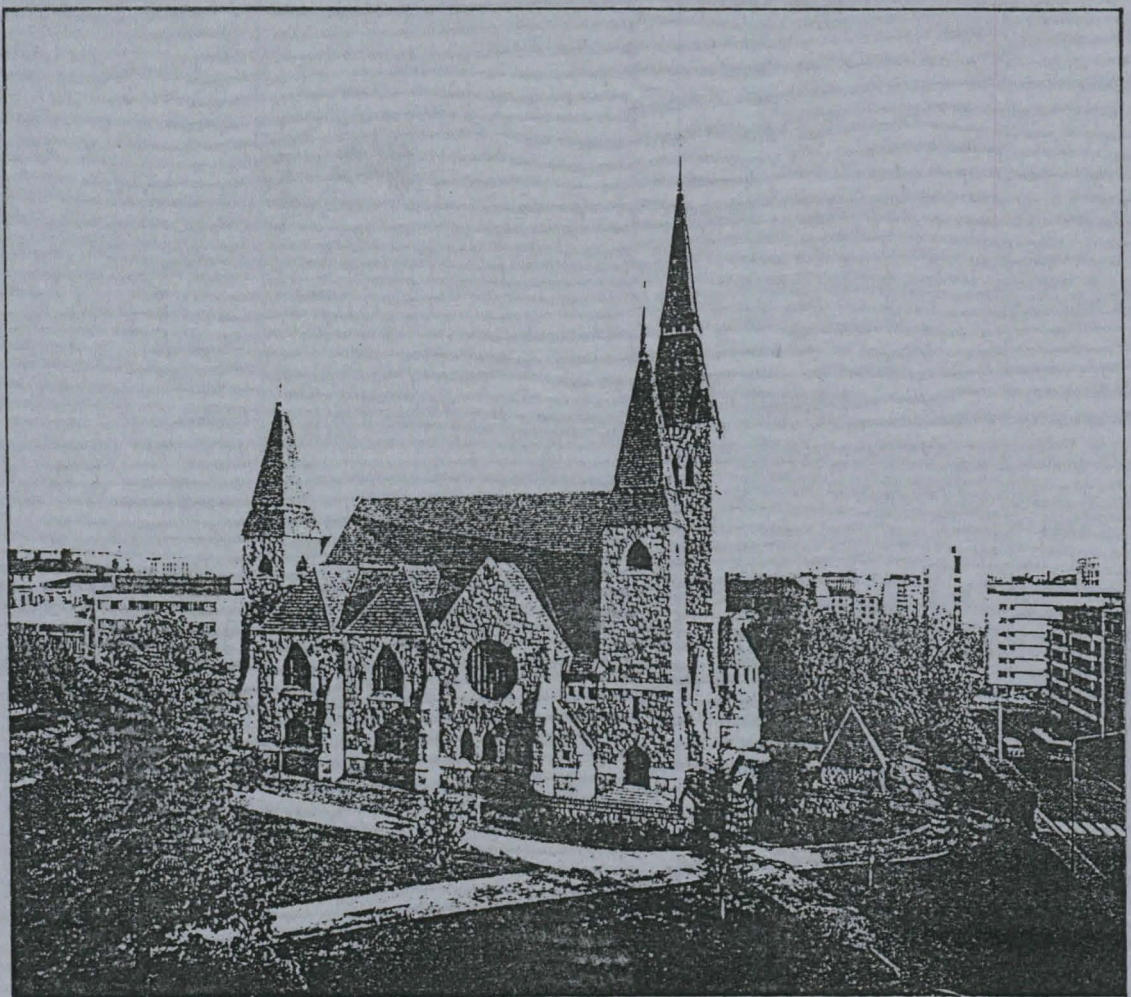


K

TAMPEREEN TUOMIOKIRKKO

KIVIVERHOUKSEN SAUMAUS- JA KORJAUSRAPORTTI 1993



TAMPEREEN TUOMIOKIRKON KIVIVERHOUKSEN SAUMAUS- JA KORJAUSRAPORTTI 1993

TYÖNSUORITTAJA

PAANURAKENNE pr OY

Eero Haapalehto
toimitusjohtaja

SAUMAUSTYÖSTÄ TYÖMAALLA VASTAA

Tuomo Pessinen

TILAAJA

Tampereen ev.lut.seurakunnat

Timo Mäkkylä
kiinteistöpäällikkö

TUTKIMUKSET

TTKK / talonrakennustekniikka

Matti Pentti
dipl. ins

TYÖN SUORITUSAIKA 2.3 – 1.7.1993

SAUMAUS JA MUURAUS 26.4 – 1.7.1993

Tornin eteläsivulla pidettiin silmämääräinen tarkastus 25.3.1992, jossa selvitettiin tornin luonnonkiviverhouksen korjaustarve.

TORNIN ULKOSEINÄRAKENNE

Tornin ulkoseinä koostuu graniittiverhouksesta, jonka takana on noin 1 m:n paksuinen massiivinen tiilimuuri. Verhouskivet ovat osin hyvin ohuita (esim. alle 50 mm) ja niitä ei ole hakattu saumapinnoiltaan (lappeiltaan) suoriksi. Näin ollen kiviverhouksen laastisaumojen halkeamat ja rapautumakohdat voivat helposti johtaa sadevettä rakenteen sisään.

Kivikappaleiden kapeus ja epämääräinen muoto vaikuttavat myös heikentävästi verhouskerroksen stabiilisuuteen, koska laastisaumat eivät ole vetokestäviä. Sidekiviä, jotka ulottuvat tiilimuurin sisään, arvioitiin olevan noin 1 kpl/m. Kiviverhouksen ja tiilimuurin väliin muodostuva sauma on alun alkaen täytetty laastilla.

Kiviverhouksen saumausta on jo aiemmin eri aikoina korjattu.

HAVAITUT VAURIOT

A) Laastisaumojen vauriot

Kiviverhouksen laastisaumoissa on havaittavissa runsaasti halkeamia, lohkeamia ja rapautumia, jonka perusteella saumaus on päätetty korjata.

Saumauksen vaurioituminen on edennyt ajan kuluessa, jolloin rakenteen sisään tunkeutuneen sadeveden määrä on jatkuvasti kasvanut. Runsa sadeveden läpikulku näkyi myös runsaina suolakerroksina tornin seinien sisäpuolella, erityisesti kylmissä rakenteissa. Suolat on nyt harjattu pois.

Sadeveden poistuminen rakenteen läpi imeytyen on hidasta, joten rakenteen ulko-osan kosteuspitoisuus on erityisesti talvikausina ollut korkea ja aiheuttanut mm pakkasrapautumista graniittiverhouksen takapinnan laastikerroksessa ja tiilimuurin ulkopinnassa. Verhouksesta irronneen kiven kohdalta voitiin havaita, että graniittiverhouksen ja tiilimuurin välisessä raossa oli irtonaista tiilen ja laastin rapautumistuotetta.

Pitkälle edennyt laastisaumojen rapautuminen vaarantaa kivien kapeudesta ja vinouksista johtuen myös graniittiverhouksen paikallaan pysyvyyden.

Kiviverhouksen muodonmuutoksista ja laastin hauraudesta johtuen laastisaumoihin muodostuu korjauksen jälkeenkin halkeamia, joten vesivuotoa ei kokonaan pystytä estämään.

B) Kiviverhouksen pullistuminen

Tornin eteläsivulla on kaksi selvästi havaittavaa verhouksen pullistumaa, joista suurempi on alaltaan useita neliömetrejä ja pullistuma ulospäin on arviolta 50–100 mm. Pullistuman kohdalta on yksi kivi irronnut ja pudonnut. Ironneen kiven kohdalta voidaan havaita kiviverhouksen takana oleva rako. Aukosta voidaan nähdä vieressä oleva sidekivi, joka on irronnut tiilimuurauksesta.

Pullistuminen etenee todennäköisestisiten, että vyttynyt laasti ja sen rapautumisjäte verhouksen takana jäätyessään paisuu ja pullistaa verhousta ulospäin ja sulamisen yhteydessä rapautumisjäte painuu alaspäin täyttäen (kiilaten) muodostuvan raon. Näin pullistuminen voi jatkuvasti edetä. Saumauksen uusiminen vähentää vesivuotoa, joten sillä on pullistumista hidastava vaikutus. Pullistuminen voi pitkälle edetessään johtaa verhouksen osittaiseen sortumiseen tai ainakin kivien irtoamisvaaraan.

(TTKK:n tutkimusraportti)

KORJAUSTYÖMENETELMÄT

Rapautuneet ja pehmeät saumat piikattiin auki kovaan laastipintaan saakka ja alue puhdistettiin laastijäännöksistä ja pölystä. Uusien saumojen syvyys on vähintään 25 mm. Mikäli saumojen syvyys oli suurempi kuin 40 mm, täytettiin saumat kahdessa vaiheessa, jättäen 1 – 2 vuorokautta kuivumisaikaa väliin.

Ennen saumausta kostutettiin saumattava alue tai uusi työsauma. Saumattava alue ei kuitenkaan saanut olla läpi-märkä saumauksen yhteydessä.

Saumauslaasti työnnettiin tiukasti syvennykseen siten, että laastin tartunta vanhaan laastiin oli aukoton. Saumat viimeisteltiin saumaraudalla samalla tiivistäen niitä.

ETELÄSIVUN PURETTUJEN JA UUELLEEN MUURATTUJEN OSIEN TYÖTAPA

Sortumisvaaran vuoksi seinäosa korjattiin liitteenä olevan piirroksen (liite 1) mukaan osa-alueena. Jotta osa-alue pystyttiin purkamaan, piti yläpuolinen seinäverhous sitoa haponkestävillä kierretangoilla. Kierretangot jäivät pysyviksi siteiksi.

Määräala purettiin varovasti muurauksjärjestykseen telineelle. Tämän jälkeen tiilen ja kiviverhouksen välisessä tilassa olleet rapautuneet tiilet ja laasti poistettiin. Kiviverhous muurattiin uudelleen käyttäen muuraukslaastia KS 100/40/450.

JÄLKIHOITO

Jälkikastelu 1 – 2 kertaa kahden seuraavan vuorokauden aikana. Koska säätila jatkui kuivana oli saumojen jälkikastelua jatkettava viikon verran ja sen jälkeen muutama kerta kuukauden aikana, tai suojattava saumatut alueet liian nopealta kuivumiselta.

TYÖSSÄ KÄYTETTY LAASTI

saumauslaasti KS 60/40/450

maksimiraekoko	1.2 mm
työstettävyyss aika	n. 3 h
puristuslujuus	n. 3–4 MPa
tartuntavetolujuus	< 0.2 MPa
pakkasenkestävyys: 50 sulatus–jäädytys– kierrosta	ei silmämääräisiä vaurioita

Sementin määrää lisättiin, millä parannetaan laastin pitkäaikaissäänkesto-ominaisuuksia. Kalkilla varmistetaan ettei laasti poikkea liiaksi vanhasta laastista. Vanha laasti on joka tapauksessa kestänyt pitkään.

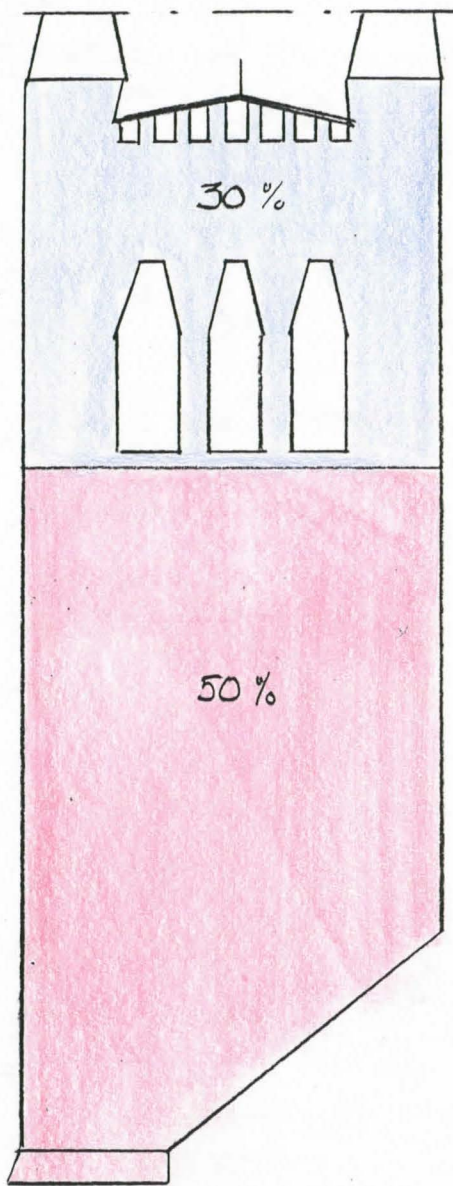
Laastin suhteituksessa on hyödynnetty ns mikrosuhteitusmenetelmää. Ko suhteituksessa huomioidaan perinteisen 0.125 mm:n lisäksi 0.074, 0.045 ja 0.020 mm:n läpäisyprosentit eri ainesosilla, jolloin laastin tekniset ominaisuudet saadaan paremmin hallintaan. Hienoainematriisista tulee tiivis, mutta kuitenkin suojahuokostettu.

Tampereella 26.10.1993

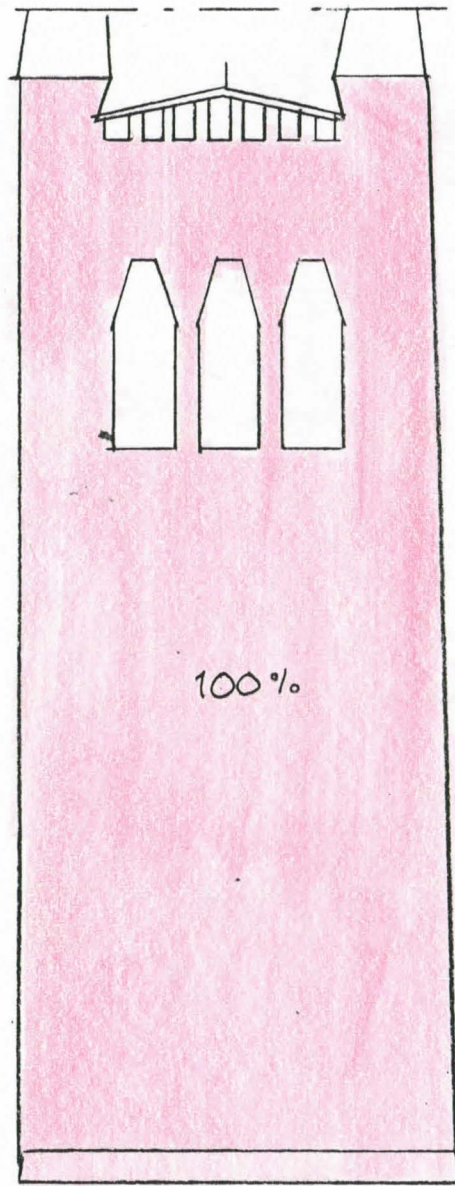
Raportin laati: Sirkku Hakala

LIITTEET

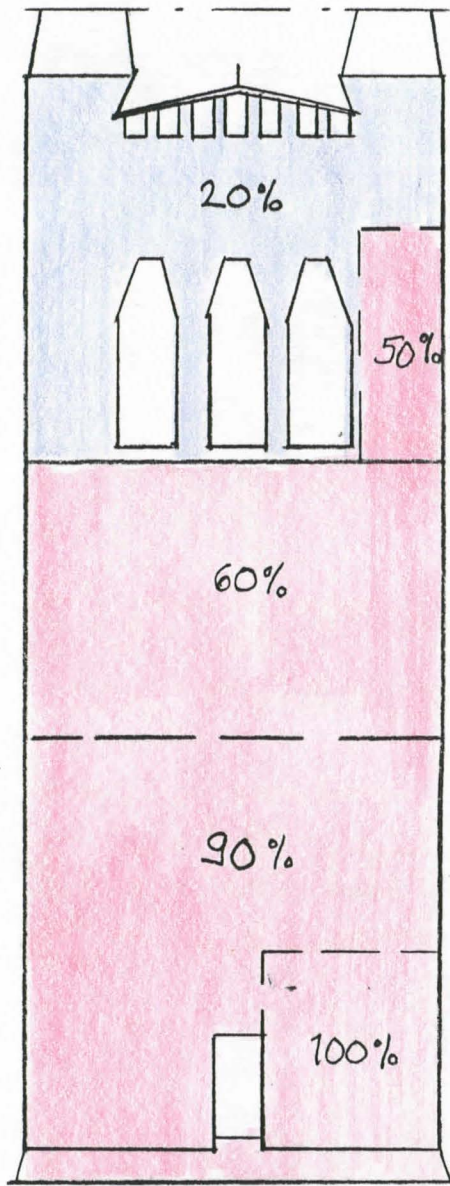
1. tornin rappauksen korjaustarvekaavio
2. muita korjauskohtia
3. tornin eteläsivun korjauskartta
4. kaksi kuvaa korjauskohdasta 8 (5.5.1993)
5. kiveyksien saumojen pituudenlaskukaaviot
6. saumojen sidetankojen kiinnityksen periaatekuva
7. TTKK:n lausunto vaurioista



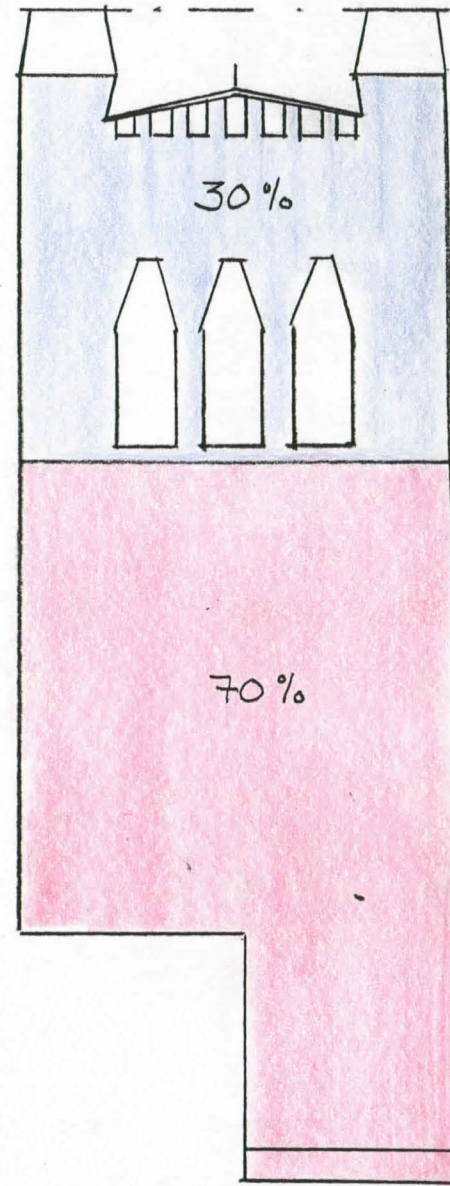
ITÄ ~ 125m²



ETELÄ ~ 130m²



LÄNSI ~ 130m²



POHJOINEN ~ 115m²

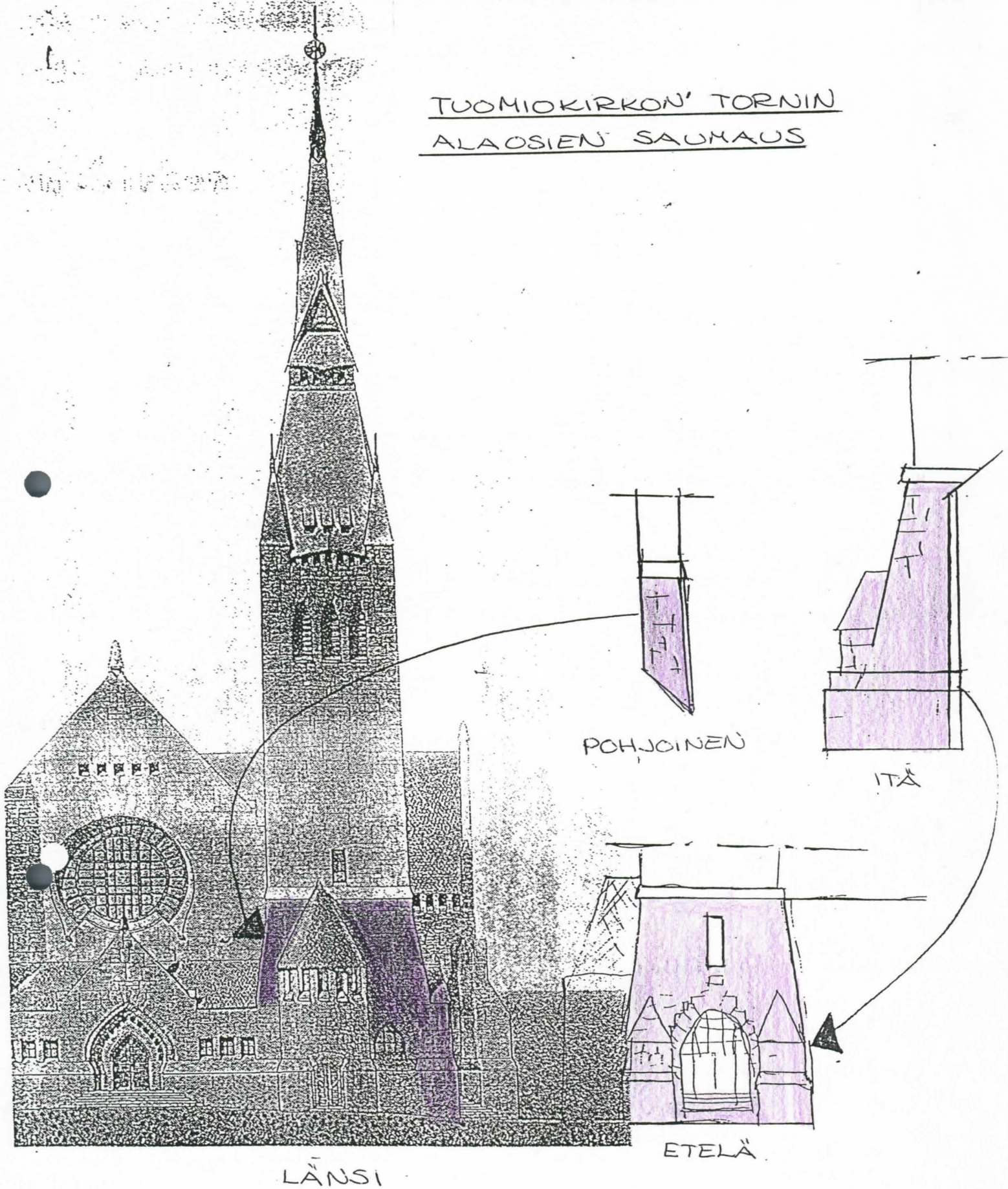
ISO TORNIN YHT. ~ 500m²

PROSENTTILUKU ILMOITTAÄ RAPPAAKSEN KORJAUSTARPEEN 1992

■ KAIKKI SAUMAT UUSITAAÄ

■ OSA SAUMOISTA UUSITAAÄ

TUOMIOKIRKON TORNIN
ALAOSIEN SAUMAUS



TORNIN ETELÄSIVUN KORJAUSKARTTA KOHDISTA, JOTKA ON PURETTU JA MUURATTU UUELLEEN (1:100)

PÄIVÄMÄÄRÄ	KORJAUS-KOHTA	f°C AAMU	f°C ILTA
------------	---------------	-------------	-------------

26.4.1993	1	+8	+21
-----------	---	----	-----

27.4	2	+6	+22
------	---	----	-----

28.4	3	+8	+23
------	---	----	-----

29.4	4	+7	+22
------	---	----	-----

30.4	5	+4	+24
------	---	----	-----

3.5	6	+10	+20
-----	---	-----	-----

4.5	7	+7	+20
-----	---	----	-----

5.5	8	+4	+18
-----	---	----	-----

6.5	9	+14	+24
-----	---	-----	-----

7.5	10	+12	+25
-----	----	-----	-----

10.5	11	+7	+17
------	----	----	-----

11.5	12	+7	+24
------	----	----	-----

12.5	13	+7	+21
------	----	----	-----

13.5	14	+10	+20
------	----	-----	-----

14.5	15	+12	
------	----	-----	--

17.5	16	+8	+20
------	----	----	-----

18.5	17	+11	+25
------	----	-----	-----

19.5	18	+12	+25
------	----	-----	-----

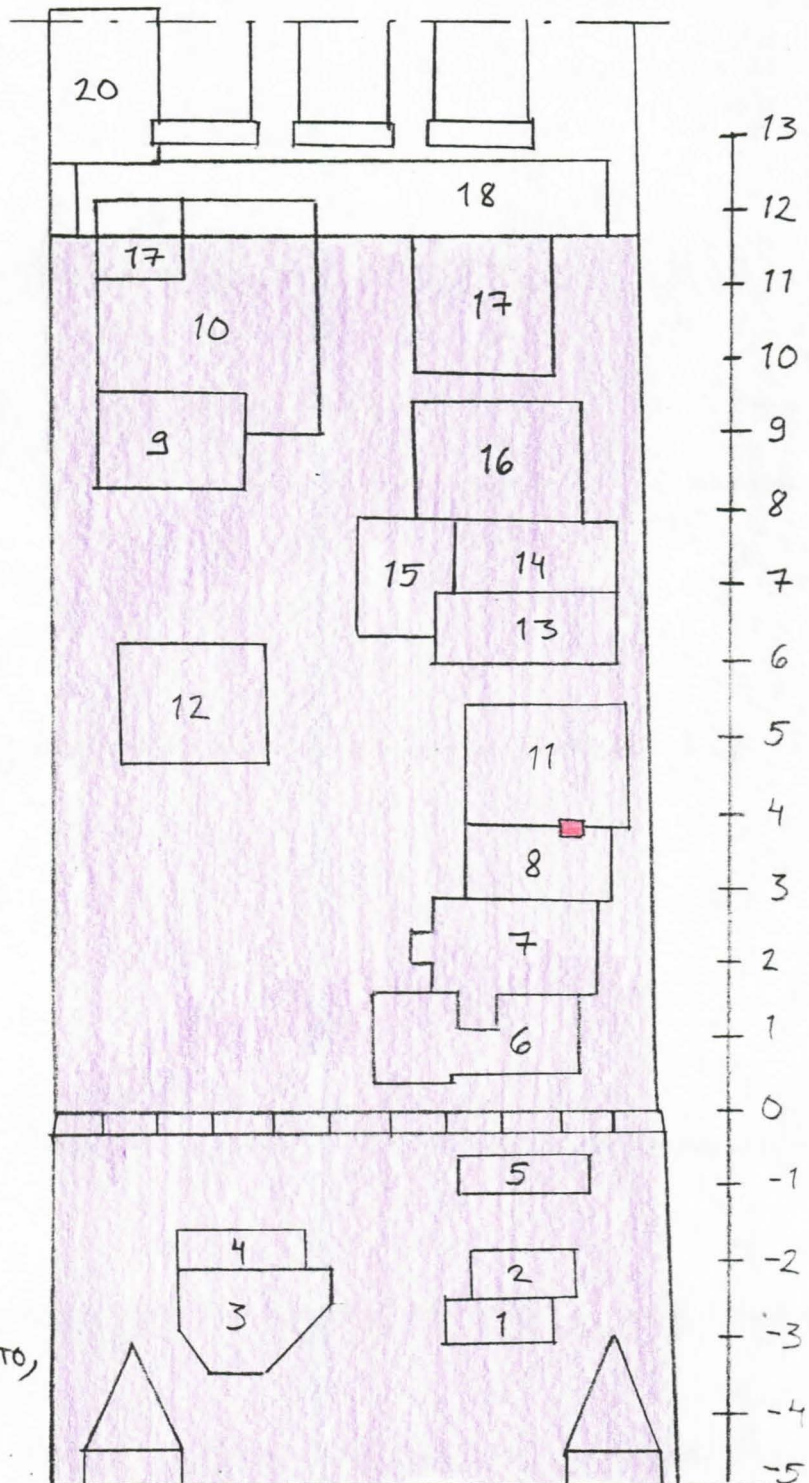
TAPITUS

24.5	19	+8	+15
------	----	----	-----

HAPONKESTÄVIEN MUTTEREIDEN LAITTO,
ALUE VÄRJÄTTY

25.5	20	+5	+8
------	----	----	----

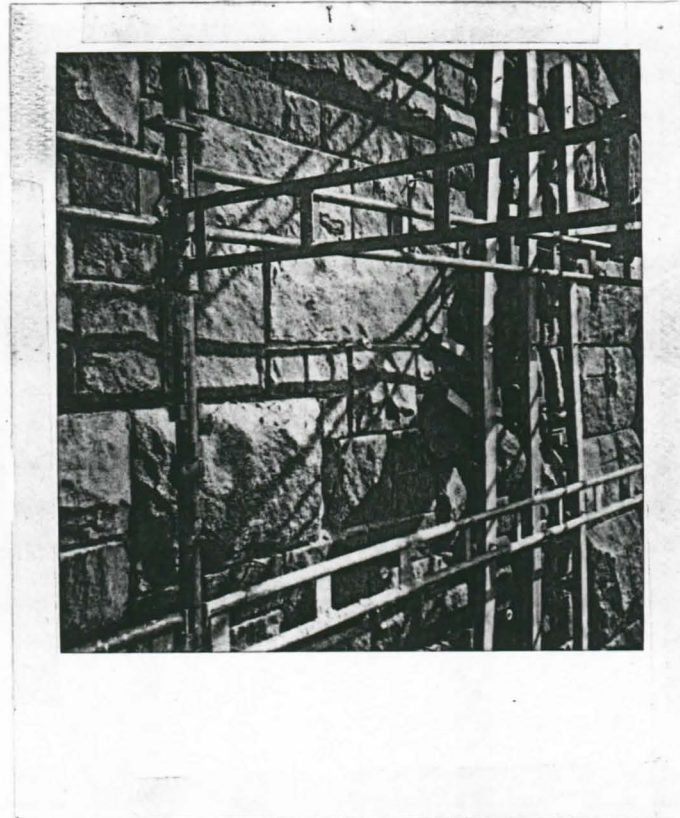
TIPPUNUT KIVI ■



HUOM! KOHTA 10: TAPITUSTA

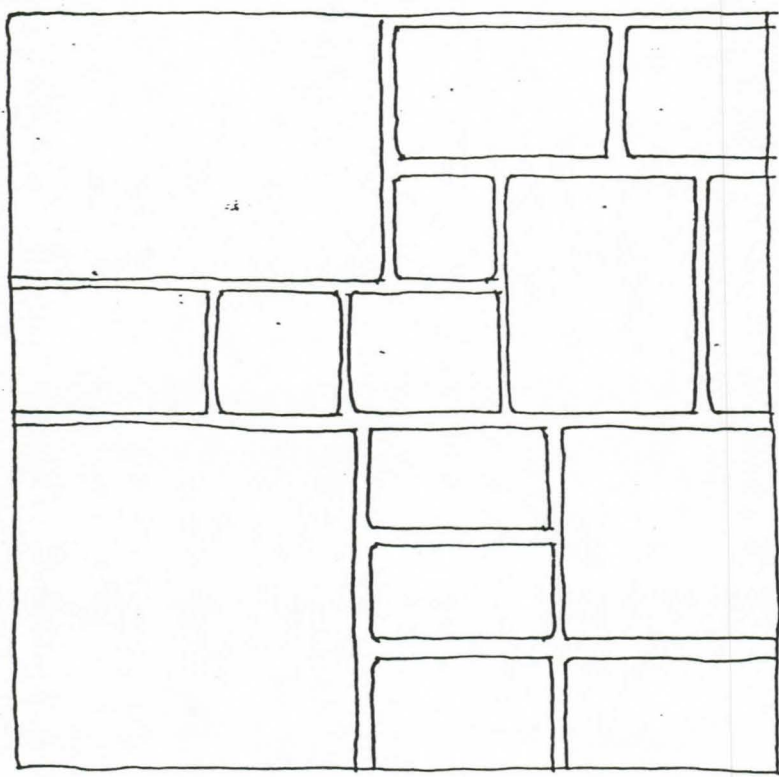
-REIKÄ
-ANKKURIAINE
-HAPONKESTÄVÄ KIERRETANKO

KUVAT KORJAUSKOHDASTA 8 (5.5.1993)

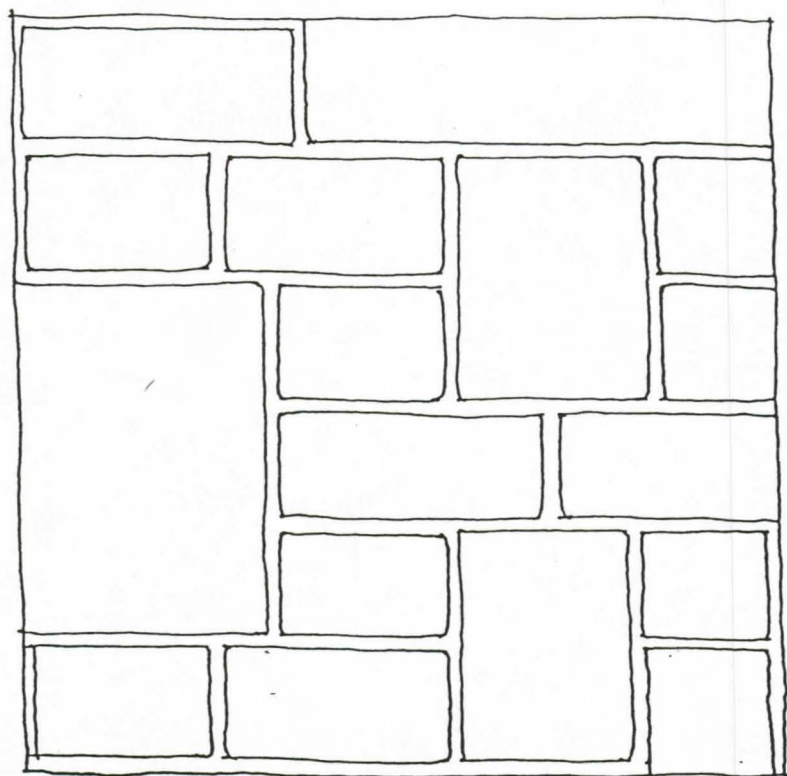


KAAVIOT TORNIN KIVEYKSESTÄ SAUMOJEN/m² PITUUDEN LASKEMISEKSI.

TULOS ALLA OLEVIENTEN OTEIDEN KESKIJARVO: ~ 6,8 m/m²



— 5,7 m/m²

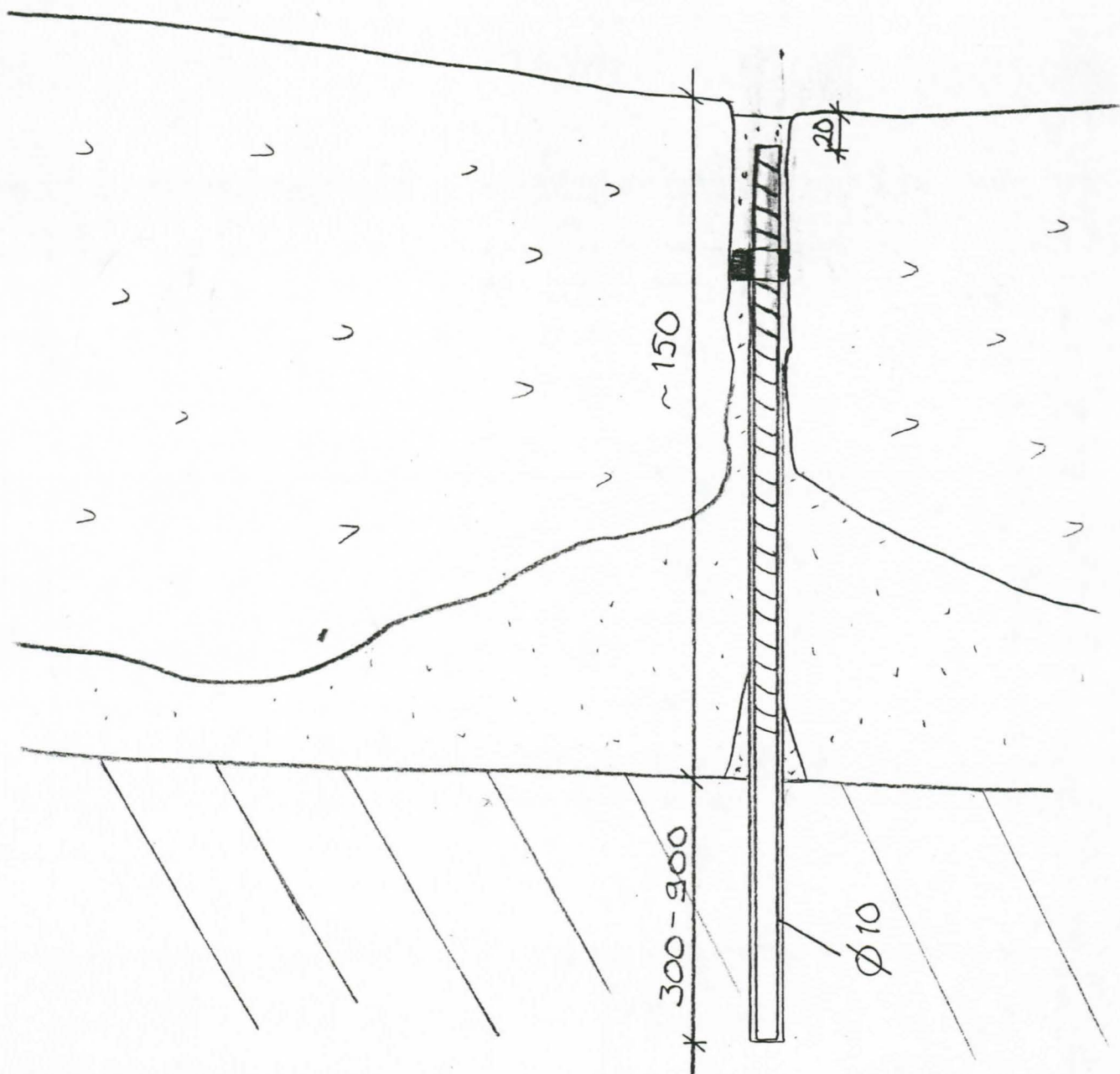


— 8,0 m/m²

3.8.-92 K.7.

SAUMOJEN SIDETANKOJEN
KIINNITYKSEN PERIAATEKUVA

INJEKTIOHARTSI ITH 600





TAMPEREEN TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Talonrakennustekniikka

LIITE 7

LAUSUNTO

1 (3)

26.3.1993

Tampereen ev.lut. seurakunnat
Vt. kiint.pääll. Timo Mäkkylä
PL 226
33101 Tampere

Tele-
fax

Kenelle/To

HAAVALEHTO

Keneltä/From

MÄKKYLÄ

Pvm./Date _____ Sivuja lkm./Nr. of pages _____

Post-it™ Konttorilomakkeet

3M/Tuote n:o 6574

TAMPEREEN TUOMIOKIRKON PÄÄTORNIN VAURIOISTA

1. Taustaa

Tämä lausunto perustuu tornin eteläsivulla 25.3.1992 pidettyyn silmämääräiseen tarkastukseen, jossa pyrittiin selvittämään tornin luonnonkiviverhouksen vaurioitumista ja korjaustyöhön vaikuttavia seikkoja.

2. Tornin ulkoseinä rakenne

Tornin ulkoseinä koostuu graniittiverhouksesta, jonka takana on noin 1 m paksuinen massiivinen tiilimuuri. Verhoukivet ovat osin hyvin ohuita (esim. alle 50 mm) ja niitä ei ole hakattu saumapinnoiltaan (lapeiltaan) suoriksi (kuvat 3 ja 8). Näin ollen kiviverhouksen laastisaumojen halkeamat ja rapautumakohtat voivat helposti johtaa sadevettä rakenteen sisään.

Kivikappaleiden kapeus ja epämääräinen muoto vaikuttavat myös heikentävästi verhoukerroksen stabiilisuuteen, koska laastisaumat eivät ole vetoakestäviä. Sidekiviä, jotka ulottuvat tiilimuurin sisään, arvioitiin olevan noin 1 kpl/m². Kiviverhouksen ja tiilimuurin välin muodostuva sauma on alun alkaen täytetty laastilla.

Kiviverhouksen saumausta on jo aiemmin eri aikoina korjattu.

3. Havaitut vauriot

Laastisaumojen vauriot

Kiviverhouksen laastisaumoissa on havaittavissa runsaasti halkeamia, lohkeamia ja rapautumia, jonka perusteella saumaus on päätetty korjata.

Saumauksen vaurioituminen on edennyt pitkän ajan kuluessa, jolloin rakenteen sisään tunkeutuneen sadeveden määrä on jatkuvasti kasvanut. Runsa sadeveden läpikulku näkyi myös runsaina suolakerroksina tornin seinien sisäpuolella, erityisesti kylmissä rakenteissa. Suolat on nyt harjattu pois.

Sadeveden poistuminen rakenteen läpi imeytyen on hidasta, joten rakenteen ulko-osan kosteuspiitoisuus on erityisesti talvikausina ollut korkea ja aiheuttanut mm. pakkasrapautumista graniittiverhouksen takapinnan laastikerroksessa ja tiilimuurin ulkopinnassa. Verhouksesta irronneen kiven kohdalta voitiin havaita, että graniittiverhouksen ja tiilimuurin välisessä raossa oli irtonaista tiilen ja laastin rapautumistuotetta (kuva 6).

Pitkälle edennyt laastisaumojen rapautuminen vaarantaa kivien kapeudesta ja vinouksista johtuen myös graniittiverhouksen paikallaan pysyvyyden.

Kiviverhouksen muodonmuutoksista ja laastin hauraudesta johtuen laastisaumoihin muodostuu myös korjauksen jälkeen halkeamia, joten vesivuotoa ei kokonaan pystytä estämään.

Kiviverhouksen pullistuminen

Tornin eteläisivulla on kaksi selvästi havaittavaa verhouksen pullistumaa, joista suurempi on alaltaan useita neliömetrejä ja pullistuma ulospäin on arviolta 50 - 100 mm. Pullistuman kohdalta on yksi kivi irronnut ja pudonnut. Irtonneen kiven kohdalta voidaan havaita kiviverhouksen takana oleva rako. Aukosta voidaan myös nähdä vieressä oleva sidekivi, joka on irronnut tiilimuurauksesta (kuva 8).

Pullistuminen etenee todennäköisesti siten, että vettynyt laasti ja sen rapautumisjäte verhouksen takana jäätyessään paisuu ja pullistaa verhousta ulospäin ja sulamisen yhteydessä rapautumisjäte painuu alaspäin täyttäen (kiilaten) muodostuvan raon. Näin pullistuminen voi jatkuvasti edetä. Saumauksen uusiminen vähentää vesivuotoa, joten sillä on pullistumista hidastava vaikutus.

Pullistuminen voi pitkälle edetessään johtaa verhouksen osittaiseen sortumiseen tai ainakin kivien irtoamisvaaraan. Tähän mennessä tapahtuneen pullistumisen aiheuttamaa sortumisriskiä on erittäin vaikea arvioida, koska kivien paksuus ja muoto vaihtelevat ja sidekivien kiinnittymistä tiilimuurin on syytä epäillä.

4. Korjausmahdollisuuksista

Kohteen arvosta johtuen korjausratkaisuille on asetettava korkeat käyttöikä- ja varmuustavoitteet. Koska työ on osoittautunut ongelmallisemmaksi kuin saumauskorjausta suunniteltaessa on oletettu, on kiviverhouksen korjaus suunniteltava uudelleen käyttäen k.o. korjauksiin perehtynyttä suunnittelijaa.

Pelkkä saumauksen ulko-osan uusiminen ei riitä, koska sillä ei voida täysin estää vesivuotoja, joten pullistuminen voi edelleen jatkua. Ei myöskään tiedetä, mikä on jo tapahtuneen pullistuman vaikutus verhouksen stabiilisuuteen.

Käsitykseni mukaan pullistuneista kohdista kiviverhous on purettava, rapautunut aines verhouksen takaa poistettava ja kiviverhous rakennettava uudelleen. Uudelleen asennuksessa kivien ja tiilimuurin väli on tiivistettävä pakkasenkestävällä laastilla ja kiinnitys varmistettava ruostumattomasta teräksestä tehdyillä, kiviin porattavilla tai sahattavilla kiinnikkeillä. Suunnittelussa on otettava huomioon työnaikainen vakavuus.

Käytettävien laastien pakkasenkestävyydestä on vaadittava hyväksytyn tutkimuslaitoksen antamat testaustulokset.

Saumalaastien uusimisessa työ on tehtävä erittäin huolellisesti siten, että mahdollisimman suuri osa rapautuneesta laastista saadaan uusituksi.

Rakenteen yksityiskohdat, kuten räystäслиitokset on tutkittava ja tarvittaessa parannettava siten, että vesivuotoja seinän sisään voidaan vähentää.



Matti Pentti
dipl.ins., tutkija

Liitteet, kuvat 1 - 8.