tarkastetaan, voidaanko ikkunoiden karmirakenteita säilyttää ja voidaanko korjaustyöt tehdä purkamatta sisäpuolella olevaa korkeaa taidelasitusta. Myös taidelasien kannatus ikkunakarmeihin tulee tarkastaa korjaussuunnittelun yhteydessä. Maantasokerroksen ikkunoille suositellaan uusimista muiden korjaustöiden yhteydessä.

1 Yleistä

1.1 Tutkimuksen tilaaja

Nimi: Valkeakosken kirkko
c/o Sääksmäen Seurakunta
Osoite: Valkeakoskenkatu 27,
37601 Valkeakoski
Yhdyshenkilö: Isännöitsijä, Auvo Vaasio
Puhelin: 0400 626 862
Sähköposti: auvo.vaasio@evl.fi

1.2 Kohteen tunnistetiedot ja yleiskuvaus

Tutkimuksen kohde: Valkeakosken kirkko
Osoite: Kirkkotie 1,
37600 Valkeakoski
Tehtävä: Ulkorakenteiden kuntotutkimus
Työnumero: 31 12978.1

Kuntotutkimuksen kohde on vuonna 1969 valmistunut Valkeakosken kirkko. Rakennuksen kantava runko muodostuu teräsbetonisista pilareista ja palkeista sekä massiivilaatoista/-seinistä. Kohteen ulkoseinärakenteet ovat maantasokerroksessa paikallavalettuja sandwich-tyypisiä teräsbetoniseiniä. Ylempinä ulkoseinä on paikallavaletut sisäkuoret, jotka on verhottu ulkopuolelta kuorielementeillä. Kirkkosalin päädyissä sijaitsee koko rakennuksen korkuiset ikkunat.

Kohteen suunnittelijat ovat:

- Arkkitehtisuunnittelu: Veikko Larkas
- Rakennesuunnittelu: Insinööritoimisto Osmo Puupponen & Co

Tiedossa olevat aikaisemmin tehdyt ulkorakenteisiin kohdistuneet korjaukset:

- Siipirakennusten vesikattojen bitumikermit on uusittu 1990-luku
- Piha-alueen sadevesijärjestelmä uusittu 2014
- Yksittäisten klinkkerilaattojen paikkakorjaukset

1.3 Kuntotutkimuksen sisältö

Tässä kuntotutkimuksessa tarkastellaan kohteen julkisivujen, tukimuurin, kellotornin ja vesikat-
tojen sekä niihin liittyvien rakenteiden kuntoa ja vaurioitumista sekä arvioidaan vaurioitumisen
syytä 27.4.2017 laaditun tehtäväluettelon mukaisesti.

Kuntotutkimuksen on suorittanut A-Insinöörit Suunnittelu Oy (RI(AMK) Sami Hirvonen ja
RI(AMK) Arttu Lehtonen). Kenttätutkimukset kohteella on tehty 08.06.2017. Rakenteille tehtiin
silmämääräisten havaintojen lisäksi seuraavia tutkimuksia:

- lämmöneristeen paksuus näyteporausrei'istä 4 mittauspisteestä.
- betonin karbonatisoituminen (fenoliftaleiini-indikaattori, 16 näytettä)
- raudotteiden peitepaksuudet (raudoitemittari Profometer 5+, yleisesti)
- betonin kloridipitoisuus (4 näytettä)
- betonin halkeilu, pakkasvaurioituminen, huokoistus yms. (ohuthietutkimus, 4 näytettä)
- betonin vetolujuus (12 näytettä)
- julkisivujen ja vesikaton kopterikuvaus
- Haitta-aineet: Asbesti- ja haitta-ainekartoitus -raportin mukaisesti

Kohteella tehtiin tutkimusten yhteydessä myös kuntoarvio (A-insinöörit Suunnittelu Oy, Antti
Toivonen) ja asbesti- ja haitta-ainekartoitus (A-Insinöörit Suunnittelu Oy, Sami Mustonen). Kun-
toarviossa ja haitta-ainetutkimuksessa tehtyjä havaintoja on hyödynnetty tässä kuntotutkimus-
raportissa.

1.4 Tutkimuksen rajaus ja luotettavuus

Tässä kuntotutkimuksessa tarkastellaan kohteen julkisivujen, tukimuurien ja kellotornin betoni-
rakenteiden kuntoa ja vaurioita. Lisäksi tarkastellaan kohteen vesikattojen ja ikkunarakentei-
den kuntoa ja vaurioita. Näytteenotto on kohdistettu kenttätutkimuksissa tehtyjen havaintojen
perusteella.

Tutkimusmenetelmät on suunniteltu siten, että useammalla käytössä olevalla menetelmällä py-
ritään varmistamaan tulosten perusteella syntyneet johtopäätökset. Rakenteiden toimintaa ja
siinä esiintyviä puutteita on tarkasteltu sekä kenttätutkimusten yhteydessä, että asiakirjojen
perusteella. Tutkimukset on kohdennettu siten, että tutkittavasta rakenteesta saadaan riittävän
tarkka käsitys johtopäätösten taustaksi.

Tässä kuntotutkimuksessa ei käsitellä kohteen muiden rakenteiden tai teknisten järjestelmien
kuntoa. Kuntotutkimus sisältää vaihtoehtoisia ehdotuksia korjaustoimenpiteistä, mutta ennen
korjaustoimenpiteiden suorittamista on tehtävä varsinainen korjaussuunnittelu, jossa määritel-
lään tarkemmin kohteeseen soveltuvat korjausmenetelmät.

Tutkittavien rakenteiden kunnosta saatiin tutkimuksilla varsin hyvä käsitys. Luotettavuuden
kannalta puutteina voidaan todeta seuraavat asiat:

- Nostokoneella ei ollut mahdollista päästä kaikille julkisivuille. Nämä julkisivut tarkastettiin
kopterikuvauksella ja silmämääräisesti maantasosta.

1.5 Kohteen rakennusaikaiset määräykset

Kohteen rakennusaikaiset julkisivubetonirakenteiden säilyvyyteen ja muuhun tekniseen laatuun merkittävästi vaikuttavat määräykset ja ohjeet (Betoninormit 1967) ovat olleet seuraavat:

- betonin lujuusluokka K25
- raudituksen suojabetonipeite harjateräs 20 mm
sileä teräs 15 mm
- betonin sallittu kloridipitoisuus ei vaatimusta
- ulkokuoren paksuus 50 mm
- lämmöneriste paksuus 70 mm
lujuus 2 kN/m²
- lämmöneristeen läpi menevät teräsosat ruostumatonta terästä (edelleen käytetään myös yksittäiskiinnityksiä)
- syöpymisvaaralle alttiit kiinnikkeet korroosion kestävästä aineesta
- betonin pakkasenkestävyyteen vaikuttavan lisähuokostuksen käyttöä suositeltiin, käyttö talonrakennuksen elementtituotannossa oli harvinaista.

2 Tutkimustulokset

2.1 Julkisivut

2.1.1 Rakenne suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella

Tutkimuksessa oli käytettävissä alkuperäisiä rakennesuunnitelmia ja -piirustuksia. Käytettävissä ollessa suunnitelmissa oli esitetty rakennetyypit ja runkorakenteita. Klinkkeripintaisista kuorielementeistä ei ollut käytettävissä elementtipiirustuksia.



Kuva 1
Yleiskuvaa klinkkeripintaisesta julkisivusta.



Kuva 2
Yleiskuvaa betonipintaisesta julkisivusta

2.1.1.1 Klinkkeripintaiset julkisivut

Käytössä olleiden suunnitelmien ja tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella klinkkeripintaisista julkisivuista voidaan todeta seuraavaa:

- Rakennetyyppiä on käytetty kirkkosalin päätykolmioissa.
- Kantava runko on paikallavalettu betonirakenne.
- Ulkoseinät on verhottu klinkkeripintaisilla kuorielementeillä.
- Kuorielementin kokonaispaksuus on rakennäytteiden perusteella keskimäärin noin 87mm (vaihtelu 84-90 mm).
- Klinkkerin paksuus on noin 15mm.
- Kuorielementin takana on noin 50cm ilmarako.
- Seinän eristeenä on suunnitelman mukaan laastipinnoitettu 75mm korkkieriste. Rakennetta ei voitu tutkimuksessa todentaa paikkaansa pitäväksi suurehkon tuuletusraon vuoksi.
- Tämän tyyppiset kuorielementit on tyyppillisesti kannatettu sivuistaan ulkoseinärakenteessa oleviin pilastereihin.
- Taidelasillisen päätyikkunan pielessä havaittiin noin 50mm paksu mineraalivillaeriste.
- Kuorielementit on saumattu elastisella saumamassalla.
- Kuorielementtien kulmissa on tuuletusputket.

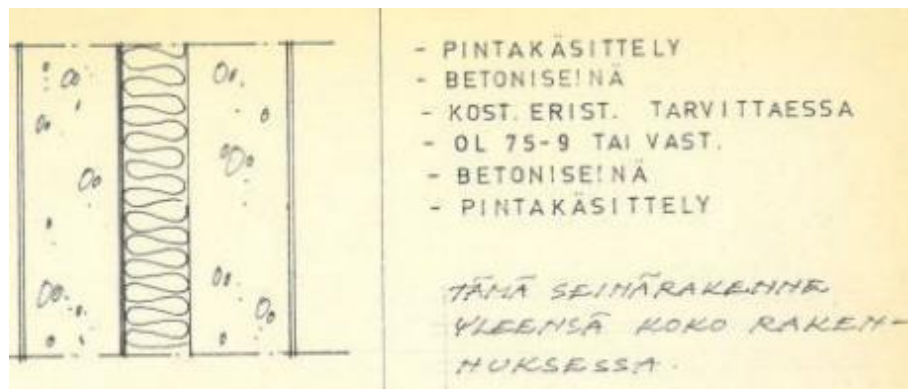


Kuva 3
Klinkkeripintaisen ulkoseinän rakennetyyppi alkuperäisten suunnitelmien mukaan.

2.1.1.2 Betonipintaiset julkisivurakenteet

Rakennesuunnitelmien ja tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella maalatuista betonipintaisista julkisivuista voidaan todeta seuraavaa:

- Betonipintaiset ulkoseinät ovat paikallavalettuja sandwich-tyyppisiä seiniä.
- Rakennetyyppiä on käytetty maantasokerroksen ulkoseinissä.
- Ulkokuoren paksuus on kirkkosalin sekä sisääntuloaulan seinissä noin 100mm ja riipikoulusalin eteläpuoleisessa seinässä noin 150mm.
- Eristeen paksuus on keskimäärin noin 65mm (vaihteluväli 55-80 mm).
- Seinän ulkopinta on uritettu.
- Ulkopinnan pintakäsittelynä on maali.



Kuva 4
Klinkkeripintaisen ulkoseinän rakennetyyppi alkuperäisten suunnitelmien mukaan.

2.1.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu

Rakenteista ja betoninäytteistä tehtyjen silmämääräisten havaintojen sekä ohutietutkimusten perusteella julkisivujen betonin laadusta voidaan todeta seuraavaa:

- Betonipintaisissa julkisivuissa havaittiin yksittäisiä halkeamia ja lohkeamia
- Klinkkeripintaisissa elementeissä havaittiin paikoitellen klinkkerilaattojen halkeilua, halkeilu liittyy arviolta korroosio- ja pakkasrapautumavaurioihin
- Betoni on keskinkertaisesti tiivistynyt.
- Kiviaineksen ja sideaineen laatu on hyvä.

2.1.3 Raudituksen korroosio

Kohteella tehdyt havainnot

Kuorielementeissä havaittiin yksittäisiä näkyviä teräskorroosiovaurioita elementtien reuna-alueilla. Vaurioita oli havaittavissa ikkunapielien ulkokulmissa. Näissä kohdissa betonissa on halkeilua ja klinkkerilaatat irtoilevat.

Betonipintaisissa julkisivuissa havaittiin vain yksittäisiä teräskorroosiovaurioita. Näillä kohdilla yksittäinen teräs on jäänyt lähelle betonin ulkopintaa.



Kuva 5
Ulkonurkan paikkaus on irronnut ja ulkokulman teräksessä on korroosiovauriota.



Kuva 6
Ulkoseinän teräskorroosiovaurio.

Betonin karbonatisoituminen

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen julkisivujen betonin karbonatisoitumissyvyyksistä. Klinkkeripintaisissa elementeissä ulkopinnan karbonatisoitumissyvyydet on ilmoitettu klinkkerilaatan ulkopinnasta alkaen (laatan paksuus n. 15mm).

RAKENNE / NÄYTEMÄÄRÄ		KARBONATISOITUMISSYVYYS [mm]	
		KESKIMÄÄRIN (keskiarvo / vaihtelu)	MAKSIMI (keskiarvo / vaihtelu)
Klinkkeripintainen julkisivu / 4 kpl	ulkopinta	16 / 15...20	18 / 15...28
	sisäpinta	20 / 0...30	24 / 0...34
Betonipintainen julkisivu / 4 kpl	ulkopinta	22 / 6...34	27 / 10...40
	sisäpinta	7 / 0...11	11 / 0...19

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä karbonatisoituminen on klinkkerilaatan takana hidasta, eikä betoni ole karbonisoitunut merkittävästi. Yksittäisen näytteen kohdalla karbonatisoituminen on edennyt klinkkerilaatan takana hieman syvemmälle betoniin, mahdollisesti klinkkerilaatassa olevien halkeamien kautta.

Ulkokuorien sisäpinnoilla karbonatisoituminen on edennyt kohtalaisen nopeasti. Keskialueilla karbonatisoituminen on edennyt tavallista nopeammin rakenteessa olevan ilmaraon seurauksena, elementtien ulkokuoren sisäpinta tuulettuu havaintojen perusteella kohtalaisen hyvin. Elementtien sivuilla ei ole havaintojen mukaan ilmarakoa ja karbonatisoituminen on edennyt hieman hitaammin.

Betonipintaisissa julkisivuissa betonin karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnassa arviolta keskimääräistä nopeammin. Ulkokuorien sisäpinnoilla karbonatisoituminen on edennyt arviolta normaalia nopeutta.

Raudoitteiden suojabetonipaksuudet

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen julkisivujen raudoitteiden suojabetonipaksuuksista. Klinkkeripintaisen julkisivun peitepaksuus on ilmoitettu klinkkerilaatan sisäpinnasta.

RAKENNE		RAUDOITUKSEN BETONIPEITE	
		PÄÄOSIN YLI / OSUUS	OSUUS ALLE 15 mm
Klinkkeripintainen julkisivu	verkko	15 mm / 73 %	27 %
	reunateräs	10 mm / 78 %	58 %
Betonipintainen julkisivu	verkko	20 mm / 88 %	3 %

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä raudoitteet ovat lähellä klinkkerilaatan sisäpintaa ja suojabetonipaksuus ei täytä rakennusaikaisia määräyksiä.

Betonipintaisissa ulkoseinissä yksittäiset teräset ovat lähellä betonin ulkopintaa ja suojabetonin paksuus alittaa niissä rakennusaikaiset määräykset. Yleisesti suojabetonin paksuus on kuitenkin melko hyvä.

Betonin kloridipitoisuus

Julkisivujen betonin kloridipitoisuutta tutkittiin kahdella porajauhenäytteellä. Tutkituissa näytteissä ei havaittu betonirakenteiden säilyvyydelle haitallista määrää klorideja (kriittinen kloridipitoisuus on betonin laadusta riippuen 0,03...0,07 % betonin painosta).

Laboratoriokokeiden tulokset:

RAKENNEOSA	NÄYTE	Kloridipitoisuus [paino-%]
Klinkkeripintainen JS	VK CL 01	0,010
Betonipintainen JS	VK CL 11	0,011

Arvio julkisivujen betonirakenteiden korroosiotilasta

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnasta tavallista hitaammin. Sisäpinnan karbonatisoituminen on tapahtunut tavallista nopeammin. Karbonatisoitumisrintama ei ole saavuttanut elementtien verkkoraidoiteita, mutta se on saavuttanut noin 7% elementtien reunateräksistä. Lähitulevaisuudessa on odotettavissa, että karbonatisoituminen saavuttaa suuremman osan reunateräksistä ja elementtien reuna-alueille syntyy lisää näkyviä teräskorroosiovaurioita. Jo olemassa olevat vauriot etenevät korjaamattomina kiihtyvällä nopeudella. Vauriot tulevat todennäköisesti näkymään klinkkerilaattojen halkeiluna ja irtoiluna sekä betonin lohkeiluna.

Betonipintaisissa julkisivuissa karbonatisoituminen on saavuttanut noin 35% raidoiteista. Lähitulevaisuudessa (noin 10 vuoden kuluessa) karbonatisoituminen saavuttaa noin 45% raidoiteista. Lähitulevaisuudessa on odotettavissa, että kohteen betonipintaisiin julkisivuihin syntyy näkyviä lisää teräskorroosiovaurioita. Jo olemassa olevat vauriot etenevät korjaamattomina kiihtyvällä nopeudella.

2.1.4 Betonin pakkasrapautuminen

Kohteella tehtyt havainnot

Kohteella havaittiin pakkasrapautumaan viittaavia vaurioita klinkkeripintaisten kuorielementtien ulkoreunoilla. Eniten rapautumaa havaittiin etelänpuoleisen ikkunasyvennyksen ulkokulmissa. Vauriokohdissa klinkkerilaatat ovat pullistuneet ja irtoilevat alustastaan. Laattojen alla olevassa betonissa on irtoilevilla kohdilla havaittavissa pitkälle edennyttä pakkasrapautumaa.

Betonipintaisissa maantason ulkoseinissä ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavaa vauriotumista.



Kuva 7
Ikkunasyvennyksen ulkokulman pakkasrapautumista.



Kuva 8
Klinkkerilaatat irronneet alustastaan.

Betonin vetolujuus

Julkisivujen betonirakenteiden kuntoa tutkittiin vetolujuuskokeilla yhteensä kuudella näytteellä. Alla olevassa taulukossa on esitetty laboratoriokokeiden tulokset.

RAKENNE JA NÄYTE		LUJUUS [MPa]	MURTOTAPA
Klinkkeripintainen julkisivu	VK 01	1,3	10mm harjaterästä pitkin. Max. rae 17mm. Raetta myötäillen.
	VK 02	1,1	Max. 10mm raetta myötäillen
	VK 04	2,7	Max. 7mm raetta myötäillen.
	ka.	1,7	
Betonipintainen julkisivu	VK 11	3,6	Max. 15mm rakeen halkaisten ja max. 10mm raetta myötäillen.
	VK 13	2,4	10mm harjaterästä myötäillen. Max. 10mm raetta myötäillen.
	VK 14	3,2	Max. 10mm raetta myötäillen.
	ka.	3,0	

Näytteiden VK 01 ja VK 02 vetolujuuskokeiden tuloksissa havaittiin mahdolliseen pakkasrapautumaan viittaavaa lujuuden alentumista. Myös murtotapa kiviainesrakeiden pintaa myötäillen viittaa mahdolliseen pakkasrapautumaan. Vetokokeiden tulokset ovat tavallista alhaisempia ja murrot ovat tapahtuneet rakeita myötäillen. Näyte VK 02 on otettu ikkunasyvennyksen ulkokulmasta, jossa oli havaittavissa silmämääräisesti pakkasrapautumista.

Betonipintaisten ulkoseinärakenteiden näytteiden osalta vetolujuuskokeiden tuloksissa ei ole havaittavissa betonin pakkasrapautumiseen viittaavaa lujuuden heikkenemistä.

Koetulokset kuitenkin täyttävät pääosin korjauslustalle asetetut yleiset vaatimukset (1,0 - 1,5 MPa korjaustavasta riippuen).

Ohuthietutkimukset

Ulkoseinien betonia tutkittiin ohuthietutkimuksella, joka tehtiin ulkoseinärakenteiden osalta kahdelle näytteelle (näytteet VK 03 ja VK 12).

Ohuthietutkimuksen (näyte VK 03) perusteella klinkkeripintaisista kuorielementeistä voidaan todeta seuraavaa:

- Suojahuokosia on vähäisesti
- Suojahuokosissa ei havaittu kiteytymää
- Betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna
- Klinkkerilaatan kiinnityslaasti havaittiin säröilyä, mikä voi viitata pakkasrapautumaan
- Ohuthiessä ei havaittu pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua tai säröilyä

Ohuthietutkimuksen (näyte VK 12) perusteella betonipintaisista ulkoseinistä voidaan todeta seuraavaa:

- Suojahuokosia on vähän
- Huokosissa ei havaittu merkittävää kiteytymää

- Betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna
- Betonissa ei havaittu pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua tai säröilyä

Arvio julkisivujen betonirakenteiden pakkasvaurioista

Klinkkeripintaisissa kuorielementeissä on silmämääräisesti näkyviä pakkasrapautumisvaurioita elementtien ulkoreunoilla. Eniten vaurioita on ikkunapielien ulkokulmissa. Ohuthietutkimuksen perusteella elementtien betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna. Vetokokeissa havaittiin osassa näytteistä mahdolliseen pakkasrapautumiseen viittaavaa lujuuden heikkenemistä. Lähitulevaisuudessa klinkkeripintaisten elementtien nykyiset vauriot etenevät kiihtyvää vauhtia korjaamattomina. On myös todennäköistä, että lähitulevaisuudessa (10 vuotta) kosteusrasitetuimmille alueille syntyy lisää näkyviä vaurioita.

Betonipintaisissa julkisivuissa havaittiin silmämääräisesti vain yksittäisiä pakkasrapautumiseen viittaavia vaurioita. Ohuthietutkimuksen perusteella betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna. Ohuthietutkimuksessa ja vetokokeissa ei kuitenkaan havaittu merkkejä pakkasrapautumisesta. Lähitulevaisuudessa (10 vuotta) on mahdollista, että kosteusrasitetuimmille kohdille syntyy yksittäisiä vaurioita.

2.1.5 Saumat ja muodonmuutokset

Julkisivujen elementit ja liikuntasaumot on saumattu elastisella saumamassalla. Saumauksen taustalla on käytetty pohjanahaa.

Klinkkeripintaisten elementtien saumausten leveys ja paksuus ovat otetun näytteen perusteella noin 10mm, saumaus on hieman liian paksu suhteessa sauman leveyteen. Saumauksissa havaittiin epätiiviyttä kohdissa, joissa on tapahtunut klinkkereiden irtoilua ja betonin rapautumista. Lisäksi eteläjulkisivulla havaittiin noin 1m pituinen sauma ilman saumamassaa, mikä paikka-
korjattiin tutkimuksen yhteydessä. Kuorielementtien saumojen risteyskohdissa on tuuletusputket. Kuorielementeissä havaittiin vähäistä kaareutumista, joka ei kuitenkaan arvion mukaan vaikuta elementtien kiinnityksiin.

Betonipintaisten ulkoseinien liikuntasauomoissa havaittiin halkeilua ja epätiiviyttä. Havaintojen mukaan liikuntasaumot ovat kapeat.

2.1.6 Kosteustekninen toiminta

Julkisivujen räystäät ovat lyhyet ja osa julkisivuista on toteutettu ilman räystäitä. Viistosade pääsee kastelemaan julkisivuja. Julkisivujen aukkojen yläreunoissa ei ole kallistuksia. Ikkunoiden vesipeltien kallistukset ovat vähäisiä. Julkisivuilla on havaittavissa kosteusjälkiä ja betonin pinoilla havaittiin monin paikoin orgaanista kasvustoa (levää ja sammalta).



Kuva 9
Nurmialuetta ei ole erotettu sokkelista oikein.



Kuva 10
Päätokolmioiden tuuletustilan tuuletusaukot.

2.1.7 Pinnoitteet ja pintatarvikkeet

Klinkkeripintaisten kuorielementeissä havaittiin haljenneita ja irronneita klinkkereitä. Irronneet klinkkerit sijaitsivat pääosin elementtien ulkoreunoilla. Klinkkerien lasituksessa on verkko- maista tiheää hiushalkeilua. Ohuthietutkimuksen mukaan laattojen tartunta on heikko ja tartun- talastissa on tapahtunut hiushalkeilua.



Kuva 11
Kiinnityksestä irti olevia klinkkereitä.



Kuva 12
Klinkkerilaatoissa halkeamia.

Betonipintaisten ulkoseinien maalipinnoitteissa havaittiin likaa ja kulumaa. Maali on yksittäisiltä alueilta kulunut betonipinnalle. Kulumaa ja likaa on eniten seinän alareunassa. Pinnoitteet ovat huonossa kunnossa.



Kuva 13
Seinän alareunan maalipinta hilseilee.



Kuva 14
Pohjoispuolen julkisivua. Kuparivärjäytymiä julkisivulla, vesikatolta valuva vesi roiskuu julkisivulle.

2.1.8 Kiinnitykset, kannatukset ja sidonnat

Klinkkeripintaisista kuorielementeistä ei ollut käytettävissä rakennepiirustuksia. Kuorielementit on todennäköisesti kannatettu päistään ulkoseinien sisäkuoren pilasterirakenteisiin. Kenttätutkimuksissa ei havaittu kiinnityksen puutteisiin viittaavia vaurioita. Elementeissä on kuitenkin havaittavissa ulkoreunoilla pakkasrapautumista mikä voi pitkälle edetessään heikentää elementtien kiinnityksiä.

2.2 Kellotorni

2.2.1 Rakenne suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella

Kellotornista oli tutkimuksessa käytettävissä rakennusaikaiset urakkalaskentaa varten tehdyt arkkitehtipiirustukset. Suunnitelmien ja tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella kellotornista voidaan todeta seuraavaa:

- Torni on paikallavalettua teräsbetonirakennetta
- Tornin korkeus on 35m
- Perustus on paalutettu
- Betoni on pinnoitettu maalilla
- Tornissa on vaakasuuntaisia valesaumoja

2.2.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu

Rakenteista ja betoninäytteistä tehtyjen silmämääräisten havaintojen sekä ohuthietutkimusten perusteella kellotornin betonin laadusta voidaan todeta seuraavaa:

- Betoni on tiivistykseltään suhteellisen hyvä
- Kiviaines on ehjää ja tartunnat ovat hyvät
- Kiviaineksen ja sideaineen laatu on hyvä
- Kello-osan betonirakenteiden työsaumoissa on halkeamia

2.2.3 Raudoituksen korroosio

Kohteella tehdyt havainnot

Kellotornin betonirakenteissa havaittiin runsaasti näkyviä teräskorroosiovaurioita kello-osan laattarakenteiden alapinnoissa. Lisäksi teräksisten kaiteiden liittymissä on näkyviä vaurioita. Tutkimuksessa poistettiin putoamassa olevia betonikappaleita laattarakenteiden vauriokohdilta.



Kuva 15
Laattarakenteen alapinnan teräskorroosiovaurioita. Korroosio on irrottanut rakenteesta betonikappaleita.



Kuva 16
Kaiteiden liittymissä havaittiin halkeilua.

Betonin karbonatisoituminen

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kellotornin betonin pystyrakenteiden karbonatisoitumissyvyyksistä.

RAKENNE / NÄYTEMÄÄRÄ		KARBONATISOITUMISSYVYYS [mm]	
		KESKIMÄÄRIN (keskiarvo / vaihtelu)	MAKSIMI (keskiarvo / vaihtelu)
Kellotorni / 4 kpl	ulkopinta	12 / 1...18	19 / 5...25

Betonin karbonatisoituminen on edennyt arviolta tavanomaisella nopeudella.

Raudoitteiden suojabetonipaksuudet

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kellotornin pystyrakenteiden raudoitteiden suojabetonipaksuuksista.

RAKENNE		RAUDOITUKSEN BETONIPEITE	
		PÄÄOSIN YLI / OSUUS	OSUUS ALLE 25 mm
Kellotorni	hakateräs	35 mm / 83 %	2 %
	pääteräs	40 mm / 85 %	1 %

Pystyrakenteissa mittausten perusteella raudoitteiden suojabetonin paksuus on hyvä ja täyttää rakennusaikaiset määräykset. Vain yksittäiset raudoitteet ovat lähellä betonin ulkopintaa. Kello-osan laattarakenteiden alapinnoilla havaittiin runsaasti näkyviä teräskorroosiovaurioita ja raudoitteet ovat lähellä laatan alapintaa. Peitepaksuuksia ei mitattu näkyvien vaurioiden kohdalta.

Betonin kloridipitoisuus

Kellotornin betonin kloridipitoisuutta tutkittiin porajauhenäytteelle. Tutkitussa näytteessä ei havaittu betonirakenteiden säilyvyydelle haitallista määrää klorideja (kriittinen kloridipitoisuus on betonin laadusta riippuen 0,03...0,07 % betonin painosta).

Laboratoriokokeen tulos:

RAKENNEOSA	NÄYTE	Kloridipitoisuus [paino-%]
Kellotorni	VK CL 31	< 0,010

Arvio kellotornin betonirakenteiden korroosio-tilasta

Karbonatisoituminen on edennyt arviolta normaalilla nopeudella kellotornin pystyrakenteiden betonissa. Karbonatisoitumisrintama ei ole pääosin saavuttanut raudoitteita. Lähtötilanteissa ei ole odotettavissa merkittäviä näkyviä teräskorroosiovaurioita kellotornin pystyrakenteissa. Yksittäiset vauriot ovat kuitenkin mahdollisia.

Kellotornin kello-osan laattarakenteiden alapintojen teräkset ovat havaintojen perusteella lähellä laatan alapintaa. Rakenteessa on runsaasti pitkälle edenneitä teräskorroosiovaurioita, korroosiovauriot ovat lohkaisseet rakenteesta betoninkappaleita. Lähitulevaisuudessa vauriot etenevät korjaamattomina kiihtyvällä nopeudella.

2.2.4 Betonin pakkasrapautuminen

Kohteella tehdyt havainnot

Kellotornin betonirakenteissa ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaa vaurioitumista.

Betonin vetolujuus

Kellotornin betonin kuntoa tutkittiin vetolujuuskokeilla yhteensä kolmella näytteellä. Alla olevassa taulukossa on esitetty laboratoriokokeiden tulokset.

RAKENNE JA NÄYTE		LUJUUS [MPa]	MURTOTAPA
Kellotorni	VK 31	2,8	Max. 19mm raetta myötäillen.
	VK 32	3,2	Max. 24mm raetta myötäillen.
	VK 04	2,3	Max. 17mm raetta myötäillen. Max. 15mm x 24mm huokoinen.
	ka.	2,8	

Vetolujuuskokeiden tulosten perusteella rakenteessa ei havaittu merkkejä betonin pakkasrapautumisesta. Vetolujuudet ovat hyviä ja täyttävät korjauslustralle asetetut yleiset vaatimukset (>1,0 - 1,5 MPa korjaustavasta riippuen).

Ohuthietutkimukset

Kellotornin betonia tutkittiin ohuthietutkimuksella yhdellä näytteellä (VK 34). Tutkimuksen perusteella kellotornin betonista voidaan todeta seuraavaa:

- Betonin tiivistyminen on suhteellisen hyvä
- Suojahuokosia on vähähän
- Betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna
- Näytteessä ei havaittu pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua tai säröilyä

Arvio kellotornin betonirakenteiden pakkasvaurioista

Kellotornissa ei havaittu pakkasrapautumiseen viittaavia vaurioita. Ohuthietutkimuksen perusteella betoni ei ole kuitenkaan pakkasenkestävää kosteusrasitettuna. Betonissa on vain vähän suojahuokosia. Lähitulevaisuudessa on mahdollista, että pakkasrasitetuille kohdille syntyy yksittäisiä vaurioita.

2.2.5 Saumat ja muodonmuutokset

Kellotornin betonirakenteet on toteutettu ilman erillisiä liikuntasauvoja. Rakenteissa ei havaittu merkittäviä muodonmuutoksia, joilla olisi vaikutusta rakenteiden kestävyteen.

2.2.6 Kosteustekninen toiminta, pinnoitteet ja pintatarvikkeet

Kello-osan laattarakenteet on pellitetty RST levyillä yläpinnoistaan. Pellityksissä ei ole kallistuksia ja peltien saumoissa ja liittymissä on epätiiviyttä. Viistosade pääsee kastelemaan tornin betonipinnat.

Kellotornin betonirakenteet on pinnoitettu maalilla. Ohuthietutkimuksessa maalin paksuudeksi on mitattu noin 0,1mm ja maalin tartunnan alustaan on arvioitu olevan tyydyttävä. Silmämääräisesti arvioituna maali on kulunut.

Kellotornin pinnoilla on kosteuden aiheuttamia valumajälkiä. Betonipinnoilla kasvaa punalevää, joka viittaa jatkuvaan kosteusrasitukseen. Pellitysten päällä kasvaa sammalta.



Kuva 17
Pellitysten kittauksissa epätiiviyttä. Pellitysten päällä kasvaa sammalta.



Kuva 18
Betonipinnoilla valumajälkiä ja punaleväkasvustoa.

2.3 Tukimuurit

2.3.1 Rakenne suunnitelmien ja tehtyjen havaintojen perusteella

Tukimuurista oli tutkimuksessa käytettävissä urakkalaskentaa varten tehdyt arkkitehtipiirustukset. Suunnitelmien ja tutkimuksissa tehtyjen havaintojen perusteella rakenteista voidaan todeta seuraavaa:

- Kohteessa on suunnitelmien mukaan käytetty L- ja I-tyyppisiä tukimuureja
- Perustuksena on paaluperustus
- Muurin vahvuus on alareunasta noin 350mm ja yläreunasta noin 200mm (lipan alta).

2.3.2 Betonin halkeilu, tiivistyminen ja muu laatu

Rakenteista ja betoninäytteistä tehtyjen silmämääräisten havaintojen sekä ohuthietutkimusten perusteella tukimuurien betonin laadusta voidaan todeta seuraavaa:

- Betonissa on runsaasti halkeamia
- Betoni on suhteellisen hyvin tiivistynyttä
- Kiviaines on ehjää ja tartunnat ovat hyvät



Kuva 19
Betonin halkeilua.



Kuva 20
Tukimuurissa pystysuuntainen halkeama.

2.3.3 Raudoituksen korroosio

Kohteella tehdyt havainnot

Tukimuureissa havaittiin yksittäisiä näkyviä teräskorroosiovaurioita. Vaurioita havaittiin eniten tukimuurin päällä olevan lipparakenteen alapinnassa.



Kuva 21
Teräskorroosiovaurioita.



Kuva 22
Lipparakenteen alapinnan vaurioita.

Betonin karbonatisoituminen

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto kohteen tukimuurien betonin karbonatisoitumissyvyyksistä. Sisäpinnalla tarkoitetaan tässä yhteydessä muurin rakennuksen puoleista pintaa maanpinnan yläpuolella.

RAKENNE / NÄYTEMÄÄRÄ		KARBONATISOITUMISSYVYYS [mm]	
		KESKIMÄÄRIN (keskiarvo / vaihtelu)	MAKSIMI (keskiarvo / vaihtelu)
Tukimuuri / 4 kpl	ulkopinta	14 / 5...20	23 / 13...32
	sisäpinta	14 / 6...25	21 / 10...33

Karbonatisoituminen on edennyt keskimäärin yhtä paljon muurin molemmiin puolin. Karbonatisoituminen on edennyt arviolta tavanomaisella nopeudella.

Raudoitteiden suojabetonipaksuudet

Alla olevassa taulukossa on esitetty yhteenveto tukimuurien raudoitteiden suojabetonipaksuuksista.

RAKENNE		RAUDOITUKSEN BETONIPEITE	
		PÄÄOSIN YLI / OSUUS	OSUUS ALLE 15 mm
Tukimuuri	verkko	20mm / 79 %	9 %

Osa raudoitteista on lähellä ulkopintaa ja suojabetonin paksuus alittaa niissä rakennusaikaiset määräykset. Yleisesti suojabetonin paksuus on kuitenkin kohtalainen.

Betonin kloridipitoisuus

Tukimuurin betonin kloridipitoisuutta tutkittiin porajauhenäytteelle. Tutkitussa näytteessä ei havaittu betonirakenteiden säilyvyydelle haitallista määrää klorideja (kriittinen kloridipitoisuus on betonin laadusta riippuen 0,03...0,07 % betonin painosta).

Laboratoriokokeen tulos:

RAKENNEOSA	NÄYTE	Kloridipitoisuus [paino-%]
Tukimuuri	VK CL 21	<0,010

Arvio tukimuurien betonirakenteiden korroosiotilasta

Karbonatisoituminen on edennyt tukimuureissa tavallista nopeutta ja se on saavuttanut noin 10% raudoitteista. Lähitulevaisuudessa (noin 10 vuoden kuluessa) karbonatisoituminen saavuttaa noin 20% raudoitteista. Tukimuureissa oli silmämääräisesti havaittavissa yksittäisiä teräskorroosiovaurioita. Vauriota oli eniten muurin päällä olevan lipparakenteen alapinnoilla, joissa teräkset ovat havaintojen mukaan lähempänä betonin ulkopintaa kuin muilla pinnoilla. Lähitulevaisuudessa (10 vuotta) on odotettavissa, että tukimureihin syntyy lisää näkyviä teräskorroosiovaurioita.

2.3.4 Betonin pakkasrapautuminen

Kohteella tehdyt havainnot

Tukimuureissa havaittiin paikoin pakkasrapautumaan viittaavaa verkkomaista halkeilua. Varsaomalla muureissa ei havaittu merkittävää pakkasrapautumaan viittaavaa pehmentymää. Muureissa on havaittavissa betonin halkeilua ja lohkeilua.



Kuva 23

Tukimuurin verkkomaista halkeilua, viittaa mahdolliseen pakkasrapautumavaurioon.

Betonin vetolujuus

Tukimuurien betonin kuntoa tutkittiin vetolujuuskokeilla yhteensä kolmella näytteellä. Alla olevassa taulukossa on esitetty laboratoriokokeiden tulokset.

RAKENNE JA NÄYTE		LUJUUS [MPa]	MURTOTAPA
Tukimuri	VK 22	1,8	Max. 29mm raetta myötäillen.
	VK 23	3,2	Max. 16mm raetta myötäillen ja 10mm raken halkan
	VK 24	2,1	Max. 22mm raetta myötäillen.
	ka.	2,4	

Tutkittujen näytteiden vetolujuuskokeiden tulokset ovat kohtalaisen hyviä. Vetokokeissa murtotapa on kuitenkin kiviainesrakeiden pintaa myötäillen mikä voi viitata mahdolliseen alkavaan betonin pakkasrapautumaan.

Vetolujuuskokeiden tulokset täyttävät kuitenkin korjausalustalle asetetut yleiset vaatimukset (>1,0 - 1,5 MPa korjaustavasta riippuen).

Ohuthietutkimukset

Tukimuurien betonia tutkittiin ohuthietutkimuksella yhdellä näytteellä (VK 21). Tutkimuksen perusteella tukimuurin betonista voidaan todeta seuraavaa:

Ohuthietutkimuksen (näyte VK 03) perusteella klinkkeripintaisista kuorielementeistä voidaan todeta seuraavaa:

- Betonin tiivistyminen on suhteellisen hyvä
- Betoni ei ole pakkasen kestävä kosteusrasitettuna
- Betonissa ei havaittu pakkasrapautumaan viittaavaa halkeilua tai säröilyä

Arvio tukimuurien betonirakenteiden pakkasvaurioista

Tukimuureissa havaittiin silmämääräisesti yksittäisiä pakkasrapautumiseen viittaavia vaurioita. Ohuthietutkimuksen perusteella betoni ei ole pakkasenkestävää kosteusrasitettuna. Ohuthietutkimuksessa ja vetokokeissa ei kuitenkaan havaittu merkittävää pakkasrapautumiseen viittaavaa vaurioitumisesta. Lähitulevaisuudessa (noin 10 vuotta) on kuitenkin mahdollista, että kosteusrasitetuimmille kohdille syntyy yksittäisiä vaurioita ja jo olemassa olevat vauriot etenevät kiihtyvällä nopeudella.

2.3.5 Saumat ja muodonmuutokset

Tukimuureissa on liikuntasauvoja, jotka on saumattu elastisella saumamassalla. Saumat ovat halkeilleet ja niissä on epätiiviyttä, saumat irtoilevat reunoilta. Saumat ovat teknisen käyttökänsä päässä. Idänpuoleisessa tukimuurissa havaittiin tapahtuneen liikettä ja kallistumista. Muuri on kallistunut yläreunastaan ulospäin. Arkkitehtisuunnitelmien perusteella kyseisessä kohdassa tukimuurin tyyppi vaihtuu L-muurista I-muuriksi (L-muuri kallistunut).



Kuva 24
Tukimuri kallistunut yläreunastaan ja muurien välinen sauma on haljennut.



Kuva 25
Tukimuurin saumauksessa on halkeilua ja epätiiviyttä.

Liikuntasaumojen saumamassojen haitta-aineita tutkittiin laboratoriokokeilla. Tukimuurin liikuntasaumasta otetussa materiaalinäytteessä havaittiin raja-arvot ylittävä määrä PCB:tä. Kohteen haitta-aineet on määritetty tarkemmin haitta-ainetutkimuksen raportissa (A-Insinöörit Suunnittelu OY)

2.3.6 Kosteustekninen toiminta, pinnoitteet ja pintatarvikkeet

Tukimuurit on pellitetty yläreunoistaan. Yläreunan kallistus on vähäinen ja peltien saumaukset on toteutettu limisaumalla, saumoissa on epätiiviyttä. Yksittäinen pellitys puuttuu portaiden viereisen muurin päältä. Muurien pinnoilla on havaittavissa valumajälkiä ja orgaanista kasvustoa. Muurien liikuntasaumojen elastiset saumaukset ovat epätiiviiitä ja halkeilevat. Maaperästä nousee kosteutta muurin maanpäällisiin osiin.

Muurien ulkopinnat on maalattu valkoiseksi. Maali on kulunutta ja hilseilee. Osa pinnoista on kulunut betonipinnalle. Ohuthietutkimuksessa yksittäisessä näytteessä on havaittu kaksi kerrosta maalia ja maalipinnan kokonaispaksuudeksi on mitattu 0,5mm. Maalipinta on huonokuntoinen. Pinnoilla on valumajälkiä ja orgaanista kasvustoa.



Kuva 26
Punaleväää tukimuurin pinnalla.



Kuva 27
Muurin pinnoitteet kuluneet, yksittäinen pellitys puuttuu

2.4 Vesikattorakenteet

Kohteen vesikattorakenteet tarkastettiin kuntotutkimuksessa ulkopuolelta silmämääräisesti. Rakennuksen harjakatolle ei tutkimuksessa kiivetty, katto tarkastettiin nostokorista sekä kop-terikuvauksella. Vesikatoille ei tehty tutkimuksessa rakenneavauksia.

2.4.1 Rakenne tehtyjen havaintojen perusteella

Kohteen vesikattorakenteina on jyrkkä harjakatto kirkkosalin osalla, katemateriaalina on kuparipelti. Sakastin ja rippikouluosan katto on sisäänpäin viemäröity loiva bitumikermikatto. Lisäksi kirkkosalin päätykolmioissa on 1. kerroksen katon korkeudella lipparakenteet jotka ovat pelli-tettyjä.

Tutkimuksessa oli käytettävissä vesikattorakenteista alkuperäisiä piirustuksia ja suunnitelmia. Suunnitelmien ja kohteella tehtyjen havaintojen perusteella vesikattorakenteista voidaan to-deta seuraavaa:

- Harjakaton rakenne on ylhäältä alaspäin:
 - kuparikate rimasaumoilla
 - raakaponttilauta
 - 50x100mm koolaus
 - laastikerros
 - 300mm kevytbetoni (siporex -lankut)
 - sisäverhous
- Harjakaton vedenohjaus on toteutettu ilman räystäskouruja
- Harjakatteeseen liittyvien pilastereiden pellitykset on varustettu vesikouruilla

- Tasakattojen rakenne on ylhäältä alaspäin:
 - huopakate
 - umpilaudoitus
 - kattokannattajat ja yläpohjan ilmatila
 - laastikerros
 - lämmöneriste
 - kantava teräsbetoni-laatta
 - alapinnan verhous
- Tasakaton vedenohjaus on toteutettu sisäpuolisilla kattokaivoilla

2.4.2 Vesikatteen yleiskunto

Harjakaton kuparipellitys on alkuperäinen, eikä sille ole tehty saatujen tietojen mukaan merkit-täviä korjauksia. Kuparin pinta on oksidoitunut tummaksi. Katetta suojaavassa oksidikerrok-sessa on havaittavissa silmämääräisesti arvioituna kulumista ja oksidikerroksen uusiutumista. Eniten kulumaa on vesikaton harjalla, itälappeella ja länsilappeen tikkaiden kohdalla. Tikkaiden kohdalla vesikatolle on kertynyt veden valumakohdille ruostejämiä tikasrakenteista.



Kuva 28
Yleiskuvaa harjan pellityksistä



Kuva 29
Oksidikerroksessa kulumaa

Tasakattojen bitumikate on uusittu käyttäjältä saatujen tietojen mukaan 1990-luvun alkupuolella. Tasakattojen kaadot ovat loivia ja katolla on havaittavissa kerääntynyttä roskaa ja jälkiä sadevesien lammikoitumisesta. Kermeille on kertynyt likaa. Kermikate on ikäänsä nähden kohtalaisen hyväkuntoinen, mutta katteen tekninen käyttöikä on päättymässä noin 5 vuoden kuluessa.



Kuva 30
Katteella jälkiä veden lammikoitumisesta

2.4.3 Liittymät ja saumat

Kuparikatteen pitkittäiset saumat on toteutettu noin 45x45mm kokoisilla rimasaumoilla. Vaaka-saumot ovat hakasaumoja. Harjalla ja päätyräystäillä vesikatteessa on hakasaumoilla tehtyjä pystysaumoja. Alaräystäillä ei ole vesikouruja. Alaräystäillä vesikate limittyy seinäpilastereiden päällä olevien pellitysten päälle. Pilastereiden pellitysten kallistukset ovat puutteellisia ja sadevesi pääsee roiskumaan julkisivupinnoille. Julkisivupinnoilla havaittiin runsaasti kuparin aiheuttamia värjäytymiä ja kosteusjälkiä.

Kuparikatteessa ei havaittu katteen saumoissa epätiiviyiskohtia. Kuparikatteen liittymissä muihin rakenteisiin havaittiin yksittäisiä epätiiviyiskohtia.



Kuva 31
Pilastereiden pellityksiä, valumajälkia.



Kuva 32
Harjan vesikate.

Kermien saumaukset ovat ehjiä ja tiiviitä. Tasakatto liittyy harjakattoon länsireunalta, liittymä on pellitetty. Kermin liittymät seinäpinnoille ovat pääosin hyvässä kunnossa. Tasakattojen räystäsnostot ovat matalia.



Kuva 33
Pellityksessä epätiiviyttä.



Kuva 34
Yleiskuvaa vesikatolta.

2.4.4 Yläpohjan tuuletus

Harjakaton tuuletus on toteutettu alaräystäiltä ja harjalta. Alaräystäiden alapinnan lautaverhous on tehty harvalaudoituksena ja ilma pääsee lautojen välistä vesikaton tuuletusrakoon. Harjalla on tuuletusritilät. Suunnitelmien mukaan tuuletusrakoa on noin 50mm.

Tasakattojen tuuletus on suunnitelmien mukaan toteutettu seinällä olevilla tuuletusputkilla, räystäiden tuuletusraoilla.



Kuva 35
Harjan tuuletusritilät.



Kuva 36
Yläpohjan tuuletusaukkoja.

2.4.5 Läpiviennit ja kattoluukut

Harjakaton pystyosuudella sijaitsee luukku, josta pääsee yläpohjatilaan. Harjalla on myös tuuletusritilöitä.

Tasakatoilla on useita eri läpivientejä. Katoilla sijaitsee kattokaivoja, viemärien tuuletusputkien läpivientejä, hormien ja IV-koneiden läpivientejä sekä yksittäinen kattokupoli. IV-koneiden ja kattoikkunan kohdalla kermin nostot ovat matalia. Kattokaivojen ympärille on kertynyt roskaa. Läpivienneissä ei havaittu tutkimuksessa epätiiviyttä.



Kuva 37
Bitumikermikatteen läpivientejä.

2.4.6 Vesikaton turvavarusteet

Harjakatolla olevat lapetikkaat on varustettu turvavaljaan kiinnityskiskolla. Vesikatoilla ei ole muita kattoturvatuotteita. Lapetikoiden rakenteissa on havaittavissa ruostumista.



Kuva 38
Harjakaton lapetikkaat.

2.5 Ikkunarakenteet

Kirkkosalin päädyissä sijaitsee lähes koko rakennuksen korkuiset metallirunkoiset ikkunat. Altartaripäädyn ikkunassa on sisäpuolella ikkunan korkuinen taidelasitus. Ikkunat tarkastettiin rakennuksen ulkopuolelta nostokorista sekä kopterikuvauksella. Ikkunoissa on runsaasti haljonneita ja irtonaisia lasia. Lasien ja karmien kitauksissa on halkeilua ja epätiiviyyttä. Ulkopuolen alumiinisten peitelistöjen ruuvikannat ovat havaittuilta osin ruosteissa.



Kuva 39
Kirkkosalin ikkunarakennetta.



Kuva 40
Lasien kittauksissa halkeilua ja epätiiviyyttä.

Maantasokerroksen ikkunat ovat pääosin puurunkoisia. Puurunkoisten ikkunoiden lisäksi maantasokerroksessa on lasitiilisiä ikkunoita. Ikkunoiden ulkopuitteissa on puuosien halkeilua, maalipintojen kulumaa ja alkavia lahovaurioita. Ikkunoiden vesipeltien kaadot ovat loivia ja ulosheittopituudet lyhyitä. Pellitykset ovat paikoin irti kiinnityksistään ja kittauksissa on epätiiviyyttä. Lasitiili-ikkunoissa on yksittäisiä haljonneita lasitiiliä ja tiilien saumauksissa on viitteitä vesivuotojäljistä.

3 Yhteenveto ja toimenpide-ehdotus

3.1 Turvallisuuden vaikuttavat tekijät

Kohteen tukimuurien liikuntasaumojen saumamassoissa havaittiin haitta-ainetutkimuksessa raja-arvot ylittävä määrä PCB:tä. Saumojen mahdollinen purku tulee suorittaa työterveysviranomaisen / paikallisen ympäristökeskuksen antamien ohjeiden mukaisesti. Purkujäte on käsiteltävä ja hävitettävä ongelmajätteenä. Kohteen haitta-aineita on käsitelty tarkemmin erillisessä Asbesti- ja haitta-aineraportissa (A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 31.8.2017).

Klinkkeripintaisten julkisivupinnoilla betonin vaurioituminen voi irrottaa klinkkerilaattoja. Putoessaan laatat aiheuttavat turvallisuusriskin.

Kellotornin laattaosien alapinnoissa on laajoja teräskorroosiovaurioita, jotka aiheuttavat betonin lohkeilua ja irtoamista. Mahdolliset putoavat betonikappaleet aiheuttavat turvallisuusriskin. Vauriotilannetta tulee tarkkailla säännöllisesti ja irtoavat betonikappaleet tulee poistaa hallitusti.

3.2 Julkisivuelementit

Julkisivujen klinkkeripintaisten kuorielementtien betoni on vaurioitunutta elementtien reuna-alueilla. Klinkkerilaatat irtoilevat ja betonissa on tapahtunut pakkarapautumista sekä teräskorroosion aiheuttamaa betonin lohkeilua. Elementtien saumauksissa on epätiiviyttä.

Maantasokerroksen betonipintaisten julkisivujen maalipinnat ovat kuluneet ja hilseilevät. Teräksiä suojaava suojabetoni on karbonatisoitunut ja karbonatisoitumisrintama on saavuttanut noin kolmasosan teräksistä. Betonissa on havaittavissa yksittäisiä halkeamia. Liikuntasaumoissa on epätiiviyttä.

Julkisivuihin liittyen voidaan esittää vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä. Julkisivujen vaurioituminen on ollut vielä yleisesti vähäistä, mutta vaurioituminen on jo alkanut ja lähitulevaisuudessa vauriot etenevät. Etenkin ikkunapielien ulkokulmien kuorielementteihin oletetaan syntyvän lisää korroosio- ja pakkarapautumisvaurioita. Korjausten päätarkoituksena on jo olemassa olevien vaurioiden korjaus sekä julkisivujen kosteusrasituksen alentaminen.

Klinkkeripintaisten kuorielementteille suositellaan valu- ja laastikorjauksia, sekä elementtisaumausten uusimista. Maalatuille betonipintaisten julkisivuille suositellaan ensisijaisesti pinnoitus- ja paikkauskorjausta.

Vaihtoehtoisesti on mahdollista käyttää elementit käyttökänsä päähän ja sen jälkeen uusia kuorielementit tai tehdä uusi julkisivuverhoilu. Korjauksen yhteydessä voidaan lisälämmöneristää kirkkosalin päätykolmiot.

Julkisivuihin liittyen esitetään seuraavia vaihtoehtoisia korjaustoimenpiteitä:

Vaihtoehto 1)

”Julkisivujen paikkakorjaus ja huoltomaalaus”

- Kuorielementit paikkakorjataan laastipaikkaus- ja valukorjausmenetelmin
- Maantasokerroksen betonirakenteiden maalipinnat korkeapainepestään ja nykyiset vauriokohdat korjataan laastipaikkausmenetelmin
- Maantasokerroksen betonirakenteiden maalipinnat huoltomaalataan

- Elastiset julkisivu- ja liikuntasaumamat uusitaan.

Korjaus tulisi suorittaa 1-3 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan julkisivulle lisää käyttöikää noin 10-15 vuotta. Klinkkeripinnoilla tehtävät paikkauskorjaukset erottuvat selvästi muusta julkisivupinnasta.

Vaihtoehto 2)

”Kuorielementtien uusiminen / uusi levyverhous ja päätykolmioiden lisälämmöneristys”

- Kuorielementit puretaan
- Seinät lisälämmöneristetään
- Asennetaan uudet kuorielementit tai esim. levyverhoilu
- Maantasokerros betonipinnat hiekkapuhalletaan ja nykyiset vauriokohdat korjataan laastipaikkausmenetelmin
- Maantasokerroksen betonipinnat ylitasoitetaan ja pinnoitetaan
- Julkisivusaumat uusitaan

Korjaus tulisi suorittaa noin 5 vuoden kuluttua. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan julkisivulle lisää käyttöikää noin 30–40 vuotta, ja parannetaan kiinteistön energiatehokkuutta.

Tässä korjauksessa tulee huomioida, että elementtien käyttöiän lähetessä loppuaan vaurioiden eteneminen voi irrottaa lisää klinkkerilaattoja, jotka pudotessaan aiheuttavat niin turvallisuusriskin.

3.3 Kellotorni

Kellotornin huipulla sijaitsevan kello-osan laattarakenteissa havaittiin teräskorroosiovaurioita, jotka ovat irrottaneet laatan alapinnoista betonikappaleita. Kellotornin maalipinnat ovat kuluneet ja hilseilevät. Maalipinnoilla ja pellityksissä kasvaa punalevää ja sammalta. Tornin suojaPELLITYSTEN SAUMAUKSET HALKEILEVAT JA SAUMOISSA ON EPÄTIIVIYTTÄ.

Kellotornille suositellaan ensisijaisesti laattaosien teräskorroosiovaurioiden korjauksia ja betonipintojen huoltomaalauksia ja pellitysten puutteiden korjauksia.

Vaihtoehto 1)

”Kellotornin huoltokorjaus”

- Laattaosien teräskorroosio- ja betonivaurioiden korjaus ja laastipaikkaus
- Betonipinnat korkeapainepestään
- Betonipinnat huoltomaalataan
- Pellitysten puutteiden korjaukset

Korjaus tulisi suorittaa 1-2 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 10–15 vuotta.

Vaihtoehto 2)

"Kellotornin peruskorjaus"

- Betonipinnat suihk puhdistetaan
- Laattaosien teräskorroosioauriot korjataan
- Laattaosien suojabetonin paksuutta kasvatetaan ruiskubetonoimalla
- Kellotornin betonipinnat ylitasoitetaan ja pinnoitetaan
- Pellitykset uusitaan

Korjaus tulee ajankohtaiseksi noin 5-10 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 20-25 vuotta. Tässä korjauksessa tulee huomioida, että laattarakenteen alapinnan korroosioauriot etenevät kiihtyvällä nopeudella ja aiheuttavat niin turvallisuusrisikin kuin esteettistä haittaa.

3.4 Tukimuuri

Tukimuurien betonirakenteissa on halkeilua ja näkyviä teräskorroosioaurioita. Idänpuoleisessa muurissa on tapahtunut kallistumista ja muurien välinen sauma on haljennut. Muurien yläpinnan pellitysten kallistus on loiva ja pelleissä on epätiiviyttä. Pinnoilla on näkyvissä kosteuden aiheuttamia jälkiä, maalipinnan kulumista ja orgaanista kasvustoa. Tukimuurin elastiset liikuntasaumamat ovat teknisen käyttöikänsä päässä.

Tukimuureille suositellaan paikkaus- ja pinnoituskorjausta, liikuntasauvojen uusimista ja kallistuneen muurin painumaseurantaa.

Vaihtoehto 1)

"Tukimuurien huoltokorjaus"

- Betonipinnat painepestään
- Betonipinnat paikkakorjataan
- Betonipinnat huoltomaaltaan
- Saumaukset uusitaan
- Pellitysten puutteiden korjaukset

Korjaus tulisi suorittaa 1-3 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 10–15 vuotta.

Vaihtoehto 2)

"Tukimuurien peruskorjaus"

- Betonipinnat suihk puhdistetaan
- Betonipinnat paikkakorjataan, ylitasoitetaan ja pinnoitetaan
- Saumaukset uusitaan
- Pellitykset uusitaan

Korjaus tulisi suorittaa 5 vuoden kuluttua. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 20–25 vuotta.

3.5 Vesikattorakenteet

Harjakaton kuparikatteissa on havaittavissa kulumaa ja oksidikerrosten uusiutumista. Katteen saumat ovat ehjät ja tiiviit. Liittyvien rakenteiden saumauksissa on paikoin epätiiviyttä. Bitumikermikatteilla on havaittavissa sadeveden lammikoitumista ja orgaanista kasvustoa sekä likaa. Katteen kallistukset ovat loivia. Bitumikermikatteet lähestyvät teknisen käyttöikänsä päättää.

Kuparipeltikatteelle suositellaan muihin rakenteisiin liittyvien pellitysten korjauksia. Bitumikermikatteelle suositellaan kermin uusimista.

Vaihtoehto 1)

"Bitumikatteiden uudelleenpinnoitus ja kuparikatteen huoltokorjaus"

- Asennetaan laakerivilla ja uusi bitumikermikate vanhan päälle
- Bitumikermikatteen pellitykset uusitaan
- Kuparikatteen liittymät korjataan

Korjaus tulisi suorittaa 5 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 25-30 vuotta.

3.6 Ikkunarakenteet

Kirkkosalin korkeat ikkunat ovat käyttöikänsä lopussa. Lasien tiivisteet ovat kuluneet ja lasit ovat irti karmeistaan. Osa ikkunalaseista on haljennut. Maantasokerroksen puukarmisten ikkunoiden puitteet ovat halkeilleet ja maalipinnat hilseilevät. Karmirakenteissa on alkavia lahovaurioita.

Kirkkosalin korkeille ikkunoille suositellaan peruskorjausta. Ennen korjausta suositellaan lisätutkimuksia, joissa tarkastetaan, voidaanko ikkunoiden karmirakenteita säilyttää ja voidaanko korjaustyöt tehdä purkamatta sisäpuolella olevaa korkeaa taidelasitusta. Myös taidelasien kannatus ikkunakarmeihin tulee tarkastaa korjaussuunnittelun yhteydessä.

Vaihtoehto 1)

"Maantasokerroksen ikkunoiden uusiminen ja korkeiden ikkunoiden peruskorjaus"

- Maantasokerroksen ikkunat uusitaan
- Ikkunapellitykset uusitaan
- Korkeat ikkunat peruskorjataan ulkopuolelta

Oletuksena, että korkeiden ikkunoiden runkorakenne voidaan säilyttää eikä taidelasitusta tarvitse purkaa työn ajaksi.

Korjaus tulisi suorittaa 1-3 vuoden kuluessa. Tällä korjausvaihtoehdolla saadaan lisää käyttöikää noin 20-30 vuotta.

3.7 Korjaustoimenpiteiden kustannusarvio

Rakenteille tehtäville korjauksille esitetään alustavat kustannukset, jotka on laskettu kertaluokkahintoina budjetointia varten, eikä niitä voi sellaisenaan käyttää esim. urakkatarjousten arviointiin. Hinnat sisältävät alv:n 24 %, mutta eivät sisällä rakennuttajan kuluja.

Julkisivukorjaukset:

Vaihtoehto 1 70.000 €
"Julkisivujen paikkakorjaus ja huoltomaalaus"

Vaihtoehto 2 350...450.000 €
"Kuorielementtien uusiminen / uusi levyverhous ja päätykolmioiden lisälämmöneristys"
Kustannukset riippuvat valitusta julkisivun verhoilumateriaalista.

Kellotornin korjaukset:

Vaihtoehto 1 30.000 €
"Kellotornin huoltokorjaus"

Vaihtoehto 2 70.000 €
"Kellotornin peruskorjaus"

Tukimuurien korjaukset:

Vaihtoehto 1 30.000 €
"Tukimuurien huoltokorjaus"

Vaihtoehto 2 75.000 €
"Tukimuurien peruskorjaus"

Vesikattojen korjaukset:

Vaihtoehto 1 60.000 €
"Bitumikatteiden uudelleenpinnoitus ja kuparikatteen huoltokorjaus"

Ikkunarakenteiden korjaukset:

Vaihtoehto 1 120.000 €
"Maantasokerroksen ikkunoiden uusiminen ja korkeiden ikkunoiden peruskorjaus"

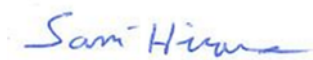
3.8 Suositeltavat jatkotutkimukset ja kiireelliset toimenpiteet

Suosittelvat jatkotutkimustoimenpiteet:

- Kallistuneen tukimuurin painumaseuranta
- Vauriotilanteen säännöllinen seuraaminen kohteen betonirakenteiden osalta.

Tampereella 31.8.2017

A-Insinöörit Suunnittelu Oy



RI(AMK) Sami Hirvonen



RI (AMK) Arttu Lehtonen

Rakenteiden vaurioituminen

1 Ulkobetonirakenteet

1.1 Yleistä

Ulkobetonirakenteiden ikääntyessä niissä tapahtuu vaurioitumista, joka johtuu pääasiassa säärasituksesta. Säärasitus aiheuttaa erilaisia rinnakkaisia turmeltumisilmiöitä ja rakenteen vaurioituminen on yleensä seurausta useamman tekijän yhteisvaikutuksesta.

Normaalisti rakenteiden vaurioituminen on alkuvaiheessa hidasta, mutta vaurioiden edessä turmeltumisnopeus yleensä kiihtyy.

Ulkobetonirakenteiden vaurioituminen aiheutuu pääasiallisesti seuraavista kolmesta syystä tai niiden yhdistelmästä:

- betonin karbonatisoitumisen mahdollistama teräskorroosio
- betonin pakkasrapautuminen
- betonin sisältämien kloridien aktivoima teräskorroosio ja betonin rapautuminen.

1.2 Betonin karbonatisoituminen ja raudotteiden korroosio

Betonin sisällä olevat raudotteet ovat suojassa teräskorroosiolta betonin korkean alkalisuuden (pH > 12) johdosta. Teräskorroosio ei voi käynnistyä korkeassa alkalisuuspitoisuudessa ja tällöin sanotaan, että raudotteet ovat passivoituneet korroosion suhteen.

Ulkobetonirakenteiden korkea alkalisuus laskee vähitellen ajan kuluessa rakenteen pinnalta alkaen ilman hiilidioksidin reagoidessa betonin ainesosien kanssa. Ilmiötä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Karbonatisoituminen etenee rintamana hidastuvalla nopeudella syvemälle rakenteeseen.

Karbonatisoitumisessa betonin alkalisuus laskee tasolle pH < 9. Karbonatisoitumisrintaman edettyä raudotteiden tasolle aktivoituu raudotteiden korroosio. Raudotteiden korroosion jatkuttua riittävän kauan voi muodostuneen ruosteen aiheuttama paine halkaista ohuen betonipeitteen. Tässä vaiheessa karbonatisoitumisen aktivoiman teräskorroosion näkyvät vauriot ovat havaittavissa rakenteen ulkopinnalta.

1.3 Betonin pakkasrapautuminen

Betoni on huokoinen materiaali, jonka huokosverkostossa on olosuhteista riippuen erilainen määrä vettä ja kosteutta.

Huokosverkostossa olevan veden jäätyessä se laajenee ja aiheuttaa verkostoon ylipaineen. Siinä tapauksessa, että huokosverkoston vedellä täyttymisaste on korkea ja ylipaineella ei ole purkautumismahdollisuutta ilmatäytteisiin huokosiin, ylipaine voi murtaa betonin sisäisen rakenteen ja aiheuttaa betonin rapautumista.

Pakkasrapautuminen kehittyy vähitellen, yleensä kiihtyvällä nopeudella rakenteen pinnalta alkaen. Pitkälle edetessään pakkasrapautuminen aiheuttaa betonin täydellisen lujuuskadon.

Betonin pakkasenkestävyys voidaan varmistaa lisähuokoistamalla betoni valmistusvaiheessa siten, että betoniin muodostuu suojuhuokosia, joihin jäätyvän veden aiheuttama ylipaine voi purkautua betonin huokosverkostossa.

Suojuhuokostiloihin syntyvät ettringiittikiteytymät ovat haitallisia betonin pakkasenkestävyyden suhteen, koska ne pienentävät huokostilavuutta jolloin pakkasrasituksessa veden laajeneminen huokosissa estyy. Ettringiitti voi viitata myös ns. ettringiittireaktioon. Ettringiittireaktion eräs ominaispiirre on reaktiotuotteiden voimakas tilavuuden kasvu, joka jo itsessään aiheuttaa rakenteeseen sisäistä painetta ja siten saattaa vaurioittaa betonia.

1.4 Kloridien aiheuttamat vauriot

Mikäli betonin kloridipitoisuus on liian korkea, "murtavat" kloridit raudotteiden passiivisuuden ilman betonin karbonatisoitumista ja tällöin raudotteiden korroosio aktivoituu.

Kloridien läsnä ollessa teräskorroosio etenee normaalisti varsin nopeasti. Lisäksi betonissa olevat kloridit sitovat kosteutta betoniin ja aiheuttavat näin myös betonin rapautumista.

1.5 Saumausten vauriot

Betonielementtijulkisivujen saumojen tehtävänä on mahdollistaa elementtien ulkokuorien lämpöliikkeet. Saumoissa käytettävien saumausmassojen ja/tai saumanauhojen on mahdollistettava ko. lämpöliikkeet ja estettävä sadeveden pääsy rakenteen sisään. Samalla saumojen kautta on hoidettava erilaisin järjestelyin rakennuksen sisältä ulospäin kulkeutuvan kosteuden pois tuulettaminen.

Elementtijulkisivujen elastisten saumausten vaurioituminen voidaan havaita saumausmassan kovettumisena ja elastisuuden häviämisenä. Saumausmassan menetettyä elastisuutensa ja kovettunutta aiheuttavat elementin liikkeet siihen halkeamia ja samalla saumausmassa saattaa irrota elementin tartuntapinnoilta.

Elastisten saumausten rasitusta lisää elementin pituuteen nähden liian kapeat sauman leveydet ja ei-elastiset pinnoitteet. Lisäksi ongelmia aiheuttavat väärät saumausmateriaalit ja virheet saumaustyössä.

Elementtijulkisivujen saumausten toimivuudella on oleellisen merkittävä vaikutus koko julkisivun säilyvyyteen. Vuotavat saumat lisäävät julkisivun kosteusrasitusta ja lisäävät näin esim. pakkasrapautumisriskiä sekä kiihdyttävät maalipinnan vaurioitumista.

1.6 Maalauksen ja pintatarvikkeiden vauriot

Betonin pinnoitteiden turmeltuminen aiheutuu pääasiassa erilaisista säärasituksista kuten sateesta, lämpötilan vaihteluista ja UV-säteilystä. Lisäksi betonin alkalisuus saattaa aiheuttaa maalin sideaineen vanhenemista, mikä johtaa maalikalvon halkeiluun ja irtoamiseen.

Epäorgaanisten pinnoitteiden vaurioituminen tapahtuu joko kulumisena tai pinnoitteiden tartunnan heikkenemisenä.

Erilaisten pintatarvikkeiden tartuntaongelmia esiintyy varsinkin sellaisissa elementeissä, joissa betonin pakkasrapautuminen on jo alkanut.

1.7 Muut vauriot

Muita betonirakenteissa esiintyviä vaurioita voivat olla mm. betonin halkeilu, kiinnitysten, sandwich-elementin ansaiden, erilaisten pellitysten ja liittymien vauriot sekä toimivuuspuutteet.

Erilaisten liitosdetaljien (räystäät, ikkunaliitokset) avulla pyritään estämään ulkopuolisen kosteuden pääsy rakenteeseen. Liitosdetaljien avulla on usein myös järjestetty tuuletus rakenteeseen päässeen kosteuden poistamiseksi. Liitospellitysten avulla myös ohjataan vesi kulkemaan siten, että se liikaa mahdollisimman vähän julkisivua.

2 Rapatut julkisivurakenteet

2.1 Yleistä

Rappauksen tehtävä on antaa rakennukselle ulkonäkö ja suojata alustaansa vaurioitumiselta. Rapattu seinä koostuu rappausalustasta, rappauskerroksista ja mahdollisesta pinnoitteesta.

Alustana on useimmiten tiili-, betoni-, kevytsoraharkko- tai kevytbetoniseinä. Rappaus voi olla perinteinen kolmikerrosrappaus (tartunta-, täyttö- ja pintarappaus), kaksikerrosrappaus tai ohutrappaus. Pinnoitteet voivat olla orgaanisia, epäorgaanisia tai sekasideaineisia malleja.

Rappauslaasteina voidaan käyttää kalkki-, kalkkisementti-, sementti- tai muurausmenttilaasteja.

2.2 Rapatun julkisivun rasitukset

Rapattuun julkisivuun kohdistuvat samat rasitukset kuin muihinkin julkisivuihin. Rapattujen julkisivupintojen käyttöikään vaikuttavia tekijöitä ovat säätökijät, mekaaniset rasitukset, rakentamisen ja suunnittelun toteutus ja yksityiskohdat, materiaalien kestävyys ja yhteensopivuus sekä käyttö- ja huoltotoimenpiteet.

Rasitustekijöistä yleisin vaurioiden aiheuttaja on kosteus. Rakenteissa kosteus esiintyy vetenä, vesihöyrynä tai jäänä. Kosteus voi olla peräisin sateesta, maaperästä, sadevesijärjestelmän vuodoista tai pellitysten puutteellisesta toiminnasta. Myös suolojen esiintyminen rakenteessa kertoo kosteuden liikkumisesta materiaaleissa.

Rappauksen ja alustan tai muiden liittyvien rakenteiden erilaiset lämpö- ja kosteusliikkeet sekä mekaaniset rasitukset voivat aiheuttaa rappaukseen jännityksiä ja siten halkeamia / murtumia tai eri materiaalien välinen tartunta voi pettää.

Auringon UV-säteily ja ilman epäpuhtaudet aiheuttavat erityisesti rappauksen pinnoitteen haalistumista ja sen ennen aikaista vanhenemista.

Rappauksen turmeltuminen voi johtua myös suunnittelun, työmenetelmien tai materiaalivalintojen virheistä. Yleisimpiä virheitä ovat mm. väärin laastiyhdistelmien valinta, työmenetelmien virheet (kostutuksen puute, väärä hierontatapa, liian kuuma tai kylmä työilma) sekä detaljien (esim. pellitykset, vedenpoisto) toimimattomuus.

2.3 Rapatun julkisivun vauriot

Rapatussa julkisivussa vauriot voivat esiintyä pinnoitteessa, rappauskerroksessa, alustassa tai ne voivat ulottua useamman kerroksen läpi. Vaurioiden laajuudesta ja laadusta riippuu ovatko vauriot pelkästään ulkonäköön vaikuttavia vai onko niillä vaikutusta myös rakenteen toimintaan. Pelkästään ulkonäköön vaikuttavat virheet eivät aina välttämättä vaadi kiireellisiä korjaustoimenpiteitä.

Rappauskerroksessa esiintyvät vauriot ovat paitsi ulkonäöllisiä myös teknisiä siinä mielessä, että vaurioiden seurauksena rappauksen kyky suojata alustaansa heikentyy, jolloin alustan rasiustaso kasvaa ja myös alustan vaurioitumista voi tapahtua. Rappauskerroksessa esiintyvät vauriot voivat olla rappauksen lohkeilua, halkeilua rapautumista tai irtoamista joko alustastaan (kopo-alueet) tai kokonaan.

Mikäli rapatun julkisivun vauriot etenevät aina rappausalustaan asti, on vaurioiden korjaaminen työläämpää ja vaikeampaa kuin pelkän rappauskerroksen uusiminen, sillä silloin joudutaan rappauksen lisäksi ainakin osittain uusimaan myös alustarakennetta.

Rapatun julkisivun vauriot syntyvät usein jonkin tietyn julkisivuun kohdistuvan rasiuksen seurauksena. Usein vaurioiden syntymisen syynä on usean rappaukseen kohdistuvan rasiuksen yhteisvaikutus.

2.4 Rapatun julkisivun vaurioiden korjaus

Rapatun julkisivun korjausmenetelmän valinnassa tulee huomioida rappauksessa havaitut vauriot, vaurioiden laajuus ja vaurioiden syntymisen syyt. Korjausmenetelmän oikean valinnan lisäksi korjauksissa on erittäin tärkeää poistaa vaurioiden aiheuttaja.

Ulkonäkövirheiden korjaamiseen voidaan rapatuissa julkisivuissa käyttää esim. pesua, paikka-, huolto-, tai uudelleenmaalausta. Rappauskerroksen vaurioiden korjaamisessa voidaan käyttää rappauksen paikkakorjausta, paikallista korjaamista, pintarappauksen uusimista tai rappauksen uusimista.

Mikäli rappauksen lisäksi myös rappausalusta on vakavasti vaurioitunut, voi korjauksessa tulla kysymykseen myös julkisivumateriaalin vaihto kokonaan toiseen.

3 Tiilirakenteet

3.1 Kosteusrasitus- ja pakkasvauriot

Julkisivujen rasiolosuhteet on otettava huomioon rakenteiden ja rakennusaineiden valinnassa, esimerkiksi avoimella paikalla viistosade rasittaa tavallista enemmän korkeita räystäittämiä julkisivuja. Ulkorakenteissa tiilien ja laastien tulee olla pakkasenkestäviä. Pakkaskestävyyden kannalta ratkaisevat tekijät ovat rakennustarvikkeiden lujuus ja huokosra-
kenne. Sadevesivuotoja ilmenee lähinnä kuorimuureissa, joskus myös harkkoseinissä. Runsaita vesivuotoja voi aiheuttaa voimakas viistosade. Liian ohut kuorimuuri on usein

syynä sisäpuolisiin vesivuotoihin ja kosteusvaurioihin. Seinän joutuessa jatkuvan liiallisen kosteusrasituksen alaiseksi, esimerkiksi räystäskourujen ja syöksytörvien vuotojen tai ikkunapelleiltä ja parvekkeilta valuvan veden vuoksi, syntyy pakkasvaurioita, ja muurattu julkisivu sekä saumalaasti alkavat rapautua. Pakkasvauriot ja halkeilutaipumus ovat yleisempiä kuorimuureissa kuin massiivitiiliseinissä, koska kuorimuriin muodostuu ankarampi rasiustaso kuin massiivitiiliseinään. Tämä johtuu rakenteen suuremmista lämpötilavaihteluista ja seinän pienemmästä kosteuden imukyvystä. Laajoissa seinäpinnoissa kuorimuurin liikkumismahdollisuuden puute saattaa johtaa lämpö ja kosteusliikkeiden aiheuttamaan halkeiluun. Rakennuksen sisäpuolinen lisälämmöneristäminen lisää muuratun julkisivun pakkasrasitusta, sillä ulkokuoren jäähtyminen hidastaa kosteuden poistumista rakenteesta.

3.2 Rakennusrungon liikkeistä aiheutuvat vauriot

Muurattuun rakenteeseen syntyy halkeamia tukirakenteiden, esimerkiksi perustusten, liikkeistä johtuen sekä lämpötila- ja kosteusmuutosten seurauksena. Lämpö ja kosteusliikkeiden aiheuttamat vauriot ovat harvinaisia massiivitiiliseinissä. Halkeamien syyt ja liikkuvuus selvitetään ennen korjaussuunnittelua. Liikkuvan halkeaman korjaaminen saattaa olla joskus vaikeaa. Tästä johtuen ensin tutkitaan vauriosta aiheutuvat haitat sekä arvioidaan kannattaako vauriota korjata, mikäli aiheutuvat haitat ovat vähäisiä.

4 Laboratoriotutkimukset

Ohuthietutkimuksella (mikrorakennetutkimus) tarkoitetaan geologian asiantuntijan yleensä polarisaatiomikroskoopin avulla tekemiä havaintoja betonin mikrorakenteesta. Mikrorakennetutkimus suoritetaan betoninäytteestä valmistetusta, noin 25...30 mm paksusta preparaatista. Ohuthietutkimuksen avulla saadaan varsin tarkkaa tietoa betonin pakkaskestävyydestä ja jo syntyneiden pakkasvaurioiden asteesta.

Betoninäytteiden standardin SFS 5445 mukaisilla vetolujuustutkimuksilla arvioidaan betonirakenteen pakkasrapautuman astetta ja rinnakkaisen näytteenoton avulla saadaan (näyttemääristä riippuen) tietoa pakkasvaurioiden laajuudesta.

Vetolujuustulosten tulkinta BY 42 "Betonijulkisivun kuntotutkimus" -ohjeen mukaan:

- näytteessä on pitkälle edennyttä rapautumaa, jos vetolujuusarvo on luokkaa 0 MPa
- näytteessä on jonkinasteista rapautumaa, jos vetolujuusarvo on luokkaa 0,5...1,0 MPa
- näytteessä ei todennäköisesti ole merkittävää rapautumaa, mikäli betonin vetolujuus on yli 1,5 MPa

Betonin kloridipitoisuus määritetään rakenteesta otetusta porajauhenäytteestä standardin SFS-EN 14629 mukaisesti. Kloridien aktiivisuuden teräskorroosioon suhteen kriittinen kloridipitoisuus on betonin laadusta riippuen 0,03...0,07 % betonin painosta. Vähäininkin kloridipitoisuus (< 0,03 paino-%) saattaa kuitenkin nopeuttaa karbonatisoitumisvyöhykkeessä olevan raudoitteen korroosiota.

Betonin karbonatisoitumisvyöhyke määritetään fenoliftaleiini-indikaattorilla betonin pinnalta. Indikaattori liuos suihkutetaan pestyn näytteen pinnalle ja pinnan kuivuttua karbonatisoitumisvyöhyke voidaan mitata indikaattorin värjäytymisen ja reagoimattoman betonin rajapinnasta. Betonin karbonatisoitumisnopeutta kuvataan ns. karbonatisoitumiskertoimella [mm / $\sqrt{\text{vuosi}}$], jonka tavanomainen arvo on yleensä välillä 1,5...3,0. Pienemmillä arvoilla karbonatisoitumisen eteneminen on tavanomaista hitaampaa ja suuremmilla arvoilla nopeampaa.

Betonirakenteen raudoitteiden suojabetonipaksuudet mitataan kenttätutkimusten yhteydessä peitesyvyysmittarilla.

Julkisivupinnoitteen tyyppiä arvioidaan pinnoitteiden sideaineen kanssa reagoivien kemikaalien avulla.

Julkisivusaumauksissa käytetyissä elementtisaumamassoissa on aiempina vuosikymmeninä saatettu käyttää PCB- ja / tai lyijy-yhdisteitä. Nämä yhdisteet luokitellaan tällä hetkellä ongelmajätteeksi ja ympäristö- ja työsuojeluviranomaisten ohjeiden mukaisesti kiinteistön omistaja on ennen korjaustoimenpiteisiin ryhtymistä velvollinen selvittämään saumamassojen mahdollinen PCB- ja lyijypitoisuus seuraavasti:

- 1958 – 1979 välisenä aikana valmistuneista (saumatuista) rakennuksista määritettävä sekä PCB- että lyijypitoisuus.
- 1980-1989 välisenä aikana valmistuneista (saumatuista) rakennuksista määritettävä mahdollinen lyijypitoisuus.

Mikäli saumamassoissa todetaan PCB:tä tai lyijyä, on niiden poistossa ja käsittelyssä noudatettava ongelmajättemääräyksiä.

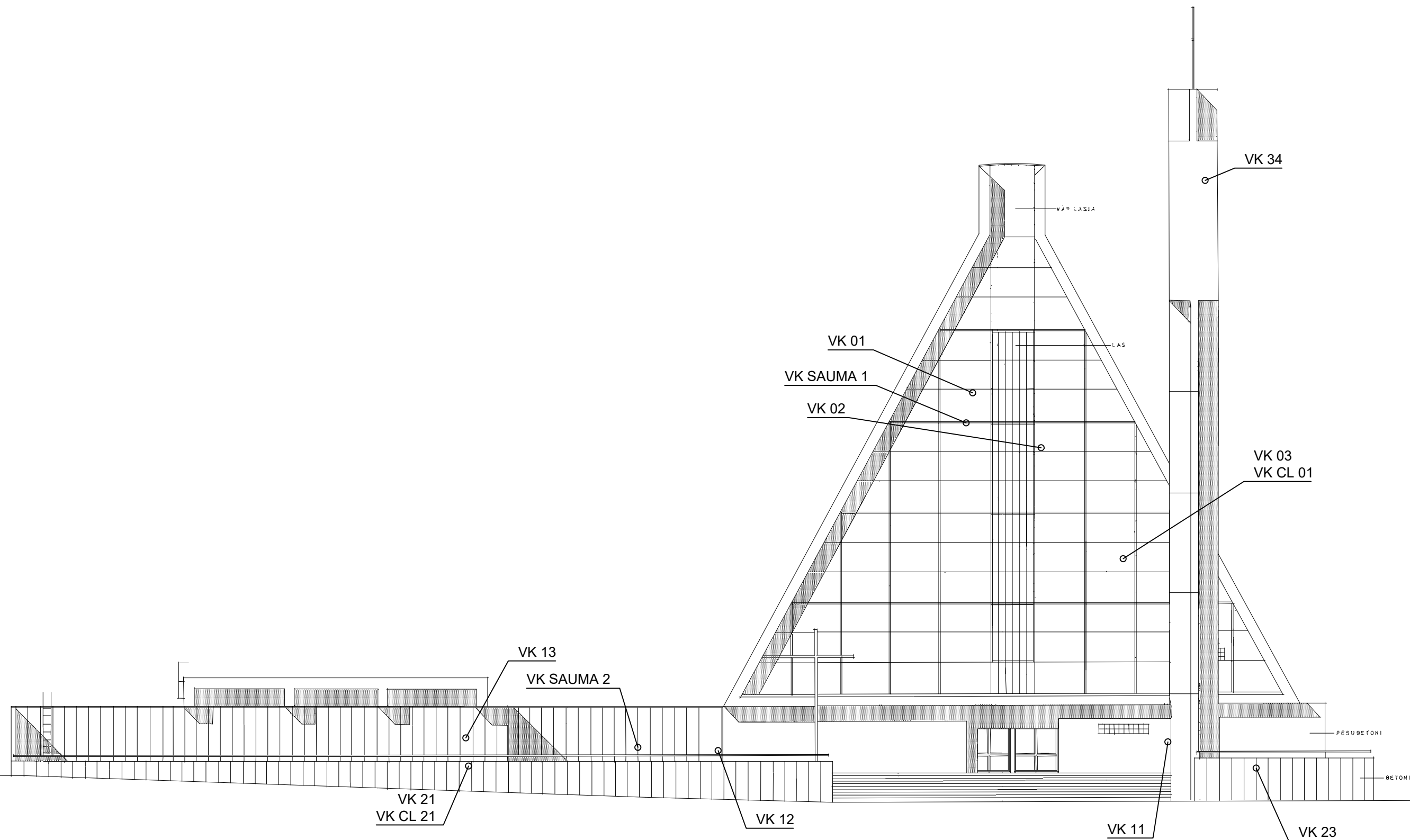
Elementtisaumoista otettujen näytteiden muodon arvioinnissa käytetään ohjearvoina seuraavia mittoja:

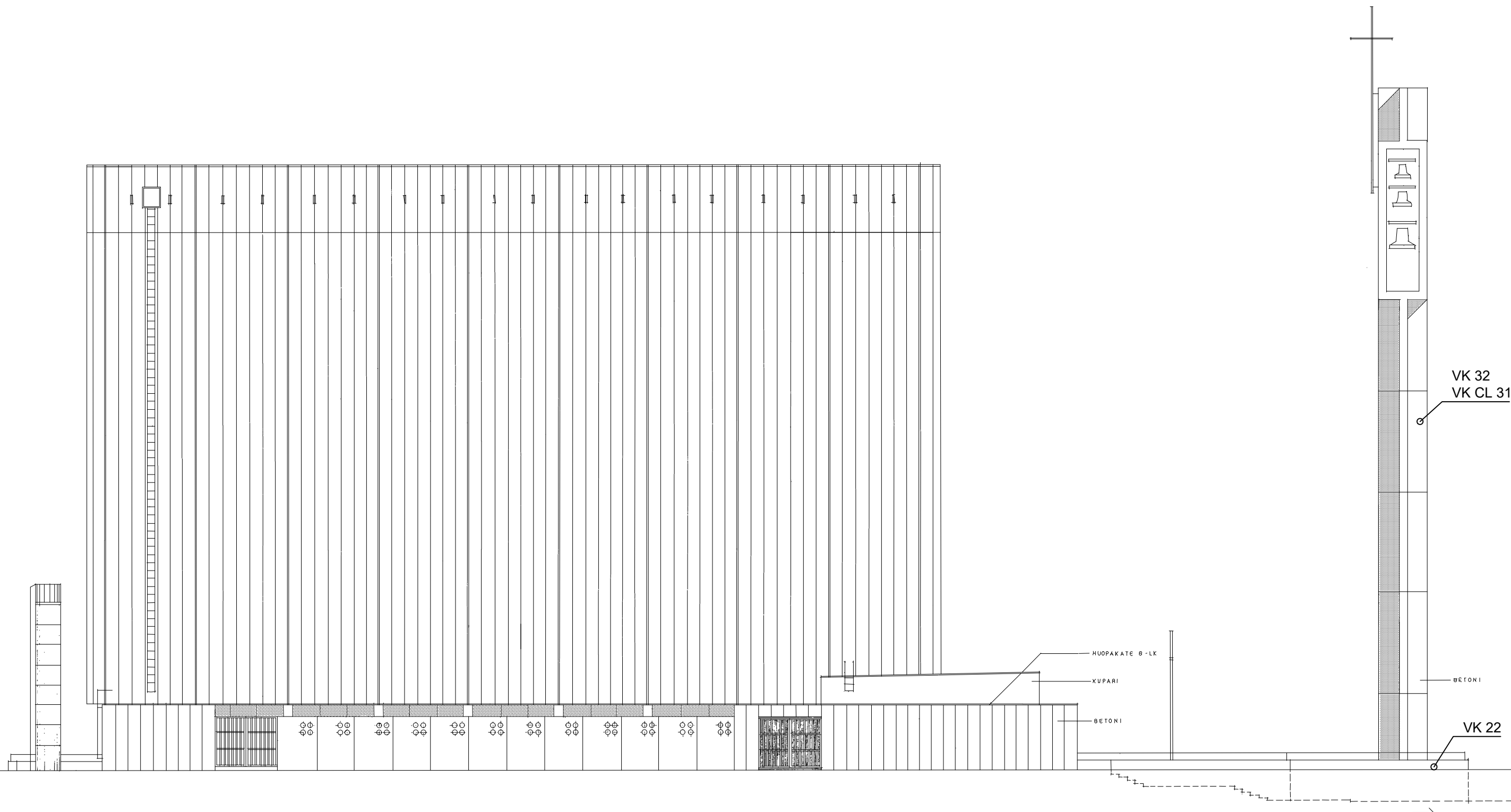
SAUMAN LEVEYS [mm]	SAUMAN KESKIOSAN PAKSUUS [mm]
10 - 12	4 - 7
13 - 20	5 - 8
21 - 30	6 - 9
> 30	10 - 12

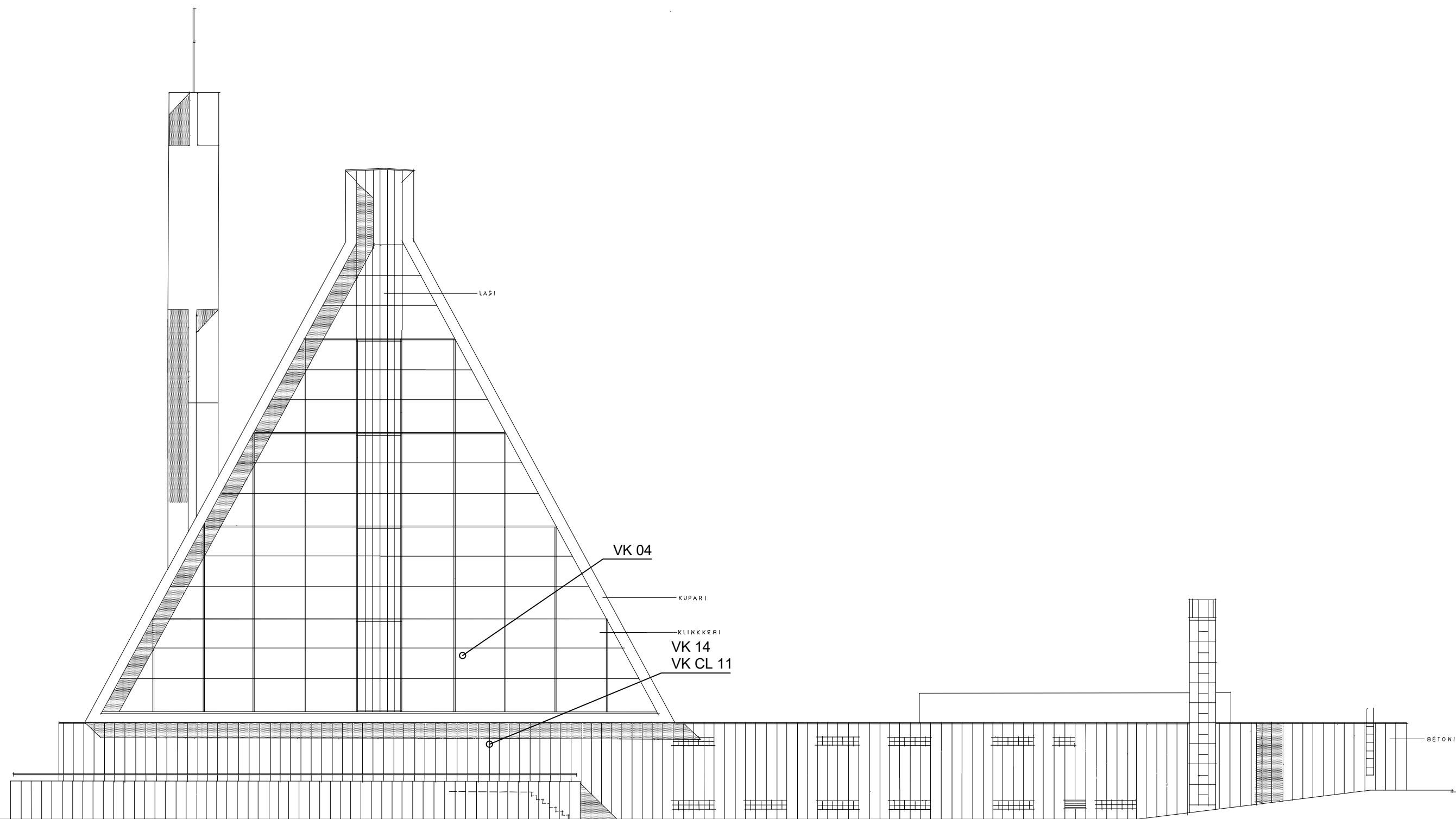
Näytteen tunnus	Rakeneosa	Ilmansuunta	Silmämääräinen tarkastelu		Raudotteet			Karbonatisoituminen						Eristepaksuus (mm)	Veto- lujus	Ohuthe	HUOM!
					peitepaksuus, min.			ulko-/alapinta			sisä-/yläpinta						
					haik. (mm)	ulkoo- -alla- pinta (mm)	sisä-/ ylä- pinta (mm)	kesk. (mm)	maks. (mm)	karb- kerroin	kesk. (mm)	maks. (mm)	karb- kerroin				
VK 01	klinkeripintainen julkisivu	Etelä	85	4	3,12,12,3	46,42	16,81	15	15	0	20	28	2,89		x		
VK 02	klinkeripintainen julkisivu	Etelä	84	3	3,3	35,42	44,16	15	15	0	0	0	0	55	x		Eriste: mineraalivilla
VK 03	klinkeripintainen julkisivu	Etelä	87	2				15	15	0	29	33	4,19			x	
VK 04	klinkeripintainen julkisivu	Pohjoinen	90	2				20	28	1,01	30	34	4,33		x		
Keskiarvot:			87					16	18	0,25	20	24	2,85	55	3	1	
VK 11	betonipintainen julkisivu	Etelä	98	2				33	36	4,76	11	13	1,59	80	x		Eriste: mineraalivilla
VK 12	betonipintainen julkisivu	Etelä	99	4	8,8	28,21	62,03	6	10	0,87	0	0	0	60		x	Eriste: mineraalivilla
VK 13	betonipintainen julkisivu	Etelä	156	3	10,10	46,07	99,82	34	40	4,91	8	19	1,15	60	x		Eriste: mineraalivilla
VK 14	betonipintainen julkisivu	Pohjoinen	95	4	8,8	7,03	72,08	16	22	2,31	8	11	1,15	55	x		Eriste: mineraalivilla
Keskiarvot:			112					22	27	3,21	7	11	0,97	64	3	1	
VK 21	tukimuuri	Etelä	201	4				5	13	0,72	6	10	0,87			x	
VK 22	tukimuuri	Länsi	145	2				20	32	2,89	25	33	3,61		x		
VK 23	tukimuuri	Etelä	144	3				12	21	1,73	11	19	1,59		x		
VK 24	tukimuuri	Itä	149	3				19	26	2,74	15	20	2,17		x		
Keskiarvot:			160					14	23	2,02	14	21	2,06	0	3	1	
VK 31	kellotorni	Pohjoinen	73	3				15	25	2,17	0	0	0		x		
VK 32	kellotorni	Länsi	83	2				12	21	1,73	0	0	0		x		
VK 33	kellotorni	Itä	109	5				18	23	2,6	0	0	0		x		
VK 34	kellotorni	Etelä	131	3				1	5	0,14	0	0	0			x	
Keskiarvot:			99					12	19	1,66	0	0	0	0	3	1	

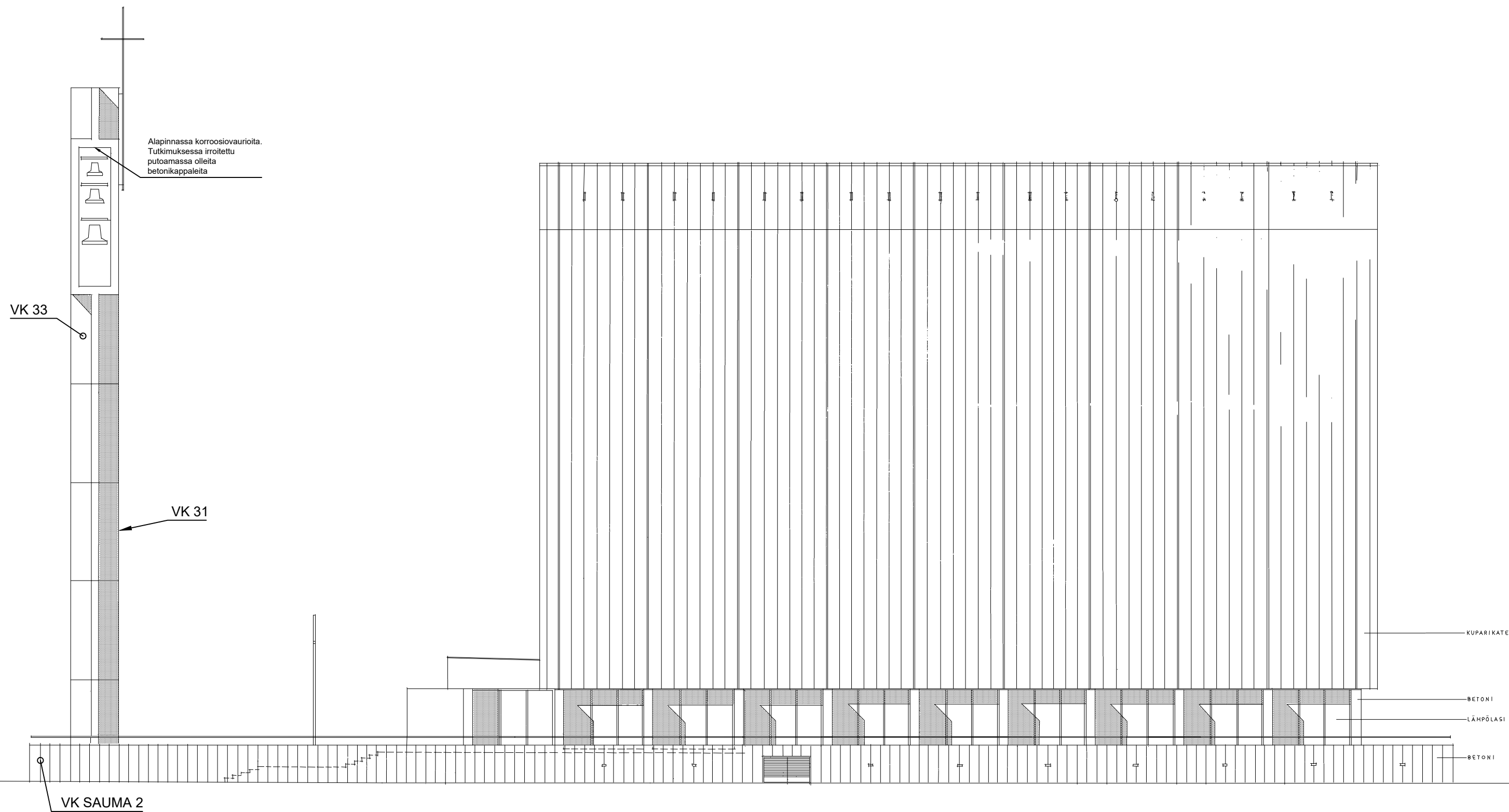
Näytteen tunnus	Rakeneosa	CL-pitoisuus (paino-%)
VK CL 01	klinkeripintainen julkisivu	0,01
VK CL 11	betonipintainen julkisivu	0,01
VK CL 21	tukimuuri	0,01
VK CL 31	kellotorni	0,01

Näytteen tunnus	Leveys (mm)	Paksuus (mm)	Taustanauha	Huom!
Sauma 1	10	10	vaahтомуovi	
Sauma 2	20	5	ei	
Sauma 3	10	15	solumkumi	



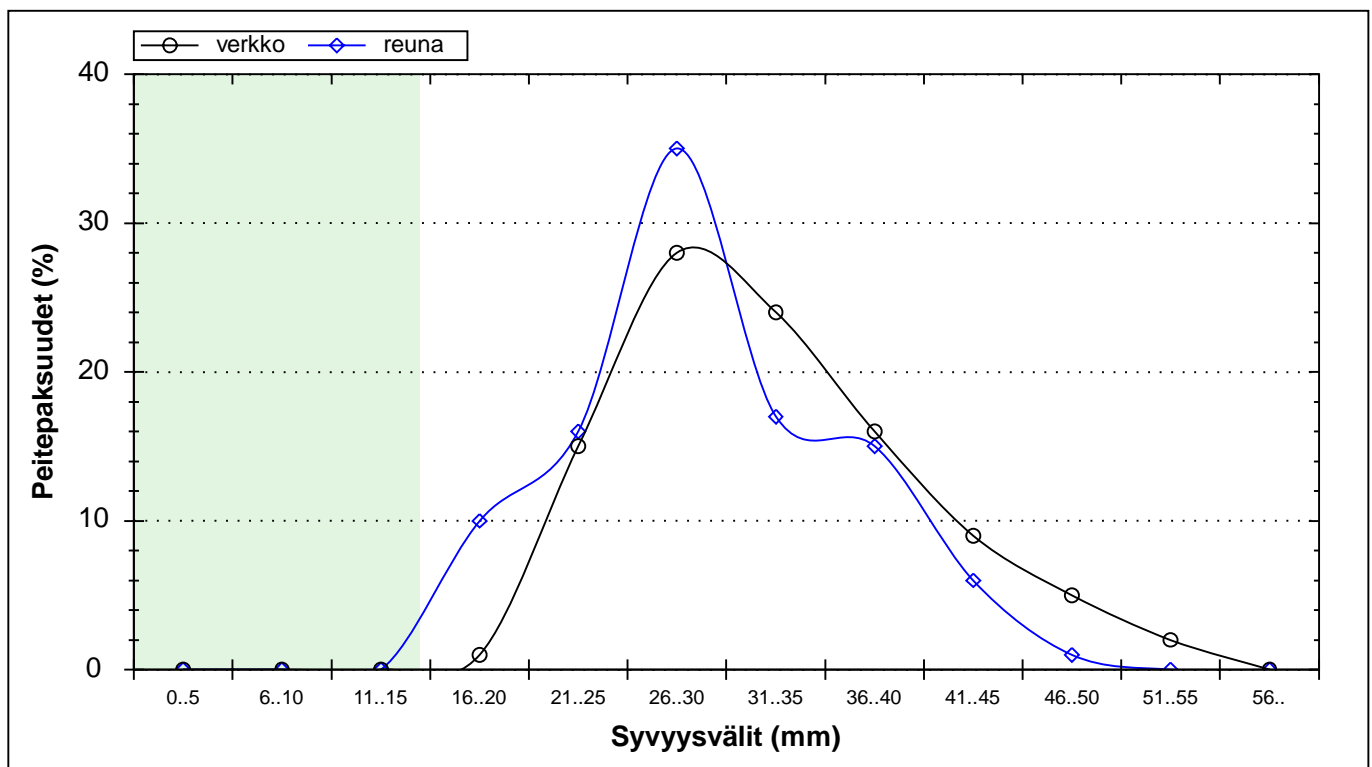




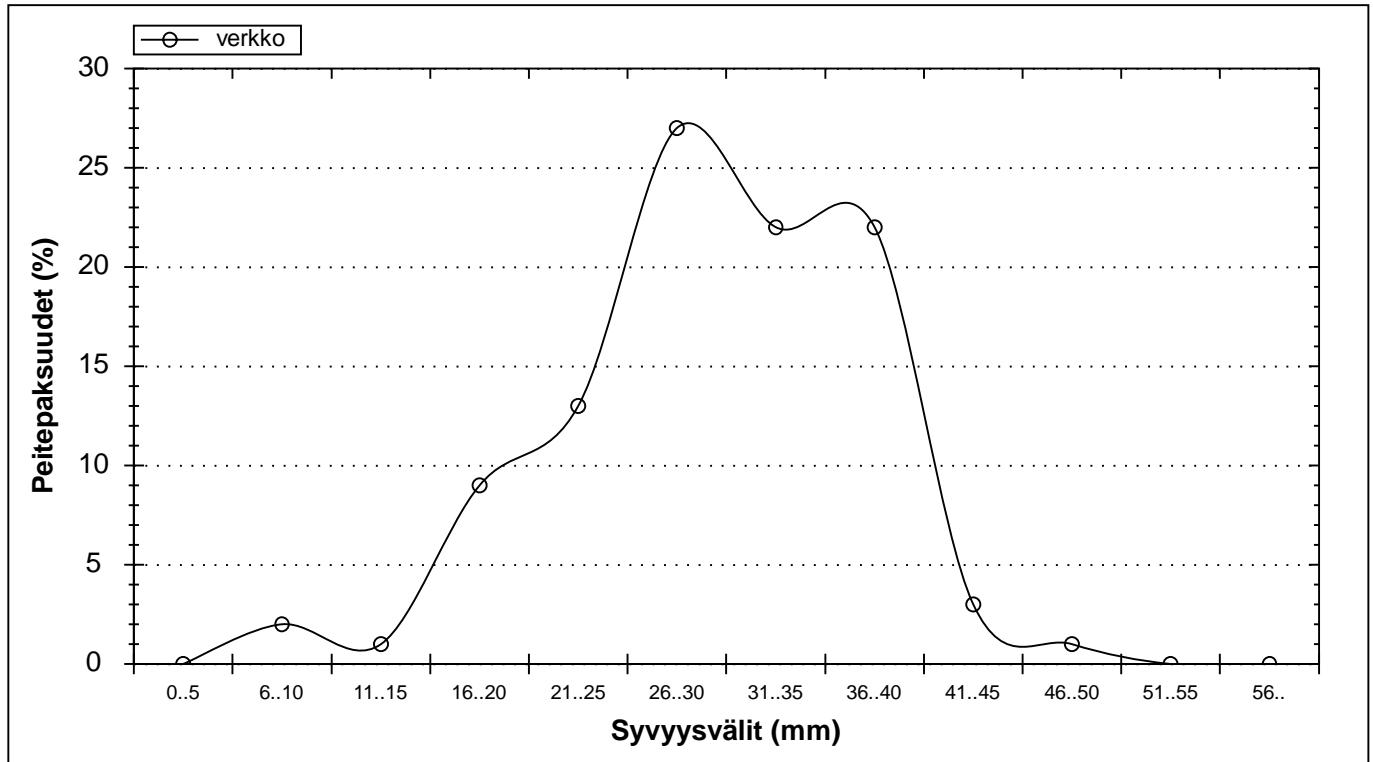


klinkeripintainen verkko julkisivu												
Syvyysalue (mm)	0.5	6..10	11..15	16..20	21..25	26..30	31..35	36..40	41..45	46..50	51..55	56..
Raudoitteita (kpl)	1	21	40	42	33	14	10	2	0	0	0	0
Peitepaksuudet	0 %	9 %	18 %	33 %	29 %	6 %	4 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	75 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %	1 %

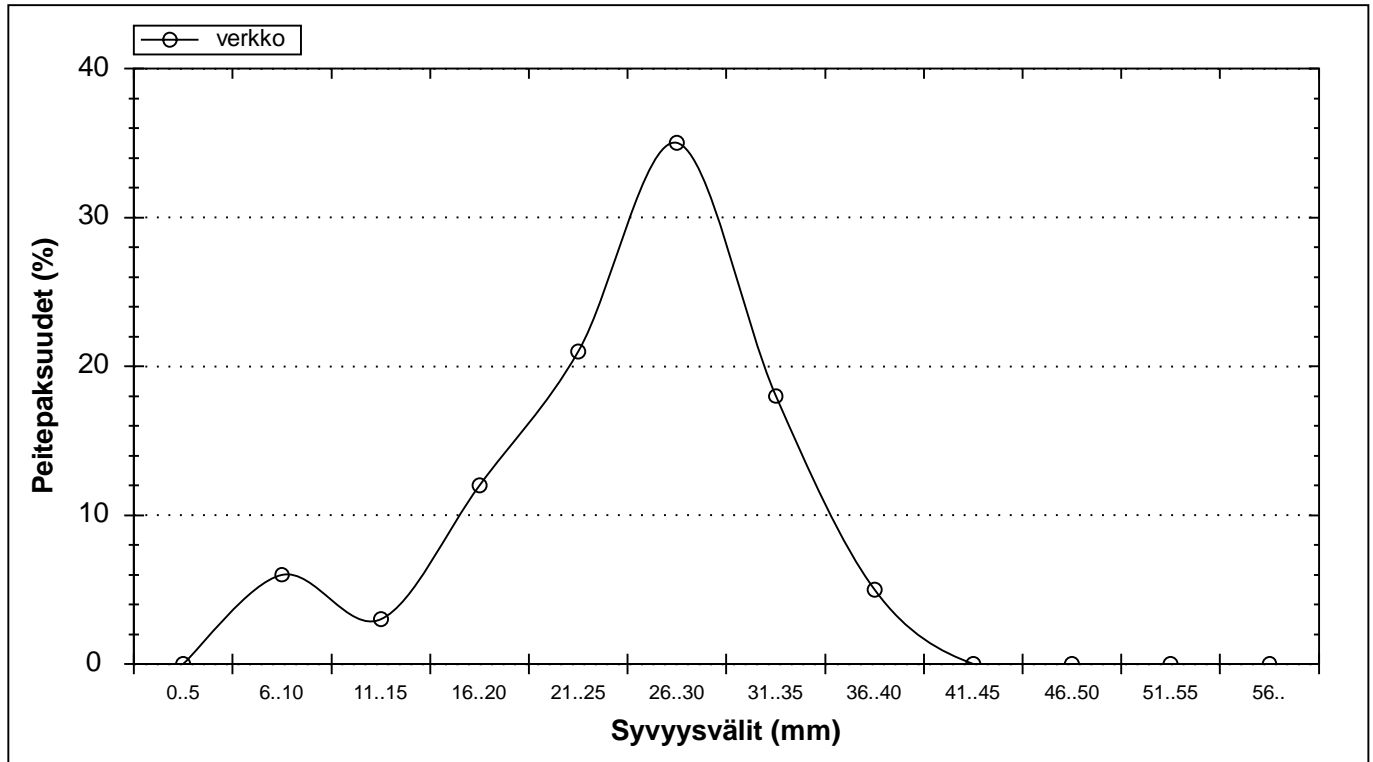
klinkeripintainen reuna												
Syvyysalue (mm)	0.5	6..10	11..15	16..20	21..25	26..30	31..35	36..40	41..45	46..50	51..55	56..
Raudoitteita (kpl)	16	29	54	28	30	10	2	1	0	0	0	0
Peitepaksuudet	8 %	14 %	36 %	13 %	23 %	5 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	75 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	5 %	2 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	5 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %	7 %



betonipintainen julkisivu	verkko											
Syvyysalue (mm)	0..5	6..10	11..15	16..20	21..25	26..30	31..35	36..40	41..45	46..50	51..55	56..
Raudoitteita (kpl)	0	4	2	20	29	64	50	53	7	2	0	0
Peitepaksuudet	0 %	2 %	1 %	9 %	13 %	27 %	22 %	22 %	3 %	1 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	0 %	25 %	0 %	25 %	0 %	0 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	2 %	1 %	5 %	6 %	14 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	2 %	2 %	8 %	14 %	28 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %	33 %

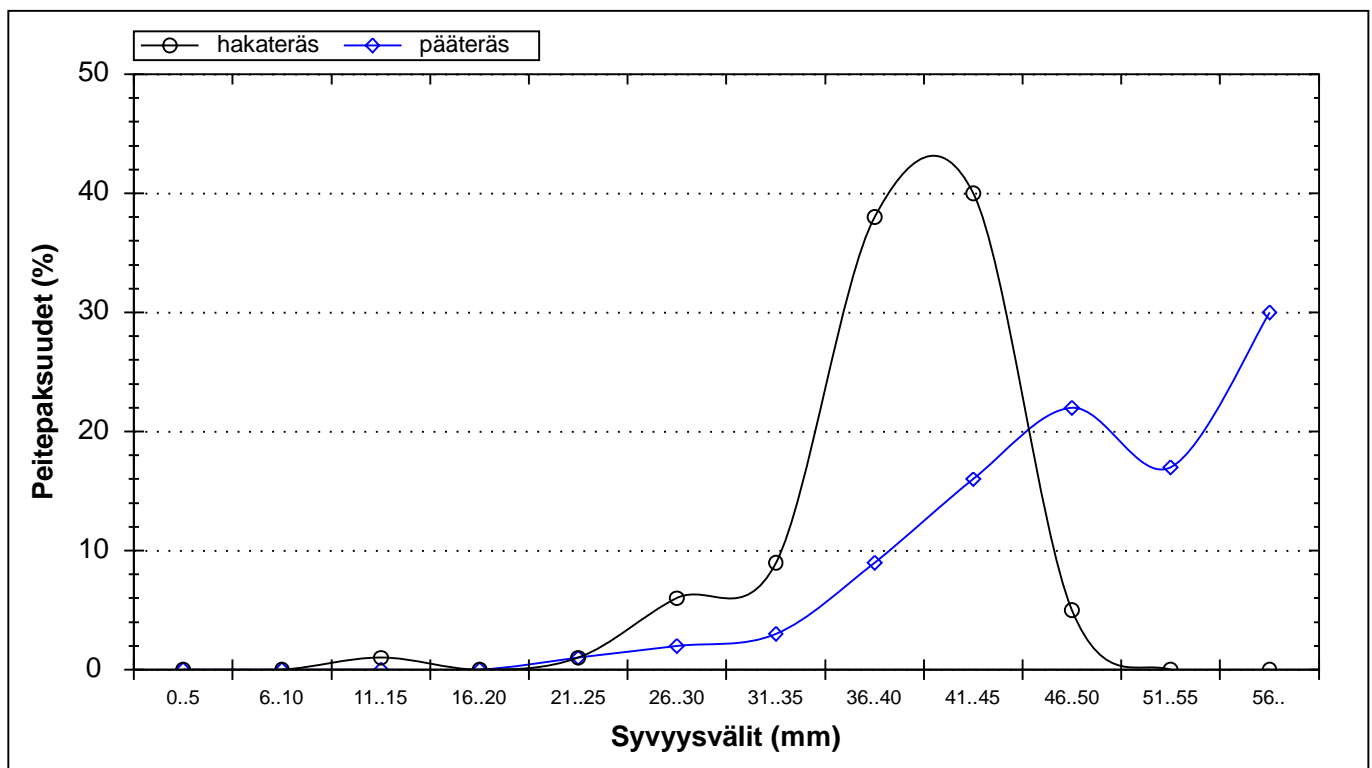


tukimuuri	verkko											
Syvyysalue (mm)	0..5	6..10	11..15	16..20	21..25	26..30	31..35	36..40	41..45	46..50	51..55	56..
Raudoitteita (kpl)	0	8	4	15	27	45	23	6	0	0	0	0
Peitepaksuudet	0 %	6 %	3 %	12 %	21 %	35 %	18 %	5 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	25 %	0 %	25 %	50 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	5 %	2 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	5 %	7 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %



kellotorni		hakateräs										
Syvyysalue (mm)	0.5	6..10	11..15	16..20	21..25	26..30	31..35	36..40	41..45	46..50	51..55	56..
Raudoitteita (kpl)	0	0	1	0	2	11	17	69	73	10	0	0
Peitepaksuudet	0 %	0 %	1 %	0 %	1 %	6 %	9 %	38 %	40 %	5 %	0 %	0 %
Karbonatisoituminen	25 %	0 %	50 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

kellotorni		pääteräs										
Syvyysalue (mm)	0.5	6..10	11..15	16..20	21..25	26..30	31..35	36..40	41..45	46..50	51..55	56..
Raudoitteita (kpl)	0	0	0	0	1	2	3	8	15	20	16	27
Peitepaksuudet	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	2 %	3 %	9 %	16 %	22 %	17 %	30 %
Karbonatisoituminen	25 %	0 %	50 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Raudoituksesta korroosiotilassa	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Korroosiotilan kumulatiivinen osuus	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %





TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennuslaboratorio

KUNTOTUTKIMUKSEEN LIITTYVÄT MITTAUKSET

27.6.2017

3112978.1

3.7.2017

RAKENNUSLABORATORION MITTAUSPALVELU

Betonin vetolujuustestit 27.6.2017

Tilaaaja A-insinöörit Suunnittelu Oy
Sami Hirvonen
Puutarhakatu 10

33210 Tampere

Kohde 3112978.1

Tilaaajan toimittamista näytteistä tehtiin betonin vetolujuustestit.

Vetolujuudet

Koekappaleiden halkaisija oli 50 mm. Tulokset on laskettu käyttämällä näytteiden todellisia halkaisijoita.

Tilaaajan toimittamista betonilieriö näytteistä määritettiin betonin vetolujuus standardin SFS-EN 5445 Betoni. Vetolujuus mukaisesti.

Tulokset

Taulukko 1. Vetolujuudet

Näytteen tunnus	Rakenne	Vetolujuus [MPa]	Murtokohta [mm]	Murtotapa
VK 01	Klinkkeripintainen julkisivu	1,3	57/65 UP	10mm harjaterästä pitkin. Max. rae 17mm. Raetta myötäillen.
VK 02	Klinkkeripintainen julkisivu	0,9	61/75 UP	Max. 15mm raetta myötäillen.
VK 02 uusinta	Klinkkeripintainen julkisivu	1,1	60 UP	Max. 10mm raetta myötäillen.
VK 04	Klinkkeripintainen julkisivu	2,7	30/40 UP	Max. 7mm raetta myötäillen.
VK 11	Betonipintainen julkisivu	3,6	64/68 UP	Max. 15mm rakeen halkaisten ja max. 10mm raetta myötäillen.
VK 13	Betonipintainen julkisivu	2,4	30/46 UP	10mm harjaterästä myötäillen. Max. 10mm raetta myötäillen.
VK 14	Betonipintainen julkisivu	3,2	25/33 UP	Max. 10mm raetta myötäillen.
VK 22	Tukimuuri	1,8	6 UP	Max. 29mm raetta myötäillen.
VK 23	Tukimuuri	3,2	92/110 UP	Max. 16mm raetta myötäillen ja 10mm rakeen halkaisten.
VK 24	Tukimuuri	2,1	45/60 UP	Max. 22mm raetta myötäillen.

Taulukko 2. Vetolujuudet

Näytteen tunnus	Rakenne	Vetolujuus [MPa]	Murtokohta [mm]	Murtotapa
VK 31	Kellotorni	2,8	50/64 UP	Max. 19mm raetta myötäillen.
VK 32	Kellotorni	3,2	49/62 UP	Max. 24mm raetta myötäillen.
VK 33	Kellotorni	2,3	42/61 UP	Max. 17mm raetta myötäillen. Max. 15mm x 24mm huokoinen.

Tampereella, 3. heinäkuuta 2017

Hannu Kauranen
Koulutuspäällikkö
Rakentaminen ja teknologia

Jarno Oravasaari
Laboratioinsinööri
Rakennuslaboratorio

Mikko Viitala
Harjoittelija
Rakennuslaboratorio

Riku Kyllönen
Harjoittelija
Rakennuslaboratorio

Liitteet Mittauspöytäkirjat

OHUTHIEANALYYSI		
Tilaja: A-Insinöörit suunnittelu Oy / Sami Hirvonen	Tilaus-/ toimituspäivä: 15.6.2017	Kohde/ projektinnumero: 3112978.1
Näytetunnukset: VK 03, VK 12, VK 21, VK 34	Näytteiden materiaali, muoto ja koko: Betoni, poralieriö Ø 50 mm	Näytepreparaatti: Ohuthie 48 mm x 25 mm (paksuus 0,020-0,025 mm)
Menetelmä: Tilajan toimittamat näytteet tutkittiin Nikon SMZ-745T stereomikroskoopilla ja Nikon E200 POL, CiPOL tai Motic BA310pol polarisaatiomikroskoopilla. Analyysissä sovellettiin standardia ASTM C 856-11. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Ohuthie on valmistettu tilaajan osoittamasta näytepinnasta pintaa vastaan kohtisuoraan. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä. Labroc Oy vastaa toimeksiannoista KSE 2013 mukaisesti.		

TULOSTEN ARVIOINTI / YHTEENVETO:

Taulukossa on arvioitu näytteiden kuntoa asteikolla: HYVÄ, TYYDYTTÄVÄ, VÄLTTÄVÄ ja HEIKKO. Karbonatisoituminen on mitattu ohuthieestä ja/tai fenoliftaleiiniliuoksella lieriön halkaistulta pinnalta. Rapautuneisuutta on kuvattu asteikolla 0-4: 0 - ei rapautumaa, 1 - vähäistä, 2 - orastavaa, 3 - kohtalaista, 4 - voimakasta.

Näyte:	Rakenneosa/ ohuthiepinta:	Kunto:	Karbonatisoituminen min-max/ka. [mm]:	Huokostus/ huokostäytteet:	Rapautu- neisuus:
VK 03	julkisivu / ulkopinta	hyvä	ulkopinta klinkkerin taustalla 4-20/12 sisäpinta 24-28/26	ei/ ei	0
VK 12	julkisivu / ulkopinta	hyvä	ulkopinta 1-9/6 sisäpinta 0-1/1	ei/ ei	0
VK 21	tukimuuri / ulkopinta	hyvä	ulkopinta 2-9/6 sisäpinta 1-5/3	ei/ ei	0
VK 34	kellotorni / ulkopinta	hyvä	ulkopinta 0-1/1	ei / ei	0

YHTEENVETO

- näytteet on porattu rakenteiden läpi, lukuunottamatta kellotorninäytettä (VK34)
- julkisivunäytteessä VK 03 ulkopinnassa klinkkeri, tartunta alustaan on tyydyttävä, kellotornin ulkopinnassa ja tukimuurin toisessa pinnassa on ohuehkot pinnoitteet, tartunnat tyydyttävät
- betoni on tasalaatuista ja tiivistyminen on vähintään tyydyttävä, kiviaineen rajapinnat ovat pääsääntöisesti tiiviit ja tartunnat hyvät
- betonin sideaineen laatu on hyvä
- karbonatisoituminen on edennyt julkisivunäytteen VK03 sisäpinnassa kohtalaisen syväälle, muissa näytteissä ei ole merkittävää karbonatisoitumista
- betoni ei ole huokostettua, suoja huokosia on vähän, huokosrakenteen perusteella betonit eivät ole pakkasenkestäviä kosteissa olosuhteissa
- betonin kuntoa merkittävästi heikentäviä vaurioita ei ole havaittavissa
- huokostiloissa ei ole havaittavissa kiteytymiä

TULOKSET:

Näyte: VK 03		
Rakenneosa: klinkkeripintainen julkisivu	Lieriönäytteen pituus: 84 mm	Ohuthiepinta: ulkopinta
Yleistiedot: <ul style="list-style-type: none">- näyte ulottuu ulkokuoren läpi- ulkopinnassa klinkkerilaatta (n. 15 mm) ja kiinnityslaastia (n. 2 mm), tartunnat arviolta tyydyttävät, laastin ja klinkkerin välinen kontakti osin auki, klinkkerin lasituksessa hiushalkeilua- karbonatisoituminen on edennyt ulkopinnasta klinkkerin taustalla 4-20 mm (ka. 12 mm) ja sisäpinnasta 24-28 mm (ka. 26 mm)		
Laatu ja mikrorakenne: <ul style="list-style-type: none">- betoni on tasalaatuista- tiivistyminen on suhteellisen hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 5$ mm) on kohtalaisesti ja nämä ovat jakautuneet tasaisesti- kiviaineen kontaktit ovat pääosin tiiviit ja tartunnat hyvät- kiviaine on osin pyöristynyttä ja kulmikasta, pääkivilajit: granitoidit, suurin havaittu raekoko 6 mm, kiviaine on ehjää- sideaineen (portlandsementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen- suojahuokosia ($\varnothing 0,02-0,8$ mm) on jonkin verran- huokosissa ei ole havaittavissa kiteytymiä		
Rapautuneisuus/ säröily: <ul style="list-style-type: none">- kiinnityslaastissa heikohkoa pinnansuuntaista mikrosäröilyä, tämä ei jatku yhtenäisenä näytteen poikki- muuta halkeilua, säröilyä tai merkittävää mikrosäröilyä ei ole havaittavissa		

Näyte: VK 12**Rakenneosa:**
betonipintainen julkisivu**Lieriönäytteen pituus:**
97 mm**Ohuthiepinta:**
ulkopinta**Yleistiedot:**

- näyte ulottuu ulkokuoren läpi
- ulkopinta betonipinnalla
- ulkopinnassa on karbonatisoitumista 0-9 mm (ka. 6 mm), sisäpinnassa 0-12 mm, (ka. 2 mm), lohkeaman yhteydessä karbonatisoituminen edennyt 12 mm syvyydelle
- ulkopinnasta 28 mm etäisyydellä oleva teräs (\varnothing 8 mm) on hyvässä kunnossa, korroosiota ei ole

Laatu ja mikrorakenne

- betoni on tasalaatuista
- tiivistyminen on suhteellisen hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 2$ mm) on jonkin verran
- kiviaineen kontaktit ovat tiiviit ja tartunnat hyvät
- kiviaine on osin pyöristynyttä ja kulmikasta, pääkivilajit: granitoidit, suurin havaittu raekoko 10 mm, kiviaine on ehjää
- sideaineen (portlandsementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen
- suojahuokosia (\varnothing 0,02-0,8 mm) on vähän
- huokosissa ei ole havaittavissa merkittäviä kiteytymiä

Rapautuneisuus/ säröily:

- sisäpinnassa paikallinen lohkeama n. 15 mm syvyydelle
- muuta halkeilua, säröilyä tai merkittävää mikrosäröilyä ei ole

Näyte: VK 21**Rakenneosa:**
tukimuuri**Lieriönäytteen pituus:**
199 mm**Ohuthiepinta:**
ulkopinta**Yleistiedot:**

- näyte ulottuu rakenteen läpi
- ulkopinta betonipinnalla, sisäpinnassa pinnoitetta kaksi kerrosta, (paksuus n. 0,5 mm)
- ulkopinnassa on karbonatisoitumista 2-9 mm (ka. 6 mm), sisäpinnassa 1-5 mm, (ka. 3 mm)

Laatu ja mikrorakenne:

- betoni on tasalaatuista
- tiivistyminen on suhteellisen hyvä, tiivistyshuokosia ($\emptyset < 4$ mm) on jonkin verran
- kiviaineen kontaktit ovat tiiviit ja tartunnat hyvät
- kiviaine on osin pyöristynyttä ja osin kulmikasta, pääkivilajit: granitoidit, suurin havaittu raekoko 18 mm, kiviaine on ehjää
- sideaineen (portlandsementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen
- suojahuokosia ($\emptyset 0,02-0,8$ mm) on vähän
- huokosissa ei ole havaittavissa kiteytymiä

Rapautuneisuus/ säröily:

- halkeilua, säröilyä tai merkittävää mikrosäröilyä ei ole havaittavissa

Näyte: VK 34		
Rakenneosa: kellotorni	Lieriönäytteen pituus: 134 mm	Ohuthiepinta: ulkopinta
Yleistiedot: <ul style="list-style-type: none">- näyte on katkaistu- ulkopinnassa on ohuehko (0,1 mm) maalipinnoite, tartunta alustaan on tyydyttävä- ulkopinnassa on karbonatisoituminen ei ole edennyt juurikaan (0-18 mm), heikon mikrosärön yhteydessä kiilamaisesti edennyt noin 18 mm syvyydelle		
Laatu ja mikrorakenne: <ul style="list-style-type: none">- betoni on tasalaatuista- tiivistyminen on suhteellisen hyvä, tiivistyshuokosia ($\varnothing < 4$ mm) on jonkin verran- kiviaineen kontaktit ovat tiiviit ja tartunnat hyvät- kiviaine on osin kulmikasta, pääkivilajit: granitoidit, suurin havaittu raekoko 14 mm, kiviaine on ehjää- sideaineen (portlandsementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen- suojahuokosia (\varnothing 0,02-0,8 mm) on vähän- huokosissa ei ole havaittavissa merkittäviä kiteytymiä		
Rapautuneisuus/ säröily: <ul style="list-style-type: none">- ulkopinnassa noin 15 mm syvyydelle ulottuva pintaa kohtisuora heikko mikrosärö, leveys < 0,02 mm- muuta halkeilua, säröilyä tai merkittävää mikrosäröilyä ei ole		



Tapani Arola
tutkija, FM
puh. 050 411 3779



Miika Huttu
tutkija, FM

KLORIDIPITOISUUDEN MÄÄRITYS

Tilaaaja:A-Insinöörit Suunnittelu /
Sami Hirvonen**Tilaus-/ toimituspäivä:**

13.6.2017

Kohde/Projektinnumero:

3112978.1

Näytteiden lukumäärä:

4

Analyysipäivämäärä:

16.6.2017

Materiaali:

Betonijauhetta

Menetelmä:

Koe suoritettiin titraamalla tilaajan toimittamista näytteistä standardin SFS-EN 14629 mukaan (Potentiometrinen titraus). Näytteiden alkukäsittely tehtiin Metrohm menetelmä Ti Application Note No. T-6 mukaan.

TULOKSET

Näytetunnus	Näytetiedot	Cl ⁻ pitoisuus [paino-%]
VK CL 01	Klinkkeripintainen julkisivu	0,010
VK CL 11	Betonipintainen julkisivu	0,011
VK CL 21	Tukimuuri	< 0,010
VK CL 31	Kellotorni	< 0,010



Rasmus Eriksson
Tutkija
Puh. 044 4211204